

Министерство образования и науки
Российской Федерации

НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал
Северо-Кавказского федерального
университета

ISSN 2308–4758



Выпуск № 3, 2016 г.

Выходит 4 раза в год

	«Наука. Инновации. Технологии» Научный журнал Северо-Кавказского федерального университета
Учредитель	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет»
Главный редактор	д-р геогр. наук, профессор В. С. Белозеров
Редакционный	А. А. Левитская, председатель, ректор СКФУ, канд. филол. наук, доцент; А. А. Лиховид, заместитель председателя, проректор по научной работе и стратегическому развитию СКФУ, д-р геогр. наук, профессор; В. С. Белозеров, главный редактор, д-р геогр. наук, профессор; М. Ч. Залиханов, д-р геогр. наук, профессор, академик РАН (Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик); А. Г. Храмцов, д-р техн. наук, профессор, академик РАН; Ю. Ю. Балега, д-р физ.-мат. наук, член-корр. РАН (САО РАН, п. Нижний Архыз); С. В. Рязанцев, д-р экон. наук, член-корр. РАН (ИСПИ РАН, г. Москва); И. М. Агибова, д-р пед. наук, профессор; Т. П. Бондарь, д-р мед. наук, профессор; В. С. Тикунов, д-р геогр. наук, профессор (МГУ им. Ломоносова, г. Москва)
Редакционная коллегия	М. Т. Абшаев, д-р физ.-мат. наук, профессор (Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик); А. А. Лиховид, д-р геогр. наук, профессор; И. В. Бегдай, канд. техн. наук, доцент; В. С. Белозеров, д-р геогр. наук, профессор (главный редактор); Т. П. Бондарь, д-р мед. наук, профессор; В. Б. Бородулин, д-р мед. наук, профессор (Саратовский ГМУ Росздрава, г. Саратов); О. А. Бутова, д-р мед. наук, профессор; Т. И. Герасименко, д-р геогр. наук, профессор (Оренбургский гос. университет, г. Оренбург); В. А. Гридин, д-р геол.-минерал. наук, профессор; Л. И. Губарева, д-р биол. наук, профессор; Т. И. Джандарова, д-р биол. наук, доцент; Ю. И. Диканский, д-р физ.-мат. наук, профессор; Л. А. Диневич, д-р физ.-мат. наук, профессор (Тель-Авивский университет, г. Тель-Авив); К. В. Ерин, д-р физ.-мат. наук, профессор; А. И. Жакин, д-р физ.-мат. наук, профессор (Юго-Западный гос. университет, г. Курск); А. Р. Закинян, канд. физ.-мат. наук, доцент; А. О. Иванов, д-р физ.-мат. наук, профессор (Уральский федеральный университет им. Б. Ельцина); А. А. Коляда, д-р физ.-мат. наук, доцент (Белорусский гос. университет, г. Минск); А. Д. Лодыгин, д-р техн. наук, доцент; А. В. Лысенко, д-р геогр. наук, доцент; И. Н. Молодинова, канд. геогр. наук (Центрально-Европейский университет, г. Будапешт); В. И. Наац, д-р физ.-мат. наук, профессор; Т. Г. Нефедова, д-р геогр. наук, вед. науч. сотрудник РАН (ИГ РАН, г. Москва); П. М. Полян, д-р геогр. наук, вед. науч. сотрудник РАН (ИГ РАН, г. Москва); В. В. Разумов, д-р геогр. наук, профессор; Л. Д. Тимченко, д-р ветеринар. наук, профессор; Л. Д. Цатурян, д-р мед. наук, профессор (Ставропольский гос. мед. университет, г. Ставрополь); Н. И. Червяков, д-р техн. наук, профессор; В. А. Шальнев, д-р геогр. наук, профессор; Н. А. Щитова, д-р геогр. наук, профессор; А. С. Молахосеини, канд. наук, доцент (Исламский университет Азад, Керман, Иран)
Свидетельство о регистрации	ПИ № ФЦ77–52723 от 8.02.2013
Подписной индекс	Объединенный каталог. ПРЕССА РОССИИ. Газеты и журналы: 94011
Журнал включен	в БД «Российский индекс научного цитирования». Журнал «Вестник Ставропольского государственного университета» перерегистрирован в журнал «Наука. Инновации. Технологии» в связи с переименованием учредителя.
Журнал	в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, с 1 декабря 2015 г.
Адрес Телефон Сайт E-mail	355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1 (8652) 33-07-32 www.ncfu.ru nit_ncfu@mail.ru
ISSN	2308–4758

	«Science. Innovations. Technologies» North Caucasus Federal University
Founder	Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «North Caucasus Federal University»
Editor in chief	V. S. Belozеров, Doctor of Geographical Sciences, professor
Editorial Council	A.A. Levitskaya, chairman, Rector SKFU, PhD. Philology Sciences, Associate Professor; A.A. Likhovid, Vice Chairman, Doctor of Geographical Sciences, Professor; V.S. Belozеров, Chief Editor, Doctor of Geographical Sciences, professor; M.Ch. Zalikhonov, Dr. of Geographical Sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences (Mountain Geophysical Institute, Nalchik); A.G. Hramtsov, Dr. Technical Sciences, Professor, academician of the Russian Academy of Sciences; Y.Y. Balega, Dr. of Physical and Mathematical Sciences, corresponding member of the Russian Academy of Sciences (SAO RAS, p. Lower Arhiz); S.V. Ryazantsev, Dr. of Economic Sciences, corresponding member of the Russian Academy of Sciences (ISPR RAS, Moscow); I.M. Agibova, Dr. Pedagogical Sciences, Professor; T.P. Bondar', Dr. Medical Sciences, Professor; V.S. Tikunov, Doctor of Geographical Sciences, professor (Lomonosov Moscow State University, Moscow).
Editorial Board	M.T. Abshaev, Dr. of Physical and Mathematical Sciences, professor (Mountain Geophysical Institute, Nalchik); A. A. Likhovid, Dr. of Geographical Sciences, professor; I.V. Begday, Ph.D., Associate Professor; V.S. Belozеров, Dr. of Geographical Sciences, professor, editor in chief; T. P. Bondar', MD, professor; Borodulin V.B., MD, Professor (Saratov State Medical University, Saratov); O. A. Butova, MD, professor; Gerasimenko T.I., Dr. of Geographical Sciences, Professor (Orenburg State University, Orenburg); Gridin V.A., Dr. of geological-mineralogical Sciences, Professor; Gubareva L.I., Sc.D., Professor; Dzhandarova T.I., Sc.D., Associate Professor; Y. I. Dikanskiy, Dr. of Physical and Mathematical Sciences, professor; Dinevich L.A., Dr. of Physical and Mathematical Sciences, Professor (Tel-Aviv University, Tel-Aviv); K. V. Erin, Dr. of Physical and Mathematical Sciences, professor; Zhakin A.I., Dr. of Physical and Mathematical Sciences, Professor (Southwest State University, Kursk); A. R. Zakinyan, candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor; Ivanov A.O., Dr. of Physical and Mathematical Sciences, Professor (Yeltsin's Ural Federal University); Kolyada A.A., Dr. of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor (Belarusian State University, Minsk); A. D. Lodygin, Dr. of Technical Sciences, associate professor; A. V. Lysenko, Dr. of Geographical Science, associate professor; Molodikova I.N., Ph.D. (Central European University, Budapest); Naats V.I., Dr. of Physical and Mathematical Sciences, Professor; Nefedova T.G., Dr. of Geographical Sciences, Leading Researcher, Russian Academy of Sciences (IG RAS, Moscow); Polyan P.M., Dr. of Geographical Sciences, Leading Researcher, Russian Academy of Sciences (IG RAS, Moscow); Razumov V.V., Dr. of Geographical Sciences, Professor; Timchenko L.D., Dr. of Veterinary Sciences, Professor; Tsaturyan L.D., MD, Professor (Stavropol State Med. University, Stavropol); N.I. Chervyakov, Dr. of Technical Sciences, professor; V.A. Shalnev, Dr. of Geographical Sciences, Professor; N.A. Shitova, Dr. of Geographical Sciences, Professor; A.S. Molahosseini, assistant professor, PH.D (Islamic Azad University, Kerman).
Certificate	ПИ № ФС77–52723 dated February 8th 2013.
The Index	The Journal is included in the DB «Russian index of the scientist quoting».
The journal	«Bulletin of the Stavropol state University» renamed in the journal «Science. Innovations. Technologies» due to renaming of the founder.
The journal	is recommended by the State Commission for Academic Degrees and Titles for publishing the dissertation research results
Adress	355009, Stavropol, Pushkin street, 1
Phone	8 (8652) 33-07-32
Site	www.ncfu.ru
E-mail	nit_ncfu@mail.ru
ISSN	2308–4758

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО–МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Герасимов В.П., Ковалёв В.Д., Герасимов С.В., Даржания**
Полунатурное моделирование в анализе дискриминационной характеристики видеосенсора с экспоненциальной корреляционной функцией 7
- Жиляков Е.Г., Белов С.П., Медведева А.А.** Исследование чувствительности субполосного метода обнаружения пауз к воздействию шума 17
- Е.Г. Жиляков, С.П. Белов, А.А. Медведева, А.В. Курлов, П.Г. Лихолоб** Об одном алгоритме определения информационных частотных интервалов 23
- Коляда А.А., Чернявский А.Ф.** Генерирование ключа дешифрования для криптосистемы RSA с применением минимально избыточной модулярной системы счисления 31
- Наац И.Э., Наац В.И., Рыскаленко Р.А.** Метод численного решения краевой задачи для уравнения в частных производных с эмпирическими функциями на основе интегрального уравнения Фредгольма первого рода 45
- Набережный Д.О., Блинов А.В., Серов А.В., Блинова А.А., Надеина А.С. , Кравцов А.А.** Исследование влияния параметров дисперсионной среды на устойчивость коллоидного серебра, стабилизированного четвертичными аммониевыми соединениями 59

Петрунин А.М., Корнеев В.П., Колосков Б.П., Частухин А.В., Бычков А.А., Ким Н.С., Сергеев Б.Н.	Исследования распространения льдообразующего реагента в пограничном слое атмосферы при воздействии наземными аэрозольными генераторами «НАГ-07М»	69
Семенова Ю.А., Закинян А.Р., Смерек Ю.Л., Данилова Н.Е., Закинян Р.Г.	Исследование вихревого состояния атмосферы	83
Степкина М.Ю., Кудряшова О.Б., Антонникова А.А.	Экспериментальное исследование дисперсности заряженных частиц в потоке и на поверхности при электростатическом распылении	89
Червяков Н.И., Ляхов П.А., Калита Д.И., Шульженко К.С.	Принцип сжатия изображений на основе дискретного вейвлет-преобразования	96
Червяков Н.И., Альгальда С.Ч.	Аппаратная реализация алгоритмов преобразования из двоичной системы счисления в систему остаточных классов	119
НАУКИ О ЗЕМЛЕ		
Вендина О. И.	Дагестан: традиция как условие модернизации	137
Гасумов Р.А., Кукулинская Е.Ю.	Технологические решения, направленные на ограничение выноса пластового песка из добывающих газовых скважин	165
Скрипчинский А.В., Аникеева О.С., Роман А.Н.	Методологические аспекты космического мониторинга недропользования общераспространенных полезных ископаемых в Ставропольском крае	177

Соловьев И.А.	Географические особенности плановых миграций населения на Северном Кавказе и проблемы адаптации	195
Трифопова З.А.	Региональные различия в уровне демографического старения России	211
Чернова И.В.	Методология создания интерактивного атласа «Горное расселение Северного Кавказа»	225
Шкарлет Г.П., Шкарлет К.Ю., Василенко Н.Ф., Григорьев М.П.	Население птиц и мелких млекопитающих лесополос в природном очаге крымской геморрагической лихорадки на территории Ставропольского края	233

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Байрамкулов Э.Д., Воротников А.А.	Биохимические и клинко-морфологические критерии диагностики диабетической стопы	243
Беляев Н.Г., Ягупова Ю.А., Околитко Н.Н.	Содержание репродуктивных гормонов в крови мужчин, проживающих в условиях антропогенного загрязнения	251
Мараховская С.Ю., Джандарова Т.И., Батурин В.А.	Особенности уровней стероидных гормонов в крови у детей с нейроциркуляторной дистонией до и после лечения Магне-В6	259

ФИЗИКО–МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ, №3, 2016

УДК 681.5:621.38

Герасимов В. П. [Gerasimov V.P.],
Ковалёв В. Д. [Kovalyov V. D.],
Герасимов С. В. [Gerasimov S.V.],
Даржания А. Ю. [Darzhanija A. YU.]

ПОЛУНАТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В АНАЛИЗЕ ДИСКРИМИНАЦИОННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИДЕОСЕНСОРА С ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИЕЙ

**Semi-natural modelling in the analysis of the
discriminatory characteristics of the image sensor
with the exponential correlation function**

Актуальной проблемой является проверка соответствия математических моделей физическим устройствам, построенным по ним. В статье на примере проектирования математической и полунатурной моделей одного канала видеосенсора робототехнической системы (РТС), предназначенной для борьбы с лесными пожарами, показана методика анализа соответствия гипотетической и реальной дискриминационных характеристик проектируемого измерителя. Для математического описания корреляционной функции обрабатываемого изображения в одном канале дискриминатора принята экспоненциальная форма, приведенная в специальной литературе. Изменение параметра – «постоянная экспоненты» позволяет описывать изображения различных объектов или изображения одного объекта, но при разных дальностях. С помощью разработанного для полунатурного моделирования имитатора визуальной обстановки (ИВО) задаются реальные изображения различных объектов, с возможностью изменения расстояний до них и ракурса их наблюдения. Предлагаемая методика полунатурного моделирования с применением специально разработанного ИВО позволяет ещё на этапе проектирования, не дожидаясь построения видеосенсора и РТС, без дорогостоящих натурных экспериментов проверить правильность принятой гипотезы и скорректировать базовую математическую модель. При этом сокращаются финансовые затраты и время решения сложных проблем при проектировании видеосенсоров.

Ключевые слова: Видеосенсор, полунатурное моделирование, дискриминатор, характеристика, робот, система, электронное устройство.

Abstract: The actual problem is to check the conformity of mathematical models and physical devices that are built on them. The article on the example of designing of mathematical model of one channel of the visual-sensor of the robotic system, designed to fight forest fires, presented the method of analysis of the compliance of hypothetical and real discriminatory characteristics of the designed measuring device. For the mathematical description of the correlation function of the processed image to channel discriminator is adopted an exponential form, given in the literature. The parameter change – «constant of exponent» allows to describe a variety of image objects or images of the same object, but at different distances. Proposed methodic the semi-natural modelling with the use of specially designed SVE allows even at the design stage verify the correctness of the adopted hypothesis. This reduces financial costs and time solutions to complex problems in the design of video-sensor.

Key words: Video-sensor, semi-natural modelling, discriminator, feature, robot, system, electronic device.

Осенью 2015 года президенты и главы правительств почти полутора сотен государств собрались в Париже на экологической конференции, чтобы обсудить климатические изменения, вызванные деятельностью человека.

Одним из проявлений этого влияния на природу оказались пожары, уничтожающие не только лесные массивы, но и населённые пункты практически на всех континентах. Руководители государств рассматривали стратегические вопросы, а тактические решения принимают инженеры – в данном направлении можно предложить применение робототехнических систем – беспилотных летательных аппаратов (БЛА) и средств пожаротушения (БСПТ) для разведки, автоматического обнаружения, сопровождения и ликвидации очагов возгорания. Выполнять указанные функции БЛА и БСПТ смогут с помощью бортовых видеосенсоров, функционирующих, как в видимой, так и «тепловой» областях спектра [1, 2].

В состав бортовых визиров – видеосенсоров, автоматически сопровождающих объекты слежения, входят электронные системы, вычисляющие рассогласование измерением корреляционных функций (КФ) эталонных и текущих изображений очагов возгораний, а также оптико-механические (ОМС), обрабатывающие его. Такие видеосенсоры отличаются высокой помехозащищённостью, причём наименьшими требованиями к ресурсам компьютеров выделяются дискриминаторы, реализующие дифференциальный метод вычисления рассогласования между эталонным и текущим направлениями линии визирования (ЛВ) [3, 4]. Известно, что КФ изображения подстилающей поверхности, формируемого бортовой видеосистемой БЛА и БСПТ, например, телевизионной [5] – носит экспоненциальный характер (рис. 1).

$$K(X) = e^{-\alpha|X|}, \quad (1)$$

где α – постоянная экспоненты, зависящая от условий применения бортового видеосенсора, например, рисунок 1 иллюстрирует КФ различных видов подстилающей поверхности, характеризуемых параметрами $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$.

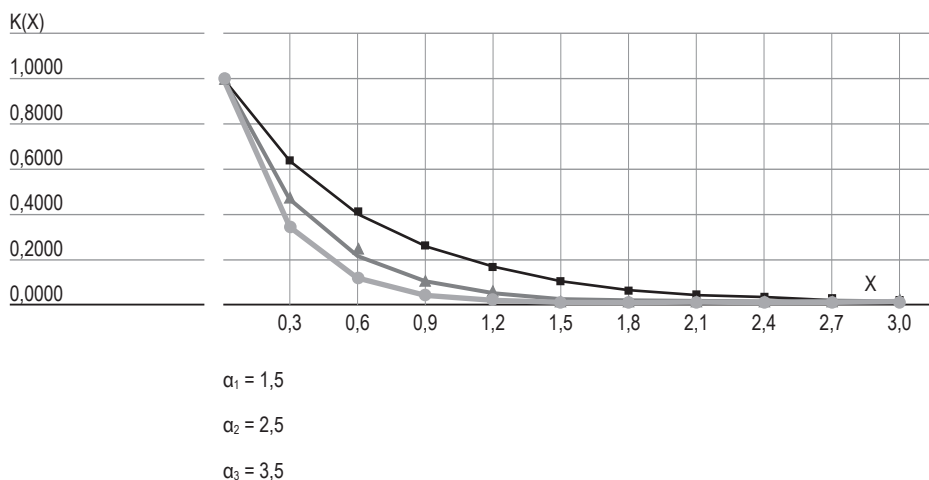


Рис. 1.

Экспоненциальный характер КФ телевизионной системы ЛА.

Указанную особенность следует учитывать при разработке бортовых видеосенсоров и, в особенности для БЛА и БСПТ, так как в автоматических системах требования к точности вычислений к измерителю несравнимо выше, чем в автоматизированных, где погрешности измерения рассогласований может скорректировать оператор.

Ресурсы, имеющиеся у бортовых управляющих компьютеров – контроллеров, предъявляют повышенные требования к реализуемым ими алгоритмам: по занимаемому объёму памяти, быстродействию и т.п. Этим требованиям отвечает дифференциальный метод вычисления рассогласований между эталонным и требуемым положениями линии визирования.

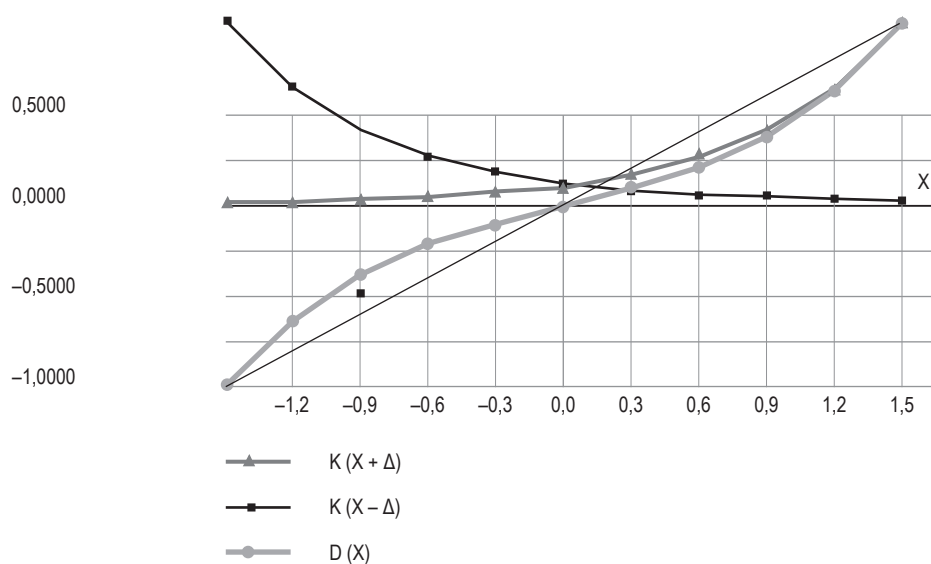


Рис. 2. Экспоненциальные КФ – $K(X + \Delta)$, $K(X - \Delta)$, нелинейная и линейная дискриминационные характеристики $D(X)$ видеосенсора ЛА/

С учетом (1) эталонные экспоненциальные КФ $K(X - \Delta)$, $K(X + \Delta)$ и формируемая ими дискриминационная характеристика (ДХ) $D(X)$ при реализации дифференциального метода аналитически и графически описываются следующим образом (рис. 2).

$$\begin{aligned}
 K(X - \Delta) &= e^{-a|X-\Delta|}, \\
 K(X + \Delta) &= e^{-a|X+\Delta|}, \\
 D(X) &= K(X - \Delta) - K(X + \Delta) = e^{-a|X-\Delta|} - e^{-a|X+\Delta|}.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

что после нормирования аргумента с точностью до коэффициента $2/e^a$ описывается гиперболическим синусом:

$$D\left(\frac{X}{\Delta}\right) = \frac{2 \operatorname{Sh}\left(\frac{X}{\Delta}\right)}{e^{\alpha}}, \quad (4)$$

Обычно при построении ДХ их линеаризуют и рассогласование в таких видеосенсорах вычисляется при гипотезе её линейности. Из (4) легко получить аналитическое выражение ошибки определения рассогласования дискриминатором, настроенным на линейную ДХ, и вызванной неучетом экспоненциального характера корреляционной функции бортового контроллера:

$$\delta = \frac{X}{\Delta} - \frac{2 \operatorname{Sh}\left(\frac{X}{\Delta}\right)}{e^{\alpha}} \quad (5)$$

При определении особенностей дискриминационных характеристик одномерного дифференциального видеосенсора с экспоненциальной корреляционной функцией анализировалась дискриминационная характеристика $D(\alpha, X, \Delta)$ [6, 7, 8] с параметрами:

- постоянная экспоненты $\alpha = 1$ (в дальнейшем полученные результаты можно будет сравнивать с решениями, полученными при $\alpha < 1$ или $\alpha > 1$);
- рассогласование (аргумент) $Z \in \{-3 \dots 3\}$, так как $D(1, X \geq 3, 0) \leq 0,05$, что с 5%-й погрешностью можно считать нулевым значением и поведение экспоненциальной функции за указанными пределами для изучаемой проблемы интереса не представляет;
- отсчеты $i \in \{0 \dots L\}$,
где L – максимальный номер отсчета;

- фиксированный сдвиг $\Delta = 1,5 \alpha^{-1}$ (в этом случае апертура дискриминационной характеристики на отрезке $[-\Delta \dots +\Delta]$ равна $2\Delta = 3\alpha^{-1}$).

Алгоритм построения дискриминационной характеристики одномерного дифференциального коррелятора с экспоненциальной корреляционной функцией в табличном процессоре MS Excel выглядит следующим образом:

- математическое описание корреляционной функции,
- задание значений параметров α , Δ и количества отсчетов n ,
- вычисление i -х значений аргумента X ,
- вычисление значений корреляционной функции, смещенной на $+\Delta$,
- вычисление значений корреляционной функции, смещенной на $-\Delta$,
- вычисление значений дискриминационной характеристики $D_i(X_i, \Delta)$,
- расчет линейризованной дискриминационной характеристики $D_{\text{лин}}(X_i, \Delta)$,
- нормирование корреляционных функций и дискриминационных характеристик.

Анализ полученных результатов и сравнение дискриминационной характеристики, сформированной разностью смещенных на $\pm\Delta$ корреляционных функций, с линейризованной ДХ (см. рис. 2) приводит к выводу о нелинейности рабочего участка реальной дискриминационной характеристики при $X \in [-1,5 \dots 1,5]$.

Следовательно, для построения коррелятора, толерантного к изменению условий применения, выражающихся в изменении параметра α , представляют интерес следующие проблемы:

- формализация рабочего участка дискриминационной характеристики;
- выяснение влияния параметров α и Δ на точность определения рассогласования коррелятором;
- минимизация ошибки вычисления рассогласования оптимизацией соотношения параметров α и Δ .

Компьютерный анализ ошибки вычисления рассогласования в различных условиях (5) позволил предложить адаптивный алгоритм определения рассогласования дифференциальным коррелятором в видеосенсоре БЛА и БСПТ:

1. В зависимости от условий применения бортового видеосенсора БЛА и БСПТ вычисляется значение коэффициента α .
2. Определяется значение δ .
3. Вычисляется максимальное значение дискриминационной характеристики в данных условиях боевого применения – $D_{\max}\left(\frac{Z}{\Delta}\right)$, получаемое при $\frac{Z}{\Delta} = 1$.
4. Для построения дискриминационной характеристики производится нормализация

$$D\left(\frac{X}{\Delta}\right) = \frac{D\left(\frac{X}{\Delta}\right)}{D_{\max}\left(\frac{X}{\Delta}\right)}$$

Бортовой видеосенсор

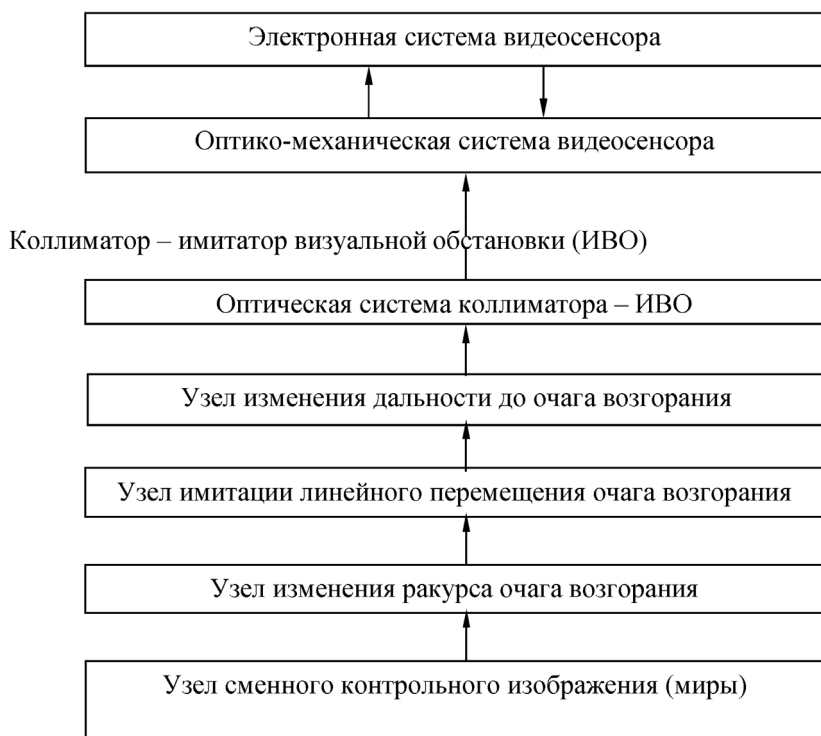


Рис. 3. Структурная схема имитации визуальной обстановки для электронной системы видеосенсора.

5. После построения дискриминационной характеристики значение рассогласования вычисляется следующим образом:

$$x = \Delta d^{-1} \left(\frac{X}{\Delta} \right) \quad (6)$$

где d^{-1} – функция обратная $d\left(\frac{X}{\Delta}\right)$.

Для верификации математической модели видеосенсора и анализа влияния параметров реальной дискриминационной характеристики на ошибку вычисления рассогласования предлагается разработать и создать коллиматор – имитатор визуальной обстановки (ИВО), позволяющий формировать для обработки в электронном устройстве – видеосенсоре изображения различных очагов возгорания, учитываемых параметром α , структурная схема которого, при совмещении с бортовым видеосенсором, приведена на рисунке 3.

Поэтому исследование влияния погрешностей формируемых электронной системой видеосенсора, вызванных отличием реальной ДХ от идеализированной, является актуальной задачей.

Качество сопровождения видеосенсором очага возгорания улучшится, если компенсировать в процессе вычисления рассогласования в электронной системе методической ошибки при её отработке в ОМС.

Достижение данной цели возможно уточнением гипотетической модели, реализуемой в электронном устройстве, учётом параметра α и внесением его значения в алгоритм, реализуемый электронным видеосенсором.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Герасимов В.П., Ковалёв В.Д., Закревский А.Б. Беспилотные летательные аппараты в борьбе с пожарами / Материалы Международной НПК «Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях». Ставрополь: СК ГТУ, 2012, С. 95–98
2. Герасимов В.П., Ковалёв В.Д., Закревский А.Б. Информационные технологии в борьбе с пожарами с помощью беспилотных летательных аппаратов / Информационные системы и технологии как фактор развития экономики региона: Сб. материалов II Международной НПК. Ставрополь: Агрус, 2013, С. 21–25

3. Мелик-Шехназаров А.М., Маркатун М.Г. Цифровые измерительные системы корреляционного типа. М.: Энергоиздат, 1985. 128 с.
4. Герасимов В.П., Даржания А.Ю., Ковалёв В.Д. Особенности обработки видеоинформации в корреляторе БПЛА. Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2014. № 4 (43).
5. Барсуков Ф.И., Величкин А.И. Телевизионные системы летательных аппаратов. М.: Советское радио, 1979.
6. Герасимов В.П., Ушакова Т.Н., Ковалёв В.Д. Математическое моделирование исходных данных, для алгоритма слежения в видеовизире / Сб. «Производственные, инновационные и информационные проблемы развития региона». Ставрополь: СтГАУ, 2014.
7. Герасимов В.П., Даржания А.Ю., Ковалёв В.Д. Построение математической модели одномерного дифференциального коррелятора. Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2014. № 2 (47).
8. Герасимов В.П., Журавлёв А.Б. Компьютерное моделирование для ТВ-визира кормоуборочного комбайна // Сб. научн. статей по материалам VI Международной НПК «Модели управления производством и совершенствование информационных технологий». Ставрополь, СтГАУ, 2010, с. 121-125.

УДК 621.39

**Жиляков Е.Г. [Zhilyakov E.G.],
Белов С.П. [Belov S.P.],
Медведева А.А. [Medvedeva A.A.]**

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СУБПОЛОСНОГО МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ ПАУЗ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ШУМА*

Research of sensitivity of detection method subband pause noise impact

В статье представлен метод селекции пауз в речевых сообщениях на основе применения субполосного анализа. Исследование чувствительности проводилось при использовании аддитивного наложения нормально распределенного шума. Были определены вероятности ошибочного принятия решения при различных отношениях шум/сигнал. Результаты свидетельствуют об устойчивости предлагаемого субполосного метода к воздействию аддитивного шума.

Ключевые слова: шум, чувствительность, обнаружение пауз.

The article presents a selection method pauses in speech communications through the use of sub-band analysis. sensitivity study was conducted using an additive blending of normally distributed noise. the probability of wrong decision-making have been identified in various respects noise / signal. The results indicate that the stability of the proposed method of sub-band to the effects of the additive noise.

Key words: noise, sensibility, pause detection.

Одним из основных этапов обработки речевых сигналов при решении таких задач, как распознавание речи, сжатие речи, очистка речи от шума и т.п., является определение участков отсутствия речи – селекции пауз. Точность определения границ пауз влияет на эффективность дальнейших этапов анализа и обработки. В частности, на вероятность правильного распознавания, качество звучания речи и степень сжатия.

Известно, что различные звуки речи и шумы в паузах имеют разное распределение энергии в частотной области. Учет этих особенностей позволяет определить границы между звуками речи и паузами. Однако, как по-

* Работа подготовлена в рамках II Международной конференции «Параллельная компьютерная алгебра и ее приложения в новых инфокоммуникационных системах»

казывают исследования, при реализации методов селекции пауз необходимо учитывать несколько характеристик сравниваемых отрезков сигналов.

Основная проверяемая гипотеза формулируется следующим образом.

H_0 - анализируемый отрезок РС $\vec{x} = (x_1, \dots, x_N)^T$ порожден шумами в паузе речи

$$\vec{x} = \vec{u} = (u_1, \dots, u_N)^T. \quad (1)$$

Альтернатива H_1 заключается в том, что хотя бы часть компонент рассматриваемого вектора зафиксирована в присутствии звуков речи

$$\vec{x} = \vec{u} + \vec{s}, \quad \vec{s} = (s_1, \dots, s_N)^T \quad (2)$$

В качестве решающей функции при селекции пауз предлагается использовать статистику [1]:

$$F_u = W_u(x) \cdot \gamma_u(x), \quad (3)$$

где $W_u(x)$ – характеристика, учитывающая различия в значениях энергии,

а $\gamma_u(x)$ – мера различия в распределение долей энергии по частотной оси сравниваемых отрезков.

Мера различия в значениях энергии предлагается оценивать как отношение энергии анализируемого отрезка сигнала к средней энергии, определенной на основе обучения по фрагменту, соответствующему шуму в паузе:

$$W_u(x) = \|\vec{x}\|^2 / G_u, \quad (4)$$

где $|\vec{x}|^2$ – энергия (квадрат евклидовой нормы) анализируемого вектора;

G_u – математическое ожидание квадратов евклидовых норм отрезков шумов в паузах

$$G_u = M[|\vec{u}|^2]. \quad (5)$$

В свою очередь, меру различия распределения долей энергий по частотным интервалам предлагается определять в соответствии с выражением, в основе которого лежит аналог расстояния Питммена [2]:

$$\gamma_u(x) = \left(\sum_{n=0}^{N/2-1} ((Pd_n(\vec{x}))^{1/2} - D_n)^2 \right)^{1/2} = \left(2 \left(1 - \sum_{n=0}^{N/2-1} D_n (Pd_n(\vec{x}))^{1/2} \right) \right)^{1/2}, \quad (6)$$

где $Pd_n(\vec{x})$ – значение доли энергии, сосредоточенной в n -м частотном интервале:

$$Pd_n(\vec{x}) = P_n(\vec{x}) / \sum_{k=0}^{N/2-1} P_k(\vec{x}), \quad n = 0, \dots, N/2-1, \quad (7)$$

D_n^2 – математическое ожидание долей энергий отрезков шумов в паузах

$$D_n^2 = M[Pd_n(\vec{u})], \quad n = 0, \dots, N/2-1, \quad (8)$$

N – длительность отрезка анализа.

На рисунках 1-3 представлены фрагмент РС, порожденного словом «черепаша», и результат оценки характеристик (4) и (6). При этом значение математических ожиданий D_n^2 и G_u определялось на основе анализа фрагмента шума в паузе в начале фрагмента сигнала длительностью 0,19 сек.

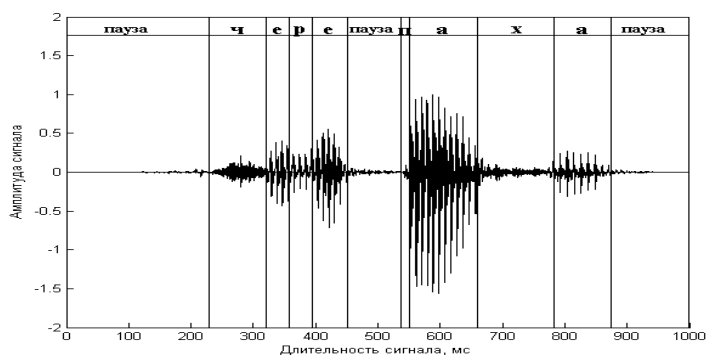


Рис. 1. Фрагмент РС, порожденного словом «черепаха» ($f_d = 16$ кГц).

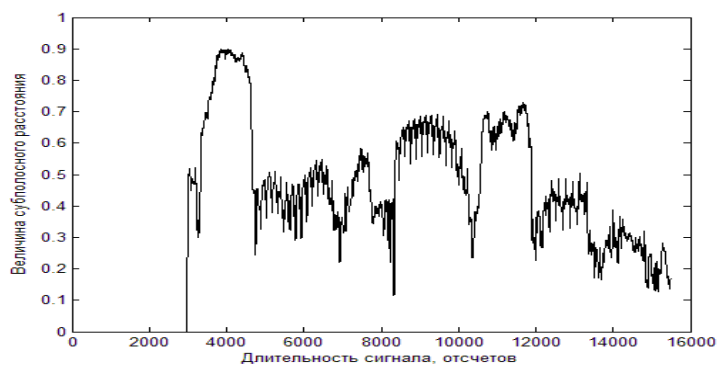


Рис. 2. Результат оценки субполосного расстояния $\gamma_u(x)$ фрагмента РС, порожденного словом «черепаха» ($f_d = 16$ кГц, $N = 256$).

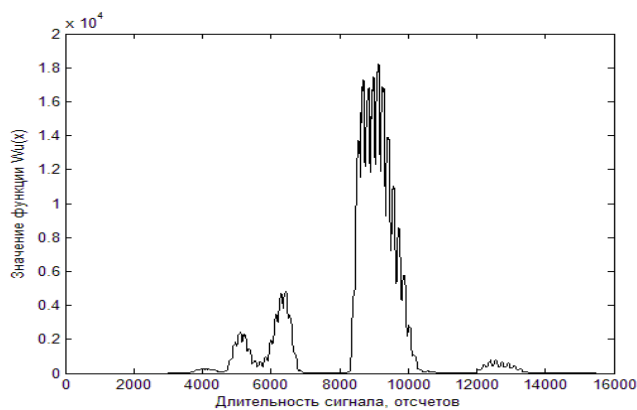


Рис. 3. Результат оценки функции $W_u(x)$ фрагмента РС, порожденного словом «черепаха» ($f_d = 16$ кГц, $N = 256$).

Функция $W_u(x)$ реагирует на изменение энергии по сравнению со средней, тогда как $\gamma_u(x)$ реагирует на изменение её распределения по частотным интервалам.

Гипотеза H_0 отвергается при выполнении неравенства

$$F_u > h_\alpha, \quad (9)$$

где $h_\alpha > 0$ – порог, удовлетворяющий условию

$$PR(F_u > h_\alpha / H_0) \leq \alpha. \quad (10)$$

Здесь PR – символ вероятности, а α – желаемый уровень вероятности ошибок первого рода.

Для оценки эффективности разработанного алгоритма были использованы оценки вероятностей ошибок первого и второго рода.

Оценка вероятности ошибки первого рода определена на основе анализа сигнала, соответствующего участку шума в паузах (185000 отсчетов). Величина вероятности определялась как:

$$P_{1ош} = N_{ошиб.речь} / N_{пауз}, \quad (11)$$

где $N_{ошиб.речь}$ – количество отрезков, ошибочно отнесенных к РС в присутствии звуков речи;

$N_{пауз}$ – количество отрезков РС, порожденных шумами, использованных для анализа (185 000 отрезков).

Для оценки вероятности ошибки второго рода был использован речевой материал с предварительно удаленными участками пауз (230000 отрезков). Вероятность ошибки определялась с использованием отношения вида:

$$P_{2ош} = N_{ошиб.пауз} / N_{речи} \quad (12)$$

ТАБЛ. 1. ЗНАЧЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ОШИБОК ПЕРВОГО И ВТОРОГО РОДА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ ($f_d=16\text{кГц}$)

	N = 128		N = 256	
	$P_{1ош}$	$P_{2ош}$	$P_{1ош}$	$P_{2ош}$
без шума	0,0332	$< 10^{-4}$	0,0791	$< 10^{-4}$
$k = 0,1$	0,0374	0,0002	0,0861	$< 10^{-4}$
$k = 0,2$	0,0410	0,0015	0,0902	$< 10^{-4}$
$k = 0,3$	0,0462	0,0027	0,0963	0,0002
$k = 0,4$	0,0507	0,0092	0,1027	0,0006
$k = 0,5$	0,0537	0,0184	0,1081	0,0029
$k = 0,6$	0,0559	0,0298	0,1127	0,0057
$k = 0,7$	0,0573	0,0465	0,1164	0,0075
$k = 0,8$	0,0582	0,0621	0,1201	0,0109
$k = 0,9$	0,0584	0,0904	0,1235	0,0187
$k = 1$	0,0583	0,1161	0,1265	0,0256

где $N_{\text{ошиб.пауз}}$ – количество отрезков, ошибочно отнесенных к шуму в паузе; $N_{\text{речи}}$ – количество отрезков РС в присутствии звуков речи, использованных для анализа (230 000 отрезков).

В таблице 1 представлены результаты оценки вероятностей ошибок при различных значениях длительностей отрезков анализа и различных отношениях шум/сигнал k .

Полученные результаты показывают, что предлагаемый метод позволяет выделять участки пауз с малой вероятностью ошибочного принятия решений.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-07-01463 "Разработка методов и алгоритмов автоматического распознавания устной речи с использованием субполосного анализа речевых сигналов".

Библиографический список

1. Жилияков Е.Г. Об одном алгоритме кодирования пауз в речевых данных / Е.Г. Жилияков, Е.И. Прохоренко, А.А. Фирсова, А.В. Болдышев // Вопросы радиоэлектроники, серия «Электронная вычислительная техника» (ЭВТ), вып. 1, 2013, с. 17-25.
2. Питмен, Э. Основы теории статистических выводов / Э. Питмен // Пер. с англ. М.: Мир, 1986. 104 с.

УДК 621.39

**Жиляков Е.Г. [Zhilyakov E.G.],
Белов С.П. [Belov S.P.],
Медведева А.А. [Medvedeva A.A.],
Курлов А.В. [Kurlov A.V.],
Лихолоб П.Г. [Likholob P.G.]**

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ЧАСТОТНЫХ ИНТЕРВАЛОВ*

**About one algorithm of determining the frequency
intervals information**

Рассматривается задача анализа отрезков речевых сигналов, с целью выявления их особенностей. Необходимость решения таких задач возникает в области сегментации и распознавания речи, ее сжатия и очистки от шумов. Анализ литературных источников показывает, что наиболее часто при решении таких задач используются частотные представления. При этом наиболее эффективным является использование субполосного частотного анализа, суть которого заключается в соотношении свойств отрезков сигналов с некоторым разбиением оси частот на интервалы конечной ширины. В рамках данной статьи представлены результаты исследования метода определения информационных частотных интервалов в речевых сигналах, полученные на основе применения субполосного частотного анализа. Определена зависимость вероятности ошибочного определения информационных частотных интервалов от уровня энергии накладываемого шума. Результаты исследования алгоритма определения информационных частотных интервалов свидетельствуют о целесообразности использования адаптивного порога для определения информационных частотных интервалов в задачах анализа речевых сигналов.

Ключевые слова: речевые сигналы, информационные частотные интервалы в речевых сигналах, субполосный частотный анализ, распределение энергии речевых сигналов в частотной области.

Considers the problem of analysis of speech signals, with the aim of identifying their characteristics. The needs to solve these problems arise in the field of speech recognition and segmentation, its compression and removal of noise. Analysis of the literature shows that the most commonly used frequency representation in solving such problems. The most effective is the use of sub-band frequency analysis, the essence of which lies in the correlation properties of the signal segments with some splitting the frequency axis into intervals of finite width. In this article the results of research method for determining the frequency domain information in the speech signals obtained on the basis of sub-band frequency analysis. The dependence of the probability of an erroneous definition of frequency intervals information on the energy level of noise overlay. Results of the study algorithm for determining the frequency intervals of information indicate the feasibility of using an adaptive threshold to determine the frequency intervals of information for the analysis of speech signals.

Key words: speech signals, information of frequency intervals in the speech signals, subpolicy frequency analysis, energy distribution of speech signals in the frequency domain.

* Работа подготовлена в рамках II Международной конференции «Параллельная компьютерная алгебра и ее приложения в новых инфокоммуникационных системах»

При решении различных задач обработки речевых сигналов (таких как сегментация, распознавание речи, сжатие, очистка речи от шума и др.) возникает необходимость предварительного анализа отрезков речевых сигналов, с целью выявления их особенностей. Анализ литературных источников показывает, что наиболее эффективным является анализ особенностей распределения энергии речевых сигналов в частотной области. При этом наиболее эффективным является использование субполосного анализа [1], суть которого заключается в соотношении свойств отрезков сигналов с некоторым разбиением оси частот на интервалы конечной ширины.

Для вычисления энергии, сосредоточенной в заданном частотном интервале предлагается использовать субполосные матрицы A_r с элементами вида [1]:

$$\begin{aligned} a_{ik}^r &= (\sin(V_{2r}(i-k)) - \sin(V_{1r}(i-k))) / (\pi(i-k)), \\ a_{ii}^r &= (V_{2r} - V_{1r}) / \pi \end{aligned} \quad (1)$$

где V_{1r} и V_{2r} – соответственно нижняя и верхняя частоты r -го частотного интервала.

Использование соотношения:

$$P_r(\vec{x}_N) = \vec{x}_N^T A_r \vec{x}_N, \quad (2)$$

позволяет вычислить точное значение энергии анализируемого отрезка речевого сигнала $\vec{x}_N = (x_1, \dots, x_N)^T$, сосредоточенной в r -ом частотном интервале, не переходя в частотную область.

В выражении (2) N – длительность анализируемого отрезка сигнала в отсчетах, T обозначает операцию транспонирования.

Использование данного математического аппарата позволяет проводить анализ особенностей распределения энергии отрезков речевых сигналов, соответствующих различным звукам речи (рис. 1–4).

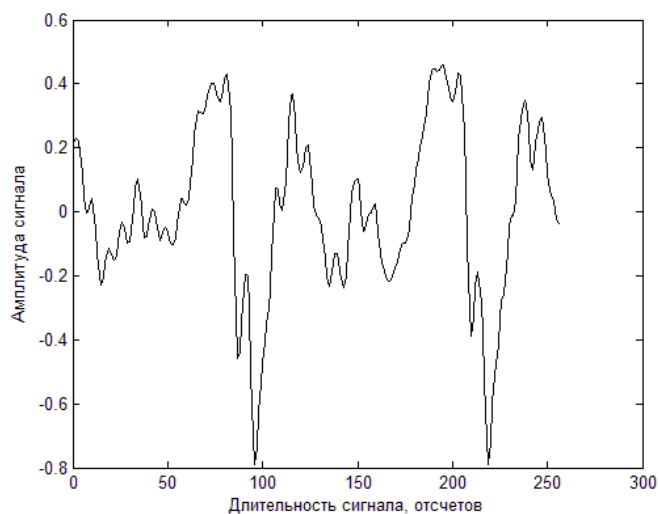


Рис. 1. Фрагмент речевого сигнала, порожденного звуком «а» ($f_d = 16$ кГц, $N = 256$).

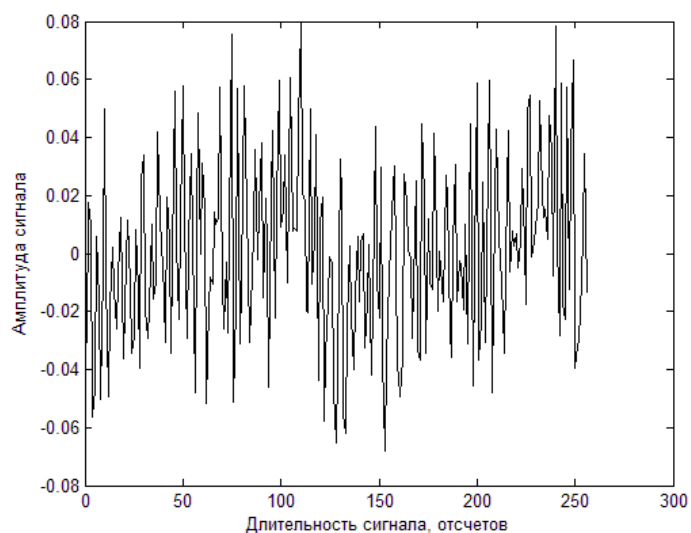


Рис. 2. Фрагмент речевого сигнала, порожденного звуком «ш» ($f_d = 16$ кГц, $N = 256$).

Как видно из представленных рисунков для различных звуков русской речи характерно разное распределение энергии в области частот.

При решении ряда задач обработки речевых сигналов интерес представляет определение в автоматическом режиме частотных интервалов, которые несут основную информацию о характере звука, так называемых информационных частотных интервалов.

Очевидно, что к информационным частотным интервалам необходимо отнести интервалы, в которых сосредоточена большая энергия, превышающая некоторое пороговое значение.

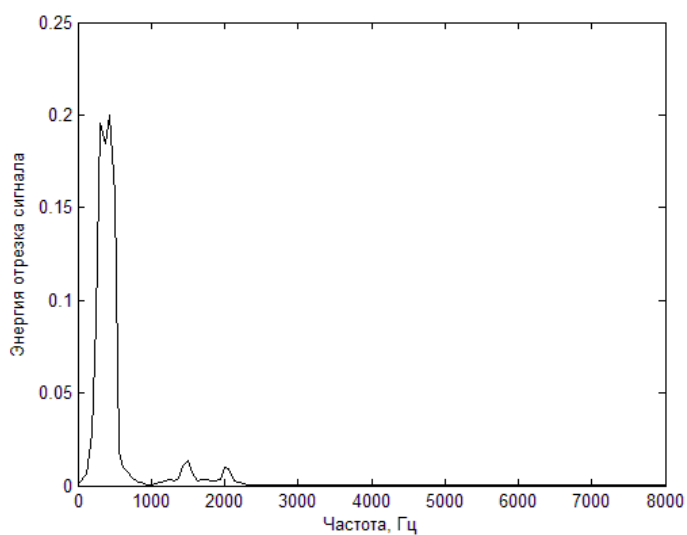


Рис. 3. Распределение энергии фрагмента речевого сигнала, порожденного звуком «а» ($f_d = 16$ кГц, $N = 256$, $R = 128$).

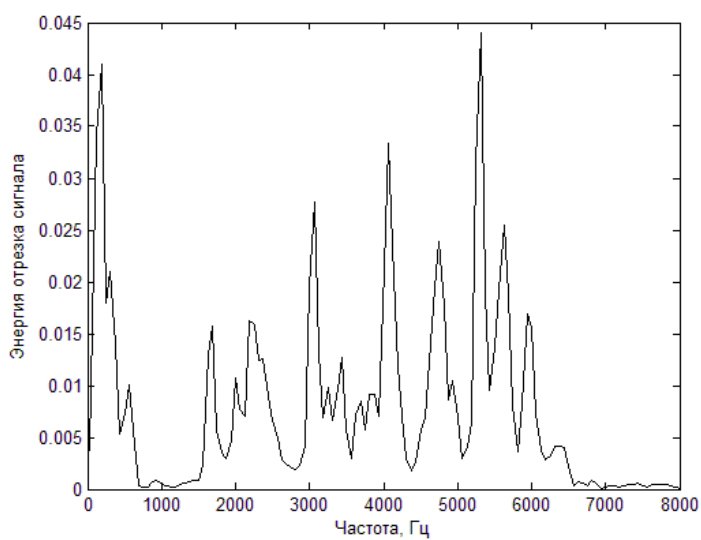


Рис. 4. Распределение энергии фрагмента речевого сигнала, порожденного звуком «ш» ($f_d = 16$ кГц, $N = 256$, $R = 128$).

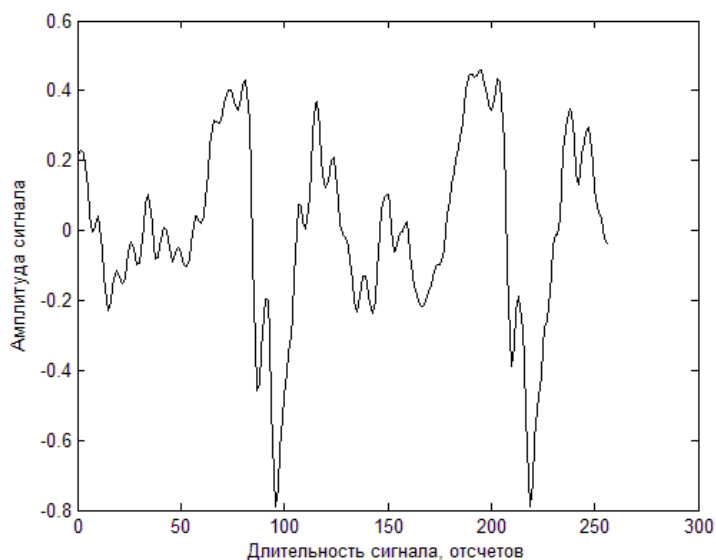


Рис. 5. Фрагмент речевого сигнала, порожденного звуком «а» ($f_d = 16$ кГц, $N = 256$).

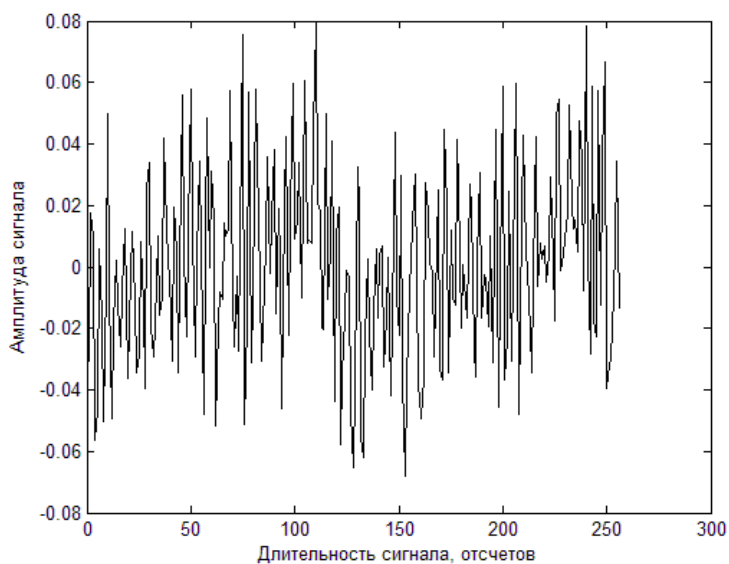


Рис. 6. Фрагмент речевого сигнала, порожденного звуком «ш» ($f_d = 16$ кГц, $N = 256$).

В качестве порогового значения предлагается выбирать среднее значение энергии, приходящейся на анализируемый частотный интервал. Таким образом, решение о принадлежности частотного интервала к информационным будет приниматься при выполнении условия [2]:

$$P_r(\vec{x}_N) > \|\vec{x}_N\|^2 \cdot (V_{2r} - V_{1r}) / \pi. \quad (3)$$

Все остальные интервалы в этом случае представляют собой неинформационные частотные интервалы. На рисунках 5-8 представлены результаты определения информационных частотных интервалов в соответствии с выражением (3) для некоторых звуков русской речи.

Как видно из представленных рисунков, использование предложенного алгоритма позволяет выделить информационные частотные интервалы с преобладающей энергией. Интерес представляет устойчивость определения информационных частотных интервалов к воздействию аддитивных шумов.

Для выявления чувствительности определения информационных частотных интервалов к воздействию аддитивного шума были оценены вероятности ошибочного определения информационных частотных интервалов для различных звуков русской речи при разных отношениях шум/сигнал. При этом оценивались две вероятности: вероятность ошибок первого и второго рода:

$$P_{ош1} = \tilde{N}_{инф} / N_{все_неинф}, \quad (4)$$

$$P_{ош2} = 1 - N_{инф} / N_{все_инф}, \quad (5)$$

где $\tilde{N}_{инф}$ – количество частотных интервалов, ошибочно отнесенных к информационным;

$N_{все_неинф}$ – количество неинформационных частотных интервалов, использованных для исследования;

$N_{инф}$ – количество частотных интервалов, верно отнесенных к информационным;

$N_{все_инф}$ – количество информационных частотных интервалов, использованных для исследования.

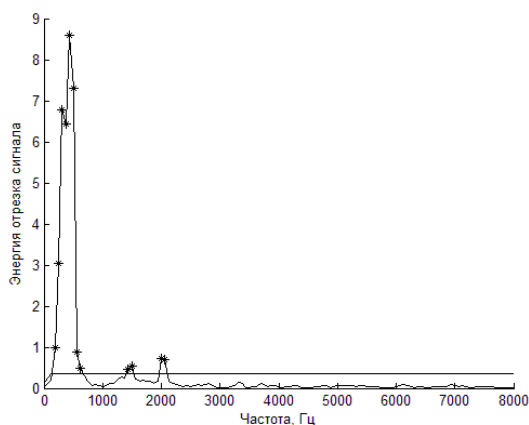


Рис. 7.

Распределение энергии фрагмента речевого сигнала, порожденного звуком «а» с указанием информационных частотных интервалов ($f_d = 16$ кГц, $N = 256$, $R = 128$).

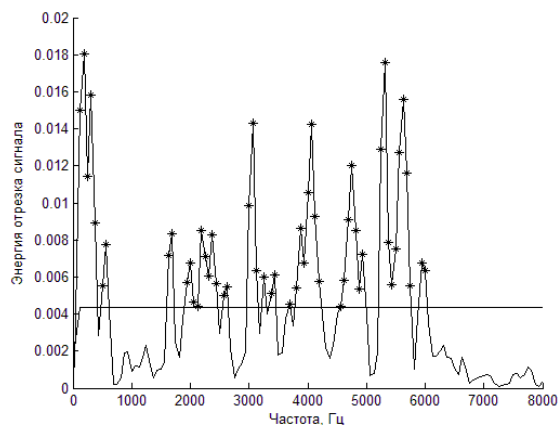


Рис. 8.

Распределение энергии фрагмента речевого сигнала, порожденного звуком «ш» с указанием информационных частотных интервалов ($f_d = 16$ кГц, $N = 256$, $R = 128$).

Информационные и неинформационные частотные интервалы, используемые для исследования, определялись при отсутствии шумов. В таблице 1 представлены результаты оценки вероятностей первого и второго рода для различных длительностей отрезков анализа.

Табл. 1. ЗНАЧЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ОШИБОЧНОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ОТНОШЕНИЯ ШУМ/СИГНАЛ ($f_d = 16$ кГц)

Отношение шум/сигнал	$P_{\text{ош1}}$		$P_{\text{ош2}}$	
	N = 128	N = 256	N = 128	N = 256
0,1	0,0132	0,0142	0,0026	0,0028
0,2	0,0287	0,0289	0,0052	0,0058
0,3	0,0424	0,0447	0,0083	0,0088
0,4	0,0559	0,0605	0,0119	0,0124
0,5	0,0689	0,0762	0,0164	0,0170
0,6	0,0815	0,0916	0,0235	0,0242
0,7	0,0939	0,1065	0,0362	0,0367
0,8	0,1061	0,1210	0,0553	0,0555
0,9	0,1182	0,1349	0,0794	0,0791
1,0	0,1299	0,1485	0,1060	0,1053

Из таблицы видно, что вероятности ошибочного принятия решения при различных длительностях отрезка анализа отличаются незначительно и не превышают 0,15.

Таким образом, использование предлагаемого подхода позволяет определить информационные частотные интервалы даже при высоком отношении шум/сигнал, что позволяет говорить о целесообразности использования данного метода в задачах анализа и обработки речевых сигналов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-07-01463 "Разработка методов и алгоритмов автоматического распознавания устной речи с использованием субполосного анализа речевых сигналов".

Библиографический список

1. Жилияков, Е.Г. Вариационные методы анализа сигналов на основе частотных представлений [Текст] / Е.Г. Жилияков, С.П. Белов, А.А. Черноморец // Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ, вып. 1. Москва: Электроника, 2010. 185 с.
2. Жилияков Е.Г. О сегментации речевых сигналов на однородные отрезки [Текст] / Жилияков Е.Г., Белов С.П., Белов А.С., Фирсова А.А. // Научные ведомости Белгородского государственного университета, Серия Экономика Информатика, №7(204), вып. 34/1, 2015, с.194-199.

УДК 004.9,
004.94, 004.56

Коляда А.А. [Kolyada A.A.],
Чернявский А.Ф. [Chernyavsky A.F.]

ГЕНЕРИРОВАНИЕ КЛЮЧА ДЕШИФРОВАНИЯ ДЛЯ КРИПТОСИСТЕМЫ RSA С ПРИМЕНЕНИЕМ МИНИМАЛЬНО ИЗБЫТОЧНОЙ МОДУЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ*

**Generation of decryption key for the RSA
cryptosystem using the minimum redundant
modular number system**

Статья посвящена проблеме генерирования для криптосистемы RSA ключа дешифрования по известным открытым параметрам – системному модулю и ключу шифрования. Для получения мультипликативной инверсии открытого ключа по функции Эйлера системного модуля применена минимально избыточная модулярная система счисления. Ее основаниями служат элементы фактор-спектра базовой функции Эйлера, а также специально выбираемое дополнительное основание. Реализуемый подход позволяет минимизировать объем выполняемых вычислений. Это обеспечивается благодаря достигаемому в рамках минимально избыточного модулярного кодирования снижению к предельно низкому уровню сложности расчетных соотношений для используемых интегральных характеристик кода – интервально-индексных характеристик.

Ключевые слова: Схема RSA, умножение Монтгомери, возведение в степень по модулю, криптографическое RSA-преобразование, денормирующий коэффициент, модулярная система счисления, модулярный код, интервальный индекс.

The article is devoted to the problem of generating a cryptosystem RSA key decryption on the known open parameters - system module and the encryption key. Minimum excess modular numeral system is applied to receiving multiplicative inversion of an open key on Euler's function of the system module. Its bases are the elements of the factor-spectrum base of Euler's function, as well as specially selected additional base. The realized approach allows to minimize the volume of the carried-out calculations. This is ensured thanks to achieved within the minimum excess modular coding to reduce the extremely low level of complexity of accounting ratios used for the integral characteristics of the code – interval-index characteristics.

Key words: RSA scheme, Montgomery multiplication, modular exponentiation, RSA-cryptographic transformation, denormalizing factor, modular number system, modular code, interval index.

* Работа подготовлена в рамках II Международной конференции «Параллельная компьютерная алгебра и ее приложения в новых инфокоммуникационных системах»

Введение. Криптосистемы RSA относятся к классу систем с открытым ключом [1, 2]. Алгоритмы шифрования этих систем общедоступны, благодаря чему отпадает необходимость в секретных каналах связи для предварительного обмена ключами. Один из двух используемых ключей в RSA-криптосистеме – ключ шифрования является несекретным, а другой ключ дешифрования – секретным. При этом получение (генерирование) секретного ключа требует вычисления мультипликативной инверсии открытого ключа по функции Эйлера системного модуля, который относится к открытым параметрам и является большим числом. Так как элементы факторспектра (разложения на простые множители) модуля криптосистемы также большие числа, то указанная задача имеет большую вычислительную сложность. Отмеченное обстоятельство составляет главную отличительную особенность схемы RSA и представляется ключевым фактором, обусловившим широкое распространение криптосистем RSA на практике. Как известно, эффективную компьютерно-арифметическую базу для решения трудоемких задач современных криптографических приложений составляет арифметика модулярных систем счисления (МСС) [2–12]. Это обусловлено тем, что благодаря кодовому параллелизму, модулярные вычислительные структуры (МВС) при оперировании на диапазонах больших чисел позволяют достичь существенно большей производительности, чем позиционные структуры. По уровню простоты выполнения так называемых немодульных операций в классе МСС приоритетные позиции принадлежат так называемым минимально избыточным МСС (МИМСС) [13–15]. В представляемой разработке преимущество МИМСС демонстрируются на примере решения задачи генерирования ключа дешифрования для криптосистемы RSA модулярного типа. В рамках избыточного кодирования восстановление числа по его модулярному коду (МК) осуществляется значительно проще, чем в неизбыточной МСС, что обеспечивается тривиальностью операции вычисления базовых интегральных характеристик МК (ИХМК) – интервально-индексных характеристик. Благодаря именно отмеченному обстоятельству для решения проблемы генерирования ключа дешифрования по открытому ключу с применением МИМСС открываются принципиально новые возможности.

1. БАЗОВЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ МОДУЛЯРНОГО МЕТОДА ГЕНЕРИРОВАНИЯ КЛЮЧА ДЕШИФРОВАНИЯ ДЛЯ RSA-КРИПТОСИСТЕМЫ

Как известно [1], параметрами схемы RSA служат модуль p (большое число), а также открытый и секретный ключи – целые числа (ЦЧ) e и d , такие, что $e \in \mathbf{Z}_{\varphi(p)} = \{0, 1, \dots, \varphi(p) - 1\}$ (φ – функция Эйлера), e – взаимно просто с $\varphi(p)$, $d \equiv e^{-1} \pmod{\varphi(p)}$. Шифрование в криптосистеме RSA с модулем p и ключом e сообщения, отождествляемого с ЦЧ $X \in \mathbf{Z}_p = \{0, 1, \dots, p-1\}$, осуществляется по правилу $Y = E(X) = |X^e|_p$ (через $|x|_m$ обозначается элемент множества $\mathbf{Z}_m = \{0, 1, \dots, m-1\}$, сравнимый с x (в общем случае рациональным числом) по натуральному модулю m). Процесс дешифрования сообщения по ЦЧ Y с ключом d выполняется согласно расчетному соотношению: $D(Y) = |Y^d|_p$. Корректность пары криптографических RSA-преобразований: $\langle E(X), D(E(X)) \rangle$ подтверждает равенство $D(E(X)) \equiv X$.

Предположим, что рабочий модуль p схемы RSA имеет вид: $p = \prod_{u=1}^v p_u$ и пусть $p_u = 2q_u + 1$, где q_u так же как и p_u – большие простые числа. В этом случае

$$\varphi(p) = \prod_{u=1}^v (p_u - 1) = \prod_{u=1}^v q_u (q_0 = 2^v). \quad (1)$$

Благодаря равенству (1), для решения задачи расчета ключа дешифрования:

$$d = e^{-1} \pmod{Q} \quad (Q = \varphi(p) = \prod_{u=1}^v q_u) \quad (2)$$

по открытому ключу e можно использовать МСС с базисом $\{q_0, q_1, \dots, q_v\}$ и диапазоном $\mathbf{Z}_Q = \{0, 1, \dots, Q-1\}$. Это предполагает представление ЦЧ e в коде указанной МСС:

$$e = (\varepsilon_0, \varepsilon_1, \dots, \varepsilon_u) \quad (\varepsilon_u = |e|_{q_u} \quad (u = \overline{0, v}) \quad (3)$$

В случае, когда ключ e первоначально задан в позиционном коде, естественно он должен быть преобразован в МК (3), например, с помощью предложенного в [16] алгоритма на основе рекурсивной схемы Горнера. Получение в рамках модулярного кодирования (3) мультипликативной инверсии $|e^{-1}|_Q$ сводится к поразрядному выполнению данной операции в применяемой МСС, то есть к формированию МК

$$(\delta_0, \delta_1, \dots, \delta_v) = (|e_0^{-1}|_{q_0}, |e_1^{-1}|_{q_1}, \dots, |e_v^{-1}|_{q_v}) \quad (\delta_u = |d|_{q_u} \quad (u = \overline{0, v})). \quad (4)$$

Несмотря на то, что как и Q , модули $q^1, q^2, \dots, q_v$ так же большие числа, вычисление цифр кода (4) является более простой задачей, чем соответствующая задача по модулю Q (см. (2)).

Согласно китайской теореме об остатках значение $d = {}^{1/2}e^{-1/2}_Q$ ключа дешифрования и цифры МК (4) связаны между собой соотношением:

$$d = |e^{-1}|_Q = \sum_{i=1}^{s-1} Q_{i,s-1} \cdot |Q_{i,s-1}^{-1} \cdot \delta_i|_{q_i} + Q_{s-1} I_s(d), \quad (5)$$

где $s = v + 1$; $Q_{i,s-1} = Q_{s-1} / q_i$; $Q_{s-1} = \prod_{j=1}^{s-1} q_j$;

$I_s(d)$ – интегральная характеристика МК (ИХМК)

$(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_{s-1}, \delta_0)$ по базису $\{q_1, q_2, \dots, q_{s-1}, q_0\}$, называемая интервальным индексом (ИИ) числа d [15, 17] и определяемая формулами:

$$I_s(d) = \hat{I}(d) - q_0 \theta(d) \quad (\theta(d) \in \{0, 1\}); \quad (6)$$

$$\hat{I}(d) = \left| \sum_{i=0}^{s-1} R_{i,0}(\delta_i) \right|_{q_0}; \quad (7)$$

$$\begin{aligned}
 R_{0,0}(\delta_0) &= \left| Q_{s-1}^{-1} \delta_0 \right|_{q_0}, \\
 R_{i,0}(\delta_i) &= \left| -q_i^{-1} \left| Q_{i,s-1}^{-1} \delta_i \right|_{q_i} \right|_{q_0} \quad (i = \overline{1, s-1}),
 \end{aligned} \quad (8)$$

$Q(d)$ – минимальная ИХМК, формируемая по известному общему алгоритму [15, 17], который имеет довольно высокий уровень вычислительной сложности, особенно при оперировании в диапазонах больших чисел.

Расчет ИИ $I_s(d)$, используемого в (5), предельно упрощается в рамках минимально избыточного модулярного кодирования [15]. Его сущность раскрывает нижеследующее утверждение.

Теорема 1. Для того, чтобы в МСС с попарно простыми основаниями $q_1, q_2, \dots, q_{s-1}, q_s$ ИИ $I_s(d)$ каждого элемента $d = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_{s-1}, \delta_s)$ ($\delta_i = \left| d \right|_{q_i}$ ($i = \overline{1, s}$)) диапазона $\mathbf{Z}_Q = \{0, 1, \dots, Q-1\}$ ($Q = \prod_{i=0}^{s-1} q_i$; $q_0 = 2^{s-1}$) полностью определялся вычетом $\hat{I}_s(d) = \left| I_s(d) \right|_{q_s}$ необходимо и достаточно, чтобы $q_s \geq q_0 + s - 2$ ($q_0 \geq s - 2$). При этом для $I_s(d)$ верны расчетные соотношения:

$$I_s(d) = \begin{cases} \hat{I}_s(d), & \text{если } \hat{I}_s(d) < q_0, \\ \hat{I}_s(d) - q_s, & \text{если } \hat{I}_s(d) \geq q_0; \end{cases} \quad (9)$$

$$\hat{I}_s(d) = \left| \sum_{i=1}^s R_{i,s}(\delta_i) \right|_{q_s} \quad (10)$$

$$R_{i,s}(\delta_i) = \left| -q_i^{-1} \left| Q_{i,s-1}^{-1} \delta_i \right|_{q_i} \right|_{q_s} \quad (i \neq s), \quad R_{s,s}(\delta_s) = \left| Q_{s-1}^{-1} \delta_s \right|_{q_s}. \quad (11)$$

Из (9) видно, что в отличие от формулы (6) для вычисления ИИ $I_s(d)$ ЦЧ d в минимально избыточной МСС (МИМСС) с базисом $\{q_1, q_2, \dots, q_{s-1}, q_s\}$, удовлетворяющим теореме 1, и диапазоном $\mathbf{Z}_Q$ не требуется формирование $\theta(d)$. Реализация как отмеченного, так и других преимуществ МИМСС является главным отличительным признаком представляемого метода генерирования ключа дешифрования RSA-криптосистемы.

2. ФОРМАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ГЕНЕРИРОВАНИЯ КЛЮЧА ДЕШИФРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МИМСС

Прежде всего отметим, что для определения мультипликативных инверсий $\delta_i = \left| \varepsilon_i^{-1} \right|_{q_i}$ ($i = \overline{0, s-1}$) можно воспользоваться общеизвестным обобщенным алгоритмом Эвклида [1]. При этом для выполнения операций деления с остатком применим предложенный в [18] алгоритм, который базируется на модулярной схеме деления спуска Ферма.

Введем семейство ЦЧ d' определяемых модулярными кодами $(\delta_0, \delta_1, \dots, \delta_{s-1}, \delta'_s)$ ($\delta'_s = \overline{0, q_s - 1}$) по базису $\{q_0, q_1, \dots, q_{s-1}, q_s\}$. Ввиду (1) каждое из ЦЧ d' удовлетворяет сравнению $d' \equiv d(\bmod Q)$, а следовательно и сравнению $ed' \equiv ed \equiv 1(\bmod Q)$ (см. (2)). Поэтому так же как и d числа d' могут выполнять роль секретного ключа RSA-криптосистемы. Сущность предлагаемого подхода к выбору искомого секретного ключа состоит в выделении из множества

$$R_Q(d; e) = \left\{ \forall d' \mid d' \equiv d(\bmod Q) \quad d' = (\delta_0, \delta_1, \dots, \delta'_s) (\delta'_s \in \mathbf{Z}_{q_s}) \right\} \quad (12)$$

элемента который принадлежит диапазону $\mathbf{Z}_{Q_s}$ ($Q_s = \prod_{i=1}^s q_i$) МСС с модулями $q_1, q_2, \dots, q_{s-1}, q_s^3 q_0^{s-2}$.

Запишем $d' \in \mathbf{R}_Q(d; e)$ в интервально – модулярной форме вида (5):

$$d' = \sum_{i=1}^{s-1} Q_{i,s-1} \left| Q_{i,s-1}^{-1} \delta_i \right|_{q_i} + Q_{s-1} I_s(d') \quad (13)$$

Выражая интервально-индексную характеристику $I_s(d')$ через эвклидовы составляющие относительно модуля q_0 :

$$I_s(d') = \hat{I}(d') + q_0 J(d') \quad (\hat{I}(d') = |I_s(d')|_{q_0}, J(d') = \lfloor I_s(d') / q_0 \rfloor;$$

через $\lfloor x \rfloor$ обозначается целая часть величины x . Представим ИМФ (13) в виде

$$d' = \sum_{i=1}^{s-1} Q_{i,s-1} \left| Q_{i,s-1}^{-1} \delta_i \right|_{q_i} + Q_{s-1} \hat{I}(d') + Q J(d') \quad (14)$$

Из (14) вытекает равенство

$$\hat{I}(d') = \left| Q_{s-1}^{-1} \delta_0 - \sum_{i=1}^{s-1} q_i^{-1} \left| Q_{i,s-1}^{-1} \delta_i \right|_{q_i} \right|_{q_0},$$

которое с учетом обозначений (8) дает для $\hat{I}(d')$ расчетное соотношение вида (7):

$$\hat{I}(d') = \left| \sum_{i=0}^{s-1} R_{i,0}(\delta_i) \right|_{q_0}. \quad (15)$$

Соотношение (15) не зависит от величин связанных с q_s , и поэтому является общим для всех $d' \in \mathbf{R}_Q(d; e)$, включая $d' = d$. Следовательно ввиду $\hat{I}(d') = \hat{I}(d)$ в соответствии с (13) при $d' = d$ имеем

$$d = \sum_{i=1}^{s-1} Q_{i,s-1} \left| Q_{i,s-1}^{-1} \delta_i \right|_{q_i} + Q_{s-1} \hat{I}(d) - Q \Theta(d) \quad (16)$$

На основании (14) и (16) заключаем, что для $d' = d$ характеристика $J(d')$ принимает значение $J(d') = J(d) = -\Theta(d)$. Ввиду трудоемкости процедуры вычисления $\Theta(d)$ в качестве искомого элемента множества (12), который может выполнять роль секретного ключа RSA-криптосистемы рассматриваемого класса примем число, получаемое из (16) при $\Theta(d) = 0$, то есть ЦЧ

$$\tilde{d} = \sum_{i=1}^{s-1} Q_{i,s-1} \left| Q_{i,s-1}^{-1} \delta_i \right|_{q_i} + Q_{s-1} \hat{I}(d). \quad (17)$$

Принадлежность $\tilde{d}$ к множеству $\mathbf{R}_Q(d; e)$ вытекает из того, что согласно (16) и (17) $d = \tilde{d} - Q \Theta(d)$; и поэтому $\tilde{d} \equiv d \pmod{Q}$ $\tilde{d} = (\delta_0, \delta_1, \dots, \delta_{s-1})$.

Найдем для $\tilde{d}$ верхний ограничительный порог. Из (17) имеем

$$\begin{aligned} \tilde{d} &= Q_{s-1} \left(\sum_{i=1}^{s-1} q_i^{-1} \left| Q_{i,s-1}^{-1} \delta_i \right|_{q_i} + \hat{I}(d) \right) \leq Q_{s-1} \left(\sum_{i=1}^{s-1} q_i^{-1} (q_i - 1) + q_0 - 1 \right) = Q_{s-1} \left(s - 1 - \sum_{i=1}^{s-1} q_i^{-1} \right) + Q - Q_{s-1} < \\ &< Q + Q_{s-1} \left(s - 2 - \sum_{i=1}^{s-1} \frac{1}{q_{\max}} \right) < Q + Q_{s-1} \left(s - 2 - \left\lfloor \frac{s-1}{q_{\max}} \right\rfloor \right) = Q + Q_{s-1} (s-2) = Q_{s-1} (q_0 + s - 2) \leq Q_s, \end{aligned} \quad (18)$$

где $q_{\max} = \max\{q_1, q_2, \dots, q_{s-1}\}$; $Q_s = \prod_{i=1}^s q_i$.

При получении оценки (17) на завершающем шаге принято во внимание условие $q_s \geq q + s - 2$, которое налагается

на s -е основание MCC с базисом $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_{s-1}, q_s\}$ и диапазоном Z_{Q_s} (см. теорему 1).

Обозначим s -ю цифру МК числа $\tilde{d}$ в MCC с основаниями $\{q_1, q_2, \dots, q_s\}$ через $\tilde{\delta}_s$. Из (17) вытекает равенство

$$\tilde{\delta}_s = \left| \tilde{d} \right|_{q_s} = \left| Q_{s-1} \left(\sum_{i=1}^{s-1} q_s^{-1} \left| Q_{i,s-1}^{-1} \delta_i \right|_{q_i} + \hat{I}(d) \right) \right|_{q_s},$$

которое дает для $\tilde{\delta}_s$ расчетное соотношение:

$$\tilde{\delta}_s = \left| -Q_{s-1} \left| \sum_{i=1}^{s-1} R_{i,s}(\delta_i) - \hat{I}(d) \right|_{q_s} \right|_{q_s}. \quad (19)$$

Фигурирующая в (19) интервально-индексная характеристика $\hat{I}(d) = \hat{I}(d') = \hat{I}(\tilde{d})$, вычисляется по формуле (7) с использованием вычетов (8).

При выполнении криптографических RSA-преобразований обычно применяют метод умножения с квадрированием [14], который предполагает представление кода ключа дешифрования в двоичном коде. Цифрой позиционного кода (ПК) $(\tilde{d}_{n-1} \tilde{d}_{n-2} \dots \tilde{d}_0)_r$ ($r = q = 2^v$; n – длина кода) ключа $\tilde{d}$ могут быть получены по МК $(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_{s-1}, \tilde{\delta}_s)$ и остатку $\delta_0 = \left| \tilde{d} \right|_{q_0} = \left| d \right|_{q_0}$ с помощью разработанных в [18] алгоритмов модулярно-позиционного кодового преобразования, основу которых составляет метод деления на двоичную экспоненту.

3. АЛГОРИТМ ГЕНЕРИРОВАНИЯ КЛЮЧА ДЕШИФРОВАНИЯ

Базирующийся на изложенных методологических положениях алгоритм генерирования секретного ключа для криптосистемы RSA заключается в нижеследующем.

Параметры алгоритма:

- Рабочий модуль p криптосистемы, имеющий вид $p = \prod_{u=1}^v p_u$, где $p_u = 2q_u + 1$; q_u – большие простые числа; $v > 1$.
- Основания $q_1, q_2, \dots, q_{s-1}, q_s \geq q_0 + s - 2$ МИМСС с диапазоном $\mathbf{Z}_Q$, где $s = v + 1$; $q_0 = 2^v$; $Q = \varphi(p) = \prod_{u=0}^v q_u$ (φ – функция Эйлера).
- Основание $r = q_0$ позиционной системы счисления для представления открытого и секретного ключей МИМА – криптосистемы RSA.

Входные данные алгоритма: Открытый ключ $\in \hat{\mathbf{Z}}_Q$, представленный в r -ичном ПК $(e_{m-1} e_{m-2} \dots e_0)_r$ длины $m < \lceil \log_r Q \rceil$ цифр (через $\lceil x \rceil$ обозначается наименьшее ЦЧ, не меньшее x).

Выходные данные: секретный ключ $\tilde{d} \in \mathbf{Z}_{Q_s}$ ($Q_s = \prod_{i=1}^s q_i$), полученный в коде $(\tilde{d}_{n-1} \tilde{d}_{n-2} \dots \tilde{d}_0)_r$ ($n < \lceil \log_r Q_s \rceil$) ПСС с основанием r .

Тело алгоритма расчета секретного ключа

- РСК. 1. Найти множители $(q_0, q_1, \dots, q_v)$ функции Эйлера $Q = \varphi(p)$.
- РСК.2. С помощью алгоритма на основе схемы Горнера [16] выполнить позиционно-модулярное кодовое преобразование: $(e_{m-1} e_{m-2} \dots e_0)_r \rightarrow (\varepsilon_0, \varepsilon_1, \dots, \varepsilon_{s-1})$ ($\varepsilon_i = |e|_{q_i}$ ($i = \overline{0, s-1}$)).
- РСК. 3. Получить для цифр кода $(\varepsilon_0, \varepsilon_1, \dots, \varepsilon_{s-1})$ мульти-

пликативные инверсии $\delta_i = \left| \varepsilon_i^{-1} \right|_{q_i}$ по модулю q_i ($i = \overline{0, s-1}$), формируя тем самым МК $(\delta_0, \delta_1, \dots, \delta_{s-1})$ ЦЧ $d = \left| e^{-1} \right|_Q = \left| e^{-1} \right|_{\varphi(p)}$ в базисе $\{q_0, q_1, \dots, q_{s-1}\}$.

- РСК. 4. Используя (7), (8), по цифрам МК $(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_{s-1}, \delta_0)$ число d в базисе $\{q_1, q_2, \dots, q_{s-1}, q_0\}$ вычислить интервально-индексную характеристику $\hat{I}(d)$, общую для всех элементов множества $\mathbf{R}_Q(d; e)$ (см. (12)).
- РСК. 5. В качестве искомого ключа дешифрования принять ЦЧ $\tilde{d}$, определяемое равенством (17).
- РСК. 6. Применяя (19) сформировать код $(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_{s-1}, \tilde{\delta}_s)$ ключа $\tilde{d}$ в МСС с базисом $\{q_1, q_2, \dots, q_{s-1}, q_s\}$ и диапазоном $\mathbf{Z}_{Q_s}$.
- РСК. 7. С помощью алгоритма деления на двоичную экспоненту [18] в МИМСС с базисом $\{q_1, q_2, \dots, q_{s-1}, q_s\}$ и диапазоном $\mathbf{Z}_Q$, сформировать ПК $(\tilde{d}_{n-1} \tilde{d}_{n-2} \dots \tilde{d}_0)_r$ ключа $\tilde{d}$ и завершить работу алгоритма.

Отметим, что все вычисления, связанные с формированием ключей RSA-криптосистемы, выполняются предварительно. Жестких требований к временным затратам на решение данной задачи так же как и других задач параметризации криптосистем, не предъявляется.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты представленной разработки по проблеме создания средств генерирования ключей криптосистемы RSA кратко можно охарактеризовать следующим образом.

1. Дана математическая формализация принципа модулярной декомпозиции процесса мультипликативного инвертирования ключа шифрования криптосистемы RSA по функции Эйлера системного модуля на subprocessы меньшей разрядности, отвечающие элементам фактор-спектра базовой функции Эйлера. При этом для компьютерной реализации результирующих subprocessов, обеспечивающей формирование искомого значения ключа дешифрования впервые применения МИМСС.
2. Разработан метод выделения из множества значений ключа дешифрования, определяемых МК по фактор-спектру функции Эйлера системного модуля, элемента минимизирующего объем необходимых вычислений. Реализуемая процедура фактически сводится к формированию интервально-модулярного кода искомого элемента по основаниям базовой МИМСС.
3. Созданный метод ориентирован на получение ключа дешифрования RSA криптосистемы в позиционном коде. В соответствии с этим диапазон применяемой МИМСС адаптирован к условиям, обеспечивающим корректную реализацию в МИМСС модулярно-позиционного кодового преобразования методом деления на двоичную экспоненту.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Харин Ю.С., Берник В.И., Матвеев Г.В. и др. Математические и компьютерные основы криптологии. Мн.: Новое знание, 2003.
2. Червяков Н.И. и др. Применение искусственных нейронных сетей и системы остаточных классов в криптографии. М.: Физматлит, 2012.
3. Kawamura S., Koike M., Sano F., Shimbo A. Cox-Rower architecture for fast parallel Montgomery multiplication // Eurocrypt 2000, LNCS. Vol. 1807. Berlin, 2000. P. 523–538.
4. Nozaki H., Motoyama M., Shimbo A., Kawamura S. Implementation of RSA Algorithm Based on RNS Montgomery Multiplication // Proc. Cryptographic Hardware and Embedded Systems (CHES 2001). 2001. P. 364–376.
5. Lim Z., Phillips B.J. An RNS-Enhanced microprocessor implementation of public key cryptography // Signals, Systems and Computers: Rec. of the first Asilomar Conf., 2007. Pp. 1430–1434.
6. Инютин С.А. Основы модулярной алгоритмики. Ханты-Мансийск: Полиграфист, 2009.
7. Bajard J.-C., Imbert L. A Full RNS Implementation of RSA // IEEE Trans. Comp. 2004. Vol. 53. N 6. Pp. 769–774.
8. Wu Tao, Lee Shoguo, Leu Litian. Improved RNS Montgomery modular multiplication with residue recovery // Proc. Int. Conf. on soft computing techniques and engineering application advances in intelligent systems and computing, 2014. Vol. 250. Pp. 233–245.
9. Schinianakis D., Stouraitis T. Multifunction residue architectures for cryptography // IEEE Trans. Circuits and Syst. I. 2014. 61, 4. Pp. 1156–1169.
10. Bigou K., Tisserand A. RNS modular multiplication through reduced base extensions // 25 Int. Conf. «Application specific systems, architectures and processors (ASSAP 2014)». Zurich, Switzerland, 2014. Pp. 57–62.
11. Червяков Н.И., Дерябин М.А., Лавриненко И.Н. Реализация алгоритма Монгомери в системе остаточных классов на базе эффективного алгоритма расширения системы оснований // Нейрокомпьютеры: разработ., применение. 2014. № 9. С. 37–45.
12. Оцоков Ш.А. Способ организации высокоточных вычислений в модулярной арифметике // Первая международная конференция «Параллельная компьютерная алгебра и ее приложения в

новых инфокоммуникационных системах». Сборник научных трудов. Ставрополь: Фабула, 2014. С. 270–277.

13. Чернявский А.Ф., Коляда А.А., Коляда Н.А. и др. Умножение по большому модулю методом Монтгомери с применением минимально избыточной модулярной арифметики // Всерос. науч. конф. с элементами научной школы для молодежи «Параллельная компьютерная алгебра». Ставрополь. гос. у-т. Нейрокомпьютеры: разработ., применение. Москва, 2010. № 9. С. 3-8.
14. Каленик А.Н., Коляда А.А., Коляда Н.А., Чернявский А.Ф., Шабинская Е.В. Умножение и возведение в степень по большому модулю с использованием минимально избыточной модулярной арифметики // Информационные технологии. 2012. № 4. С. 37–44.
15. Чернявский А.Ф., Коляда А.А. Вычисление интегральных характеристик минимально избыточного модулярного кода // Доклады НАН Беларуси, 2015. Т. 59. №6. С. 40–46.
16. Городецкий Д.А., Коляда А.А., Коляда Н. А., Шабинская Е.В. Применение таблично-сумматорной вычислительной технологии для позиционно-модулярного кодового преобразования по схеме Горнера // Первая международная конференция «Параллельная компьютерная алгебра и ее приложения в новых инфокоммуникационных системах». Сборник научных трудов. Ставрополь: Фабула, 2014. С. 247–252.
17. Коляда А.А., Чернявский А.Ф. Интегрально-характеристическая база модулярных систем счисления // Информатика. 2013. № 1. С. 106–119.
18. Коляда А.А., Кучинский П.В., Червяков Н.И., Чернявский А.Ф., Шабинская Е.В. Метод деления на двоичную экспоненту для преобразования минимально избыточного модулярного кода в позиционный код // Инфокоммуникационные технологии. 2014. Т. 12. № 3. С. 4–10.

**УДК 517.972:
519.633****Наац И. Э. [Naats I. E.],
Наац В. И. [Naats V. I.],
Рыскаленко Р. А. [Ryskalenko R. A.]****МЕТОД ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ
КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ
В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ
С ЭМПИРИЧЕСКИМИ ФУНКЦИЯМИ НА
ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ
ФРЕДГОЛЬМА ПЕРВОГО РОДА****Method for numerical solution of boundary value
problems for equations in partial proizvodnyh
with empirical functions on the basis of the inte-
gral Fredholm equation of the first kind**

В работе излагается метод построения приближенного решения краевой задачи для дифференциального уравнения в частных производных с исходными данными, полученными в эксперименте (эмпирическими функциями). В подобной постановке задача относится к классу некорректных математических задач и часто встречается, например, в математических моделях физических явлений, использующих результаты измерений натурных экспериментов. Для получения приближенного решения такой задачи требуется построение соответствующих регуляризирующих алгоритмов. В данной статье разрабатывается и обосновывается метод интегральных представлений исследуемых функций их сингулярными интегралами, который излагается на примере решения краевой задачи для уравнения в частных производных, в частности, для уравнения Пуассона. Это позволяет построить и поставить в соответствие исходному дифференциальному уравнению в частных производных эквивалентное ему интегральное уравнение Фредгольма первого рода и найти его численное решение, то есть решение некорректной задачи. При этом используется аппарат приближения функций и их производных соответствующими сингулярными интегралами, а также метод регуляризации сходимости последовательности приближенных решений, который реализуется так называемыми обобщенными обратными операторами. Построенная в итоге вычислительная модель позволяет получать устойчивые решения некорректной задачи.

Ключевые слова: операторное уравнение, сингулярный интеграл, метод регуляризации, обобщенный обратный оператор, численные методы, вычислительный алгоритм.

In this paper we describe a method of constructing approximate solutions to boundary value problems for differential equations in partial derivatives with the original data obtained in the experiment (empirical functions). In such formulation, the problem belongs to the class of incorrect mathematical problems and is often found, for example, in mathematical models of physical phenomena using measurement results of the field experiments. To obtain an approximate solution of this problem requires building the corresponding regularizing algorithms. In the present work is developed and substantiated the method of integral representations studied their functions, singular integrals, which is presented on the example of solving the boundary value problem for partial differential equations, in particular, for the Poisson equation. This allows you to build and put in corresponding to the original differential equations equivalent integral equation of Fredholm of the first kind and find its numerical solution, i.e. the solution of ill-posed problems. This

uses a machine approximation of functions and their derivatives corresponding singular integrals and the method of regularization the convergence of the sequence of approximate solutions which is implemented by the so-called generalized inverse operators. Built in the end, a computational model allows to obtain a stable solution of incorrect tasks.

Key words: operator equation, singular integral regularization method, generalized inverse of an operator, numerical methods, computational algorithm.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ, АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Метод интегральных уравнений, обозначенный в названии работы, подробно излагался ранее в работах авторов [1–4] и применялся для построения вычислительных алгоритмов приближенного решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Если говорить кратко, то суть метода состоит в сведении исходных функциональных уравнений к интегральным уравнениям с последующим их решением методами обобщенной инверсии. Подобный подход в вычислительной математике во многих случаях оправдан некорректностью математических задач, а также наличием погрешностей в исходных данных. В пределах настоящей работы метод интегральных представлений исследуемых функций их сингулярными интегралами иллюстрируется на примере решения краевой задачи для уравнения в частных производных первого порядка вида

$$g_1(x, y)f'_x(x, y) + g_2(x, y)f'_y(x, y) = g_3(x, y)f(x, y) + S(x, y), \quad (1)$$

в котором функция $f(x, y)$ определена в плоской области

$$G = \{(x, y) : x \in [X_1, X_2], y \in [y_1(x), y_2(x)]\} = \{(x, y) : y \in [Y_1, Y_2], x \in [x_1(y), x_2(y)]\}. \quad (2)$$

Функции $y_1(x)$, $y_2(x)$ и $x_1(y)$, $x_2(y)$ определяются уравнением границы $\bar{G}$ области G , задаваемой уравнением $F(x, y) = C$. Для того, чтобы решение (1) было однозначным, необходимо задать значения функции $f(x, y)$ на границе $\bar{G}$, то есть считать известной функцию $\bar{f}(x, y) = f(x, y)$ при $(x, y) \in \bar{G}$. Функции $g_1(x, y)$, $g_2(x, y)$, $g_3(x, y)$ и $S(x, y)$ в совокупности образуют множество исходных данных для математической модели того явления, которое

представлено функциональным уравнением (1), связывающего искомую функцию $f(x, y)$ с точками пространства $B = \{g_1, g_2, g_3, S\}$.

При разработке численного алгоритма нахождения приближенных решений уравнения (1) необходимо учитывать аналитические свойства функций из множества B , а также возможную погрешность в их задании. В рамках формальных теорий для корректности задачи (1) необходимо потребовать от них непрерывности всюду в области G . Однако в приложениях непрерывность исходных данных не всегда может быть гарантирована, особенно, когда модель (1) необходимо влечет использование эмпирических данных, скажем, реализаций случайных процессов. В подобных ситуациях требование непрерывности следует ослабить, считая исходные данные в лучшем случае функциями, интегрируемыми в области G . Одним из подобных вариантов соответствующего функционального класса является множество $L_1(G)$. Излагаемый ниже подход к решению краевых задач для уравнений в частных производных в значительной степени оправдывается именно этим обстоятельством, и его суть состоит в построении интегрального уравнения Фредгольма первого рода, эквивалентного в определенном смысле исходному дифференциальному уравнению. Последнее, как известно, решается методами обобщенной инверсии интегральных операторов. Как показали исследования авторов [1–4] в подобных задачах, когда исходные данные являются приближенными $\tilde{B} = \{\tilde{g}_1, \tilde{g}_2, \tilde{g}_3, \tilde{S}\}$ и решение (1) становится некорректно поставленной задачей [5], предпочтительно исходить из предположения о возможности представления искомой функции в виде надлежащим образом выбранного интеграла. Типичным примером подобного подхода в анализе [7] является представление искомых функций так называемыми потенциалами вида

$$f(x, y) \rightarrow \int_G T_\beta(x, y; x', y') \varphi(x', y') dx' dy' = (T_\beta \varphi)(x, y), \quad (3)$$

в котором ядро интегрального оператора T_β может быть определено выражением вида

$$T_{\beta}(x, y; x', y') = \frac{Q(x, y; x', y')}{[(x - x')^2 + (y - y')^2]^{\beta}}. \quad (4)$$

В последнем выражении функция $Q(x, y; x', y')$ вполне регулярна в области G (например, непрерывна по своим аргументам), а параметр $\beta \in (0, 1)$. Последнее условие гарантирует сходимость интеграла всюду в области G , включая и диагональ $x = x', y = y'$. Введение интегрального представления (3) для функции $f(x, y)$ в области G позволяет задачу ее нахождения рассматривать как задачу определения некоторой суммируемой функции $\varphi \in \Phi(G) \subset C_{\Sigma}(G)$, используя исходное функциональное уравнение (1). Как показано в работах авторов [3, 4], наилучшим вариантом представления функций интегралами в подобных задачах являются так называемые сингулярные интегралы функций. Теория подобных интегралов была разработана А. Лебегом и кратко изложена в работах [6, 7]. Их приложения в так называемой конструктивной теории функций вещественной переменной (теории приближений) изложено в обстоятельной монографии [8]. Рассматривая сингулярные интегралы функций как аппарат теории приближений, во многих случаях удастся построить достаточно эффективные обобщенные полиномы, а также построить вполне приемлемые аналоги обобщенных производных, что и будет проиллюстрировано ниже.

Построение и обоснование вычислительного метода решения некорректной задачи (1) – (2).

Дадим некоторые пояснения, касающиеся содержательного смысла исходного понятия «сингулярный интеграл функции». В качестве определения сингулярного интеграла функции $f(x, y)$ можно считать следующие соотношения

$$\left\{ \begin{array}{l} \iint_G K_n(x, y; x', y') f(x', y') dx' dy' = f_n(x, y, f) = (K_n f)(x, y) \\ \lim_{n \rightarrow \infty} f_n(x, y, f) = f(x, y) \end{array} \right. \quad (5)$$

В соответствии с (5) всякая интегрируемая функция $f(x, y)$ является предельным элементом последовательности непрерывных функций $\{(K_n f)(x, y)\}_{n=1}^{\infty}$, порожденных интегральным оператором K_n ($n = 1, \dots$) с ядрами $K_n(x, y; x', y')$, определенными на $G \times G$ (тоже $R_m \times R_m$). Примеры подобных ядер известны [6]. Обычно, исследуемые функции явно не представлены, а задаются с помощью соответствующих функциональных уравнений, как это имеет место в рассматриваемом нами случае (1). В соответствии с этим, необходимо надлежащим образом последние преобразовать, введя в них последовательности типа $\{f_n(x, y, f)\}_{n=1}^{\infty}$. Подобные операции осуществляются и в тех случаях, когда решение $f(x, y)$ отыскивается в виде степенных рядов или подобных разложений по системам базисных функций. Прежде чем приступить к построению соответствующего алгоритма для исходной модели (1), следует указать способ аппроксимации частных производных $f'_x(x, y)$ и $f'_y(x, y)$, считая их естественно интегрируемыми в области G . Имеем

$$\int_{Y_2}^{Y_1} dy' \int_{x'_2(y')}^{x'_1(y')} K_n(x, y; x', y') f'_x(x', y') dx' = (f'_x)_n(x, y) = (K_n f'_x)(x, y), \quad (6a)$$

$$\int_{X_2}^{X_1} dx' \int_{y'_2(x')}^{y'_1(x')} K_n(x, y; x', y') f'_y(x', y') dy' = (f'_y)_n(x, y) = (K_n f'_y)(x, y), \quad (6б)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (f'_x)_n(x, y) = f'_x(x, y), \quad (7a)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (f'_y)_n(x, y) = f'_y(x, y). \quad (7б)$$

Используя далее формулу интегрирования по частям для интегралов в (6a) и (6б), построим следующие выражения

$$\int_{Y_1}^{Y_2} dy' \int_{x'_1(y')}^{x'_2(y')} K_n(x, y; x', y') f'_x(x', y') dx' = (f'_x)_n(x, y) = (K_n f'_x)(x, y), \quad (8a)$$

$$\int_{X_1}^{X_2} dx' \int_{y'_1(x')}^{y'_2(x')} K_n(x, y; x', y') f'_y(x', y') dy' = (f'_y)_n(x, y) = (K_n f'_y)(x, y). \quad (8б)$$

В дальнейшем для вторых слагаемых в правой части выражений (8) (интегралы по контуру области G) используем обозначения $\psi_{n,x}(x, y, \bar{f})$ и $\psi_{n,y}(x, y, \bar{f})$ соответственно. При выводе выражений (8а) и (8б) использованы аналитические свойства ядер $K_n(x, y; x', y')$, заключающиеся в соотношениях

$$K_n(x, y; x', y') = K_n(x - x', y - y') \text{ и } K'_{n,x} = -K'_{n,x'}, K'_{n,y} = -K'_{n,y'}.$$

Напомним, что помимо этого имеют место предельные условия типа

$$K_n(x, y; x', y') \rightarrow 0 \text{ при } r = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2} \rightarrow 0, n = 1, 2, \dots$$

В соответствии с этим, члены $\psi_{n,x}$ и $\psi_{n,y}$ во внутренних точках $(x, y) \in G$ достаточно малы. Их роль вырастает по мере приближения точки к границе $\bar{G}$. Ясно, что, если $\bar{f}(x, y) \equiv 0$, то $\psi_{n,x}(x, y) \equiv 0$ и $\psi_{n,y}(x, y) \equiv 0$. В этих условиях можно говорить, что пара интегральных операторов $(D_x K_n)$ и $(D_y K_n)$ с ядрами $K'_{n,x}(x, y; x', y')$ и $K'_{n,y}(x, y; x', y')$ в основном и определяет преобразование $f \rightarrow f'_x$ и $f \rightarrow f'_y$ в рамках изложенной здесь теории. Для суммируемых функций данные операторы можно считать операторами обобщенного дифференцирования подобно тому, как это принято в теории распределений. Таким образом, для дифференцируемой функции $f(x, y)$ построены следующие аппроксимационные приближения для ее частных производных

$$f'_x(x, y) \rightarrow (K_n f'_x)(x, y) = ((D_x K_n)f)(x, y) + \psi_{n,x}(x, y, \bar{f}), \quad (9a)$$

$$f'_y(x, y) \rightarrow (K_n f'_y)(x, y) = ((D_y K_n)f)(x, y) + \psi_{n,y}(x, y, \bar{f}), \quad (9б)$$

имеющих место при $n \rightarrow \infty$.

Используя эти соотношения, нетрудно показать, что исходному дифференциальному уравнению (1) может быть поставлена в соответствие последовательность интегральных уравнений вида

$$\iint_G Q_n(x, y; x', y') f(x', y') dx' dy' = S_n(x, y), \quad (10)$$

где

$$Q_n(x, y; x', y') = g_1(x, y) K'_{n,x}(x, y; x', y') + g_2(x, y) K'_{n,y}(x, y; x', y') - g_3(x, y) K_n(x, y; x', y'), \quad (11a)$$

и

$$S_n(x, y) = S(x, y) - [g_1(x, y) \psi_{n,x}(x, y, \bar{f}) + g_2(x, y) \psi_{n,y}(x, y, \bar{f})], \quad n = 1, 2, \dots \quad (11b)$$

Уравнение (10) является интегральным уравнением Фредгольма первого рода, которое возникает каждый раз при попытке построить устойчивую вычислительную схему для некорректно поставленной математической задачи. В рассматриваемом случае некорректность решения дифференциального уравнения (1) можно связывать с приближенным заданием исходных данных B_σ . Для численного решения уравнений типа (10) используют методы, так называемой обобщенной инверсии. В последнем случае допускается ситуация, когда обратный оператор $(Q_n)^{-1}$ формально не ограничен. Решающий алгоритм удобно связывать с оптимизационной задачей вида

$$\inf_{f \in F_C} T_\alpha(f) = \inf_{f \in F_C} \{(Q_n f - S_n, Q_n f - S_n) + \alpha p(f - f_0, f - f_0)\}, \quad (12)$$

где F_C – множество допустимых решений в классе непрерывных функций $C(G)$, p – масштабный множитель и f_0 – некий опорный элемент во множестве F_C , в той или иной степени близкий к искомой функции f . Оптимизационная задача (12) неявно определяет регуляризирующий оператор в задаче (10), а именно $(Q_n)_\alpha^{-1}$, где α – параметр регуляризации. Если считать, что правая часть S_n в уравнении (1) представлена своим σ – приближением $S_{n,\sigma}$, то формально в рамках изложенного подхода обобщенной инверсии интегрального оператора Q_n ($n = 1, 2, \dots$) последовательность приближенных решений можно представить в виде

$$f_{n,\alpha(\sigma)} = (Q_n)_\alpha^{-1} S_{n,\sigma}, \quad n = 1, 2, \dots \quad (13)$$

Выбор параметра регуляризации α согласуется с величиной σ на основе соотношения

$$\rho^2 = (Q_n f_{n,\alpha} - S_{n,\sigma}, Q_n f_{n,\alpha} - S_{n,\sigma}) \leq \sigma^2 \|f_0\|_{L_2(G)}^2. \quad (14)$$

Для рассматриваемой вычислительной схемы имеет место следующее утверждение: последовательность $\{f_{n,\alpha(\sigma)}\}_{n=1}^\infty$, определяемая выражением (13) сходится в слабом смысле почти всюду в области G к решению исходного уравнения (1) при условии $\sigma \rightarrow 0$ ($\alpha(\sigma) \rightarrow 0$) и $f \in C_1(G)$. Доказательство этого утверждения носит достаточно формальный характер и основывается на обратном применении формул интегрирования по частям (8а) и (8б). Следует заметить, что в содержательном смысле аппроксимационная последовательность $\{f_{n,\alpha(\sigma)}(x, y)\}_{n=1}^\infty$ отлична в определенной степени от подобной последовательности $\{f_n(x, y, f)\}_{n=1}^\infty$, определенной формулой (5).

Пример построения последовательности приближенных решений для уравнения Пуассона.

В заключение приведем еще один пример построения интегрального аналога для дифференциального уравнения второго порядка в рамках изложенного выше подхода. В частности, речь пойдет о построении последовательности приближенных решений типа (13) для уравнения Пуассона

$$f''_{xx}(x, y) + f''_{yy}(x, y) = -h(x, y). \quad (15)$$

Для построения эквивалентного интегрального уравнения (10) необходимо найти интегральные операторы, соответствующие отображениям $f \rightarrow f''_{xx}$ и $f \rightarrow f''_{yy}$. Используя соотношения (5) и (6) находим следующие представления:

$$f''_{xx}(x, y) \rightarrow (K_n f''_{xx})(x, y) = \int_{X_2}^{Y_2} dy' \int_{Y_1}^{X_2'} K''_{n,xx}(x, y; x', y') f(x', y') dx' + \psi_{n,x}(x, y; \bar{f}, \bar{f}'_x), \quad (16a)$$

$$f''_{yy}(x, y) \rightarrow (K_n f''_{yy})(x, y) = \int_{X_1}^{Y_1} dx' \int_{Y_2}^{X_1'} K''_{n,yy}(x, y; x', y') f'_y(x', y') dy' + \psi_{n,y}(x, y; \bar{f}, \bar{f}'_y), \quad (16б)$$

С учетом этого, уравнение (15) можно привести к интегральному уравнению вида

$$\iint_G Q_n(x, y; x', y') f(x', y') dx' dy' = H_n(x, y), \quad (17)$$

где

$$Q_n(x, y; x', y') = K''_{n,xx}(x, y; x', y') + K''_{n,yy}(x, y; x', y') \quad (18a)$$

$$H_n(x, y) = \left[h(x, y) + \psi_{n,x}(x, y; \bar{f}, \bar{f}'_x) + \psi_{n,y}(x, y; \bar{f}, \bar{f}'_y) \right], \quad (18б)$$

$$\psi_{n,x}(x, y; \bar{f}, \bar{f}'_x) = \int_{X_2}^{Y_2} \left[K_n(x, y; x', y') f'_x(x', y') + K'_{n,x}(x, y; x', y') f(x', y') \right]_{x'_1(y')}^{x'_2(y')} dy', \quad (19a)$$

$$\psi_{n,y}(x, y; \bar{f}, \bar{f}'_y) = \int_{X_1}^{Y_1} \left[K'_{n,y'}(x, y; x', y') f(x', y') + K_n(x, y; x', y') f'_y(x', y') \right]_{y'_1(x')}^{y'_2(x')} dx'. \quad (19б)$$

При построении выражений (18), (19) использовалось соотношение (теорема Фубини [9]) вида

$$\int_{X_1}^{X_2} dx' \int_{y'_1(x')}^{y'_2(x')} f(x', y') dy' = \int_{Y_1}^{Y_2} dy' \int_{x'_1(y')}^{x'_2(y')} f(x', y') dx'.$$

Построение интегральных уравнений типа (10) и (17) для решения краевых задач для соответствующих дифференциальных уравнений требует надлежащего выбора ядра $(\delta_0, \delta_1, \dots, \delta_{s-1})$ в интегральных представлениях искомых функций. Вместе с тем, следует заметить, что при $n \rightarrow \infty$ интегральные представления $((D_x K_n) f)(x, y)$ и $((D_y K_n) f)(x, y)$ для $f'_x(x, y)$ и $f'_y(x, y)$ слабо зависят от выбора ядра $K_n(x, y; x', y')$ в соответствующих интегральных операторах, что впол-

не согласуется с характером слабой сходимости предельных соотношений (5). В определенной степени можно говорить об инвариантности выбора последовательности $\{K_n\}$ при характеристизации производных искомых функций. Разумеется, в целом, вопрос о выборе ядер интегральных представлений функций не снимается, особенно когда речь заходит о построении вычислительных алгоритмов. Здесь требуется учитывать влияние ошибок в исходных данных на эффективность аппроксимационных последовательностей типа $\{(K_n f)(x, y)\}_{n=1}^{\infty}$, для которых аналитические свойства ядер естественно важны (в целом). В этом отношении было бы разумным увязывать выбор ядер $K_n(x, y; x', y')$ со свойствами исходных дифференциальных операторов L_g в операторных уравнениях $L_g f = S$. Подобная задача рассматривалась ранее в работе на примере L_g параболического типа [2]. В случае операторов эллиптического типа, каковым является оператор в примере (15), тесно связанный с теорией гармонических функций, предпочтение можно отдать ядрам сингулярного интеграла Пуассона. Для функций двух переменных $f(x, y)$, определенных в плоской области $G \subset R_2$, этот интеграл имеет вид

$$P_n(x, y, f) = \iint_G P_n(x, y; x', y') f(x', y') dx' dy', \quad (20)$$

где

$$P_n(x, y; x', y') = \frac{n^2}{2\pi} \cdot \frac{d}{[n^2 r^2 + d^2]^{\frac{3}{2}}}. \quad (21)$$

В формуле (21) $r = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2}$ и $d > 0$ – некоторая константа. Известно, что для непрерывных функций $P_n(x, y, f) \rightarrow f(x, y)$ при $n \rightarrow \infty$ равномерно в G . Для вычислений удобно в стандартную формулу ядра Пуассона ввести параметр $\tau = \frac{d}{n}$, значения которого лежат в пределах $(0, d)$. В этом случае ядро $Q_n(x, y; x', y')$ примет параметризованный вид

$$Q_{\tau}(x, y; x', y') = -\frac{3\tau}{2\pi} \cdot \frac{3r^2 - 2\tau^2}{[r^2 + \tau^2]^{\frac{7}{2}}}. \quad (22)$$

Последнее замечание касается того обстоятельства, что ядра интегральных уравнений (10) в ряде случаев могут иметь неинтегрируемые особенности, что и оправдывает используемый в работе термин «сингулярный интеграл функции». Как правило, подобные особенности имеют место в окрестности диагоналей ядра $x = x'$, $y = y'$ (та же особенность в нуле, т.е. при $r = 0$). Возникающие при этом затруднения при вычислениях могут быть преодолены путем введения так называемой регуляризации сходимости интегралов. В рассматриваемом примере подобную регуляризацию можно осуществить введением в ядро $Q_{\tau}(r)$ так называемого «нейтрализатора» точки $r = 0$, а именно, положив

$$Q_{\tau}^{(\nu)}(x, y; x', y') = \nu(x, y; x', y') \exp\left\{\frac{-d}{r}\right\} \left\{-\frac{3\tau}{2\pi} \frac{3r^2 - 2\tau^2}{[r^2 + \tau^2]^{\frac{7}{2}}}\right\}, \quad (23)$$

где $d \geq \tau > 0$.

Нетрудно показать, что новое ядро (23) всюду непрерывно и ограничено в области G . Это делает оператор $Q_{\tau}^{(\nu)}$ вполне непрерывным и позволяет использовать методы обобщенной инверсии для нахождения $(Q_{\tau}^{(\nu)})_{\alpha(\sigma)}^{-1}$, где выбор параметра регуляризации α связан с величиной σ ($\alpha \approx c\sigma^2$). Разумеется, возможны и иные подходы к регуляризации ядер интегральных уравнений (10).

Заключительные замечания.

Изложенный выше метод интегральных уравнений применительно к краевым задачам для дифференциальных уравнений представлен примерами, в связи с чем необходимо сделать несколько замечаний общего характера. С этой целью введем обозначения

$$\int_{\Omega_x} K_n(x, x') f'_{x'}(x') dx' = \int_{\Omega_x} K_n(x, x') (Df)(x') dx' = ((K_n \circ D)f)(x), \quad (24)$$

где $K_n \circ D$ – композиция соответствующих операторов.

Ясно, что

$$\lim_{n \rightarrow \infty} ((K_n \circ D)f)(x) = (Df)(x), \quad (25)$$

в пределах излагаемой теории представления функций интегралами (последовательностями по системе $\{K_n\}_{n=1}^{\infty}$). Соотношение (8) теперь можно писать в виде

$$((K_n \circ D)f)(x) = ((D_x K_n)f)(x) + \psi_n(x, \bar{f}), \quad (26)$$

где $(D_x K_n)$ – интегральный оператор, ограниченность которого гарантируется условием существования интеграла $\int_{R_m} |\nabla K_n(x, x')| dx'$ при $x \in R_m$ (за возможным исключением нуля $x = x'$).

Итогом этих построений является представление производной $(D_x f)(x)$ по переменной x в виде последовательности $\{((D_x K_n)f)(x)\}_{n=1}^{\infty}$ почти в каждой точке x , что и записывается как

$$(Df)(x) \rightarrow \{((D_x K_n)f)(x)\}_{n=1}^{\infty}. \quad (27)$$

Считая x вектором $\{x_j\}_{j=1}^m$ из R_m можно писать (26) в виде

$$((K_n \circ D_j)f)(x) = ((D_j K_n)f)(x) + \psi_n^{(j)}(x, \bar{f}), \quad (28)$$

где $D_j = \frac{\partial}{\partial x_j}$ ($j = \overline{1, m}$).

Если L_g – линейный дифференциальный оператор (линейная комбинация операторов дифференцирования первого порядка $D_j^{(1)}$), то нетрудно доказать правомерность равенства

$$\left((K_n \circ L_g)f\right)(x) = \left((L_g K_n)f\right)(x) + \psi_n(x, \bar{f}, g), \quad (29)$$

где $g = (g_1, g_2, g_3)$ – вектор коэффициентов в операторе L_g .

Введя обозначение $Q_n(g) = (L_g K_n)$, приходим к интегральному уравнению (точнее последовательности уравнений)

$$(Q_n(g)f)(x) = S(x), \quad n = 1, 2, \dots \quad (30)$$

эквивалентной исходной модели $L_g f = S$.

Вопросы построения вычислительных алгоритмов для подобных интегральных моделей и примеры их практического использования в задачах математического моделирования требуют дальнейшей разработки и будут изложены в последующих работах авторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Наац, В.И. Расчетно-аналитические модели для дифференциальных уравнений с приближенными данными на основе представления решения интегралами / В.И. Наац, И.Э. Наац, Р.А. Рыскаленко // Наука. Инновации. Технологии: научный журнал Северо-Кавказского федерального университета. Ставрополь, 2014. № 4. С. 60–71.
2. Наац, В.И. Расчетно-аналитические модели для уравнений параболического типа с приближенными данными на основе методов прикладного гармонического анализа и

вариационного метода взвешенной невязки / В.И. Наац, И.Э. Наац, Р.А. Рыскаленко // Наука. Инновации. Технологии: научный журнал Северо-Кавказского федерального университета. Ставрополь, 2015. № 3. С. 51–62.

3. Наац, В.И. Метод решения некорректной задачи для дифференциального уравнения с приближенно заданными функциями на основе представления решения интегральными уравнениями / В.И. Наац, И.Э. Наац, Р.А. Рыскаленко // Наука. Инновации. Технологии: научный журнал Северо-Кавказского федерального университета. Ставрополь, 2015. № 4. С. 23–40.
4. Наац, В.И. Вычислительная модель для дифференциального уравнения с эмпирическими функциями на основе интегрального уравнения Фредгольма первого рода / В.И. Наац, И.Э. Наац, Р.А. Рыскаленко // Наука. Инновации. Технологии: научный журнал Северо-Кавказского федерального университета. Ставрополь, 2016. №2. С. 37–48.
5. Тихонов, А.Н. Методы решения некорректных задач / А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. М.: Физматлит. 1979. 288 с.
6. Данфорд Н. Линейные операторы: общая теория / Н. Данфорд, Дж. Т. Шварц. М.: Изд-во иностранной литературы, 1962. 427 с.
7. Ланцош К. Практические методы прикладного анализа. М.: Физматлит, 1961. 524 с.
8. Натансон, И.П. Конструктивная теория функций. М.: Физматлит, 1994. 526 с.
9. Лебедев В.И. Функциональный анализ и вычислительная математика. М.: Физматлит, 1994. 296 с.

УДК: 51-74
+ 544.77

Набережный Д. О. [Naberezhnyi D. O.],
Блинов А. В. [Blinov A. V.],
Серов А. В. [Serov A. V.],
Блинова А. А. [Blinova A. A.],
Надеина А. С. [Nadeina A. S.],
Кравцов А. А. [Kravtsov A. A.]

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИСПЕРСИОННОЙ СРЕДЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ КОЛЛОИДНОГО СЕРЕБРА, СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ЧЕТВЕРТИЧНЫМИ АММОНИЕВЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

**Research of influence the parameters
of a dispersive environment on stability
of the colloidal silver stabilized by quarternary
ammonium compounds**

Исследование устойчивости различных коллоидных систем представляет фундаментальный и прикладной интерес. Серебро в наноразмерном состоянии обладает бактерицидными свойствами и может применяться в промышленности как дезинфицирующий агент [6]. В работе представлены результаты изучения влияния различных факторов на устойчивость препарата коллоидного серебра. Наиболее важными факторами, оказывающими влияние на устойчивость коллоидной системы, являются: время выдержки, температура раствора, ионная сила раствора и активная кислотность. Данные факторы позволяют определить условия, в которых препарат на основе коллоидного серебра может успешно применяться и не агрегировать. Для изучения влияния каждого фактора была составлена матрица планирования эксперимента. Экспериментальные данные обработаны с помощью нейронных сетей [1, 2]. Получены поверхности отклика, адекватно описывающие влияние параметров дисперсионной среды на стабильность препарата коллоидного серебра.

Ключевые слова: коллоидное серебро, устойчивость золя, параметры дисперсионной среды, матрица планирования, нейронные сети.

Research of stability of diverse colloidal systems is main and applied interest. Silver in a nanodimensional state possesses bactericidal properties and can be applied in the industry as the disinfecting agent [6]. Results of research of various factors on stability of the preparation of the colloidal silver are presented in the work. The most important factors which have a influence on stability of colloidal system are: hold time, temperature of solution, ionic force of solution and active acidity. These factors allow to determine conditions where the preparation on a basis of colloidal silver can successfully be applied and not aggregate. The experiment planning matrix has been made for research of influence of each factor. Experimental data were processed by using of neural networks [1, 2]. Were got the response surface which describe adequately the influence the parameters of a dispersive environment on stability of the preparation of the colloidal silver.

Key words: colloidal silver, stability of sol, parameters of a dispersive environment, planning matrix, neural networks.

ВВЕДЕНИЕ

Общеизвестно, что серебро обладает бактерицидными свойствами [6]. Коллоидные растворы серебра, в отличие от ионного серебра, обладают более высокой бактерицидной активностью при небольших рабочих концентрациях [9].

Одной из важнейших характеристик коллоидных растворов является их агрегативная устойчивость. В данной работе рассматривается влияние различных факторов на агрегативную устойчивость препарата коллоидного серебра [4], стабилизированного четвертичными аммониевыми соединениями. В качестве детерминирующих параметров [3, 5] были определены: активная кислотность среды (pH), ионная сила (моль/л), температура ($^{\circ}C$) и время выдержки (мин). Выходным параметром является гидродинамический радиус частиц R (нм). После выдерживания препарата коллоидного серебра в различных условиях, были получены зависимости гидродинамического радиуса коллоидных частиц от влияния активной кислотности среды, температуры раствора, времени выдержки и ионной силы раствора. Гидродинамический радиус коллоидных частиц был измерен с помощью фотонно-корреляционного спектрометра *Photocor Complex*. Электрокинетический потенциал (ζ -потенциал) измерялся на акустическом и электроакустическом анализаторе *DT 1202*.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Целью данной работы было изучение влияния параметров дисперсионной среды на агрегативную устойчивость препарата коллоидного серебра (ПКС) [4]. Одной из важнейших характеристик коллоидных систем является их стабильность во времени. Согласно литературным данным [3, 5] и результатам предварительных экспериментов было установлено, что на стабильность частиц коллоидного серебра влияют: температура, ионная сила раствора, активная кислотность среды и время выдержки при данных параметрах.

Ионная сила раствора – мера интенсивности электрического поля, создаваемого ионами в растворе [8]. Согласно правилу Шульце-Гарди, ко-

Табл. 1. МАТРИЦА ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Опыт	1	Опыт	2	Опыт	3	Опыт	4
<i>pH</i>	1	<i>pH</i>	1	<i>pH</i>	1	<i>pH</i>	1
<i>t</i> , °С	25	<i>t</i> , °С	45	<i>t</i> , °С	65	<i>t</i> , °С	85
<i>I</i> , моль/л	0	<i>I</i> , моль/л	1,5	<i>I</i> , моль/л	3	<i>I</i> , моль/л	4,5
<i>τ</i> , мин	10	<i>τ</i> , мин	30	<i>τ</i> , мин	50	<i>τ</i> , мин	70
Опыт	5	Опыт	6	Опыт	7	Опыт	8
<i>pH</i>	5	<i>pH</i>	5	<i>pH</i>	5	<i>pH</i>	5
<i>t</i> , °С	25	<i>t</i> , °С	45	<i>t</i> , °С	65	<i>t</i> , °С	85
<i>I</i> , моль/л	1,5	<i>I</i> , моль/л	0	<i>I</i> , моль/л	4,5	<i>I</i> , моль/л	3
<i>τ</i> , мин	50	<i>τ</i> , мин	70	<i>τ</i> , мин	10	<i>τ</i> , мин	30
Опыт	9	Опыт	10	Опыт	11	Опыт	12
<i>pH</i>	9	<i>pH</i>	9	<i>pH</i>	9	<i>pH</i>	9
<i>t</i> , °С	25	<i>t</i> , °С	45	<i>t</i> , °С	65	<i>t</i> , °С	85
<i>I</i> , моль/л	3	<i>I</i> , моль/л	4,5	<i>I</i> , моль/л	0	<i>I</i> , моль/л	1,5
<i>τ</i> , мин	70	<i>τ</i> , мин	50	<i>τ</i> , мин	30	<i>τ</i> , мин	10
Опыт	13	Опыт	14	Опыт	15	Опыт	16
<i>pH</i>	13	<i>pH</i>	13	<i>pH</i>	13	<i>pH</i>	13
<i>t</i> , °С	25	<i>t</i> , °С	45	<i>t</i> , °С	65	<i>t</i> , °С	85
<i>I</i> , моль/л	4,5	<i>I</i> , моль/л	3	<i>I</i> , моль/л	1,5	<i>I</i> , моль/л	0
<i>τ</i> , мин	30	<i>τ</i> , мин	10	<i>τ</i> , мин	70	<i>τ</i> , мин	50

агулирующий ион имеет заряд, противоположный заряду коллоидной частицы (КЧ), и чем больше заряд, тем больше его коагулирующее действие. Концентрация ионов в растворе определяет электростатическую стабильность КЧ серебра [7].

Кислотность среды – мера активности ионов водорода в растворе, при этом, изменение кислотности среды может вызвать агрегацию или диспергирование коллоидных частиц, в зависимости от природы золя [7].

В эксперименте были использованы растворы коллоидного серебра с концентрацией 0,005 мг/мл по серебру. Ионную силу в растворе регулировали с помощью хлорида натрия, активную кислотность сре-

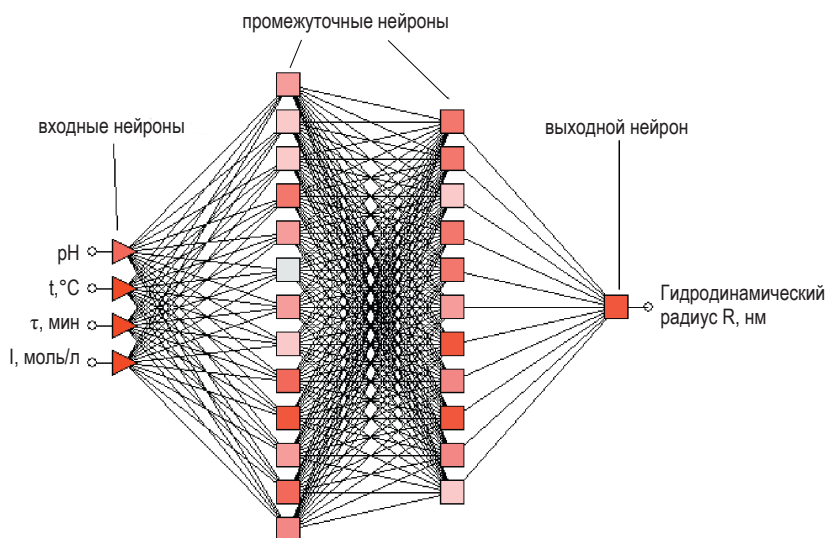


Рис. 1. Архитектура многослойного персептрона для определения влияния параметров дисперсионной среды на агрегативную устойчивость коллоидных частиц серебра.

ды – посредством добавления растворов соляной кислоты или гидроксида натрия.

На начальном этапе исследования была сформирована матрица планирования эксперимента, состоящая из 16 опытов, с различными уровнями варьирования переменных параметров (активная кислотность среды, ионная сила, температура, время выдержки), которая представлена в таблице 1.

Матрица позволяет изучить влияние всех факторов на агрегативную устойчивость препарата коллоидного серебра с минимальным числом экспериментов. В соответствии с матрицей планирования были проведены экспериментальные исследования, в которых при заданных параметрах дисперсионной среды проводили измерение среднего гидродинамического радиуса коллоидных частиц серебра методом фотонно-корреляционной спектроскопии. Результаты проведенных экспериментов были обра-

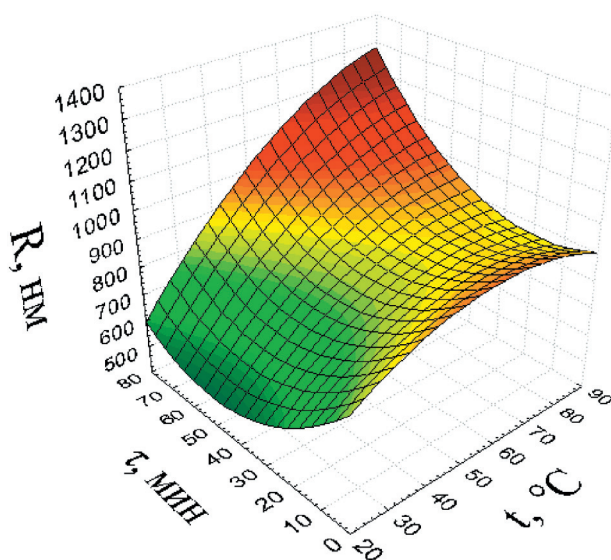


Рис. 2. Поверхность отклика выходного параметра R от времени выдержки и температуры раствора.

ботаны с использованием пакета прикладных программ *Statistica Neural Networks*. В итоге была получена нейронная сеть, представляющая собой многослойный персептрон, архитектура которого представлена на рис. 1.

Обработка экспериментальных данных с использованием прикладной программы *Statistica Neural Networks*, дала возможность получить математические зависимости, которые достаточно точно описывают влияние параметров дисперсионной среды на агрегативную устойчивость коллоидных частиц серебра в ПКС. Были получены поверхности отклика выходного параметра – гидродинамического радиуса R от таких параметров дисперсионной среды как активная кислотность, температура, ионная сила раствора и время выдержки.

На рис. 2 представлена поверхность отклика выходного параметра R от времени выдержки и температуры раствора.

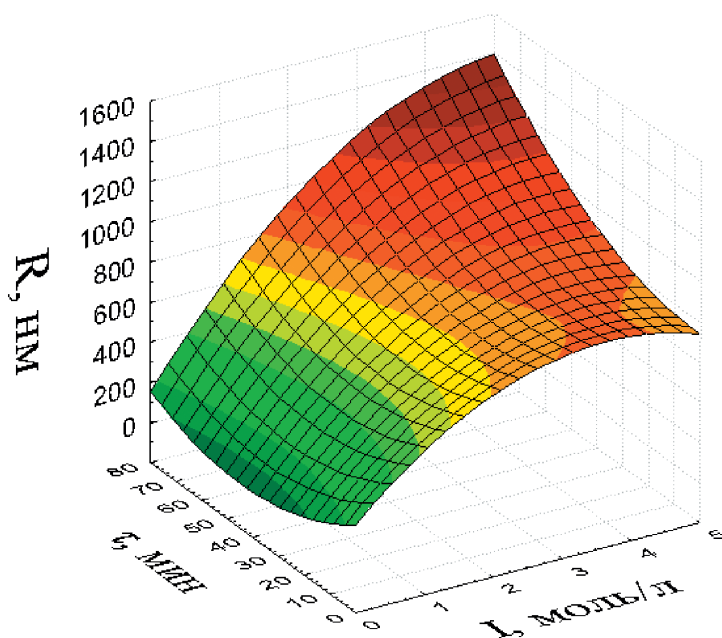


Рис. 3. Поверхность отклика выходного параметра R от времени выдержки и ионной силы раствора.

Анализ поверхности, представленной на рис. 2, показал, что при повышении температуры раствора происходит увеличение среднего гидродинамического радиуса частиц, вследствие их агрегации из-за преодоления потенциального барьера поверхностной энергии частиц при повышении температуры. Зависимость гидродинамического радиуса от времени имеет вид параболы, что объясняется постепенным переходом системы в устойчивое состояние, при этом наблюдается диспергирование частиц, с последующей их агломерацией.

На рис. 3 представлена поверхность отклика выходного параметра R от времени выдержки и ионной силы раствора.

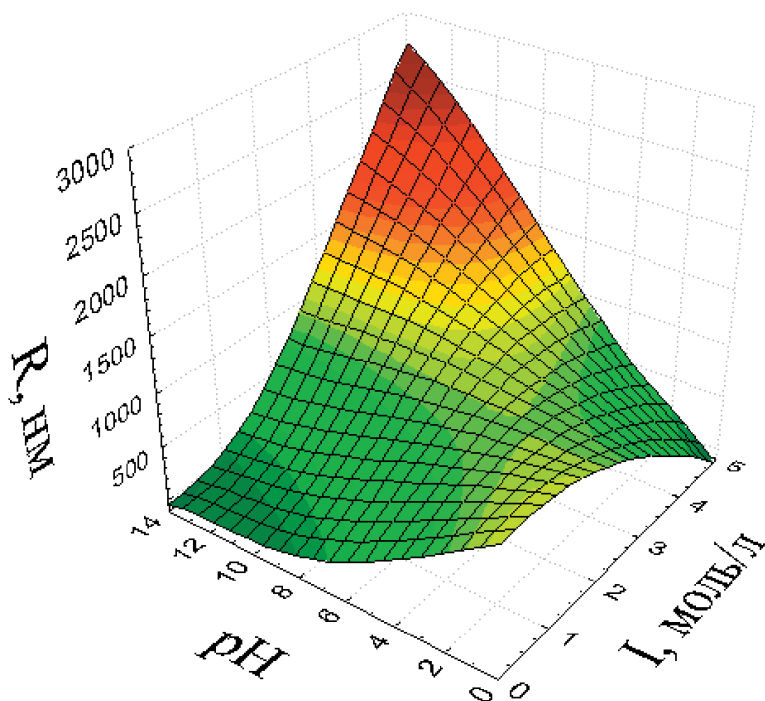


Рис. 4. Поверхность отклика выходного параметра R от кислотности среды и ионной силы раствора.

Анализ поверхности (рис. 3) показывает, что, при нулевой ионной силе раствора зависимость гидродинамического радиуса от времени имеет параболический характер, который можно объяснить медленным переходом коллоидной системы в устойчивое состояние. При высокой ионной силе (5 моль/л) ослабевает электрическое отталкивание частиц, при этом наблюдается экспоненциальное увеличение гидродинамического радиуса частиц во времени. На рисунке 4 представлена поверхность отклика выходного параметра R от кислотности среды и ионной силы раствора.

Анализ поверхности отклика (рис. 4), показал, что препарат устойчив в щелочной среде, однако, частицы серебра агломерируют в кислой

среде, что объясняется ослаблением электрического отталкивания при повышенной концентрации ионов H^+ . В сильнощелочной среде при повышении ионной силы выше 1 моль/л ослабляется электрическое отталкивание и частицы агломерируют. При повышении ионной силы рабочего раствора в кислой среде наблюдается уменьшение среднего гидродинамического радиуса частиц серебра, что вероятно обусловлено участием ионов Cl^- в стабилизации частиц, однако не исключены и другие механизмы наблюдаемого явления.

С целью более детального исследования явления уменьшения размеров коллоидных частиц серебра при повышении ионной силы (при $pH < 7$) был проведен эксперимент.

На акустическом и электроакустическом анализаторе была измерена зависимость электрокинетического потенциала (ζ -потенциала) коллоидных частиц серебра от кислотности раствора. В результате была получена зависимость $\zeta = f(pH)$, представленная на рис. 5.

Анализ зависимости $\zeta = f(pH)$ показывает, что ζ -потенциал коллоидных частиц серебра в интервале pH от 2 до 11 практически остается неизменным и составляет порядка +25 мВ, что говорит о высокой стабильности коллоидных частиц серебра. При дальнейшем подкислении была зафиксирована перезарядка золя серебра: изменение величины ζ -потенциала от +25 мВ до -60 мВ.

На рисунке 6 представлена поверхность отклика выходного параметра R от температуры раствора и ионной силы раствора.

Анализ профиля поверхности, представленной на рис. 6, показывает, что частицы агрегируют из-за ослабления электрического отталкивания мицелл при ионной силе раствора в пределах 3,5–4,0 моль/л. При увеличении ионной силы выше указанных значений, вероятно, происходит перезарядка золя и наблюдается процесс диспергирования. При высокой температуре ($t > 50^\circ C$) преобладают температурные колебания, при этом размер частиц уменьшается незначительно.

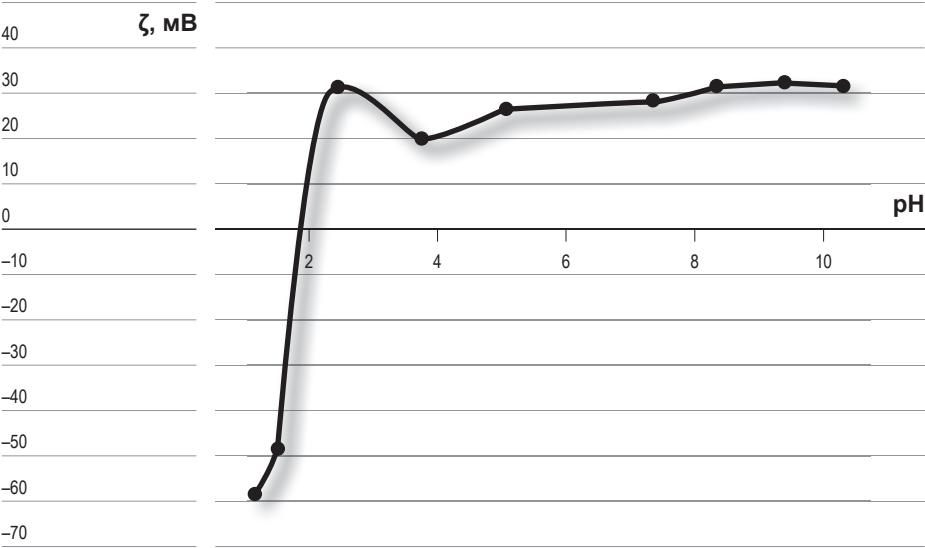


Рис. 5. Зависимость ζ-потенциала коллоидных частиц серебра в от pH среды.

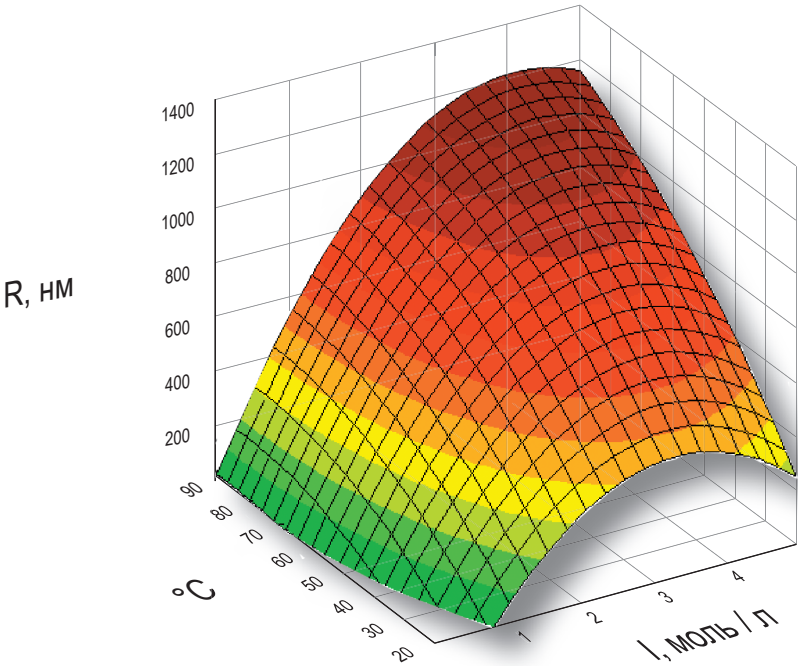


Рис. 6. Поверхность отклика выходного параметра R от температуры раствора и ионной силы раствора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрено влияние параметров дисперсионной среды на агрегативную устойчивость препарата коллоидного серебра. В частности было обнаружено, что гидродинамический радиус частиц серебра линейно зависит от температуры. Зависимость гидродинамического радиуса от времени, ионной силы раствора и активной кислотности имеет сложный характер. При высоких температурах величина гидродинамического радиуса частиц серебра экспоненциально зависит от времени выдержки системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аbruков В.С. Методы интеллектуального анализа данных при создании баз знаний / В.С. Аbruков, С.В. Аbruков, А.В. Смирнов, Е.В. Карлович // Вестник чувашского университета. 2015. № 1. С. 140–145.
2. Баскин И.И. Применение искусственных нейронных сетей в химических и биохимических исследованиях / И.И. Баскин, В.А. Палюлин, Н.С. Зефилов // Вестник Московского университета, т. 40. 1999. № 5. С. 323–326.
3. Блинов А.В. Исследование устойчивости концентрата наночастиц серебра в различных средах / А.В. Блинов, А.А. Блинова, А.В. Серов, А.Г. Храмцов, Д.О. Набережный // Актуальные проблемы современной науки: сб. статей. Алушта, 2015. С. 393–395.
4. Блинова А.А. Разработка инновационного моюще-дезинфицирующего средства на основе наночастиц серебра для пищевой промышленности / А.А. Блинова, А.В. Блинов, А.В. Серов, А.Г. Храмцов, А.В. Герасимов // Университетская наука – региону: сб. науч. трудов / СКФУ. 2015. Вып. 3. С. 137–139.
5. Блинова А.А. Перспективы применения и исследование устойчивости концентрированного препарата коллоидного серебра / А.А. Блинова, А.В. Блинов, А.В. Серов, А.Г. Храмцов, Д.О. Набережный // Физико-химическая биология: сб. статей. Ставрополь, 2015. С. 36–39.
6. Букина Ю.А. Антибактериальные свойства и механизм бактерицидного действия наночастиц и ионов серебра / Ю.А. Букина, Е.А. Сергеева // Вестник Казанского технологического университета, т. 15. 2012. № 14. С. 170–172.
7. Вережников В. Н. Практикум по коллоидной химии поверхностно-активных веществ / В. Н. Вережников. Воронеж, 1984. 224 с.
8. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Теоретические основы. Качественный анализ / А.П. Крешков. М.: Химия, 1970. 458 с.
9. Крутяков Ю.А. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы / Ю.А. Крутяков, А.А. Кудринский, А.Ю. Оленин, Г. В. Лисичкин // Успехи химии т. 77. 2008. № 3. С. 242–269.

УДК 551.557.2;
551.557.4;
551.558.1;
551.559

Петрунин А.М. [Petrinin, A.M.],
Корнеев В.П. [Korneev V.P.],
Колосков Б.П. [Koloskov B.P.],
Частухин А.В. [Chastukhin A.V.],
Бычков А.А. [Bychkov A.A.],
Ким Н.С. [Kim N.S.],
Сергеев Б.Н. [Sergeev B.N.]

ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛЬДООБРАЗУЮЩЕГО РЕАГЕНТА В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НАЗЕМНЫМИ АЭРОЗОЛЬНЫМИ ГЕНЕРАТОРАМИ «НАГ-07М»

Studies of ice-forming agent propagation in the boundary layer of the atmosphere under the action of ground-based NAG-07M aerosol generators

В статье описываются технические средства, методика проведения и результаты экспериментальных исследований распространения льдообразующего реагента в пограничном слое атмосферы при воздействии наземными аэрозольными генераторами НАГ-07М. Сравнение данных забора проб пробоотборником АВА 3-240-01С, установленным на самолете Вильга-35А, и результатов расчета распространения аэрозоля с использованием трехмерной нестационарной численной модели «SeedDisp» показало, что: Зарегистрированная в атмосфере концентрация йодистого серебра была выше фоновых значений до высоты 1200 м на удалениях от 3 до 9 км от места установки генератора. Разработанная численная модель «SeedDisp» в целом качественно правильно описывает распространение аэрозолей йодистого серебра в пограничном слое и свободной атмосфере при воздействии наземными аэрозольными генераторами НАГ-07М. Так коэффициент корреляции измеренных самолётом и рассчитанных по модели значений концентрации частиц йодистого серебра в подоблачном слое превысил значение 0,7.

Ключевые слова: наземный аэрозольный генератор, засев облаков, распространение льдообразующего аэрозоля, численное моделирование, свободная атмосфера.

The paper describes the technical means, methods and results of experimental studies of the spread of ice-forming agent in the boundary layer of the atmosphere under the action of ground-based aerosol generator NAG-07M. Comparison of the data on sampling by an AVA 3-240-01S probe mounted aboard Vilga-35A aircraft with aerosol propagation calculations using a 3-D SeedDisp model, shows: 1. The concentration of silver iodide measured in the atmosphere was above background one to a height of 1200 m at distances of 3 to 9 km from the place of the generator installation. 2. The developed «SeedDisp» numerical model in general qualitatively correctly describes the distribution of silver iodide aerosols in the boundary layer and the free atmosphere under the action of ground-based aerosol generator NAG-07M. Thus, the coefficient of correlation of the measured and calculated by model values of the silver iodide particles concentration in sub-cloud layer exceeded the value of 0,7.

Key words: Ground- based aerosol generator, cloud seeding, distribution of ice-forming aerosol, numerical simulation, cloudless atmosphere.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мировой практике активных воздействий (АВ) на облака с целью регулирования осадков и борьбы с градом широко используются наземные аэрозольные генераторы. Анализ состояния работ в области АВ на гидрометеорологические процессы с земли свидетельствует о том, что с помощью данного метода проводятся работы, как по искусственному увеличению осадков, так и по борьбе с градом (Бразилия, Франция и т.д.).

Несомненным достоинством доставки льдообразующего аэрозоля в облако при помощи наземных генераторов является их простота и относительная дешевизна по сравнению с самолетными и ракетно-артиллерийскими способами доставки аэрозоля. Использование наземных генераторов не требует создания на защищаемой территории сложной инфраструктуры, генераторы могут работать вблизи аэродромов, государственных границ, населенных пунктов.

Одновременно, следует отметить, что эффективность работы наземных генераторов напрямую зависит от орографии местности, от поля ветра в приземном слое и от восходящих потоков.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В этой связи, для оценки возможности применения наземных генераторов в любом регионе, для исследования распространения частиц реагента и выбора режимов работы генераторов, изучения особенностей размещения наземных генераторов с учетом орографии местности, для выбора траекторий полетов самолетов при проведении засева облаков, а также режимов воздействий при различных метеоусловиях, была разработана трехмерная нестационарная численная модель «SeedDisp» [1, 3]. Созданная модель позволяет производить расчет переноса реагентов при воздействии на облака с помощью наземных и самолетных аэрозольных генераторов, использующих в качестве реагентов йодистое серебро, жидкий азот и гранулированную углекислоту. «SeedDisp» позволяет определить, как осуществляется перенос реагента в приземном слое,

достигает ли реагент нижней границы облака, и какова при этом его концентрация.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Первые результаты сравнения результатов численного моделирования с данными, полученными в экспериментах по воздействию на облака с помощью наземных генераторов НАГ-07 и генераторов аэрозолей фейерверочного типа ГЛА-105 на полигоне Северо-Кавказской военизированной службы в 2009 и 2010 гг. показали, что созданное программное обеспечение перспективно для использования при планировании и проведении активных воздействий на облака [2, 3].

С целью подтверждения достоверности результатов расчетов с использованием трёхмерной нестационарной численной модели «SeedDisp», а также с целью проверки концентраций льдообразующего аэрозоля в пограничном слое атмосферы при воздействии разработанным в АНО «Агентство АТТЕХ» наземным аэрозольным генератором НАГ-07М (рис.1), использующим в качестве активных элементов генераторы льдообразующего аэрозоля АГ-1М, в мае 2015 г. были проведены эксперименты на испытательном полигоне «ФНПЦ «НИИ ПХ».

Основные технические характеристики НАГ-07М:

- время работы (по одному, по два активных элемента последовательно), ч: до 8
- высота постановки аэрозоля над землей, м: 3,5-5
- количество активных элементов, шт.: до 80
- система управления: опционально-дистанционное или пульт управления
- выход льдообразующего аэрозоля, л/с (-6°C): $0,6 \times 10^{13}$
- суммарный выход льдообразующего аэрозоля с пирозлемента (-6°C): $0,2 \times 10^{15}$.



Рис. 1. **Общий вид наземного аэрозольного генератора НАГ-07М с установленными активными элементами «АГ-1М».**

Для измерения содержания частиц йодистого серебра в атмосфере использовался прибор АВА 3-240-01С в комплекте со сменными фильтрами (рис. 2, б). Прибор был установлен на самолете «Вильга-

(а)



(б)



Рис. 2. Самолет Вильга 35А (а) с прибором для отбора проб воздуха АВА 3-240-01С (б).

35А» (рис. 2, а), оборудованном системой диспетчеризации для контроля траектории полета самолета с земли.

На полигоне был развернут пункт управления (ПУ) работами, обо-

рудованный системой диспетчеризации для контроля траектории полета самолета и связи с пилотом, и ноутбуком с установленной на нём программой SeedDisp для численного моделирования распространения льдообразующего аэрозоля в подоблачном слое с целью выбора вертикальных сечений для проведения отбора проб.

По данным наземных метеонаблюдений и радиозондирования атмосферы в день проведения испытаний с помощью модели SeedDisp рассчитывались поля концентрации частиц аэрозоля, создаваемые генераторами.

На основании результатов численного моделирования выбирались вертикальные сечения для проведения отбора проб аэрозоля и определялись координаты начала и окончания самолетных трасс отбора проб в вертикальных сечениях поперёк ветрового переноса аэрозоля (рис. 3).

Запуск генератора НАГ-07М производился в соответствии с результатами численного моделирования (определялось время работы генератора НАГ-07М, количество пироэлементов и периодичность их запуска).

Подъём самолёта в воздух производился по команде с ПУ с учетом времени подлета к зоне предполагаемого отбора проб.

По прибытию в зону отбора проб самолет занимал нижний эшелон полета в первом вертикальном сечении (рис. 3, б). При достижении точки начала отбора пробы включался пробоотборник. По достижении точки окончания отбора пробы на данном эшелоне пробоотборник выключался. Самолет делал разворот и заходил на высоту следующей трассы отбора проб. За это время оператор проводил замену фильтра в фильтродержателе. Процедуры повторялись до тех пор, пока не была обработана максимальная высота отбора проб, определенная по данным численного моделирования.

После окончания забора проб частиц реагента AgI в первом вертикальном сечении самолет переходил в точку начала отбора проб во втором сечении (рис. 3, б). Аналогичные процедуры повторялись для третьего вертикального сечения, перпендикулярного общему направлению ветрового переноса аэрозоля.

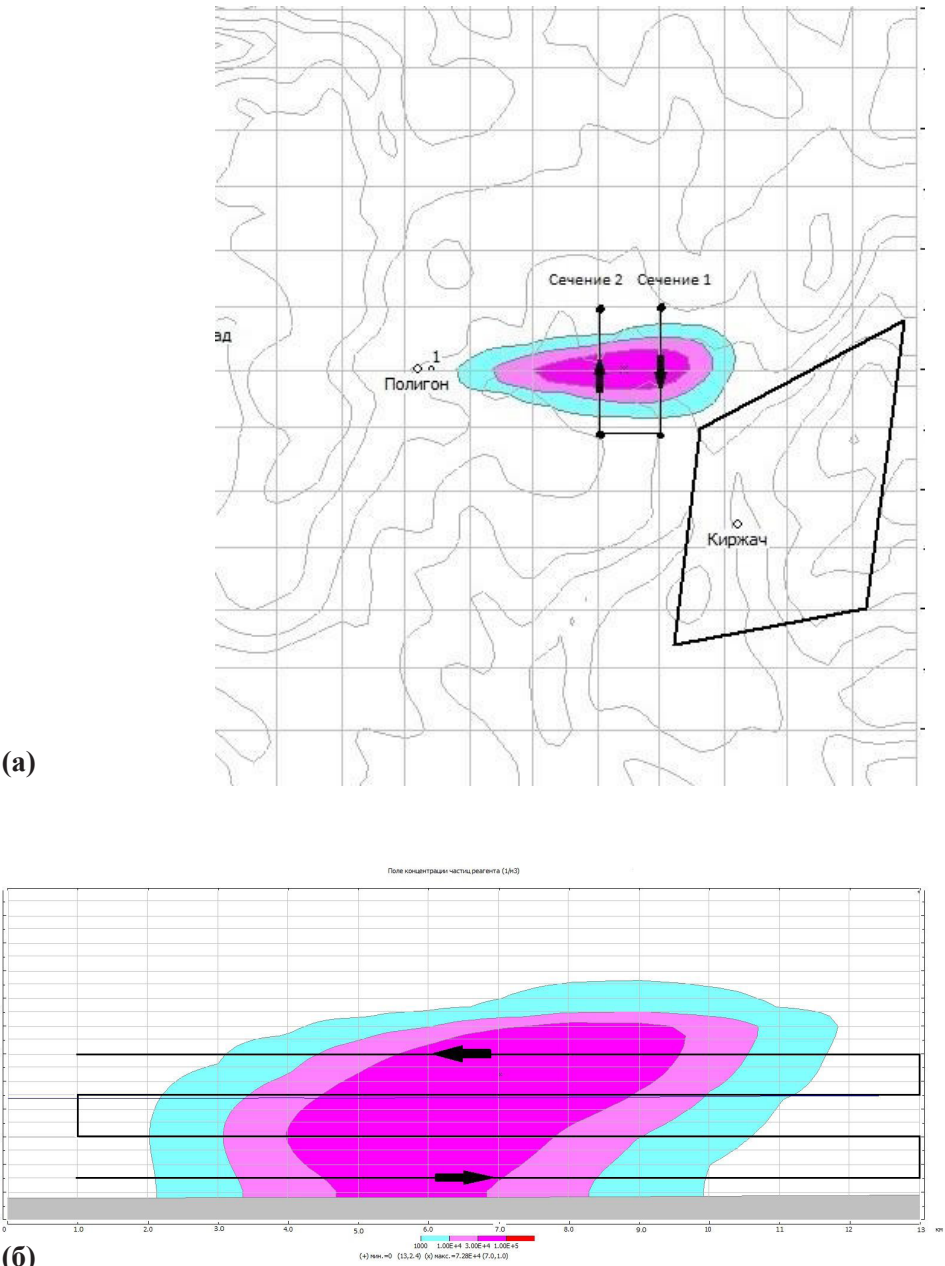


Рис. 3. Схема самолетного зондирования перпендикулярно общему направлению ветрового переноса аэрозоля.

Отработанные фильтры после каждого отбора пробы маркировались и по завершению полетов передавались в лабораторию.

Во время работы на наземном ПУ вёлся журнал, в котором регистрировались:

- время начала и конца полета;
- время начала и конца для каждой линии измерений;
- координаты (широта и долгота) начала и конца каждой линии;
- высота каждой линии;
- скорость и направление ветра на каждой высоте по данным самолетных наблюдений.

Информация о координатах линий отбора проб бралась с установленной в пункте управления системы радиообмена данными «Земля-борт-Земля» (системы диспетчеризации).

В соответствии с программой исследований распространения реагента в подоблачном слое отбор проб при воздействии генератором НАГ-07М проводился 26 мая 2015 г. в вертикальных сечениях шлейфа льдообразующего реагента по трассам полёта самолёта перпендикулярно общему направлению ветрового переноса аэрозоля.

Воздействия НАГ-07М были начаты в 13 ч 25 мин. Поджиг активных элементов производился с 2-минутной периодичностью. При такой схеме поджига и времени горения одного пироэлемента 6 минут, через 4 минуты после начала работ, воздействия проводились с одновременным горением трёх пироэлементов и, при зарядке в генератор 60 пироэлементов, продолжалось до 15 ч 31 мин.

Всего 26 мая 2015 г. отбор проб был выполнен в трёх вертикальных сечениях, отстоящих от пункта установки НАГ-07М на 3, 6 и 9 км (рис. 4). Отбор проб выполнялся на четырёх высотах – 300, 600, 900 и 1200 м.

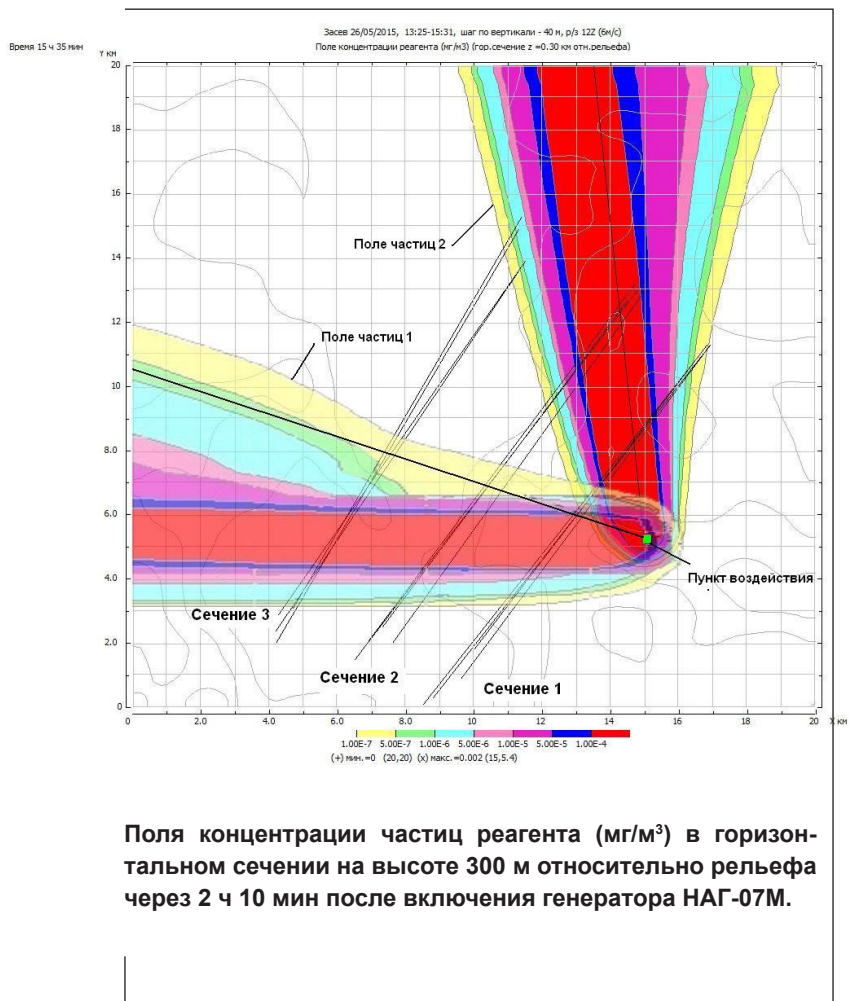


Рис. 4. Поля концентрации частиц реагента (мг/м^3) в горизонтальном сечении на высоте 300 м относительно рельефа через 2 ч 10 мин после включения генератора НАГ-07М.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ
ИССЛЕДОВАНИЯ

Вертикальные сечения для проведения отбора проб аэрозоля и координаты начала и окончания самолётных трасс в каждом сечении определялись по результатам численного моделирования. Расчёт полей концентрации частиц аэрозоля (рис. 4, поле частиц 1) проводился в

ПУ с использованием взятых в интернете данных наземных метеонаблюдений в Дмитрове, данных утреннего (в 3 часа МСК) радиозондирования в Долгопрудном и данных самолётного ветрового зондирования, выполненного самолётом перед началом воздействий до высоты 1500 м с 100-метровым интервалом по эшелону.

Однако, как показало сравнение утренних данных с данными радиозонда, полученного в 15 часов МСК, т.е. практически во время проведения воздействий, наблюдалось значительное изменение направления ветра с восточного на южное. Это привело к существенному изменению направления переноса частиц реагента (см. рис. 4, поле частиц 2). Как видно из рисунка, при таком переносе первое вертикальное сечение на удалении 3 км от генератора полностью пересекло шлейф частиц, второе сечение на удалении 6 км пересекло шлейф частично, а третье сечение на удалении 9 км оказалось вне шлейфа частиц.

На рис. 5 приведены графики результатов самолётных измерений и численных расчётов концентрации реагента в атмосфере, выполненных по данным 15-часового зондирования. Из рисунка видно, что наблюдается очень хорошее совпадение самолётных данных и результатов численного моделирования концентрации частиц реагента в первом сечении (рис. 5, а). Во втором сечении совпадение самолётных данных и результатов расчётов несколько хуже (рис. 5, б). В третьем сечении, лежащем вне шлейфа, концентрации частиц реагента соответствуют фоновым значениям (рис. 5, в).

Как видно из рис. 6, на котором приведены диаграммы измеренных и рассчитанных по модели SeedDisp значений концентрации частиц реагента, наблюдается высокая степень корреляции концентрации частиц йодистого серебра в первых двух сечениях. Так для восьми пар коэффициент корреляции оказался равным 0,73 (рис. 6, а). При отбрасывании двух пар значений концентрации, полученных для высот 300 и 600 м во втором сечении, расхождение которых может быть связано с неполным пересечением шлейфа линиями взятия проб, а также сбоем в поджиге четырёх пироэлементов, коэффициент корреляции возрастает до 0,97 (рис. 6, б).

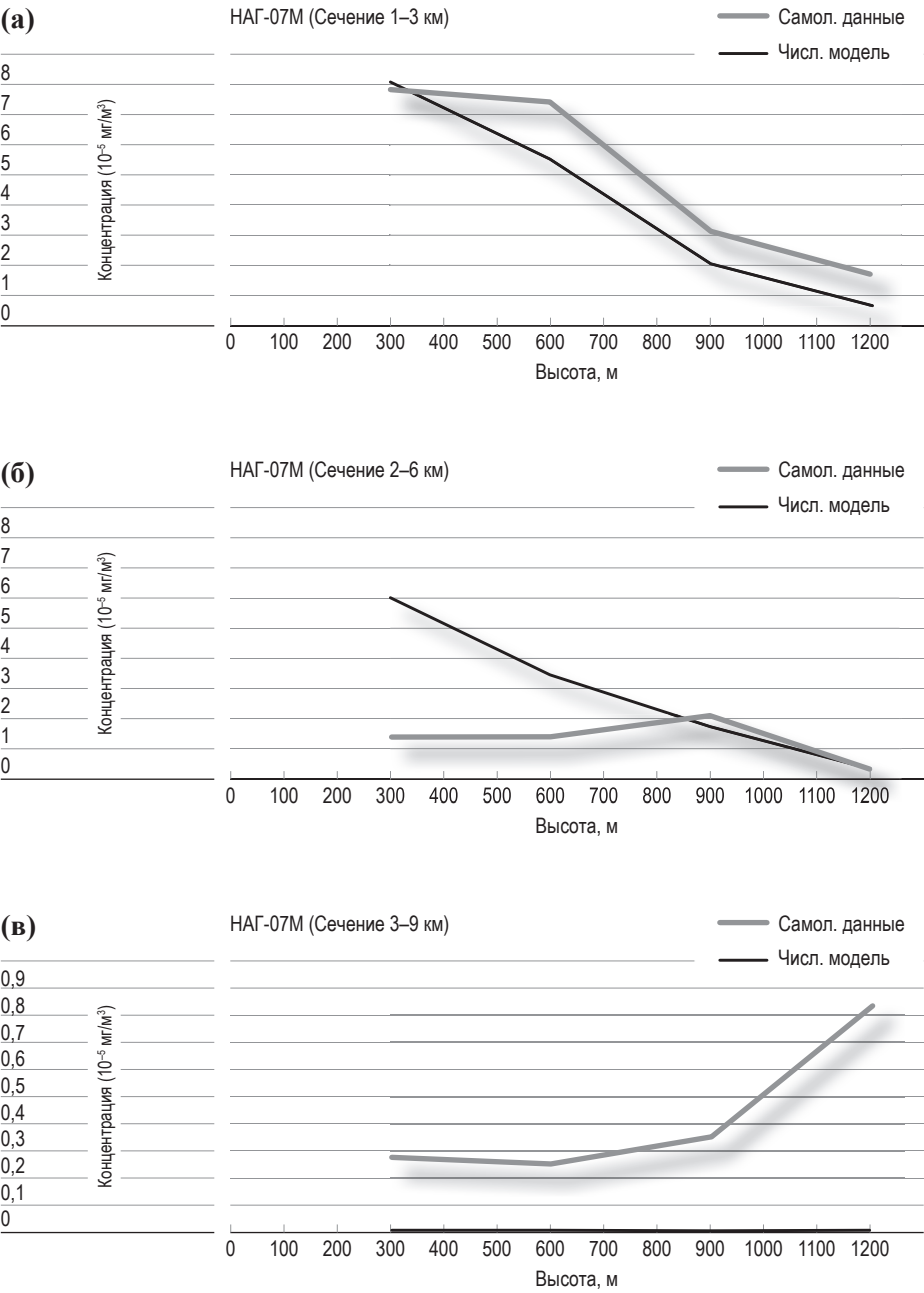


Рис. 5. Концентрация частиц реагента в вертикальных сечениях на дальностях 3, 6 и 9 км по данным самолетных измерений и результатам численного моделирования 26 мая 2015 г.

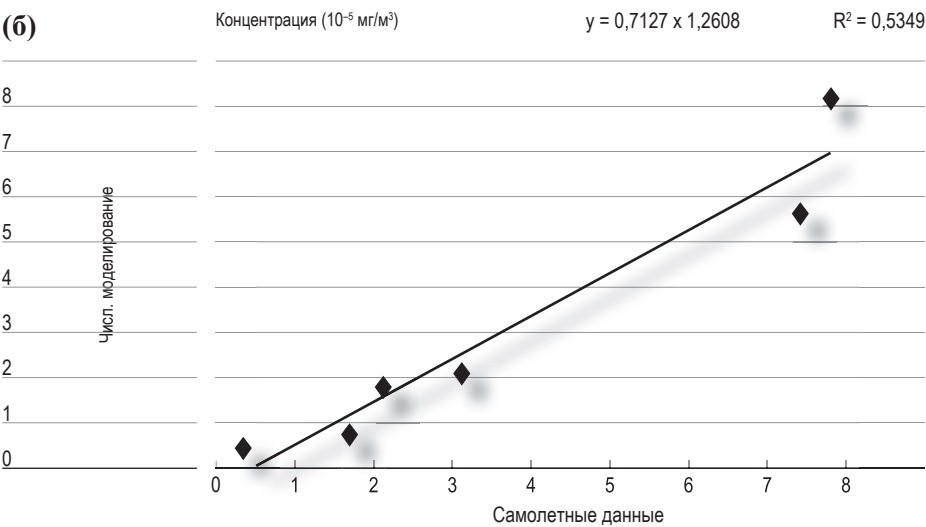
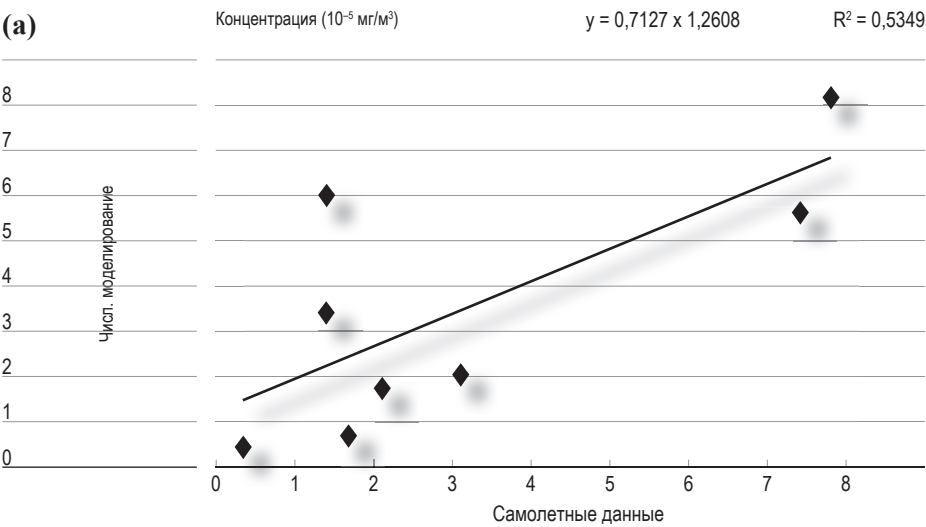


Рис. 6. Диаграмма измеренных и рассчитанных по модели SeedDisp значений концентрации частиц реагента в первом и втором сечениях.

ВЫВОДЫ

Таким образом, результаты проведенного 26.05.2015 г. на испытательном полигоне ОАО «ФНПЦ «НИИ Прикладной химии» эксперимента, по измерению концентрации частиц йодистого серебра в атмосфере при воздействии генератором НАГ-07М показали, что:

1. Зарегистрированная в атмосфере концентрация йодистого серебра была выше фоновых значений до высоты 1200 м на удалениях от 3 до 9 км от места установки генератора.
2. Разработанная численная модель «SeedDisp» в целом качественно правильно описывает распространение аэрозолей йодистого серебра в пограничном слое и свободной атмосфере при воздействии наземными аэрозольными генераторами НАГ-07М. Так коэффициент корреляции измеренных самолётом и рассчитанных по модели значений концентрации частиц йодистого серебра в подоблачном слое превысил значение 0,7.

Рассчитанные по численной модели «SeedDisp» поля концентрации реагента в значительной степени зависят от данных ветрового зондирования. В связи с этим для корректного расчёта переноса частиц реагента необходимо использовать вертикальные профили ветра, оперативно получаемые для территории проведения воздействий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ
СПИСОК

1. Колосков Б.П., Корнеев В.П., Сергеев Б.Н., Чочаев Х.Х., Штульман Н.Г., Бейтуганов М.Н. Некоторые результаты численных экспериментов по переносу реагента при работе наземных аэрозольных генераторов // Труды научно-практической конференции, посвященной 40-летию начала производственных работ по защите сельхозкультур от градобитий. Нальчик, 10-12 октября 2007 г. Нальчик, 2011. С. 117-126.
2. Колосков Б.П., Корнеев В.П., Клейменова А.В., Сергеев Б.Н., Шаповалов А.В., Чочаев Х.Х., Бейтуганов М.Н. Численное моделирование переноса реагента при работах по активным воздействиям на облака // Метеорология и гидрология. №12.-2012. С. 44-54.
3. Varenhyh N.M., Emeliyanov V.N., Nesmeyanov P.A., Korneev V.P., Abshaev M.T., Reznikov M.S., Koloskov B.P. Russian Technical means for Weather Modification // 10th WMO Sci. Conf. on Weather Mod., Bali, Indonesia, 2011.

УДК 551.513.22

Семенова Ю. А. [Semenova Y. A.],
Закинян А.Р. [Zakinayn A. R.],
Смерек Ю.Л. [Smerek Y. L.],
Данилова Н. Е. [Danilova N. E.],
Закинян Р.Г. [Zakinayn R. G.]

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕВОГО СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРЫ

Study of vortex state of the atmosphere

Земная атмосфера в целом имеет весьма сложную систему движений, меняющуюся с течением времени. Основные особенности этих движений из года в год повторяются и хорошо отображаются на средних и климатических картах, которые и являются исходными для выводов об общей циркуляции атмосферы. Так известно, что движение атмосферы имеет вихревой характер. Существуют основные состояния трехмерного вихревого движения, в которых сходимость низкого давления ведет к восходящему движению, а дивергенция высокого давления приводит к нисходящему потоку в вихревом движении (смерч). Эти состояния поля трехмерной скорости могут быть описаны с помощью разложения скорости конвекции через функции тока и потенциала, которые и описывают спиральные структуры этого движения. В данной работе вводятся простые дифференциальные уравнения в частных производных, удовлетворяющие основному состоянию трехмерного вихревого движения. Также показано что, когда $Re \rightarrow \infty$, вихревое движение вырождается в геострофический ветер, и соответствующее состояние вихревого движения заменяется геострофическим состоянием.

Ключевые слова: вихревое движение, геострофический ветер, поле скоростей, вертикальная составляющая скорости, основное состояние.

The earth's atmosphere as a whole has a very complex system of movements, changing over time. The main features of these movements from year to year are repeated and are well represented on medium and climate maps, which are the source for conclusions about the General circulation of the atmosphere. So we know that the motion of the atmosphere has a vortex character. There are fundamental States of the three-dimensional vortex motion in which the convergence of the low pressure leads to rising motion and divergence high pressure leads to a downstream movement in a vortex (tornado). These states of the field of three-dimensional velocity can be described by a decomposition of the rate of convection through the current function and potential, which describe the spiral structure of this movement. In this work, we introduced a simple differential equation in partial derivatives, satisfying the basic condition of three-dimensional vortex motion. Also it is shown that when the swirling movement of the degenerates in the geostrophic wind, and the corresponding state of the vortex motion is replaced by the geostrophic condition.

Key words: vortex motion, geostrophic wind, velocity field, the vertical velocity component, the ground state.

Обычно в качестве основных состояний атмосферы рассматривают состояние статики и возмущение относительно него в виде геострофического состояния и экмановского состояния [1]. В этих моделях вертикальной составляющей скорости ветра пренебрегают. В настоя-

щей работе исследуется трехмерное состояние атмосферы с учетом вертикальной скорости и показано, что оно является вихревым.

Записывая уравнения, описывающие стационарное состояние сухой атмосферы в локальной системе координат (x, y, z) , получим:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_i} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) + v \nabla^2 u + 2\omega_{0z} v - 2\omega_{0y} w, \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_i} \left(\frac{\partial p}{\partial y} \right) + v \nabla^2 v - 2\omega_{0z} u, \quad (2)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_i} \left(\frac{\partial p}{\partial z} \right) - g + v \nabla^2 w + 2\omega_{0y} u, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + (\mathbf{v}, \nabla) \theta = \Delta \gamma \cdot w + \kappa \nabla^2 \theta, \quad (4)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0. \quad (5)$$

Запишем выражение для плотности

$$\rho_i = \rho_e (1 - \alpha \theta).$$

Уравнение статики:

$$-\frac{1}{\rho_e} \left(\frac{\partial \bar{p}}{\partial z} \right) - g = 0.$$

Тогда система уравнений запишется в виде:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_e} \left(\frac{\partial p'}{\partial x} \right) + v \nabla^2 u + 2\omega_{0z} v - 2\omega_{0y} w, \quad (6)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_e} \left(\frac{\partial p'}{\partial y} \right) + \nu \nabla^2 v - 2\omega_{0z} u, \quad (7)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_e} \left(\frac{\partial p'}{\partial z} \right) + \alpha g \theta + \nu \nabla^2 w + 2\omega_{0y} u, \quad (8)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + (\mathbf{v}, \nabla) \theta = \Delta \gamma \cdot w + \kappa \nabla^2 \theta, \quad (9)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0. \quad (10)$$

Для горизонтальных и вертикальных направлений в качестве масштабов длины взяты L и H , шкала скорости в горизонтальном направлении – U , масштаб времени – L/U , шкала вертикальной скорости – HU/L , шкала для давления $\rho_e U^2$, шкала для температуры – $\Delta_z T$.

В то же самое время, мы устанавливаем $\delta = H/L$, $\text{Re} = UL/\nu$ (число Рейнольдса), $\text{Ri} = N^2 H^2 / U^2$ (число Ричардсона), N – частота Брента – Вейселя, $\text{Pr} = \nu/\kappa$ (число Прандтля), $\text{Ro}_L = U/2\omega_{0z}L$ (число Россби), $\text{Ro}_H = \frac{U}{2\omega_{0z}H}$, тогда безразмерная форма для уравнений (6) – (9) примет вид

$$\frac{d\tilde{u}}{d\tilde{t}} = -\frac{\partial \tilde{p}'}{\partial \tilde{x}} + \frac{1}{\text{Ro}_L} \tilde{v} - \frac{1}{\text{Ro}_H} \tilde{w} + \frac{1}{\text{Re}} \left(\frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial \tilde{x}^2} + \frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial \tilde{y}^2} + \frac{1}{\delta^2} \frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial \tilde{z}^2} \right), \quad (11)$$

$$\frac{d\tilde{v}}{d\tilde{t}} = -\frac{\partial \tilde{p}'}{\partial \tilde{y}} - \frac{1}{\text{Ro}_L} \tilde{u} + \frac{1}{\text{Re}} \left(\frac{\partial^2 \tilde{v}}{\partial \tilde{x}^2} + \frac{\partial^2 \tilde{v}}{\partial \tilde{y}^2} + \frac{1}{\delta^2} \frac{\partial^2 \tilde{v}}{\partial \tilde{z}^2} \right), \quad (12)$$

$$\delta^2 \frac{d\tilde{w}}{d\tilde{t}} = -\frac{\partial \tilde{p}'}{\partial \tilde{z}} + \text{Ri} \cdot \tilde{\theta} + \frac{1}{\text{Ro}_H} \tilde{u} + \frac{\delta}{\text{Re}} \left(\frac{\partial^2 \tilde{w}}{\partial \tilde{x}^2} + \frac{\partial^2 \tilde{w}}{\partial \tilde{y}^2} + \frac{1}{\delta^2} \frac{\partial^2 \tilde{w}}{\partial \tilde{z}^2} \right), \quad (13)$$

$$\frac{d\tilde{\theta}}{d\tilde{t}} = \frac{1}{\delta} \tilde{w} + \frac{1}{\text{Re}} \frac{1}{\text{Pr}} \left(\frac{\partial^2 \tilde{\theta}}{\partial \tilde{x}^2} + \frac{\partial^2 \tilde{\theta}}{\partial \tilde{y}^2} + \frac{1}{\delta^2} \frac{\partial^2 \tilde{\theta}}{\partial \tilde{z}^2} \right), \quad (14)$$

$$\text{где } \text{Ri} = \frac{H^2 \alpha g \Delta \gamma}{U^2} = \frac{H^2 N^2}{U^2}, \quad N^2 = \alpha g \Delta \gamma.$$

Таким образом, опуская знак «тильда» над безразмерными величинами, запишем:

$$\frac{du}{dt} = -\frac{\partial p'}{\partial x} + \frac{1}{\text{Ro}_L} v - \frac{1}{\text{Ro}_H} w + \frac{1}{\text{Re}} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{1}{\delta^2} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right). \quad (15)$$

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{\partial p'}{\partial y} - \frac{1}{\text{Ro}_L} u + \frac{1}{\text{Re}} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{1}{\delta^2} \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right). \quad (16)$$

$$\delta^2 \frac{dw}{dt} = -\frac{\partial p'}{\partial z} + \text{Ri} \cdot \theta + \frac{1}{\text{Ro}_H} u + \frac{\delta}{\text{Re}} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{1}{\delta^2} \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right). \quad (17)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{\delta} w + \frac{1}{\text{Re}} \frac{1}{\text{Pr}} \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{1}{\delta^2} \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \right). \quad (18)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0. \quad (19)$$

Если адвективные члены в уравнениях опустить, и принять $O(\delta) = 1$, т. е. $L = H$, то уравнения (15) – (19) могут быть преобразованы. В ходе решения уже преобразованной системы уравнений, получим систему уравнений, получим описывающую поле скоростей. Таким образом,

$$u = -W_0 \left(\frac{n\pi}{2k} \cdot \sin kx \cdot \cos ky - \frac{\text{Re}}{\text{Ro}_L} \frac{1}{2k^2 (2k^2 + n^2 \pi^2)} \cdot \cos kx \cdot \sin ky \right) \cos(n\pi z),$$

$$v = -W_0 \left(\frac{n\pi}{2k} \cdot \cos kx \cdot \sin ky + \frac{\text{Re}}{\text{Ro}_L} \frac{1}{2k^2 (2k^2 + n^2 \pi^2)} \cdot \sin kx \cdot \cos ky \right) \cos(n\pi z),$$

$$w = W_0 \cdot \cos kx \cdot \cos ky \cdot \sin(n\pi z).$$

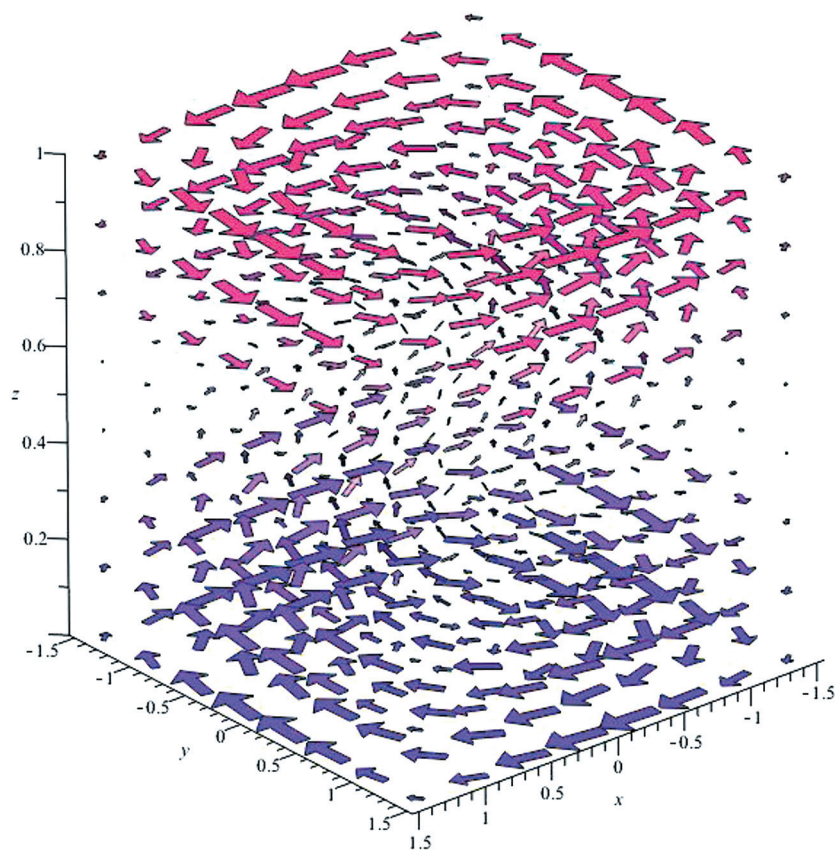


Рис. 1. Поле скоростей, характеризующее движение атмосферы.

На рисунке приведено поле скоростей, построенное по полученным выражениям для проекций скоростей. Анализируя полученную систему уравнений, получим, что движение воздушной частицы принимает трехмерную спиральную структуру (рис. 1).

Из рисунка видно, что при выбранных значениях параметров, движение воздуха носит характер закручивающейся по часовой стрелке спирали. Такое движение происходит до середины по вертикали области, затем движение сменяется на противоположное, т.е. происходит раскручивание спирали против часовой стрелки.

Работа выполнена в соответствии с заданием № 2014/216 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семенова, Ю. А., Закинян, Р. Г. Исследование годографов ветра во влажной атмосфере/ Ю. А. Семенова, Р. Г. Закинян. – Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические процессы. Тезисы докладов 18-й Всероссийской школы-конференции молодых ученых / Геофизическая обсерватория «Борок» – филиал Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта. Ярославль: Филигрань, 2014. С. 98-100.
2. Семенова, Ю. А., Семенов, К. А. Влияние влажности на профиль ветра / Ю. А. Семенова, Р. Г. Закинян. Физическое образование в вузах. Приложение. Москва: Издательский Дом МФО, 2015. Т. 21, № 1С. С. 77-78.

УДК 05.11.13

Степкина М. Ю. [Stepkina M. Y.],
Кудряшова О. Б. [Kudryashova O. B.],
Антонникова А. А. [Antonnikova A. A.]

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ПОТОКЕ И НА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ РАСПЫЛЕНИИ*

**Pilot study of change of dispersion
of charged particles in the stream and
on the surface
at electrostatic dispersion**

В работе описано два вида распыления мелкодисперсных порошков: пневматический и электростатический. Оба метода распыления способствуют измельчению агломератов используемого мелкодисперсного порошка на выходе устройства, однако принцип и степень разбиения различны. Проведены экспериментальные исследования, позволяющие оценить изменение дисперсности субмикронных аэрозольных сред как в процессе распыления, так и при осаждении на поверхности. В качестве методов анализа размера частиц в экспериментальных исследованиях использовались оптические измерения с помощью анализатора дисперсности частиц Malvern Spraytec, отслеживающего динамику распыления, а также оптического анализатора Pip 9.0, позволяющего рассматривать параметры распределения и концентрации конденсированной дисперсной фазы вещества, осажденной на поверхности. Результаты представлены в виде счетных функций распределения частиц по размерам для исследуемых веществ.

Ключевые слова: дисперсность, счетная функция распределения, распыление, осаждение, аэрозольные системы.

In work two types of dispersion of fine powders are described: pneumatic and electrostatic. Both methods of dispersion promote crushing of agglomerates of the used fine powder at the device exit, however the principle and extent of splitting are various. The pilot studies allowing to estimate change of dispersion of submicronic aerosol environments both in the course of dispersion are for this purpose conducted, and at sedimentation on a surface. As methods of the analysis of the size of particles in pilot studies optical measurements by means of the analyzer of dispersion of particles Malvern Spraytec, the tracking dispersion dynamic, and also the optical analyzer Pip 9.0 allowing to consider parameters of distribution and concentration of the condensed disperse phase of substance besieged on a surface were used. Results are presented in the form of calculating functions of distribution of particles by the sizes for the studied substances.

Key words: dispersion, calculating function of distribution, dispersion, sedimentation, aerosol systems.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант мол_а 16-38-00581).

ВВЕДЕНИЕ

В промышленности, современной технике, технологии и повседневной жизни необходимо учитывать процессы и явления, протекающие с участием аэрозольных систем и порошкообразных материалов. Аэрозольные системы широко применяются для предотвращения чрезвычайных ситуаций (эффективные порошковые составы для тушения пожаров, аэрозолеобразующие составы для воздействия на облака и туманы с целью предотвращения града и т. д.).

Большой практический интерес представляют аэрозоли с характерным размером частиц порядка одного микрометра и менее, причем в ряде задач требуется быстрое (практически, мгновенное) получение таких аэрозолей без изменения физико-химических свойств диспергируемых веществ. Аэрозоль в процессе своего существования претерпевает значительные изменения в части дисперсных и концентрационных характеристик, что обусловлено процессами испарения, коагуляции и осаждение частиц конденсированной фазы. При этом дисперсность аэрозоля зависит от способа его создания.

Цель настоящей работы заключается в исследовании влияния способа создания аэрозоля на его дисперсные характеристики. В качестве исследуемых способов выступают пневматический и электростатический.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В физике аэрозолей важную роль играют параметры, характеризующие совокупность частиц. К ним относятся концентрация частиц, дисперсный состав, а также пространственное распределение этих параметров. Конденсированные частицы в аэрозолях, как правило, полидисперсны, то есть, имеют различные размеры. Дисперсный состав совокупности частиц описывается дифференциальной функцией счётного распределения их по размерам $f(D)$ [1–3]:

$$\int\limits_0^{\infty} f(D)dD = 1 \quad (1)$$

где $p[D_1 < D < D_2]$ – вероятность того, что диаметр частиц лежит в интервале (D_1, D_2) ; $f(D)dD$ – доля числа частиц, диаметр которых лежит в пределах $(D, D + dD)$

Условие нормировки:

$$\int_0^{\infty} f(D)dD = 1$$

Практически любое одномодальное распределение $f(D)$ можно аппроксимировать четырёхпараметрической формулой (так называемое обобщённое гамма-распределение):

$$f(D) = aD^{\alpha} \exp(-bD^{\beta}) \quad (2)$$

где a, b, α, β – положительные вещественные числа.

При $\beta = 1$ (2) сводится к обычному гамма-распределению:

$$f(D) = aD^{\alpha} \exp(-bD)$$

где $a = \frac{b^{\alpha+1}}{\Gamma(\alpha+1)}$ – нормирующий множитель; Γ – гамма-функция.

Дисперсность образованного аэрозольного облака во многом зависит способа распыления вещества. Одной из основных задач распыления является разбиение агломератов исходного мелкодисперсного порошка, поскольку для большинства задач требуется получить высокую дисперсность продуцируемого аэрозоля [4]. В качестве способов распыления в настоящей работе рассмотрено: пневматическое распыление с помощью инжекторного пескоструйного аппарата (рисунок 1а) и создание аэрозольного облака посредством коронного разряда – электростатичес-

кое распыление (рисунок 1б) [5]. В качестве исследуемых веществ выбраны сорбирующие порошки высокой дисперсности (порядка $D=10$ мкм): псевдобемит (гидроксид алюминия) и оксид алюминия.

Измерения начальной дисперсности для модельных веществ с помощью выбранных систем распыления проводились с помощью системы измерения дисперсности Malvern Spraytec (рис. 1), позволяющей получать функцию распределения частиц по размерам при любом способе образования аэрозолей и спреев с высокой скоростью воспроизведения [6].

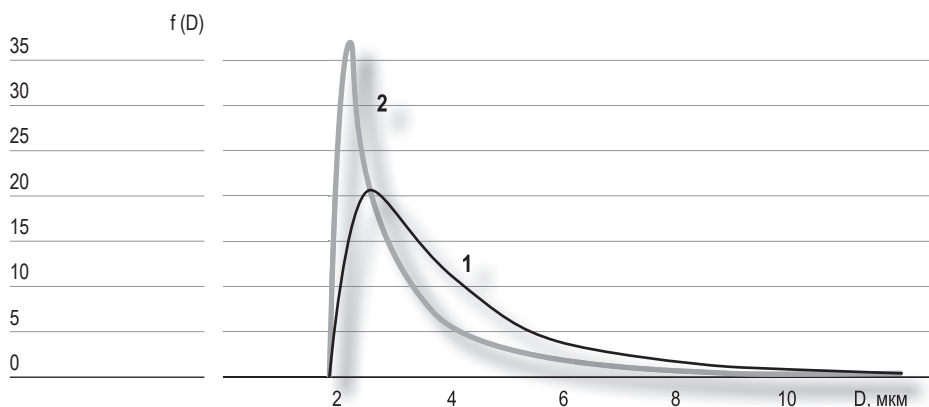
Определение функции распределения при осаждении частиц двухфазной среды на поверхности проводилось с помощью оптического анализатора Pir 9.0. Для измерений функции распределения и концентрации частиц аэрозоля в воздухе применялась установка на основе метода малоуглового рассеяния [1]. Измерения осуществляются с помощью специально разработанного программно-аппаратного комплекса [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

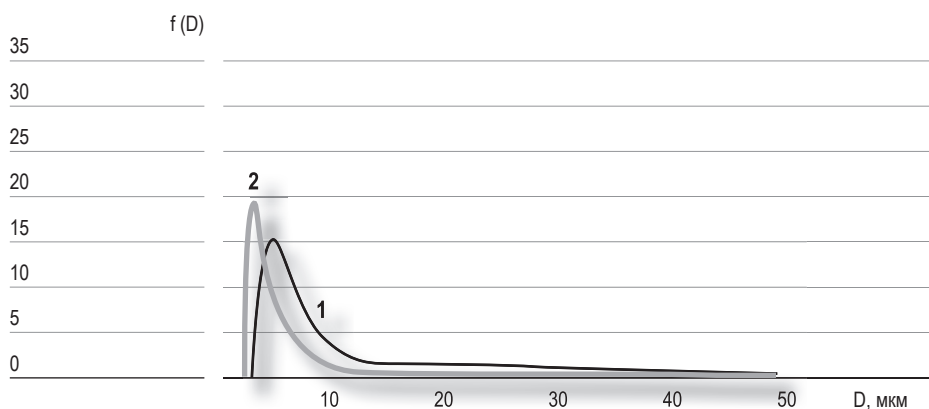
В результате проведенных измерений установлено, что вид счетной функции распределения частиц по размерам в потоке воздуха, распыленных электростатическим способом, становится с более острым пиком и сосредоточен в области меньшей дисперсности для псевдобемита и оксида алюминия (рис. 1).

Далее, при осаждении аэрозольной системы на поверхности дисперсность определяется с помощью оптического анализатора Pir 9.0 в виде функций распределения $f(D)$, представленных на рисунке 2. Для тех же веществ распределение по поверхности после электростатического нанесения уменьшает средний размер частиц, практически, в два раза. Таким образом, можно предполагать, что электростатический способ распыления приводит к разбиению агломератов частиц, что способствует уменьшению их размеров и увеличению удельной поверхности [5].

Для того чтобы определить изменение размеров при встречном потоке, использовалось два распылителя, направленных друг на друга на одной оси, при этом в первом случае – это два пневмораспылителя, во



а) 1 – при пневматическом распылении;
2 – при электростатическом распылении.

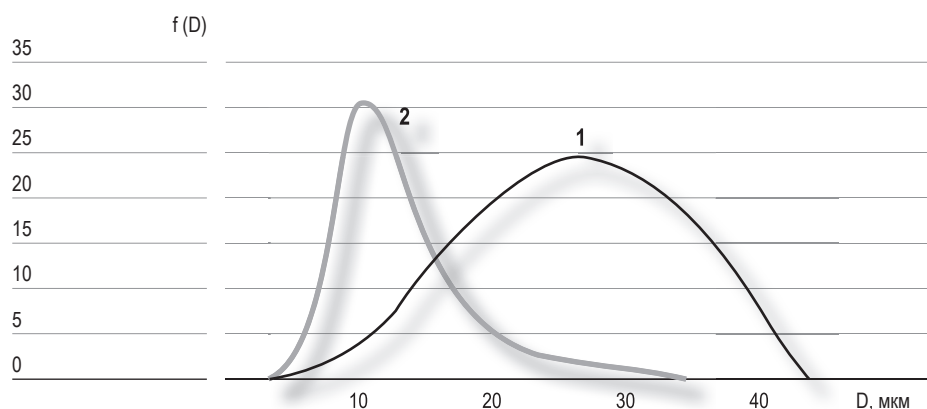


б) 1 – при пневматическом распылении;
2 – при электростатическом распылении.

Рис. 1. Функции распределения частиц псевдобемита (а) и оксида алюминия (б) в потоке (измерения с помощью Malvern Spraytec).

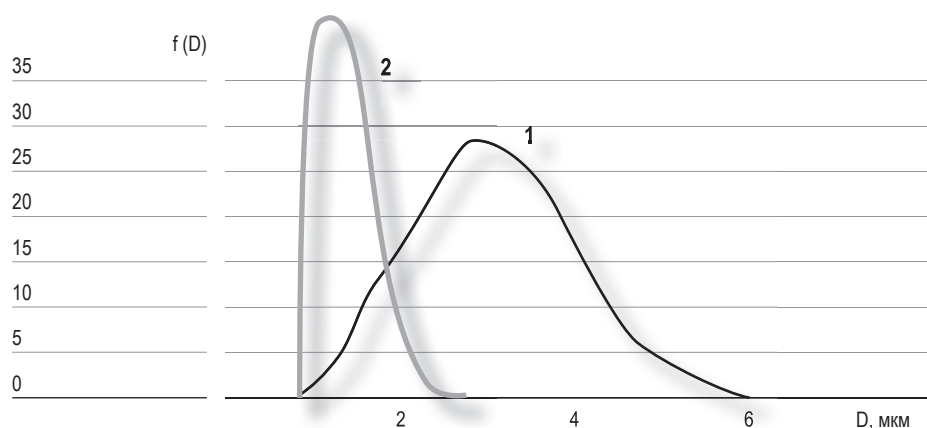
втором – совмещение пневмо- и электрораспылителя. Измерения дисперсности производились с помощью MalvernSpraytec. Результаты представлены в виде счетных функций распределения частиц по размерам для выбранных веществ на рисунке 3.

Из анализа рисунка 3 можно сделать вывод, что при распылении заряженных частиц в потоке нейтральных максимумов функций распре-



а)

1 – при пневматическом распылении;
2 – при электростатическом распылении.



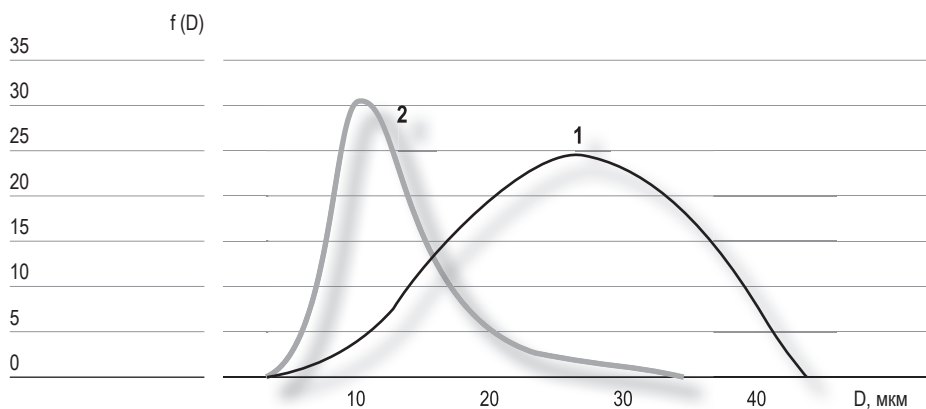
б)

1 – при пневматическом распылении;
2 – при электростатическом распылении.

Рис. 2.

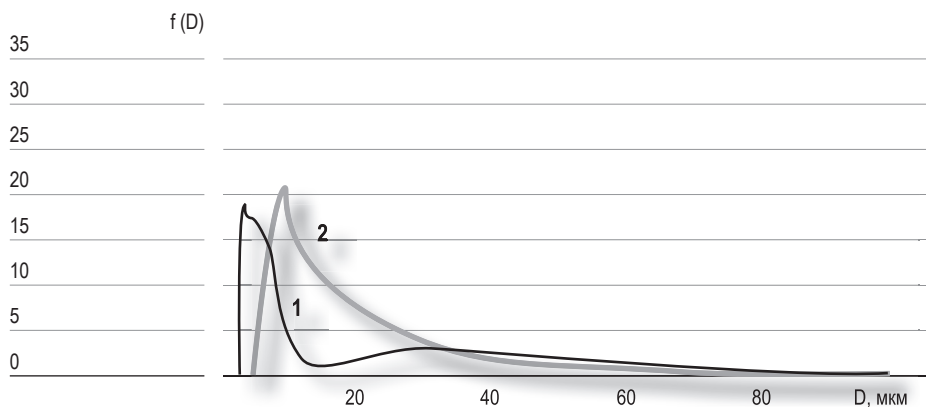
Функции распределения порошкa псевдобемита (а) и оксида алюминия (б) на поверхности подложки, полученные с помощью оптического анализатора Pip 9.0.

деления смещается в сторону более крупных размеров, что объясняется ускорением процесса коагуляции в результате взаимодействия между частицами с разным зарядом. Так, у частиц псевдобемита (рисунок 3а, кривая 1) при пневматическом распылении пик кривой функции распределения находится в районе 2 мкм, в то время как при втором виде распыления



а)

1 – при пневматическом распылении;
2 – при электростатическом распылении.



б)

1 – при пневматическом распылении;
2 – при электростатическом распылении.

Рис. 3.

Функции распределения частиц псевдобемита (а) и оксида алюминия (б) во встречном потоке, полученные с помощью Malvern Spraytec.

(рисунок 3а, кривая 2) пик кривой функции распределения находится в районе 4 мкм. Примерно та же картина наблюдается и при исследовании второго вещества – оксида алюминия: пик кривой функции распределения на кривой 2 смещен вправо на величину, вдвое большую, чем на кривой 1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- Электростатическое распыление позволяет увеличить дисперсность частиц (разбить агломераты) как в процессе распыления, так и после осаждения на поверхность.
- Если в условиях распыления электрически заряженные частицы встречаются с потоком электрически нейтральных аэрозольных частиц, это приводит к обратному процессу — коагуляции частиц и увеличению их размеров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берснев С.А. Физика атмосферных аэрозолей / С.А. Берснев, В.И. Грязин. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008. 227 с.
2. Архипов В.А. Аэрозольные системы и их влияние на жизнедеятельность / В.А. Архипов, У.М. Шереметьева. Томск: ГТПУ, 2007. 136 с.
3. Архипов В. А. Лазерные методы диагностики гетерогенных потоков / В.А. Архипов. Томск, 1987. 139 с.
4. Кудряшова О.Б. Распыление нанопорошков для адсорбции токсичных веществ / О.Б. Кудряшова, М.Ю. Степкина, Н.В. Коровина, А.А. Антонникова, Е.В. Муравлев, А.А. Павленко // Инженерно-физический журнал. Томск, 2015. Т. 88, № 4. С. 808–813.
5. Степкина М.Ю. Исследование взаимодействия частиц модельного порошка сорбента на поверхности при электростатическом нанесении / М.Ю. Степкина, О.Б. Кудряшова // Рабочая группа «Аэрозоли Сибири»: тезисы докладов XXII Рабочей группы «Аэрозоли Сибири». Томск: ИОА СО РАН, 2015. С. 23–24.
6. Ахмадеев И.Р. Метод и быстродействующая лазерная установка для исследования генезиса техногенного аэрозоля по рассеянию луча в контролируемом объеме: дис. ... канд. техн. наук. Бийск, 2008. С. 34–43.

УДК 004.315

Червяков Н.И. [Chervyakov N.I],
Ляхов П.А. [Lyakhov P.A.],
Калита Д.И. [Kalita D.I.],
Шульженко К.С. [Shulzhenko K.S.]

ПРИНЦИП СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Principle of compression images based on discrete wavelet transform

В статье исследованы основные принципы сжатия изображений с применением дискретного вейвлет-преобразования. Рассмотрены перспективные методы обработки изображений EZW и SPIHT, основанные на алгоритме нульдеревя. На примере показана работа метода обработки изображений SPIHT со встроенной структурой алгоритма нульдеревя. Проведено моделирование в пакете прикладных программ среды MATLAB сжатия изображения в оттенках серого на основе дискретного вейвлет-преобразования. Сделан вывод о том, что пригодное для практических целей и визуально хорошего качества изображение можно получить при обнулении до 85% коэффициентов обрабатываемого изображения. При обнулении коэффициентов изображения в два раза можно получить изображение, не отличающееся по числовым характеристикам сигнал-шум и индекс структурного сходства от исходного изображения в оттенках серого.

Ключевые слова: дискретное вейвлет-преобразование, алгоритм нульдеревя, метод EZW, метод SPIHT, сжатие изображения.

In the article the basic principles of image compression using discrete wavelet transform is presented. Promising imaging techniques EZW and SPIHT, based on zero-tree algorithm are shown. An example shows the operation of SPIHT image processing method with an integrated zero-tree algorithm structure. The simulation package application environment MATLAB compress grayscale images based on discrete wavelet transform. The conclusion is that suitable for practical purposes and visually high quality image can be obtained by resetting up to 85% of the processed image coefficients. Resetting up to 50% of the processed image coefficients allows to obtain the picture, do not differ in the numerical characteristics of the peak signal to noise ratio and the structural similarity index of the original grayscale image.

Key words: discrete wavelet transform, zero-tree algorithm, EZW method, SPIHT method, image compression.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время особую популярность в практическом применении цифровой обработки сигналов получило вейвлет-преобразование. Вейвлеты широко применяются при обработке и синтезе различных сигналов, в задачах распознавания образов, сжатия и обработки изображений [1–2].

Самой актуальной и основной проблемой сжатия изображений, является решение проблемы сжатия без потерь. Цель ее решения состоит в том, чтобы сжать источник информации с наименьшей потерей, содержащейся в ней информации [2]. По этой причине существуют разные методы обработки изображений, дающие в практическом применении улучшенные показатели повышения эффективности кодеров и наименьший коэффициент потери информации при кодировании [3, 4].

Наиболее популярным методом для сжатия изображений, использующимся на практике является дискретное косинусное преобразование [5], в основе которого лежит Фурье анализ. Дискретное косинусное преобразование составляет основу современных методов сжатия изображений и видео, таких как JPEG и MPEG [6,7]. Однако, методы, основанные на преобразовании Фурье, имеют ряд недостатков, что приводит к снижению качества изображения. Использование вейвлет-преобразования в этой области помогает достичь снижение сложности и эффективности кодеров [8]. В связи с чем, возникает необходимость применять наиболее подходящий метод для сжатия изображений, использующий вейвлет-преобразование, который будет давать более высокое качество изображения после сжатия [9].

В данной статье будут рассмотрены и проанализированы основные методы сжатия изображений в основе которых лежит вейвлет-преобразование и Фурье анализ [10].

ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЕ

Наиболее популярным преобразованием, являющимся хорошей альтернативой традиционного преобразования Фурье, при применении методов цифрового сжатия и обработки изображений, является вейвлет-преобразование.

В основе вейвлет-преобразования лежит использование двух непрерывных и интегрируемых по всей оси функций вейвлет-функции $\psi(t)$ и масштабирующей или скейлинг-функции $\phi(t)$, таких что [10]:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0, \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(t) dt = 1. \quad (1)$$

Вейвлет-функция также должна обладать свойством сдвига во времени и масштабируемости:

$$\psi(t, a, b) = \psi(a, b, t) = a^{-\frac{1}{2}} \psi_0\left(\frac{t-b}{a}\right). \quad (2)$$

Прямое непрерывное вейвлет-преобразование сигнала $s(t)$ задается вычислением вейвлет-коэффициентов по формуле:

$$C(a, b) = \langle s(t), \psi(a, b, t) \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) a^{-\frac{1}{2}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt. \quad (3)$$

Обратное непрерывное вейвлет-преобразование осуществляется по формуле восстановления во временной области [11]:

$$f = C_{\psi}^{-1} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dad b}{a^2} \langle f, \psi^{a,b} \rangle \psi^{a,b}. \quad (4)$$

В связи со значительным неудобством вычисления интегралов, на практике величины a и b обычно задаются дискретно [12]. В этом случае реализуется дискретное вейвлет-преобразование. В численном и функциональном анализе дискретные вейвлет-преобразования (ДВП) относятся к вейвлет-преобразованиям, в которых вейвлеты представлены дискретными сигналами (выборками) [13] в следующем виде:

$$S(t) = \sum_{i=1}^{N-1} S(i\Delta t) \delta(t - i\Delta t), \quad (5)$$

В настоящее время основным методом вейвлет обработки сигналов является использование ДВП, на основе которого построены КИХ-фильтры. При применении такого фильтра в процессе вейвлет-обработки изображения, требуется двухкратное его использование, так как изображение представляется в виде двумерного массива данных. Обработка происходит в два этапа, сначала обрабатываются строки массива

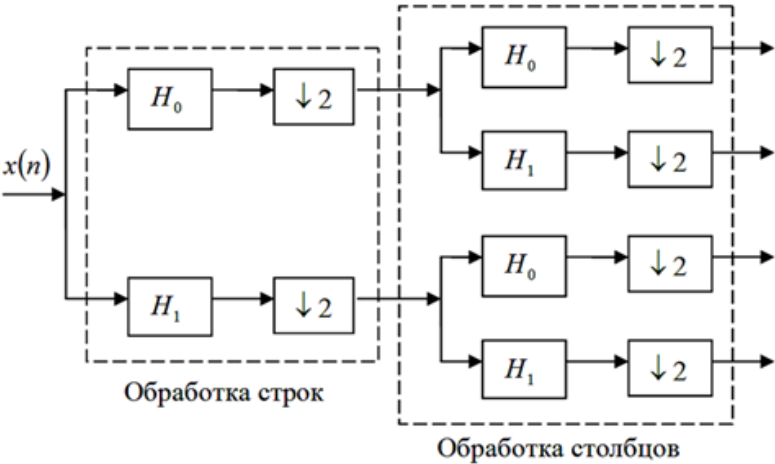


Рис. 1. Структура набора фильтров обработки изображений.

данных, а потом его столбцы. Таким же образом происходит процесс восстановления исходного изображения. На рисунке 1 представлены этапы процесса обработки изображения, описанного выше.

ОБЗОР ОСНОВНЫХ КЛАССОВ
ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Наиболее распространенные методы сжатия изображений, применяются в стандартах JPEG и MJPEG. В основе этих стандартов сжатия изображений и видео лежит Фурье преобразование, которое представляет собой набор гармонических колебаний функции с различной частотой и амплитудой [11]. Перед тем как обработать изображение JPEG и MJPEG делят исходное изображение на блоки, что приводит к снижению качества результата. Результирующее изображение получается сильно дискретизованным и четко видна блочная структура изображения [12].

Вейвлет преобразование способно давать наиболее полную информацию, которую несет изображение в высоких субдискретизированных низких частотах, а также дополнительно локализует информацию на краях в пространственной группе коэффициентов в высокочастотных полосах. Еще одной особенностью вейвлет-преобразования является то, что оно облегчает схему передачи данных, которая постепенно уточняет качество принимаемого изображения [13]. То есть, использует кодированный битовый поток, который может быть обрезан в любой желаемой точке, для того, чтобы обеспечить соответствующее качество реконструкции изображения.

Ключевым моментом при применении вейвлет-преобразования в методах сжатия изображений является расчет эффективности квантования или другими словами, функции потери теоретически достигаемого предела сжатия источника информации

$$D(R) = \sigma^2 2^{-2R}$$

где σ^2 – дисперсия,

R – скорость передачи данных, измеряемая в битах. При этом, каждый дополнительный бит уменьшает рассчитываемое искажение в 4 раза (или увеличивает отношение сигнал-шум на 6 дБ). Таким образом, если качество исходного изображения имеет высокое разрешение, искажение при этом экспоненциально убывает [14].

Несмотря на свои преимущества, которые обеспечивают хорошую пропускную способность, вейвлет-преобразование имеет и некоторые недостатки. Основным недостатком является небольшая пространственная поддержка высоко-частотных коэффициентов, которые используются для представления локальных частей изображения, например края изображения. Этот недостаток влечет за собой поиск новых методов квантования, которые выходят за рамки традиционных методов кодирования. Одними из таких методов являются методы EZW и SPIHT [15].

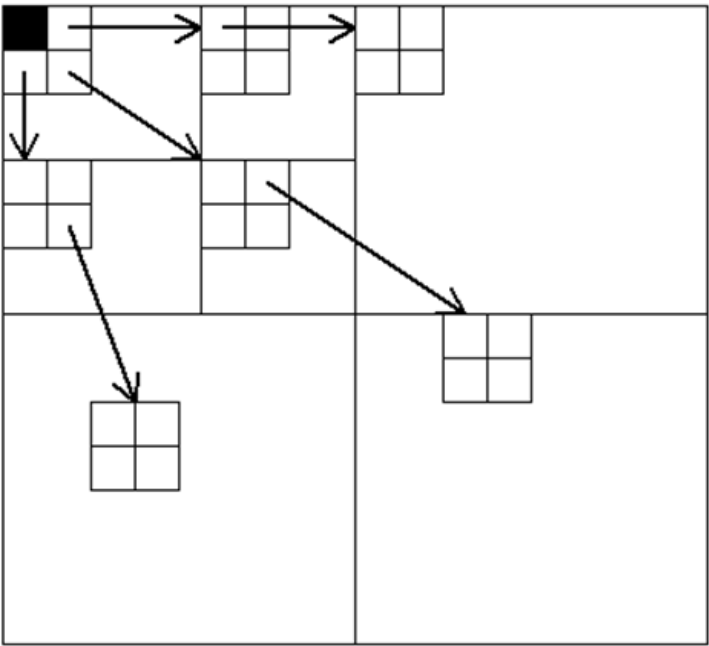


Рис. 2. Структурное представление алгоритма нульдеревя дискретного вейвлет-преобразования.

Оба метода EZW и SPIHT [16], [17] основаны на идее использования многопроходного кодирования с обнулением дерева (zerotree) для передачи в первую очередь наибольших по величине вейвлет коэффициентов.

Суть алгоритма нульдеревя состоит в применении древовидной структуры данных для описания вейвлет-преобразования. Схематично весь алгоритм представлен на рисунке 1.

После применения двухканального разделимого вейвлет-преобразования, корневой узел дерева представляет собой коэффициент масштабирующей функции, который имеет три потомка [18]. Высота узлов дерева соответствуют масштабу вейвлет преобразования. Каждый узел дерева имеет четыре дочерних потомка, соответствующих вейвлет коэффициентам следующего уровня дерева и т.д. Внизу дерева располагаются лис-

тьевые узлы, которые не имеют потомков. Далее происходит квантование нульдеревом, основанное на процессе сравнения значимости коэффициентов. Если коэффициент узла дерева мал, то и его потомки скорее всего также будут малы. Таким образом, вначале квантователем квантуется каждый узел дерева. Если значение узла дерева меньше некоторого порога, его потомки игнорируются. Позже эти потомки восстанавливаются декодером как нули. Далее процесс квантования переходит на четыре потомка узла. Если корневой узел мал по сравнению с пороговым значением, обрабатывается следующий корневой узел, а его потомки обнуляются и т.д.

Алгоритм нульдеревя считается эффективным алгоритмом, в связи с хорошо распределенной энергии вейвлет-преобразования и за счет совместного кодирования нулей [16]. Однако, данный алгоритм имеет и свой очевидный недостаток. Недостатком алгоритма является неточное порождение нулевых потомков, что связано с предположением, что если коэффициент узла мал в сравнении с пороговым значением, то, скорее всего, малы и его потомки. Однако, априорное предположение на практике может и не подтвердиться, что влечет за собой обнуление значимых коэффициентов. Таким образом, данный алгоритм может привести к существенным искажениям обрабатываемой информации [19].

Метод EZW (Embedded Zerotree Wavelet coded) алгоритма вложенного нульдеревя исключает недостаток алгоритма zerotree посредством совместной передачи как ненулевых значений дерева, так и карты значений [20]. При этом биты, которые отводятся для кодирования карты значений, используются в общем потоке бит. При этом карта значений, которая имеет большую избыточность входящих в нее значений, может приводить к снижению скорости кодирования. Для того чтобы не допустить значительного искажения изображения за счет ошибочного определения нульдеревя применяется алгоритм zerotree, но при этом теперь проверяется на значимость каждый потомок незначимого узла дерева. Если один или более потомков незначимого узла является значимым, то генерируется коэффициент изолированного нуля. Вероятность этого события меньше вероятности значимого потомка, поэтому среднее число бит, требующих-

ся для кодирования карты значений мало. Таким образом, алгоритм EZW аппроксимирует исходное изображение небольшим количеством бит, а потом эта аппроксимация уточняется [21].

Весь алгоритм EZW заключается в выполнении следующих основных операций [20]:

1. *Упорядочивание коэффициентов по амплитуде.* На данном этапе происходит сравнение каждого вейвлет коэффициента k с некоторым пороговым значением T . Если $k > T$, то коэффициент считается значимым и наоборот. Упорядочивание происходит от низкочастотных полос к высокочастотным.
2. *Межполосная, пространственная корреляция коэффициентов.* На этом этапе для кодирования знака и позиции всех коэффициентов используется двухбитный символ: « $\pm$ » – знак коэффициента; «0» – коэффициент незначущий; «узел нульдеревя» – коэффициент незначущий вместе со всеми вейвлет коэффициентами в данной области.
3. *Передача карты данных.* После того, как коэффициенты вычислены и карта значений передана, должны быть переданы биты, которые уточняют их значения.
4. *Сжатие карты значений и карты данных арифметическим кодером.* Если скорость передачи данных допустима, то порог T делится на два и процесс повторяется снова.

Таким образом, роль нульдеревя в методе EZW состоит в том, чтобы предотвратить передачу нулей. При этом алгоритм нульдеревя

для коэффициента k используется до тех пор, пока значение данного коэффициента не станет больше текущего порога T . После чего далее передается его квантованное значение [20].

Основные преимущества данного метода с точки зрения практического применения можно сформулировать следующим образом:

- 1) возможность точного регулирования скорости передачи;
- 2) возможность восстановления всего изображения при прекращении приема декодером бит в любой точке. При этом изображение будет максимально хорошего качества для данного числа бит.
- 3) возможность быстрого просмотра изображений в удаленной базе данных.

Улучшенным методом, использующим в своей структуре также алгоритм нульдеревя, является метод SPIHT (Set Partition In Hierarchical Trees – установка подразделений в иерархических деревьях). Главное отличие данного метода состоит в том, что он использует кодирование не одиночных, а параллельных нульдеревьев. По своей эффективности метод SPIHT превосходит EZW на 0,3–6 Дб [20, 21].

Рассмотрим данный метод более подробно на конкретном примере. Пусть имеется простое трехуровневое представление изображение размера 8×8 , представленное в таблице 1. Величина наибольшего коэффициента в нем равна 63. Тогда допустимый предел кодирования выберем в интервале величин 31,5 и 63. Пусть $T_1 = 32$.

Коэффициент родительского узла 63 имеет три дочерних потомка $\{-34, 31, 23\}$. Каждый из этих потомков, называемых теперь родительскими узлами, в свою очередь имеет по четыре дочерних потомка. Для родительского узла -34 дочерними потомками считаются $\{49, 10, 14, -13\}$, для узла -31 потомками являются $\{15, 14, 9, -7\}$, для узла 23 потомки

Табл. 1. ВЕЙВЛЕТ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ РАЗМЕРА 8 × 8.

63	− 34	49	10	7	13	− 12	7
− 31	23	14	− 13	3	4	6	− 1
15	14	3	− 12	5	− 7	3	9
− 9	7	− 14	8	4	2	3	2
− 5	9	− 1	47	4	6	− 2	2
3	0	− 3	2	3	− 2	0	4
2	− 3	6	− 4	3	6	3	6
5	11	5	6	0	3	− 4	4

{3,−12,−14,8}. На следующем этапе выделение потомков происходит аналогичным образом. Каждая величина коэффициента в данном представлении имеет свои координаты. После определения родительских узлов и их потомков происходит выделение из них значимых, путем сравнения с допустимым пределом T . При этом используется следующее правило: если коэффициент или набор его потомков значимые, то генерируется «1», или «0» в случае их не значимости. Однако, при фактическом применении метода SPIHT [19], это правило не всегда применимо. То есть если набор внука является значимым, генерируется «0», или «1» если набор незначимый. При этом также учитывается знаковый бит коэффициента: если коэффициент положителен, то генерируется «0», в противном случае «1». Декодер определяет только коэффициенты находящиеся в пределе 32 и 64, поэтому после декодирования в качестве оценки берется средняя точка 48.

Опишем поэтапно процесс кодирования данной таблицы коэффициентов изображения посредством нульдерева для предела $T_1 = 32$.

1. Значение коэффициента родительского узла 63 больше, чем предел 32 и положительно, значит он значимый, генерируются 1 и 0 и записывается коэффициент 48 как результат.
2. Потомок – 34 значимый, отрицательный, значение имеет генерация бита 1. Записывается 48 и происходит проверка на значимость каждого из четырех потомков $\{49, 10, 14, -13\}$. Среди них значимым является только коэффициент 49.
3. Потомок – 31 значимый, отрицательный, значение имеет генерация бита 1. Происходит проверка на значимость каждого из четырех его потомков $\{15, 14, -9, -7\}$.
4. Потомок 23 незначимый, положительный, генерация бита 0 незначительна. Его соответствующие потомки $\{3, -12, -14, 8\}$ обнуляются.
5. Набор потомков внука коэффициента – 34 незначительный, генерируется 0.
6. Набор потомков внука коэффициента – 31 значительный, генерируется 1.
7. Потомок 15 набора коэффициентов незначительный, генерация 0 незначительна.
8. Потомок 14 набора коэффициентов значительный, происходит генерация бита 1, а затем происходит проверка на значимость каждого из потомков коэффициентов $\{-1, 47, -3, 2\}$.

9. Внук набора коэффициента – 34 незначительный; генерируется двоичный бит «0».
10. Коэффициент – 31 имеет четыре потомка $\{15, 14, -9, 7\}$. Значимость коэффициентов 15 и 14 была проверена ранее, значит, проверяются на значимость коэффициенты – 9 и 7.

Результаты проведенного кодирования посредством нульдеревя для предела $T_1 = 32$ представлены в таблице 2.

Таким образом, на первом проходе кодер SPIHT генерирует 29 бит и одновременно определяет четыре значимых коэффициента $\{63, -34, 49, 47\}$. В дальнейшем декодер восстанавливает каждый коэффициент на основе генерированных бит. При этом, если набор значимых коэффициентов не велик, то декодер определяет каждый коэффициент в интервале от – 32 до 32 и берет среднюю точку 0 в качестве оценки. Результат кодирования на первом этапе показан в таблице 3.

Во втором проходе кодирования, предел кодирования делится пополам ($T_2 = T_1 / 2 = 16$) и теперь, незначительные коэффициенты и наборы коэффициентов, найденные при первом проходе снова тестируются на значимость, но теперь для предела $T_1 = 16$. Таким образом, второй проход кодирования состоит в следующем:

1. Тестирование на значимость 12 незначительных коэффициентов, найденных при первом проходе, т.е. тех коэффициентов, которые имеют значение результата восстановления равным 0. При этом, коэффициенты – 31 при (0,1) и 23 при (1,1), являются значимыми на данном этапе кодирования. Декодер определяет величину каждого коэффициента, находящегося в интервале между 16 и 32 и декодирует их как значения – 24 и 24.
2. Потомок набора коэффициента 23 при (1,1) является незначимым, поэтому он внук набора коэффициента 49 при

Табл. 2. РЕЗУЛЬТАТЫ КОДИРОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ
С ПРИМЕНЕНИЕМ НУЛЬДЕРЕВА

№ комментария	Координаты коэффициента	Значение коэффициента	Двоичный символ	Результат восстановления
1	(0,0)	63	1	48
			0	
	(1,0)	-34	1	-48
			1	
	(0,1)	-31	0	0
2	(1,1)	23	0	0
	(1,0)	-34	1	
	(2,0)	49	1	48
			0	
	(3,0)	10	0	0
3	(2,1)	14	0	0
	(3,1)	-13	1	
	(0,1)	-31	1	
	(0,2)	15	0	0
	(1,2)	14	0	0
4	(0,3)	-9	0	0
	(1,3)	-7	0	0
	(1,1)	23	0	
	(1,0)	-34	0	
	(0,1)	-31	1	
5	(0,2)	15	0	
	(1,2)	14	1	
	(2,4)	-1	0	0
	(3,4)	47	1	48
			0	
6	(2,5)	-3	0	0
	(3,5)	2	0	0
	(0,3)	-9	0	
	(1,3)	-7	0	

Табл. 3. РЕЗУЛЬТАТЫ КОДИРОВАНИЯ ТАБЛИЦЫ КОЭФФИЦИЕНТОВ
ИЗОБРАЖЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ НУЛЬДЕРЕВА ПРИ $T_1 = 32$

48	– 48	48	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	48	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

(2,0) и потомок набора коэффициентов 15 при (0,2), –9 при (0,3) и –7 при (1,3). Бит нульдеревя генерируется в текущем проходе для каждого незначительного набора потомка.

3. Уточнение значимости четырех коэффициентов {63,–34,49,47}, найденных на первом этапе кодирования. Значения этих коэффициентов определены в интервале между значениями 32 и 48, тогда они будут закодированы как 0 и декодированы как средняя точка равная 40; либо в интервале между значениями 48 и 64, тогда они будут закодированы как 1 и декодированы как средняя точка 56.

На этом проходе кодер генерирует 23 бита и определяет

Табл. 4. РЕЗУЛЬТАТЫ КОДИРОВАНИЯ ТАБЛИЦЫ КОЭФФИЦИЕНТОВ
ИЗОБРАЖЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ НУЛЬДЕРЕВА ПРИ $T_1 = 32$

56	- 40	56	0	0	0	0	0
- 24	24	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	40	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

более двух значимых коэффициентов. Множеством значимых коэффициентов теперь становится множество $\{63,-34,49,47,-31,23\}$. Результаты кодирования представлены в таблице 4.

Описанный выше процесс кодирования продолжается от одного прохода к другому и может остановиться в любом момент [20]. Для повышения производительности может быть использовано арифметическое кодирование. При его использовании происходит сжатие двоичного потока битов кодера SPIHT.

Из рассмотренного примера, отметим, что когда допустимые пределы кодирования являются степенями числа 2, то кодирование нульдеревом можно рассматривать как схему кодирования плоскости бит. Кодируется первый бит плоскости одновременно начиная с самого старшего бита. При этом, знаковые биты и биты уточнения (для коэффициентов, которые

становятся значимыми в следующем проходе) кодируются быстро, так как кодирование нульдеревом генерирует встроенный битовый поток, что эффективно сказывается на скорости передачи данных. Выбранное допустимое предельное значение кодирования коэффициентов сильно влияет на качество изображения. Использование слишком большого порогового значения повлечет за собой снижение качества результирующего изображения (сигнала), так как отброшенные значения близкие к нулю также участвуют в формировании изображения. Данное замечание, считается одним из существенных недостатков рассмотренного метода обработки изображений.

Современные вейвлет – кодеры основаны на предположении, что изображение порождается источником с флюктуирующей дисперсией. Каждый кодер реализует определенный механизм для отображения локальной дисперсии вейвлет – и квантует их оптимальным или субоптимальным образом в соответствии с дисперсией. Кодеры отличаются друг от друга стратегиями квантования коэффициентов и тем, каким образом происходит оценка и передача значения дисперсии декодеру.

Кодеры, основанные на алгоритме нульдеревя, предполагают у дисперсии наличие двух состояний: нуль или нет. Декодеру передается дополнительная информация о местоположении значимых коэффициентов. Этот процесс приводит к нелинейной аппроксимации изображения. Множества нулевых коэффициентов выражаются в терминах деревьев вейвлетов или комбинаций этих деревьев. Нули передаются декодеру как дополнительная информация, так же как и квантованные данные. Кодеры, основанные на нульдеревьях, учитывают межполосные зависимости вейвлет коэффициентов.

В частотно-адаптивных кодерах применяются ортогональные адаптивные преобразования – метод вейвлет – пакетов. Локальные флюктуации корреляционных связей используют пространственно кодеры.

Другие вейвлет учитывают внутриполосные зависимости между вейвлет – коэффициентами (иногда одновременно и межполосные). Кодеры, основанные на решетчатом квантовании, делят коэффициенты на

группы в соответствии с их энергией. Для каждого коэффициента они оценивают и (или) передают информацию о группе и значение квантованного в соответствии с номинальной дисперсией группы коэффициента. Другой новый класс кодеров передает незначительное количество информации о дисперсии. Это показывает, что, возможно, информация о дисперсии имеет большую избыточность, чем считалось раньше.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Для проведения моделирования метода использовалось изображение размера 255×255 «девушка» в оттенках серого. Моделирование проводилось в пакете прикладных программ среды Matlab. Для количественной оценки качества обработки изображений с обнулением коэффициентов были использованы две числовые характеристики.

1. PSNR, или пиковое отношение сигнал-шум, между двумя изображениями (оригиналом и полученным изображением). Вычисляется данная характеристика по формуле:

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{R^2}{MSE} \right), \quad (6)$$

$$\text{где } MSE = \frac{\sum_{m,n} [I_1(m,n) - I_2(m,n)]^2}{M \cdot N} -$$

среднеквадратическая ошибка сравнения качества восстановленного изображения; R – максимальное колебание входного сигнала изображения. Так как величина $PSNR$ имеет логарифмическую природу, единицей ее измерения является децибел (Дб). Чем больше величина $PSNR$, тем лучше качество восстановленного изображения, для тождественно равных изображений $PSNR = \infty$. При исследовании алгоритмов сжатия и очистки от шума изображений в оттенках серого практически при-

годной считается величина $PSNR$, изменяющаяся в пределах от 20 Дб до 50 Дб [22, 23]. Для рассматриваемых нами случаев сжатия изображения величина $PSNR$ вычислялась между изображением, полученным при использовании традиционной двоичной системы счисления и изображением, полученным посредством обнуления определенного количества коэффициентов.

2. $SSIM$, или индекс структурного сходства между двумя изображениями, определяется на основе полного сопоставления исходного и полученного изображений [24]. Данная характеристика вычисляется по формуле:

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)} \quad (7)$$

где μ_x – среднее x ,

μ_y – среднее y ,

σ_x^2 – дисперсия x ,

σ_y^2 – дисперсия y ,

σ_{xy} – ковариация x и y ,

$c_1 = (k_1L)^2$, $c_2 = (k_2L)^2$ – две переменных, L – динамический диапазон пикселей, $k_1 = 0,01$ и $k_2 = 0,03$ константы. Величина $SSIM$ находится в пределах между 0 и 1 и равна 1 для тождественно равных изображений. Для рассматриваемых нами случаев сжатия изображения величина $SSIM$ вычислялась между изображением, полученным при использовании традиционной двоичной системы счисления и изображением, полученным посредством обнуления определенного количества коэффициентов.

Для рассматриваемых нами случаев сжатия изображения величина $SSIM$ вычислялась между изображением, полученным при использовании традиционной двоичной системы счисления и изображением, полученным посредством обнуления определенного количества коэффициентов.

Из полученных результатов видно (рис. 3), что при обнулении от 85% коэффициентов изображения, получаем визуально неотличимое от оригинала изображение. При сжатии изображения в два раза (в табл. 5 50% обнуленных коэффициентов) получаем изображение, не отличающееся по качеству от исходного.

Табл. 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБНУЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ
В ИЗОБРАЖЕНИИ «ДЕВУШКА» В ОТТЕНКАХ СЕРОГО

Количество обнуленных коэффициентов	Psnr, Дб	Ssim
95%	34,3450	0,9430
90%	41,3717	0,9805
85%	46,3242	0,9914
80%	50,3398	0,9957
75%	53,7152	0,9976
70%	56,8869	0,9987
65%	61,2978	0,9994
60%	67,5576	0,9998
55%	76,5768	1,0000
50%	∞	1
45%	∞	1
40%	∞	1
35%	∞	1
30%	∞	1
25%	∞	1
20%	∞	1
15%	∞	1
10%	∞	1
5%	∞	1



Рис. 3. Результаты моделирования посредством сжатия
изображения «девушка» в оттенках серого.
а) исходное изображение; б) 50% обнуленных коэффициентов;
в) 75% обнуленных коэффициентов; г) 95% обнуленных коэф-
фициентов

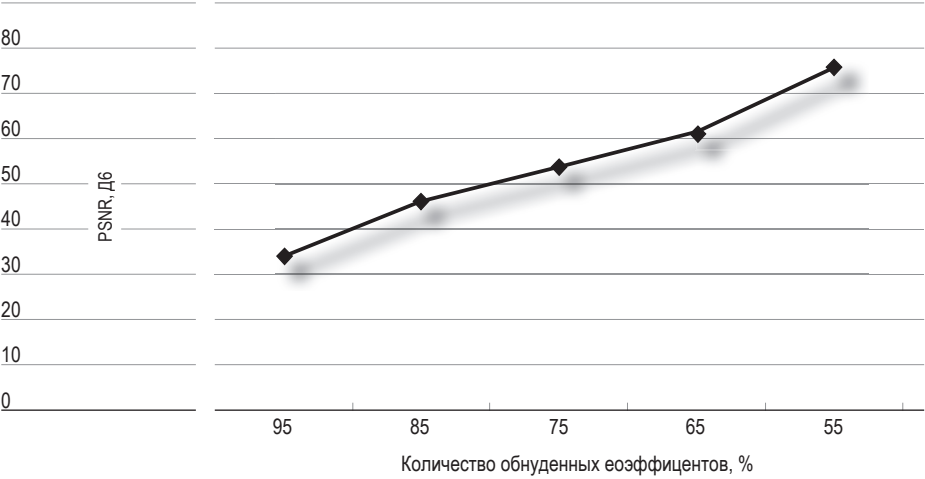


Рис. 4. Результаты PSNR изображения «девушка» с уменьшением количества обнуленных коэффициентов.

На рисунке 4 представлен график зависимости качества изображения от количества обнуленных коэффициентов вейвлет-преобразования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье проведен обзор основных методов вейвлет обработки изображений. Дана краткая характеристика перспективных методов обработки EZW и SPIHT в основе которых лежит алгоритм нульдеревя. Проиллюстрирована работа метода обработки изображений SPIHT со встроенной структурой алгоритма кодирования посредством нульдеревя. Определены существенные различия между стандартом сжатия изображений JPEG и методами сжатия на основе вейвлет-преобразования.

Полученные в работе результаты, свидетельствуют о том, что пригодное для практических целей и визуально хорошего качества изображение можно получить при обнулении до 85% коэффициентов информации. Изображение, не отличающееся по качеству от исходного при сжатии его в два раза.

Данные результаты могут быть использованы для решения задач сжатия изображений в области медицины, астрономии, спутниковой съемки и других. Интересным направлением дальнейших исследований является разработка решений для практического внедрения сжатия изображений на основе вейвлет-анализа для указанных задач.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа написана в рамках базовой части Государственного задания №2563.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-5980.2016.9.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. D. Taubman and M. Marceilin, JPEG2000: Image Compression Fundamentals, Standards, and Practice, Kluwer, 2001.
2. G. Strang and T. Nguyen, Wavelets and Filter Banks, Wellesley-Cambridge Press, New York, 1996.
3. M. Vetterli and J. Kovacevic, Wavelets and Subband Codings Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995.
4. T. M. Cover and I. A. Thomas, Elements of Information Theory, Wiley & Sons, Inc, New York, 1991.
5. C. E. Shannon, "A mathematical theory of communication." Bell Syst. Tech. J., 27, 379-423, 623-656, 1948.
6. C. E. Shannon, "Coding theorems for a discrete source with a fidelity criterion," IRE Nat. Cony. Rec.* 4, 142-163, March 1939.
7. A. Gersho and R. M. Gray, Vector Quantization and Signal Compression, Kluwer Academic, Boston, MA, 1992.
8. N. S. Jayant and P. Noll, Digital Coding of waveforms, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1984.

9. S. P. Lloyd, "Least squares quantization in PCM», IEEE Tram, on Info. Theory, IT-28, 127-135, March 1982.
10. H. Gish and J. N. Pierce, "Asymptotically efficient quantizing," IEEE Trans, on Info. Theory, IT-14,5,676-683, September 1968.
11. Переберин А.В. О систематизации вейвлет-преобразований // Вычислительные методы и программирование. 2001. Т. 2. С. 15-40.
12. Дремин И.М., Иванов О.В., Нечитайло В.А. Вейвлеты и их использование. // Успехи физических наук. 2001. № 5. С. 465-501.
13. Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории. М.: Техносфера, 2006. 272 с.
14. M. W. Marceilin and T. R. Fischer, "Trellis coded quantization of memoryless and Gauss-Markov sources," IEEE Trans, on Comm., 38, I, 82-93, January 1990.
15. T. Berger, Rate Distortion Theory, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1971.
16. N. Farvardin and J. W. Modestino. "Optimum quantizer performance for a class of non-Gaussian memoryless sources," IEEE Trans, on Info. Theory, 30, 485-497, May 1984.
17. Аникуева О.В., Ляхов П.А., Червяков Н.И. Реализация дискретного вейвлет-преобразования в системе остаточных классов специального вида // Инфокоммуникационные технологии. 2014. Т. 12. №4. С 4-9.
18. D. A. Huffman, "A method for the construction of minimum redundancy codes," Proc. IRE, 40, 1098-1101» 1952.
19. T. C. Bell, J. G. Cleary, and I. H. Witten, Text Compression, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990.
20. J. W. Woods, Subband Image coding, Kluwer Academic, Boston, MA, 1991.
21. M. Antonini, M. Baiiaud, P. Mathieu, and I. Daubechies, "Image coding using wavelet transform," IEEE Trans, on Image Process1, 2, 205-220, April 1992.
22. Holland B. RAT: RC Amenability Test for Rapid Performance Prediction /URL: <http://www.cse.sc.edu>
23. Huynh-Thu Q., Ghanbari M. Scope of validity of PSNR in image/video quality assessment // Electronics Letters. 2008. 44, No. 13. Pp 800–801.
24. Wang Z. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity // IEEE Transactions image processing. 2004. 13, No. 4. Pp. 600–61.

**Chervyakov N.I. [Червяков Н.И.],
Algald S.C. [Альгальда С.Ч.]**

THE HARDWARE IMPLEMENTATION OF BINARY TRANSLATION ALGORITHMS IN RESIDUAL CLASSES

**Аппаратная реализация алгоритмов
преобразования из двоичной системы
счисления в систему остаточных классов**

Residue number systems (RNS's) and arithmetic are useful for several reasons, it has a wide application in digital signal processing and provides enhanced fault tolerance capabilities. In this work we discuss the basic concept of forward conversion with respect to the two types of moduli-set, special and arbitrary. Special will be $\{2^n - 1, 2^n, 2^n + 1\}$ and $\{2^n, 2^{2n} - 1, 2^n, 2^n + 1\}$ and their techniques. Arbitrary moduli sets depends on use of look up tables.

Keyword: Residue number system (RNS), special moduli sets, arbitrary moduli sets, forward conversion.

Система остаточных классов (СОК) и модулярная арифметика используются по нескольким причинам: они имеют широкое применение в цифровой обработке сигналов и обеспечивают расширенные возможности отказоустойчивости. В настоящей работе рассмотрены основные концепции прямого преобразования для двух типов наборов модулей: специальных и произвольных. Рассмотрены техники работы со специальными наборами модулей $\{2^n - 1, 2^n, 2^n + 1\}$ и $\{2^n, 2^{2n} - 1, 2^n, 2^n + 1\}$. Показано, что работа с модулями в общем случае зависит от использования просмотровых таблиц.

Ключевые слова: система остаточных классов (СОК), специальный набор модулей, произвольный набор модулей, прямое преобразование.

Introduction

Forward conversion is the process of translating from conventional notation (binary or decimal) into residue notation. The simplest technique of obtaining residues of a given number X is to divide X by each of the moduli and take the remainder. As is well known division is a quite complex operation and time consuming. Hence it is important to conclude faster techniques of binary to RNS conversion. The main concept in this discussion is moduli-set and we shall divide it according to two classes of moduli-sets: arbitrary (general) moduli-sets and the special moduli-sets (those of the form $\{2^n - 1, 2^n, 2^n + 1\}$ and extension thereof).

Special moduli-sets are usually referred to as low-cost moduli, since conversion to and from their residues can be realized relatively easily and do not require complex operations, such as evaluation of multiplicative

inverses, multiplication, and so forth. Another special moduli-set we'll discuss in this paper which is a $5n$ -bit with high dynamic range $\{2^n, 2^{2n} - 1, 2^{2n} + 1\}$ this moduli-set proposed by A. Hariri *et al.*

Modulus $2^n - 1$:

Conversion and arithmetic modulo $m = 2^n - 1$ are quite easy to implement. The residue of any number 2^l , where $l \neq n$, can be determined by the following equation:

$$\begin{aligned} |2^l|_{2^n-1} &= |2^{nq+r}|_{2^n-1} = ||2^{nq}| \times ||2^r|_{2^n-1}|_{2^n-1} = \\ &= 1 \times |2^r|_{2^n-1} \text{ since } |2^{-q}|_{2^n-1} = |\prod_{i=1}^q |2^n|_{2^n-1}|_{2^n-1} = 1 \end{aligned} \quad (1)$$

Where $q = \lfloor m/n \rfloor$, and r is the remainder from the division.

Example: Take $X = 2^7$ and $l = 2^3 - 1$ (i.e. $n = 3$ and $m = 7$). Then

$$\begin{aligned} |X|_7 &= |2^7|_7 \\ &= ||2^{2 \times 3}|_7 \times |2|_7|_7 \end{aligned}$$

In this example, $q = 2$ and $r = 1$. Therefore, by Equation (1)

$$\begin{aligned} |X|_7 &= |1 \times 2|_7 \\ &= 2 \end{aligned}$$

Modulus $2^n + 1$:

The residue of 2^n with respect to other low-cost modulus $2^n + 1$ is:

$$|2^n|_{2^n+1} = |2^n + 1 - 1|_{2^n+1} = -1$$

We then extend this to an arbitrary power of two, 2^l , where $l \neq n$ find $l = nq + r$:

$$\begin{cases} |2^l|_{2^n+1} = |2^{nq}|_{2^n+1} \times |2^r|_{2^n+1} \\ \begin{aligned} &2^n && \text{if } q \text{ is even} \\ &2^n + 1 - 2^r && \text{otherwise} \end{aligned} \end{cases}$$

Where $q = \lfloor m/n \rfloor$. When q is odd, $|2^{nq}|_{2^n+1}$ is -1 , and so $2^n + 1$ must be added back to make the residue positive.

Example: Take $X = 2^7$ and $l = 2^3 + 1$, i.e. $n = 3$ and $m = 9$, then q is even

and so,

$$|2^7|_9 = |2^{3 \times 2}|_9 \times |2|_9 = 2$$

Now, take $X = 2^7$ and $= 2^2 + 1$, *i.e.* $n = 2$ and $m = 5$, then q is odd,

$$\begin{aligned} |2^7|_5 &= |2^{2 \times 3}|_5 \times |2|_5 \\ &= 2^2 + 1 - 2 \\ &= 3 \end{aligned}$$

We notice that computation of residues of 2^j with respect to modulus 2^n+1 is depends on q , because it will lead into two different residues if q even or odd. And with respect to 2^n-1 it's much easier.

Forward Conversion Technique

Let us define $m_1 \triangleq 2^n + 1$, $m_2 \triangleq 2^n$, $m_3 \triangleq 2^n - 1$, then any integer in X within the dynamic rang $M \triangleq [0, 2^{3n} - 2^n - 1]$ is uniquely defined by a residue-set $\{r_1, r_2, r_3\}$, where $r_i = |X|_{m_i}$ and X is a $3n$ -bit .

$$i.e. \quad X = x_{3n-1} x_{3n-2} \dots x_{2n-1} x_{2n-2} \dots x_3 x_{n-1} \dots x_0$$

To determine the residues r_1 , r_2 and r_3 , the residue r_2 is the easiest to compute: The n least significant bits constitute the remainder when X is divided by 2^n .

Hence, r_2 is the number represented by the least significant n -bits of X . These bits are obtained by nominally shifting to the right by n bits.

Now, to determine the residues r_1 and r_3 , we first partition X into three n -bits blocks B_1, B_2 and B_3

$$B_1 \triangleq \sum_{j=2n}^{3n-1} x_j 2^{j-2n}$$

$$B_2 \triangleq \sum_{j=n}^{2n-1} x_j 2^{j-n}$$

$$B_3 \triangleq \sum_{j=0}^{n-1} x_j 2^j$$

Then $X = B_1 2^{2n} + B_2 2^n + B_3$

According to this partition the residue r_2 equal to

$$r_2 = |B_3|_{2^n}$$

And the residue r_1 is then obtained as:

$$\begin{aligned} r_1 &= |X|_{2^{n+1}} \\ &= |B_1 2^{2n} + B_2 2^n + B_3|_{2^{n+1}} \\ &= ||B_1 2^{2n}|_{2^{n+1}} + |B_2 2^n|_{2^{n+1}} + |B_3|_{2^{n+1}}|_{2^{n+1}} \end{aligned}$$

B_3 is an n -bit number and therefor is always less than 2^n+1 , so its residue is simply the binary equivalent of this term.

The residue of the other two sums are computed as

$$|B_1 2^{2n}|_{2^{n+1}} = ||B_1|_{2^{n+1}} |2^{2n}|_{2^{n+1}}|_{2^{n+1}}$$

And $|B_2 2^n|_{2^{n+1}} = ||B_2|_{2^{n+1}} |2^n|_{2^{n+1}}|_{2^{n+1}}$

Each B_1 and B_2 is represented in n bits there must be less than 2^n+1 . And the residue of 2^{2n} with respect to 2^n+1 is

$$\begin{aligned} |2^{2n}|_{2^{n+1}} &= |2^n \cdot 2^n|_{2^{n+1}} \\ &= |2^n + 1 - 1|_{2^{n+1}} \times |2^n - 1 + 1|_{2^{n+1}} \\ &= -1 \times -1 \\ &= 1 \\ r_1 &= |B_1 - B_2 + B_3|_{2^{n+1}} \end{aligned}$$

Similarly, to compute r_3 , we first observe that

$$\begin{aligned} |2^{2n}|_{2^{n-1}} &= |2^n \cdot 2^n|_{2^{n-1}} \\ &= |2^n - 1 + 1|_{2^{n-1}} \times |2^n - 1 + 1|_{2^{n-1}} \\ &= 1 \times 1 \\ &= 1 \end{aligned}$$

Also $|2^n|_{2^n-1}$ is 1, so

$$r_3 = |B_1 + B_2 + B_3|_{2^n-1}$$

Example:

Consider the moduli-set $\{7, 8, 9\}$, and let $X = 167$. The binary representation of X is 10100111. Since $n = 3$ in the given moduli-set, we partition X into 3-bit blocks.

We get $B_1 \triangleq 010$, $B_2 \triangleq 110$, $B_3 \triangleq 111$. From the above we get,

$$\begin{aligned} |167|_{2^{3+1}} &= |167|_9 = |010 - 100 + 111|_9 = |2 - 4 + 7|_9 = 5 \\ |167|_{2^{3-1}} &= |167|_7 = |010 + 100 + 111|_7 = |2 + 4 + 7|_7 = 6 \\ |167|_{2^3} &= |111|_8 = 7 \end{aligned}$$

Hence, the residue representation of X is $\langle 6, 7, 5 \rangle$.

From the above, we may guess three modular adders will suffice for the computation of the residues. If the magnitudes of the numbers involved are small, as will be the case for small moduli, the complexity of the overall conversion will not be high.

Moduli-set $\{2^n, 2^{2n} - 1, 2^{2n} + 1\}$

This moduli set provides dynamic range of $(2^{5n} - 2^n)$, the upper end of the dynamic range is $m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 = (2^n) \cdot (2^{2n} - 1) \cdot (2^{2n} + 1) = 2^{5n} - 2^n$.

Then, $DR \triangleq [0, 2^{5n} - 2^n - 1]$ and $r_i = |X|_{m_i}$ and X is $5n$ -bit.

Now, we have to prove that they are relatively prime numbers by using

$$\gcd(a, b) = \gcd(a, b \bmod d)$$

We get,

$$\begin{aligned} \gcd(2^{2n} + 1, 2^n) &= \gcd(2^{2n}, |2^{2n} + 1|_{2^n}) \\ |2^{2n} + 1|_{2^n} &= ||2^{2n}|_{2^n} + |1|_{2^n}|_{2^n} = |2^n|_{2^n} \times |2^n|_{2^n} + |1|_{2^n} = 1. \end{aligned}$$

Then, $\gcd(2^{2n} + 1, 2^n) = \gcd(2^{2n}, |2^{2n} - 1|_{2^n})$.

Also, $\gcd|2^{2n} - 1|_{2^n} = |2^{2n}|_{2^n} - |1|_{2^n}|_{2^n} = |2^n|_{2^n} \times |2|_{2^n} - |1|_{2^n} = -1$.

Then, $\gcd(2^{2n} + 1, 2^n) = \gcd(2^{2n}, |2^{2n} - 1|_{2^n})$.

Similarly, $\gcd(2^{2n} + 1, 2^n - 1) = \gcd(2^{2n} - 1, |2^{2n} + 1|_{2^{2n-1}})$
 $|2^{2n} + 1|_{2^{2n-1}} = |2^{2n}|_{2^{2n-1}} + |1|_{2^{2n-1}}|_{2^{2n-1}} =$
 $= |2^{2n} - 1 + 1|_{2^{2n-1}} + 1 = 1 + 1 = 2$.

Then, $\gcd(2^{2n} - 1, |2^{2n} + 1|_{2^{2n-1}}) = \gcd(2^{2n} - 1, 2) = 1$.

Hence, the moduli are relatively prime numbers.

Given any integer number X within the dynamic range $M \triangleq [0, 2^{5n} - 2^n - 1]$.

i.e. $X = x_{5n-1} x_{5n-2} \dots x_{4n} x_{4n-1} \dots x_{3n} x_{3n-1} \dots x_{2n} x_{2n-1} \dots x_n x_{n-1} \dots x_0$.

To calculate the residues r_1 , r_2 and r_3 of X with respect to moduli-set $\{2^n, 2^{2n} - 1, 2^{2n} + 1\}$. The residue r_1 is the easiest to compute: The n least significant bits constitute the remainder when X is divided by 2^n .

Hence, r_1 is the number represented by the least significant n -bits of X . These bits are obtained by nominally shifting to the right by n bits.

For modulo $2^{2n} - 1$:

$$|2^{2n}|_{2^{2n-1}} = |2^{2n} - 1 + 1|_{2^{2n-1}} = 1.$$

Now, $|2^{kn}|_{2^{2n-1}} = \begin{cases} 1; & \text{if } k \text{ is even} \\ 2n; & \text{if } k \text{ is odd} \end{cases}$

Where $k = 2, 3, 4, \dots$

To determine the residues r_1 , r_2 and r_3 we first partition X into five n -bit blocks B_1, B_2, B_3, B_4 and B_5

$$B_1 \triangleq \sum_{j=4n}^{5n-1} x_j 2^{j-4n}$$

$$B_2 \triangleq \sum_{j=3n}^{4n-1} x_j 2^{j-3n}$$

$$B_3 \triangleq \sum_{j=2n}^{3n-1} x_j 2^{j-2n}$$

$$B_4 \triangleq \sum_{j=n}^{2n-1} x_j 2^{j-n}$$

$$B_5 \triangleq \sum_{j=0}^{n-1} x_j 2^j$$

Then, $X = B_1 2^{4n} + B_2 2^{3n} + B_3 2^{2n} + B_4 2^n + B_5$

According to this partition the residue r_1 is equal to, $r_1 = |B_5 2^n|_{2^n}$

Now, to compute the residue r_2 with respect to modulo $2^{2n} - 1$, we have

$$r_2 = |X|_{2^{2n}-1} = |B_1 2^{4n} + B_2 2^{3n} + B_3 2^{2n} + B_4 2^n + B_5|_{2^{2n}-1}$$

$$|B_1 2^{4n}|_{2^{2n}-1} = |B_1|_{2^{2n}-1} \times |2^{2n}|_{2^{2n}-1} \times |2^{2n}|_{2^{2n}-1} |2^{2n}|_{2^{2n}-1} = 1 \times 1.$$

$$= 1 \quad [k \text{ is even}]$$

Each of B_1, B_2, B_3, B_4 and B_5 represented in n -bits and there must be less than $2^{2n} - 1$ then

$$|B_1 2^{4n}|_{2^{2n}-1} = B_1$$

$$|B_2 2^{3n}|_{2^{2n}-1} = |B_2|_{2^{2n}-1} \times |2^{2n}|_{2^{2n}-1} \times |2^{2n}|_{2^{2n}-1} |2^{2n}|_{2^{2n}-1}.$$

Here k is odd, $|2^{3n}|_{2^{2n}-1} = |2^{(2-3)n}|_{2^{2n}-1} |2^{2n}|_{2^{2n}-1} = |2^{2n}|_{2^{2n}-1} = 2^n.$

Hence, $|B_2 2^{3n}|_{2^{2n}-1} = B_2 \times 2^{2n}$

Again, $|B_3 2^{2n}|_{2^{2n+1}} = ||B_3|_{2^{2n+1}} \times |2^{2n}|_{2^{2n+1}}|_{2^{2n+1}} = B_3.$

And $|B_4 2^{2n}|_{2^{2n+1}} = ||B_4|_{2^{2n+1}} \times |2^{2n}|_{2^{2n+1}}|_{2^{2n+1}} = B_4 2^n.$

From above we get,

$$\begin{aligned} r_2 &= |X|_{2^{2n+1}} = |B_1 + B_2 2^{2n} + B_3 + B_4 2^n + B_5|_{2^{2n+1}} = \\ &= |(B_1 + B_3 + B_5) + (B_2 + B_4) 2^n|_{2^{2n+1}}. \end{aligned}$$

For modulo $2^{2n+1} + 1$

$$\begin{aligned} |2^n|_{2^{2n+1}} &= 2^n \text{ since } 2^n < 2^{2n+1}. \\ |2^{2n}|_{2^{2n+1}} &= |2^{2n} + 1 - 1|_{2^{2n+1}} = -1. \\ |2^{3n}|_{2^{2n+1}} &= |2^{2n} \times 2^n|_{2^{2n+1}} = ||2^{2n}|_{2^{2n+1}} \times |2^n|_{2^{2n+1}}|_{2^{2n+1}} = -2^n \\ |2^{4n}|_{2^{2n+1}} &= |2^{2n} \times 2^{2n}|_{2^{2n+1}} = -1 \times -1 = 1. \end{aligned}$$

Then we get,

$$|2^{kn}|_{2^{2n+1}} = \begin{cases} 2^n; k = 1, 5, 9, 13, \dots \\ -2^n; k = 3, 7, 11, 15, \dots \\ \vdots \\ (-1)^{k/2}; \text{ if } k \text{ is even} \\ \vdots \end{cases}$$

To compute the residue r_3 with respect to the modulo $2^{2n+1} + 1$, we have

$$r_3 = |X|_{2^{2n+1}} = |B_1 2^{4n} + B_2 2^{3n} + B_3 2^{2n} + B_4 2^n + B_5|_{2^{2n+1}}$$

We already know that each of B_1, B_2, B_3, B_4 and B_5 represented in n -bits and there must be less than $2^{2n+1} + 1$ then,

$$\begin{aligned} |B_1 2^{4n}|_{2^{2n+1}} &= B_1 \text{ since } k \text{ is even} \\ |B_2 2^{3n}|_{2^{2n+1}} &= ||B_2|_{2^{2n+1}} \times |2^{2n}|_{2^{2n+1}} \times |2^n|_{2^{2n+1}}|_{2^{2n+1}}. \end{aligned}$$

Since q is odd, we get

$$\begin{aligned} |B_2 2^{3n}|_{2^{2n+1}} &= -B_2 2^n \\ |B_3 2^{2n}|_{2^{2n+1}} &= ||B_3|_{2^{2n+1}} \times |2^{2n}|_{2^{2n+1}}|_{2^{2n+1}}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 |B_3 2^{2n}|_{2^{2n+1}} &= -B_3 \\
 |B_4 2^n|_{2^{2n+1}} &= |B_4|_{2^{2n+1}} \times |2^{2n}|_{2^{2n+1}} \\
 |B_4 2^n|_{2^{2n+1}} &= B_4 2^n
 \end{aligned}$$

Hence from above we get,

$$\begin{aligned}
 r_3 &= |B_1 - B_2 2^n - B_3 + B_4 2^n + B_5|_{2^{2n+1}} = \\
 &= |(B_1 - B_3 + B_5) + (B_4 - B_2) 2^n|_{2^{2n+1}}.
 \end{aligned}$$

Example:

consider moduli-set $\{8, 63, 65\}$, where $n = 3$ for special moduli-set $\{2^n, 2^{2n} - 1, 2^{2n} + 1\}$. Consider an integer number $X = 3564$ which is belong to the dynamic range $[0, 2^{5n} - 2^n - 1] = [0, 2^{15} - 2^3 - 1]$, and the binary representation of X is 110111101100, we partition X into 5 (3-bit) blocks as follow:

$$\begin{array}{ccccc}
 000 & 110 & 111 & 101 & 100 \\
 B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5
 \end{array}$$

r_1 is the number represented by the least significant 3-bits of X . These bits are obtained by nominally shifting to the right by 3 bits.

$$|r_1|_8 = |B_5|_8 = |100|_8 = |4|_8 = 4$$

Now,

$$r_2 = |X|_{2^{2n-1}} = |3564|_{63}$$

By using equation

$$\begin{aligned}
 r_2 &= |(B_1 + B_3 + B_5) + (B_2 + B_4) 2^n|_{2^{2n-1}}, \text{ we get} \\
 r_2 &= |(000 + 111 + 100) + (110 + 101) 2^3|_{63} = \\
 &= |(0 + 7 + 4) + (6 + 5) 2^3|_{63} = |11 + 88|_{63} = |11 + 25|_{63} = 36
 \end{aligned}$$

$$\text{Again, } r_3 = |X|_{2^{2n+1}} = |3564|_{65}$$

$$\begin{aligned}
 \text{By equation } r_3 &= |(B_1 - B_3 + B_5) + (B_4 - B_2) 2^n|_{2^{2n+1}}, \text{ we get} \\
 r_3 &= |(000 - 111 + 100) + (101 - 110) \times 8|_{65} =
 \end{aligned}$$

$$= |(0 - 7 + 4) + (5 - 6) \times 8|_{65} = |-3 - 8|_{65} = |-11|_{65} = 54$$

Hence, the residues of the number $X = 3564$ with respect to the moduli-set $\{8, 63, 65\}$ is $\langle 4, 36, 54 \rangle$.

Extended special moduli-set:

Here we consider two examples moduli-sets in this category, those of the form

1. $\{2^n - 1, 2^n, 2^n + 1, 2^{n+1} - 1\}$ for even n .
2. $\{2^n - 1, 2^n, 2^n + 1, 2^{n+1} + 1\}$ for odd n .

Which are frequently encountered in applications where a large dynamic range is required. We will adopt essentially the same procedure described above, but in the computation of the residue corresponding to $2^n + 1$, the binary representation of X will now be partitioned into blocks of $n+1$ -bits each.

Example: Consider the moduli-set $\{3, 4, 5, 7\}$. The moduli in this set are relatively prime, and the fourth modulus of the form $2^{n+1} - 1$, with $n = 2$.

Let $X = 319$. In order to obtain the residues with the respect to 3, 4 and 5. We partition the binary representation of 319, which is 010011111, into 2-bit blocks, since $n = 2$.

$$|319|_3 = |01 + 00 + 11 + 11 + 11|_{2^{2-1}} = |1 + 0 + 3 + 3 + 3|_3 = 1$$

Similarly, the residue with respect to 5 is obtained as,

$$|319|_5 = |01 - 00 + 11 - 11 + 11|_{2^{2-1}} = |1 - 0 + 3 - 3 + 3|_5 = 4$$

The residue with respect to 4 is obtained by simply right-shifting the binary equivalent by two bits position, with 3 as the value of the bits shifted out.

The residue with respect to 7, we partitions the binary representation of 319 into 3-bits blocks.

$$|319|_7 = |100 - 111 + 111|_{2^{3-1}} = |4 + 7 + 7|_7 = 4$$

Now, we consider similar case but with n odd.

Let $n = 3$, in this case the moduli-set is of the form $\{2^n - 1, 2^n, 2^n + 1, 2^{n+1} + 1\}$, that is it will be $\{7, 8, 9, 17\}$, and

$$|319|_7 = |100 - 111 + 111|_7 = |4 + 7 + 7|_7 = 4$$

$$|319|_8 = 7$$

$$|319|_9 = |100 - 111 + 111|_9 = |4 - 7 + 7|_9 = 4$$

$$|319|_{17} = |0001 - 0011 + 1111|_{17} = |1 - 3 + 15|_{17} = 13$$

Hence, the residues of X with respect to moduli-set $\{7, 8, 9, 17\}$ is $\langle 4, 7, 4, 13 \rangle$.

Forward conversion in any extended moduli-set consisting of more than four moduli can be accomplished equally easily by partitioning X appropriately for each modulus in the set. But since number of moduli in the set increases, the circuit-complexity will increase linearly. The complexity can be reduced if conversion is done sequentially.

Arbitrary (general) Moduli-Sets: Lookup Tables (LUT):

The basic idea in the use of LUT's is that finding the residue of a number with respect to a given modulus essentially boils down to computing the modulus sum of certain power of two.

Suppose we have an n -bits number X , and that we wish to compute its residue with respect to a modulus m :

$$X \triangleq x_{n-1}x_{n-2}x_{n-3}x_0 = \sum_{j=0}^{k-1} x_j 2^j$$

And

$$|X|_m = |\sum_{j=0}^{n-1} x_j 2^j|_m = |\sum_{j=0}^{n-1} x_j 2^j|_m|_m \tag{2}$$

There are many ways in which the partial sums and the total sum may be computed: 1. Serially, 2. Sequentially, 3. In parallel or some other combination of these.

- 1. Serial/sequential conversion: A simple and direct way to implement eq.2 is to have a sequential structure that consists of a LUT that stores all the values $|2^j|_m$ (note that x_i is either 0 or 1), a modular adder that computes partial sums, a counter, and an accumulator register fig. 1

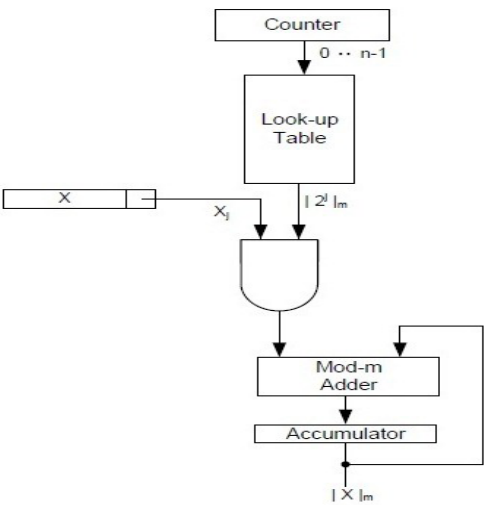


Fig. 1. Sequential LUT converter.

Procedure:

the accumulator is initialized to zero. Thereafter, on each cycle, a value is read from look-up table and added to the value in the accumulator.

The process will take n -cycles, but the hardware requirements are low, memory of size about $n \log_2 m$ bits and an m -bits modular adder.

Design in fig. 1 is obviously low performance depending on the relative costs and speed of memory and adders.

In fig. 2 the structure shows the operand X is processed two bits at a time, that is in each cycle, two values $|x_j 2^j|_m$ and $|x_{j+1} 2^{j+1}|_m$ are add and the result then added to that in the accumulator.

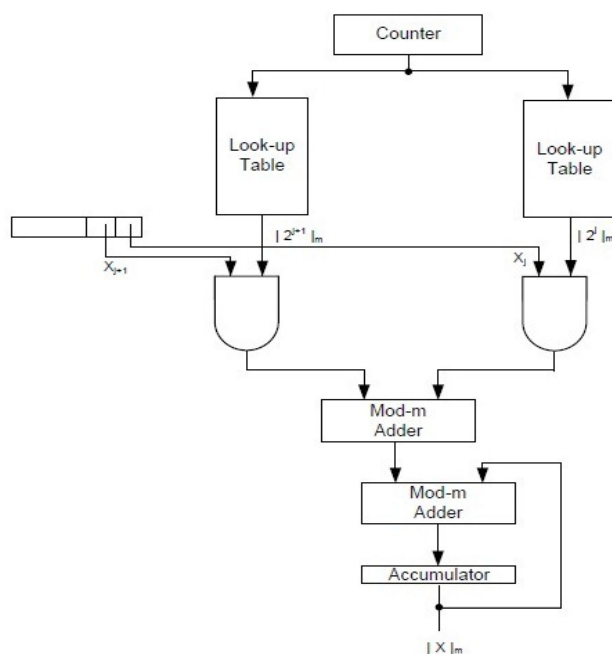


Fig. 2. Modified sequential LUT converter.

With this design some performance enhancing pipelining is possible.

Note: Instead of one bit (fig. 1) or two bit (fig. 2) we may take any number of bits and have completely parallel structure or sequential parallel one. Essentially, if we view the basic approach outlined above as being a radix-2 computation, then we now seek compute in a higher radix- 2^R for R -bits at a time.

Sequential/Parallel Conversion: Arbitrary Partitioning

Suppose that instead of taking the bits of X serially (*i.e.* one bit at a time) we instead take p bits at a time. Now, in this case, X is partitioned into:

$$K \triangleq \lceil n/p \rceil$$

blocks of p bits each. (Without loss of generality, we assume that n/p is integral).

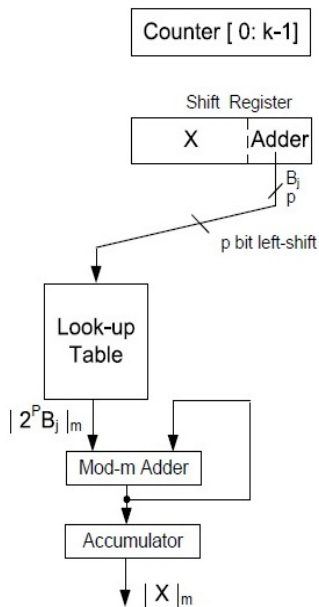
Let the blocks $B_{k-1}, B_{k-2}, \dots, B_0$, then

$$X = \sum_{j=0}^{k-1} 2^{jp} B_j$$

$$\text{Whence } |X|_m = \left| \sum_{j=0}^{k-1} 2^{jp} B_j \right|_m = \left| \sum_{j=0}^{k-1} 2^{jp} B_j \right|_m$$

Example: Consider the computation of the residue of the 16-bit number 32015 with respect to the modulus 17. The binary representation of 32015 is 0111110100001111. We partition this into four 4-bits blocks: 0111, 1101, 0000, 1111 and then compute the residue as:

$$\begin{aligned} |32015|_{17} &= |17 \times 2^{12}|_{17} + |13 \times 2^8|_{17} + |0 \times 2^4|_{17} + |15 \times 2^0|_{17} \\ &= |10 + 13 + 0 + 15|_{17} = 4 \end{aligned}$$



Sequential/Parallel Conversion: Periodic Partitioning

The cyclic property of $2^j \bmod m$ refers to the eventual repetition of residues as the value of j increases. For example, with $m = 3$, the values of $2^j \bmod 3$, for $j = 0, 1, 2, \dots$, repeat after the second residue: the residues are 1, 2, 1, 2, ... from the above (equation 2) we know that the residues of X with respect to m are readily obtained if the residues $|2^j|_m$ are available. Table (1) lists the residues of powers of two with respect to several different moduli. We can observe the number of residues in each row depends upon the cyclic property of the residue with respect to that modulus. All residues are periodic, but the length of period depends on the specific modulus. Given a modulus m , we shall refer to $m-1$ as the basic period and to any shorter period as a short period.

Other important properties of residues, for some moduli, the residues of 2^j (up to the point where the repetition starts) are distinct and therefore all $m-1$ residues must be stored. For illustration example, consider the modulus 13. The residues $|2^j|_{13}$ are 1, 2, 4, 8, 6, 12, 11, 9, 5, 10, 7 for $j = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$. The residues do not repeat within the basic period determined by 13. But they do repeat from ≥ 12 , therefore, the maximum number of residues that must be stored is 12. For larger values of j , the same set of residues can be used because of the repetitive nature of residues beyond $j = 12$.

The application of the cyclic nature of the residues to the implementation of forward conversion is given by the following method: If the period is t , the binary number whose residues are sought is partitioned into t -bit blocks. The sets of residues for the different t -bit blocks will be the same because of the periodicity: each block determines the same set of 2^t different values. The t -bit blocks are then added. The residue of any t -bit number and the result of the final modular additions, are obtained from a look-up table in which the residues of $2^j \bmod m$; $j = 0, 1, 2, \dots, t$, are stored. Thus the basic hardware structures required are similar to those with arbitrary partitioning.

Example: Consider the computation of the residue of the 16-bit number 32015 with respect to the modulus 17. The binary representation of 32015 is 0111110100001111. From Table (1) we find that the periodicity of the

residues for 17 is 8. The 16-bit number is therefore partitioned into two 8-bit blocks that are then added:

$$01111101 + 00001111 = 10001100$$

The non-zero bits in the result correspond to 2^7 , 2^3 , and 2^2 . The residues of these, with respect to 17, are obtained from a LUT and then added in a multi-operand modular adder.

$$|32015|_{17} = |2^7|_{17} + |2^3|_{17} + |2^2|_{17} = |9 + 8 + 4|_{17} = 4$$

The complexity in the computation of the residues of a given number depends on the periodicity of the residues and not on the number of bits in the number's representation.

Table 1. PERIODICITY PROPERTIES AND PERIOD OF REPETITION OF RESIDUES

Modulus m	Residues $ 2^i _m$	Period of repetition of residuesl
3	1,2,1,2,1,...	2
5	1,2,4,3,1,2,4,3,...	4
6	1,2,4,2,4,2,4,...	3
7	1,2,4,1,2,4,...	3
9	1,2,4,8,7,5,1,2,4,8,7,...	6
10	1,2,4,8,6,2,4,8,6,...	5
11	1,2,4,8,5,10,9,7,3,6,1,2,4,5,10,9,7,...	10
12	1,2,4,8,4,8,4,8,...	4
13	1,2,4,8,3,6,12,11,...	12
14	1,2,4,8,2,4,8,...	4
15	1,2,4,8,1,2,4,8,...	4
16	1,2,4,8,...	4
17	1,2,4,8,16,15,13,9,...	8
18	1,2,4,8,16,14,10,2,4,8,...	7
19	1,4,8,16,13,7,14,9,18,17,15,11,...	18
20	1,2,4,8,16,12,4,8,16,...	6
21	1,2,4,8,16,11,1,2,4,8,...	6
22	1,2,4,8,16,10,20,18,14,6,12,...	11
23	1,2,4,8,16,9,18,13,3,6,12,...	11
24	1,2,4,8,16,8,16,8,16,...	5
26	1,2,4,8,16,6,12,24,22,18,10,20,14,...	13
28	1,2,4,8,16,4,8,16,...	5

Conclusion

In this paper we discussed two special moduli-sets $\{2^n - 1, 2^n, 2^n + 1\}$ and $\{2^n, 2^{2n} - 1, 2^{2n} + 1\}$ with dynamic ranges $M_1 \triangleq [0, 2^{3n} - 2^n - 1]$ and $M_2 \triangleq [0, 2^{5n} - 2^n - 1]$ respectively. It's obviously that $M_1 < M_2$ for all $n \in N$, we followed same forward conversion technique, we observed that the method with the second moduli-set it is generalization of the same technique with the first moduli-set.

Also we discussed the forward conversion technique with respect to arbitrary moduli sets and we observed that the property of periodic of residues is very useful in our techniques.

References

1. A. Hariri, K. Navi and R. Rastegar. 2008. A new high dynamic range moduli set with efficient reverse converter. *Computer and Mathematics with Applications*. (55) 660–668
2. B. Premkumar. 2002. A formal framework for conversion from binary to residue numbers. *IEEE Transactions on Circuits and System II*, 46(2):135–144.
3. N. S. Szabo and R. I. Tanaka. 1967. *Residue Arithmetic and its Applications to Computer Technology*, McGraw-Hill, New York.
4. Chervyakov N. I. et al. Computation of positional characteristics of numbers in RNS based on approximate method //2016 IEEE NW Russia Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference (ElConRusNW). – IEEE, 2016. – C. 177-179.
5. Chervyakov N.I., Lyakhov P.A., Babenko M.G. Digital filtering of images in a residue number system using finite-field wavelets //Automatic Control and Computer Sciences. – 2014. – T. 48. – №. 3. – C. 180–189.
6. Chervyakov N. I. et al. An Approximate Method for Comparing Modular Numbers and its Application to the Division of Numbers in Residue Number Systems* //Cybernetics and Systems Analysis. – 2014. – T. 50. – №. 6. – C. 977-984.
7. Chervyakov N. I. et al. Use of modular coding for high-speed digital filter design //Cybernetics and Systems Analysis. – 1998. – T. 34. – №. 2. – C. 254-260.
8. Chervyakov, N.I., Tyncherov, K.T., Veligosha, A.V. High-speed digital signal processing with using non-positional arithmetic// Radiotekhnika, pp. 23-27

9. S. Piestrak. 1994. Design of residue generators and multioperand modular adders using carry save adders. *IEEE Transactions on Computers*, 42 (1): 68-77.
10. A. Mohan. 1999. Efficient design of binary to RNS converters. *Journal of Circuits and Systems*, 9(3/4): 145-154.
11. A. Mohan. 2002. *Residue Number Systems: Algorithms and Architectures*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
12. B. Parhami and C. Y. Hung. 1994. "Optimal table lookup schemes for VLSI implementation of input/output conversions and other residuenumber operations". In: *VLSI Signal Processing VII*, IEEE Press, New York.
13. F. Barsi. 1991. Mod m arithmetic in binary systems. *Information Processing Letters*, 40: 303-309.
14. D. K. Banerji and J. A. Brzozowski. 1972. On translation algorithm-sin RNS. *IEEE Transaction on Computers*, C-21: 1281-1285.
15. G. Alia and E. Martinelli. 1984. A VLSI Algorithm for direct and reverse conversion from weighted binary number to residue number-system. *IEEE Transaction on Circuits and Systems*, 31(12): 1425-1431.
16. G. Alia and E. Martinelli. 1990. VLSI binary-residue converters for-pipelined processing. *The Computer Journal*, 33(5): 473-475.
17. R. M. Capocelli and R. Giancarlo. 1998. Efficient VLSI networks for-converting an integer from binary system to residue number system andvice versa. *IEEE Transactions on Circuits and System*, 35(11): 1425-1431.
18. G. Bi and E. V. Jones. 1988. Fast Conversion between binary and-residue numbers. *Electronic Letters*, 24(9): 1195-1197.

УДК 913: 332.14: Вендина О. И. [Vendina O. I.]
304.3: 304.444

ДАГЕСТАН: ТРАДИЦИЯ КАК УСЛОВИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ*

Dagestan: tradition as a chance for modernization

Локальное развитие, кем бы оно ни было инициировано – государством, крупными инвесторами или малым бизнесом, светскими или религиозными авторитетами, – зависит от имеющихся ресурсов и участия людей. Если новые возможности отвечают запросам и ожиданиям населения, то это способствует достижению поставленных целей, если же просматриваемые перспективы расходятся с представлениями о желаемом будущем, то сценарий может быть обратным: несмотря на заинтересованность в развитии, общество будет сопротивляться переменам. Задачи развития войдут в противоречие с представлениями о полезности и ценности его результатов. В статье эта проблема анализируется на примере Дагестана. Показано несовпадение логики экономической рациональности управленческих действий и культурно обусловленного поведения людей. Полагая, что культура влияет на локальное развитие наравне с инвестициями, ресурсами и институтами, автор, опираясь на интервью и групповые дискуссии, описывает симбиоз традиционного и современного в жизни дагестанского общества. Проведенный анализ подводит к выводу о неоднозначности роли традиций в модернизационных процессах, недоиспользованности их потенциала и недостаточной эффективности универсальных социально-экономических инструментов развития в условиях конкуренции разных систем ценностей (религиозной и секулярной). В заключении сделана попытка наметить пути решения этой проблемы.

Ключевые слова: Дагестан, локальное развитие, модернизация, традиция, современность, культура, экономика

Local development, by whomever it is initiated – the State, private investors or small businesses, secular or religious authorities and institutions, is dependent on available resources and people participation. If the new possibilities meet the needs and expectations of the population, the local development is successful; on the contrary, if the viewed perspectives mismatch the imaginary picture, the scenario can be reversed: despite the enthusiasm about the development, the society will resist changes. The declared objectives will come into conflict with the perception of the expected results and their usefulness. The paper is aimed to analyze this dilemma by the example of Dagestan. The author points to the discrepancy between the rational logic of economic management and people behavior influenced by the local culture. Presuming that culture impacts on the local development together with investments, resources and institutions, the author, employing interviews and group discussions, outlines the symbiosis of tradition and modernity in Dagestan society. The analysis leads to a conclusion that the role of traditions in modernization processes is underestimated in Dagestan, and the general tools of regional socio-economic development are insufficient in the situation when a secular system of values competes with religious one. At the end, an attempt to identify the ways to address this problem is made.

Key words: Dagestan, local development, modernization, traditions, modernity, culture, economics

*

Исследование проведено в рамках Программы Президиума РАН П-13 «Внешние и внутренние факторы модернизации и территориальной дифференциации Северного Кавказа. Глубинные интервью и фокус-группы были проведены при финансовой поддержке проекта "CASCADE" (FP7/ n 613354) «Exploring the Security-Democracy Nexus in the Caucasus».

ВВЕДЕНИЕ

Современный Дагестан – одна из республик Северного Кавказа, где бурное развитие предпринимательской деятельности и частной инициативы, требующее модернизации всех сфер жизни, совмещается с наличием множества локальных сообществ, сохраняющих глубокую преданность традиционным ценностям и культуре. Такое сочетание неизбежно рождает противоречия. Стремясь к их разрешению, общество видит выход как в усилении регулирующей роли государства в лице федерального центра и его программ регионального развития, так и религии – разных форм ислама, приобретающих все большую популярность, особенно, среди молодежи. Сложность этой ситуации требует не просто учета местных реалий, а поиска точек соприкосновения разнонаправленных экономических и культурных процессов, их переориентации в общее русло развития.

ПРОЕКТЫ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ – ИНИЦИАТИВЫ И АЛЬТЕРНАТИВЫ

Последнее десятилетие федеральная политика на Северном Кавказе была направлена на компенсацию последствий чеченских войн, подавление дестабилизирующих факторов, социальную поддержку населения и стимулирование экономического роста. Для усиления адресности проводимой политики в 2010 году был создан Северо-Кавказский федеральный округ и принята Стратегия социально-экономического развития СКФО до 2025 года. Основные критические замечания в адрес этого документа касались нереалистичности сроков реализации заявленных проектов, объемов их финансирования, дефицита кредитных линий, организационных проблем, конфликта между местным бизнесом и крупными инвесторами, недоучета социальных последствий федеральных инициатив. *«Федеральные власти, – пишет Н.В. Зубаревич, – ведут себя в республиках Северного Кавказа неумно, нередко усиливая конфликтную ситуацию»* [1]. Ей вторят европейские эксперты: *«Недовольство вызывают крупные проекты, такие как строительство ГЭС, заводов или курортов в случае, если они недостаточно продуманы, и в процессе реализации могут привести к разрушению существующих форм*

хозяйствования и нарушению национального и экономического баланса» [2]. В регионах Северного Кавказа склонны говорить о «дефектах» иного рода. Например, критикуя программу развития горных курортов, одной из целей которой является включение населения в современные виды хозяйственной деятельности, местные эксперты указывают на несоответствие мировоззрения горцев особенностям функционирования туристской отрасли. Еще в советское, глубоко атеистическое время, жители республик косо смотрели на туристические базы и гостиницы, воспринимая их не как места «заслуженного отдыха», а как «гнезда праздности, пьянства и разврата». Нынешнее религиозное возрождение и рост числа приверженцев ислама обострили неприязнь к «неправильному» поведению туристов. Такое отношение неизбежно затрудняет поиск рабочей силы среди местного населения и повышает риск превращения новых курортов в полузакрытые анклав, привлекающие работников со стороны, что усугубляет проблемы. Общий для всех экспертов вывод – необходимо учитывать локальные особенности, находить компромиссы и включать местных участников экономической деятельности в федеральные проекты. Самоорганизация населения должна рассматриваться в качестве ориентира управленческой деятельности, следует поддерживать местные модернизационные инициативы, органичные для локальной социальной и экономической среды, нежели привносить чуждые новшества [2, 10, 11, 14, 16]. Звучит логично, но есть ли возможность идти таким путем? Прошедшие четверть века с момента распада СССР позволяют оценить некоторые результаты локальных предпринимательских проектов. Обратимся к примеру Дагестана.

Все постсоветские годы частная инициатива доминировала в сельской местности республики, освобожденная от пут колхозно-совхозной системы, она определяла развитие фермерского бизнеса и формирование специализированных производственных кластеров, ориентированных на товарное овощеводство (капуста, картофель, лук, помидоры), садоводство (абрикосы, виноградарство), пчеловодство, откорм бычков и выращивание птицы. Неформальная семейная экономика способствовала росту благосостояния населения, созданию новых отраслей производства и модернизации прежних, т. е. решала стратегические задачи, поставленные и на федеральном уровне.

Почему же частные усилия разошлись с государственными установками, и экономический успех, достигнутый в частном подворье, не трансформировался в развитие, став общим достоянием? О том, что этого не произошло, свидетельствуют показатели социально-экономического развития Дагестана: республика числится среди наиболее отстающих и дотационных субъектов РФ, выделяясь при этом масштабной теневой экономикой. Причин несколько.

1. Уже первое постсоветское десятилетие обнаружило, *что исчезновение колхозов привело и к исчезновению «принуждения» к кооперированию в решении общих вопросов.* О «неспособности» к кооперации говорят практически все фермеры Дагестана. При этом каждый из них продолжает стремиться минимизировать риски потенциальных потерь, вкладывая в свой бизнес ровно столько, сколько нужно для производства продукции своими силами. Последствия разнообразны и чаще всего негативны. Например, в Левашах – крупном дагестанском селе, личные подсобные хозяйства которого специализируются на выращивании капусты, бесконтрольное бурение «своих» скважин для полива привело к нарушению гидрологического режима и пересыханию реки. Теперь воду приходится возить большегрузными автомобилями, которые есть практически в каждом (!) подворье. Нет кооперирования и в сбыте выращенной с таким трудом продукции. Каждый фермер занимается этим индивидуально, используя собственные связи и возможности транспортировки. При этом все в один голос твердят об обязанности государства взять сбыт на себя, жалуясь, что из-за сбытовых проблем приходится уничтожать значительную часть урожая. Схема, при которой мелкий производитель вкладывает свой труд и получает доход, а инфраструктурные заботы передает органам государственной власти, защищающим от превратностей рынка, представляется идеальной.

2. Несмотря на разрушение колхозной системы, в ряде случаев были предприняты попытки трансформации эффективно работавших предприятий в агропроизводственные кооперативы (молочное животноводство, птицеводство, плодоводство), использующие собственное сырье и сотрудничающие с личным подворьем. Большинство из

них постигла неудача, причиной которой стало не только отсутствие управленческого опыта, но и *низкий уровень межличностного доверия, банальная зависть и ориентация людей на личный доход*. Те немногие председатели колхозов, кто стремился сохранить хозяйство, опираясь на сельсоветы как коллективные органы принятия решений, испытали сильное давление с разных сторон. Местные жители – бывшие колхозники – подозревали председателя в корысти и думали: *«Почему выгоду извлекает он, а не я?»*. Следовавший затем раздел имущества чаще всего приводил к упадку хозяйства. Возродившиеся джамааты, возглавляемые лидерами духовных общин, также проявили интерес к управлению локальной экономикой. Ситуация, когда глава мечети взял на себя функции председателя колхоза и одновременно судьи, решая местные вопросы с помощью шариатского или традиционного права, не редкость [3, 4]. Сходную политику проводят и муниципальные власти, конкурирующие и с джамаатами, и с председателями за экономическое и политическое влияние. Итог этой локальной борьбы – «выдавливание» одного частного бизнеса другим, разрушение сложившегося хозяйства и рост числа конфликтов. В этой ситуации преимущество принадлежит наиболее организованным участникам процесса – локальным администрациям и криминальным структурам, что способствует коррупции [5].

3. В тех случаях, когда спорящие хозяйствующие субъекты разделяли разные этнокультурные идентичности и имели разное представление о справедливом распределении локальных ресурсов, прежде всего, земельных, *инициативы, направленные на территориальное развитие, сталкивались с этнической мобилизацией*. «Право народа», закрепленное адатами и понимаемое как унаследованная привилегия доступа к земле, является для местных сообществ не пережитком прошлого, а вполне современной и легитимной установкой. Это превращает этнические претензии в ликвидный актив, используемый носителями политических и экономических интересов. Например, протесты против строительства сахарного завода в Ногайском районе Дагестана, имевшие экономическую и социальную подоплеку, вылились в создание Национального совета ногайского народа. В 2013 году он был преобразован в Федеральную национально-

культурную автономию, которая стала неременным участником принятия решений о землепользовании, собственности, контрактах, наследовании и пр. Примером конфликта общих и этно-групповых интересов является попытка придать законный статус населенным пунктам, возникшим на землях отгонного животноводства. С конца 1970-х годов минимально обустроенные стоянки пастухов (кутаны) стали базой стихийного переселения горцев на равнину. Вслед за людьми пришла и инфраструктура. Сегодня в республике насчитывается 145 крупных сел, не имеющих юридического статуса «поселений», органов местного самоуправления и муниципального бюджета, люди (почти 80 тыс. чел.) лишены базовых социальных прав, должны голосовать, получать пенсии и социальные услуги по месту «прописки» в горных аулах в десятках километров от места фактического проживания. Это создает серьезные проблемы не только для населения, но и территориального управления. Чтобы вывести ситуацию из правового тупика, правительством Дагестана было принято постановление, регулирующее статус стихийно сложившихся поселков и практику землеотводов, однако «народы равнины» солидарно выступили против такого нововведения, апеллируя к экзистенциальным угрозам для «своего» этноса [6, 7].

Приведенные примеры показывают, что локальные агенты развития, даже если они и добиваются успеха, действуют так же «неумно» как федеральные власти, учитывая лишь свои интересы и в меру возможностей подавляя интересы других. Возникает ощущение, что сбои государственных и частных инициатив, направленных на развитие, объясняются противостоянием логики управленческих действий, исходящих из принципов экономической и социальной рациональности, и логики поведения людей – обычаев, представлений и отношений. В какой мере это реальный тупик, а в какой – артефакт, порожденный неполнотой наших знаний и односторонней интерпретаций наблюдаемых явлений?

МЕШАЕТ ЛИ КУЛЬТУРА РАЗВИТИЮ?

Северный Кавказ – чрезвычайно мозаичный этнокультурный регион, где неоднократные волны модернизации и «прививки» иного

образа жизни (советского, секулярного, городского) привели к неоднозначным последствиям. Его одновременно характеризуют и как «заповедник архаики» и как передний край современности – зону конфликта, порожденного «столкновением цивилизаций», если придерживаться терминологии С. Хантингтона. Здесь ценностные ориентиры западной модернизации (урбанизация, административные институты, права человека, светское образование) конкурируют с идеями исламского возрождения, опирающегося на этику эгалитарного общества, справедливость, добродетель и веру [8, 9]. Идеологический раскол дополняется попытками совместить в повестке дня региона плохо совместимые стратегические цели – сохранить исключительность и вписаться в универсальные стандарты «цивилизованного мира». Хотя изучению сложного симбиоза этих разнонаправленных процессов на Северном Кавказе посвящены многие глубокие исследования [10–16], по-прежнему, открытым остается вопрос, является ли внутренняя противоречивость северокавказского общества его имманентной чертой и условием развития или это бич, удерживающий народы в заколдованном круге, выйти из которого можно только разорвав узы традиционности.

Такая постановка вопроса близка идеям М. Вебера, изложенным в его знаменитом эссе «Протестантская этика и дух капитализма» (1905). Вебер обратил внимание на совпадение этических принципов протестантизма и качеств, наиболее востребованных в ходе промышленной революции. Схожесть социальных запросов капитализма и массовых представлений людей способствовала согласованности индивидуального поведения и механизмов переформатирования институциональных, политических и экономических структур общества. Эти идеи были положены Т. Парсонсом в основу теории модернизации, которая на долгие годы установила шкалу соответствия трансформаций, происходивших в разных странах мира, критериям современного общества [17]. Но они же стали источником и критики модернизационной парадигмы.

Оппоненты Парсонса и его последователей предложили концепцию множественной современности, учитывающую важность и неискоренимость культурного контекста [18–25]. С их точки зрения, выбор в пользу модели

модернизации, характерной для западного общества, является лишь одной из возможных траекторий развития, а не строгим предписанием. Сама вероятность такого выбора и его реализации зависит от действий и решений людей, их личных качеств, включая уровень профессионализма, от степени дееспособности имеющихся институтов, наконец, от внешних обстоятельств. Культуре в такой трактовке отводится роль относительно автономной силы, действующей наравне с материальными и институциональными факторами, а не производной от меняющихся социальных и экономических условий [26]. Признание «независимости» культуры повлекло за собой и признание высокой степени неопределенности результатов модернизации, превращающейся в процесс с открытым концом, незавершенность которого становится нормой, а не отклонением от принятого «стандарта». Догоняющая модернизация перестала быть единственной стратегией развития, а культура – рассматриваться как бесконечно податливый пластилин, меняющий свою форму и свойства в зависимости от социально-экономических обстоятельств [27].

Этот тезис представляется чрезвычайно важным для Дагестана, где культурное многообразие является ключевым фактором социальной дифференциации. Речь идет не только об этнографических особенностях или этногрупповых идентичностях, учитываемых при переписях населения и формировании институтов власти, но и о культуре как способе жизни, источнике воспроизводства локального социума. В отличие от российских регионов с преимущественно русским населением, где социальный порядок устанавливается с помощью атемпоральных норм и ценностей, функции социокультурных регуляторов в Дагестане, как и прежде, выполняют традиции, обычаи и родственные связи. По мнению специалистов Левада-центра, *«социологи, изучающие общественное мнение данного региона, имеют сегодня дело с обществом еще во многих отношениях традиционным, которое и сплочено, и разделено по другим основаниям (этнос, род, клан и т. п.), чем современные общества»* [28]. Именно это различие является источником представлений о традиционализме Северного Кавказа и выраженной тенденции к его архаизации.

Несмотря на авторитетность этого мнения, попробуем взглянуть на проблему иначе. Не стоит забывать, что никакого досовременного общества

– носителя исконных традиций, в Дагестане не осталось. Школьное образование, система социального обеспечения, новые жизненные стандарты, моды, телевидение, технические инновации, советские бюрократические практики и система администрирования прочно вошли в жизнь; нормы обыденного права, хотя и не исчезли, были оттеснены на второй план государственным законодательством. Огромную роль сыграла урбанизация, способствовавшая распространению индивидуализма и появлению круга лиц, не следующих предписаниям. Значительно вырос слой светской интеллигенции. Нельзя сбрасывать со счетов и опыт миграций, учебы и работы в других российских регионах и за рубежом, постоянные контакты с иными культурными мирами. Видоизменились и сами традиции: многое из того, что сегодня кажется наследием прошлого, является продуктом современности, реакцией на новую ситуацию в форме отсылки к прежней. Поэтому более правомерным представляется рассмотрение традиционализма Дагестана в контексте проблем общества, осознавшего глубину вызова модернизации как силы, «искореняющей» различия, и проблематичность своего будущего. Чтобы подтвердить или опровергнуть этот тезис, важно понять, каким образом традиционные и современные представления стыкуются в жизни и поведении людей, имеют ли они характер хаотического смешения, свойственного архаизации, или отвечают нацеленности на развитие и модернизацию.

ГИБКИЕ ОБЫЧАИ И НОВЫЕ ТРАДИЦИИ

Стремление выйти за рамки стереотипа «традиционности», приписываемого дагестанскому обществу, и лучше понять свойственные ему противоречия, мотивировало нас к проведению серии глубинных интервью с местными экспертами, журналистами, представителями республиканских и муниципальных властей, фермерами и бизнесменами, а также групповых дискуссий с жителями Махачкалы и сел Дагестана.¹ Респонденты, выбранные

¹ Программа социологического исследования была разработана исследовательской группой проекта CASCADE (FP7/ n 613354) под руководством проф. В.А. Колосова при активном участии А.Г. Левинсона и С. Королевой. Автор приносит свою благодарность всем участникам исследования за высказанные идеи, проведение фокус-групп и обсуждение их результатов.

нами для фокус-групп, образовывали своего рода модернизационную шкалу в диапазоне от пожилых жителей предгорного села до студентов и интеллигенции Махачкалы. Одна из бесед была проведена в Кусумкенте – удаленном от больших городов бедном селе, откуда активно уезжает молодежь, другая – в *Тюбе*, входящем в состав махачкалинской агломерации. Здесь среди респондентов преобладали сравнительно молодые активисты, энтузиасты обновления поселка. Еще две фокус-группы состоялись в *Махачкале*: одна – с «недавними», а вторая – с «коренными» махачкалинцами, включая советско-постсоветскую интеллигенцию. Совокупность перечисленных наборов респондентов, конечно, не приходится считать репрезентативной выборкой населения Дагестана, но все эти люди, так или иначе, были включены в процессы модернизации, что позволило обобщить их высказывания, сравнив с некоторыми важными параметрами современного и традиционного общества, хорошо известными из теории модернизации.

Семья и общество

Во всех выбранных нами локусах респонденты подчеркивали первостепенную важность семьи и семейных связей как институтов, оказывающих значительное влияние на судьбу человека, его социальную мобильность и потенциальную карьеру. «Всё зависит от связей отца, родителей, родственников. Это – основополагающий момент». Значительным в Дагестане является размер и «большой», и «малой» семьи. Как правило, человек может назвать несколько поколений предков. Количество родственников в одном поколении может достигать полутысячи, однако в число «близких» попадает не более 15–20 человек. Семья отвечает не только за осознание индивидом своей связи с прошлым, но и включенность в будущее, интегрированность в общество. Семейный и общественный статусы взаимоконвертируемы.

Несмотря на это, значение семейной и родовой солидарности не стоит абсолютизировать, ее основания сильно эродировали. Близость определяется не только степенью родства, но и межличностными отношениями. Альтруизм и взаимопомощь вытесняются меркантилизмом и клиентелизмом. В

городах и поселках равнинной зоны, где проживают люди самого разного происхождения, родовые различия стушевываются, становятся ситуативными. Урбанизация способствует сокращению числа детей и размера семьи. Иметь одного ребенка не означает быть нарушителем нормы. В контактах с внешним миром для всех важна общая дагестанская идентичность. Люди себя ощущают сообществом, обладающим субъектностью в составе большого государства, на которое возлагается обязанность заботиться о каждом.

- *[В] Дагестане всё завязано на традиции, и нам они немножко облегчают [жизнь], а я считаю, завязка должна быть на социальное. Ту функцию, которую несёт род, коллективное сообщество, все эти обязанности должно на себя взять государство.*

Ощущение своей принадлежности к обществу через посредство семейно-родственных связей наглядно проявляется при определении перспектив развития республики. Местные сообщества активно включаются в обсуждение предполагаемых проектов и инвестиций, периодически блокируя действия власти и лоббируя локальные или этногрупповые интересы. Выраженный плюрализм, опирающийся на этническое разнообразие и групповую солидарность, не позволяет возникнуть единственному правящему клану и способствует продвижению меритократических принципов выдвижения публичных фигур. Сожаления, что ими не всегда руководствуются при отборе кадров, были постоянным рефреном дискуссий.

Мобильность

На первый взгляд, дагестанское общество выглядит мало-мобильным. Люди, живущие в республике, редко меняют свое место жительства, если меняют. Они мало путешествуют. Для объяснения этого факта приводятся аргументы о вовлеченности в семейно-родственные отношения, требующие персонального участия.

- *Чем отличаемся мы от тех людей, что за границей Дагестана? У нас очень много обязанностей. Мероприя-*

тий, в которых мы участвуем. Это свадьбы, дни рождения, рождение детей, обрезание. Религиозные какие-то праздники, где какое-то участие финансовое мы все принимаем. Из-за этого [не действует] накопительная система. Чтобы выехать с семьей за пределы Дагестана... это практически невозможно.

- *Если ещё финансово можем себе позволить, [то] не всегда находим время, потому что я не могу уехать в длительный отпуск, зная, что через две недели свадьба у этого родственника. У того родственника сейчас ребёнок рождается.*

С другой стороны, выходцы из Дагестана живут практически во всех регионах России и за рубежом: в Европе, Турции, арабских странах [29]. Между республикой и ее диаспорой поддерживаются тесные контакты, обе части общества – «оседлая» и «мобильная» – действуют совместно, обеспечивая существование единого социума, его воспроизводство и обновление. Это требует освоения многочисленных современных практик: интернета, мобильной связи, банковских услуг, авиационного сообщения и пр., которые значительно меняют представления людей. Так, в Кусумкенте о важности доступа в интернет говорили даже старики. Благодаря связям с родственниками село не выглядит законсервированным очагом прошлого, оторванным от внешнего мира. Большая современность жителей Махачкалы, по сравнению с Кусумкентом, проявилась не в привычке к новым технологиям или доступе к информации, а в предпочтении, отдаваемом банковским кредитам по сравнению с одалживанием денег у родственников. Эта ситуация кардинально отличается от традиционных форм финансовой поддержки, при которой «спонсором» является род, не допускающий бедственного положения своих членов: *«накоплений ни у кого нет, но деньги всегда находятся».*

Образование

Ценность и необходимость образования не оспаривается никем. Более того, оно числится среди приоритетов, наравне с уважением к

старшим и ответственностью. Высшее образование признается обязательным для юношей и весьма желательным для девушек. Образование – это капитал, повышающий «ценность» невесты в глазах семьи жениха. Диплом наделяет девушку и большей независимостью в выборе спутника жизни и своей судьбы. Если говорить о специальности, то юношам предоставлена сравнительная свобода, их решение зависит от индивидуальных способностей и стремлений. В случае девушек социально одобряемый выбор сужен до медицины и педагогики. Полученные знания считаются инструментально полезными для исполнения роли матери и домохозяйки, да и работать девушке, если придется, желательно в социальной сфере.

Несмотря на рост интереса к религии, особенно среди молодежи в городах, предпочтение отдается светскому образованию. Основным источником получения знаний является школа, затем следуют семья, «улица», интернет, и в последнюю очередь – мечеть. *«Мечеть – не для знаний. А для правильного духовного настроя»*. Мусульманскую одежду, как правило, в школу не носят, хотя есть исключения. В Кусумкенте – это вопрос религиозности семьи, в Тюме и Махачкале – скорее моды.

- *Сейчас вот мода, ...стали одеваться в мусульманскую одежду. Как таковых правил нет. Я был в Махачкале. По всем нормам одета одна из 35.*
- *У меня одна девочка пришла,.. спросила: «Можно я буду хиджаб надевать». А у неё косынка. Я говорю: «Слушай, у тебя и так косынка на голове, ты и так придерживаешься того, что надо. Если ты хочешь, пожалуйста, я – не против. Но и так ты красиво выглядишь».*

Успех

Вопрос о том, кого можно считать успешным человеком, а кого – нет, имел целью сопоставить достижительные мотивации жителей Дагестана с ценностной шкалой современности. Связь представлений об успехе с материальным достатком свидетельствовала бы в пользу ценностей «выживания» традиционного общества, а личностной самореализа-

цией – «самовыражения» и современности [27, с. 17]. Полученные ответы оказались далеки от однозначности. Во время групповых дискуссий никто не говорил о важности богатства, хотя демонстративное богатство – это то, что поражает на Кавказе. Никто не говорил и о том, что деньги его не интересуют. Точно также никто, нигде и никогда не говорил о личностной самореализации, хотя забота о том, чтобы дети *«могли ощущать себя конкурентоспособными»* и имели *«возможность раскрыть свой потенциал»*, называлась в числе мотивов миграции молодежи в Москву и Петербург. Зато все отмечали, что главным капиталом, обеспечивающим успех, являются связи. Они могут быть клановыми, соседскими, земляческими, дружескими, профессиональными, опираться как на прагматичные мотивы и сетевые трансферты, так и чувство долга, ответственности, и пр. Одни и те же люди жаловались, что *«молодому человеку без связей устроиться на работу невозможно»*, и утверждали, что *«нужного специалиста могут взять без всяких связей»*. Приводились и примеры того, как человек без связей пробился *«в России»*, поскольку *«там»* совсем другая жизнь, но и вероятность *«пропасть»* – высока. Подчеркивалось, что связи – это не только возможности, которыми люди пользуются, но и обязательства, которые они несут. Человек без связей – «лгузер»!

Жизненный успех – это получение престижной должности, гарантирующей материальное благополучие, социальное признание и авторитет среди родни. Считается правильным, если высокие должности занимают профессионально подготовленные специалисты, достигшие успеха благодаря своим личным качествам и усилиям, что происходит далеко не всегда. Служба в армии также рассматривается как дорога к успеху: прошедшие эту школу могут претендовать на посты в силовых структурах, учреждениях государственной и региональной власти. Если в поздние советские годы платили за то, чтобы в армию не брали, то теперь – чтобы взяли, поскольку призыв из регионов Северного Кавказа ограничен. В глазах общества наибольшее значение имеет статусно-ролевая реализация человека. Ее зримым воплощением является строительство собственного дома. Процесс может тянуться десятилетиями. Примечательно, что представления, адресуемые мужчинам, были восприня-

ты и женщинами, самостоятельно зарабатывающими на жизнь в других регионах России или за рубежом. Они также направляют свои материальные и физические усилия на строительство дома, перекладывая заботы о воспитании детей на матерей и бабушек.

Коррупция и «правильные отношения» между людьми

Понятие «коррупция», разумеется, в широком ходу в Дагестане, но если этот вопрос не будировать, то люди не склонны ее «разоблачать». Многие действия, которые в центральной России квалифицировались бы как противоправные или морально неоправданные, в Дагестане так не воспринимаются. То есть, хищение средств, подкуп, взятки должностным лицам и ряд иных деяний, которые совершаются не простыми людьми, а чиновниками или бизнесменами, оцениваются как преступления, но множество бытовых транзакций, при которых тот, кто *должен* платить, платит тому, кому он *должен* заплатить, расцениваются как справедливые. Справедливым, по понятиям людей, является и поднесение подарков в знак благодарности. Другими словами, оплачивается и прямое исполнение должностных обязанностей служащими, чиновниками, врачами, учителями и др., и нарушение закона. Собственно коррупцией наши респонденты называли неумеренное обогащение чиновников. Злоупотребление властью «в свою пользу» порицалось, но действия в пользу семьи, родственников, друзей, односельчан, земляков – считалось «правильными отношениями» между людьми. Низовая коррупция рассматривалась как обычай («без связей никуда, мы так живем»), обеспечивающий равенство доступа к дефицитным ресурсам или социальной инфраструктуре. Отсюда вытекало и представление о «хорошей власти» как власти, не мешающей людям решать свои проблемы, но достаточно эффективной, чтобы аккумулировать необходимые для этого ресурсы (финансы, влияние, контроль). Никому не приходило в голову, что важнейшей функцией власти является поддержание единой правовой и социальной инфраструктуры государства, что неизбежно должно мешать схемам решения «своих» проблем. Во всех местах проведения фокус-групп люди считали коррупцию атрибутом

верхних этажей российской и дагестанской власти, следствием несовершенства законодательства и даже советским наследием, но слабо связывали ее с собственными поведенческими практиками. При этом образование и здравоохранение – сферы, где многое зависит не только от чиновничьего произвола, но и от самих людей, – назывались в числе наиболее коррумпированных. Все это создает ощущение, что двойные стандарты в отношении коррупции, фактически исключают возможность поддержки населением антикоррупционной политики. Поскольку коррупция в верхних эшелонах власти воспринимается всеми как очевидное зло, а желание заменить ее «честным» порядком сильно, то это влечет за собой обращение к «справедливым» правовым системам, альтернативным государственному законодательству (шариат, адаты) и согласующимся с привычными представлениями.

Обычаи и традиции

Э. Хобсбаум подчеркивал различие между «обычаями» и «традициями», полагая, что первые обладают значительной адаптивностью к меняющимся условиям жизни, а вторые – напротив, представляют собой фиксированные практики, арсенал которых располагает вещами и действиями, утратившими практическое значение, но способными выполнять символические функции [30–33]. Рассказы наших респондентов хорошо иллюстрируют этот тезис. Наиболее яркий пример – свадьбы. Суть обряда, который имеет не только матримониальное, но и социальное значение, состоит в поддержании связанности общества. Свадьбы собирают всю семью вместе, помогают инвентаризировать ее состав и возможности. Это праздник для всех – богатых и бедных, молодых и пожилых, членов семьи и рода, села и земляков, ярмарка невест и женихов, место заключения договоров и получения одобрения от старших членов тухума, смотр детей. Число гостей на свадьбе сильно варьирует и является индикатором возможностей и влиятельности семьи.

За постсоветские годы произошло осовременивание свадебных «технологий». Если раньше свадьбу справляли во дворах (и в селе и в городе), то теперь в специальных церемониальных комплексах, предлагающих угоще-

ние, музыку, декорации и пр. Двухдневный свадебный ритуал – отдельно в доме невесты и доме жениха – все чаще пересматривается в пользу общего праздника, ограничивающегося одним днем. Приглашения рассылаются по почте, в том числе и электронной. Прежде все необходимое для свадьбы делали сами, теперь этим занимаются соответствующие фирмы, наряды невесты и жениха покупаются, некоторые традиционные аксессуары извлекаются из сундуков бабушек или арендуются. Чтобы помочь родственнику в делах, достаточно *нужного* телефонного звонка. Большинство таких инноваций отражает прагматичный подход к организации свадьбы, имитацию, а не соблюдение традиций. Наряду с этим сложилось несколько действительно новых и устойчивых практик.

Во-первых, институт патриархальной коллективности «по рождению» был дополнен современной коллективностью «по месту работы». Перенесение обычая «звать всех на свадьбу» на сотрудников учреждения сопровождается выработкой корпоративной этики поведения, предполагающей избирательность общения. Молодежь также имеет возможность пригласить своих друзей, не входящих в семейный круг.

Во-вторых, все респонденты отмечали рост популярности безалкогольных свадеб и неоднозначность этой традиции, которая подрывает межпоколенческие иерархии и делает невозможным следование дедовскому опыту.

— *Раньше все люди были набожные, все делали намаз – и была музыка [на свадьбе], и была выпивка. Просто сейчас больше делают акцент на то, что, если ты верующий, если ты делаешь намаз, то грех слушать музыку, грех танцевать. Но раньше наши деды, бабушки все же пели и танцевали, тоже делали намаз, и намного были безгрешнее.*

В-третьих, рутинным свадебным подарком стали деньги. Прежде денежные дары молодым отражали близость отношений внутри семьи, сегодня – это предпочтительная и наименее обременительная форма подарка. В социальном смысле такой сдвиг означает размывание границ внутрисемейных отношений. В экономическом – переход от реципрокных обменов к товарно-денежному, предполагающим эквивалентность, а не благотворитель-

ность, и позволяющим покрыть расходы, связанные со свадьбой, на которую «зовут всех».

Будущее

Фокус-группы не позволили вычленить образ желаемого будущего, равно привлекательный для многих людей, и понять в чем его качественные отличия от настоящего. Идея, что *«будущее Дагестана – в его прошлом»*, которая могла бы найти поддержку в случае ретро-ориентации людей, интерпретировалась очень по-разному. Для одних – это значило возвращение к опыту предков, для других – ностальгию по брежневским временам, для третьих – констатацию деградации экономики и социальной жизни республики по сравнению с советским периодом. Идея *«инновационного прорыва»* также не встречала поддержки. Большинство сходилось в том, что быстрые реформы, которые в принципе могли бы прийти из Москвы, – нежелательны. Без энтузиазма оценивалась и модель развития, принятая в Чечне, несмотря на позитивную оценку изменений в соседней республике. Причина неприятия чеченского сценария не в том, что там используются негодные средства: *порядок, который навел Кадыров*, кажется привлекательным, а в плюрализме и мультиэтничности дагестанского общества: *«У них там одна национальность, у нас – много, у нас такое не выйдет»*.

На представления о будущем значительно влияют индивидуальные жизненные стратегии людей. Для «новых» мусульман образцом являются арабские теократии, для ищущих работы или образования в духовно-близкой среде – светская Турция, для стремящихся к современной жизни – Западная Европа и Америка, привлекающие высоким уровнем жизни и защищенностью человека. Нахождение Дагестана в составе России никем не оспаривалось: *«Я говорю своему сыну [на проводах в армию] – твоя страна Россия, твоя столица – Москва»*. С РФ связывались представления о будущем дагестанских народов. Эта точка зрения подкреплялась рассказами об этно-национальной политике, проводимой в соседних Грузии и Азербайджане в отношении аварцев, лезгин, рутульцов, цахуров и других народов Дагестана, разделенных государственными границами [34].

Проведенное исследование показало, что реальная жизнь людей в Дагестане составляет непрерывную цепь переходов от традиционных форм поведения к современным, совмещение, а не взаимоисключение мировоззренческих позиций. Интерпретация этой ситуации как *дезориентации традиционного общества*, в результате чего социальные реакции людей принимают хаотический характер, вызывает сомнения, поскольку совершенно отчетливо осознается ценность развития как процесса, предполагающего личностные усилия, рост социальной мобильности и благосостояния. Столь же сомнительной кажется и *характеристика дагестанского общества как «переходного»*: прошлое в его картине будущего занимает одно из центральных мест, гарантируя воспроизводство дагестанской и этно-групповых идентичностей. Традиционное, вопреки наделению его смыслом отжившего, является для людей столь же мотивирующим, как и предписания современности. Но в отличие от традиций, которые были успешно прагматизированы, представления о современности идеологизированы и являются сферой активного социального конструирования. С образом западного мира конкурирует модель, оформляемая в категориях «нового» ислама. Возвращение в лоно религии после длительного периода государственного атеизма многим нравится, поскольку помогает обозначить преемственность прошлого и будущего [35], но претензии на абсолютность, подрыв авторитета старших, накладываемые ограничения и неодобрительное отношение к местным обычаям – отвергаются. Похожая ситуация и в случае приверженности идеалам светского государства: лояльность РФ и признание приоритета светского образования не отменяет сопротивления унифицирующим начинаниям российского правительства.

Индивидуальность выбора в пользу светских или религиозных ценностей порождает борьбу за умы и души людей между двумя авторитетными «внешними» силами (государство и религия), глубоко инкорпорированными во «внутренние» социальные структуры. Одна из них ответственна за экономику и социальное обеспечение, другая – за духовное состояние социума, каждая подчиняется собственным правовым системам и предлагает обществу свою модель развития. Итог – мобилизация российской и исламской идентичностей жителей Дагестана, усиление конфликтности от-

ношений сторонников разных взглядов [36, 37, 38]. Плотная сеть семейно-родственных отношений «сшивает» социум, разделенный по ценностным основаниям, выполняя функцию социального стабилизатора. Поэтому о «традиционности» и родственной сплоченности Дагестана стоит подумать не столько как о помехе модернизации, сколько как об условии, обеспечивающем возможность ее реализации.

КУЛЬТУРА КАК РУКОВОДСТВО К ДЕЙСТВИЮ

Вернемся к тезису о признании культуры силой, влияющей на локальное развитие *наравне* с инвестициями, ресурсами, институтами и пр. Такой подход предполагает, что существуют некие значимые причины, которые порождают синергию культурных, социальных и экономических факторов, отвечающих за развитие и позволяющих людям идентифицировать себя с новыми проектами и институтами. Нельзя сказать, чтобы эта идея была нова. Новым скорее является подход к ее реализации, учитывающий нелинейность экономического и институционального влияния на сложные социокультурные системы. Например, трудно не согласиться с тезисом о необходимости вовлечения местного малого бизнеса в крупные проекты с государственной поддержкой. Но как это сделать, если частная инициатива нацелена на минимизацию персональных рисков, а появление даже не слишком крупных инвесторов и внедрение новых технологий их резко увеличивает, обрекая локальных участников рынка на неравную конкуренцию? Должно ли государство встать на сторону мелких предпринимателей? Но тогда защищенными оказываются и принятые правила игры, замешанные на коррупции [39]. Или взять другую идею, предполагающую «выращивание» управленцев с неклановой системой ценностей, которые имеют широкий кругозор и понимают специфику региона [16]. При всей необходимости формирования новых элит – это механизм отложенного действия с неизвестным результатом. Достаточно оглянуться на советский опыт, чтобы понять неоднозначность процесса воспитания «нового человека». Постсоветское время показало, что лучшие эмигрируют, уходят в бизнес, переезжают в другие города, где есть условия для самореализации, а кадровая система в значительной мере воспроизводит

себя. Другими словами, нужны более изощренные стратегии, требующие не только прямых инвестиций в материальную сферу или человеческий капитал, но и мер опосредованного влияния, опирающихся на ценности, неоспариваемые людьми. Их арсенал – не так мал.

Во-первых, в дагестанском (да и в российском) обществе отчетливо выражен моральный запрос на *честность, справедливость, правосудие, соблюдение законов*. И именно на этом поле ислам успешно конкурирует с российским государством. Но абсолютно те же этические принципы важны для реализации любых инвестиционных проектов. Современный бизнес предполагает *социальную ответственность, прозрачность, общественную полезность, уважение чужого труда и собственности*. В российских условиях стремление действовать в рамках этих правил ограничено коррупцией, необязательностью исполнения законов и дефектами судебной системы. Защитой от казнокрада становится сокращение числа участников проектов до узкого круга лиц, на которых можно положиться. Локальные агенты развития в этот список, как правило, не попадают. Понятно, что такая ситуация воспринимается как дискриминирующая и несправедливая, подрывает доверие к государству и приводит к росту числа институтов «закрытого доступа», что прямо противоречит принципам прозрачности ведения бизнеса. Для преодоления этой ситуации одних постановлений о борьбе с коррупцией и законодательных инициатив – недостаточно, нужны практические действия. Их осуществлению может косвенно помочь деятельность религиозных авторитетов по продвижению ценностей честности и законопослушности, хотя они и преследуют собственные цели. Звучит парадоксально, но прецеденты известны: принципы капитализма прямо противоречили взглядам Лютера, тем не менее, Реформация создала необходимые условия для его развития². Кроме того, в сложносоставном дагестанском обществе

2 М. Вебер пишет: «Культурные влияния Реформации в значительной своей части <...> были непредвиденными и даже нежелательными для самих реформаторов последствиями их деятельности, часто очень далекими от того, что проносилось перед их умственным взором, или даже прямо противоположными их подлинным намерениям» [40, с. 104].

государство способно выступить в роли справедливого арбитра. Правда, для этого необходима поддержка низового уровня правосудия: светское право практически не работает в такой жизненно важной сфере как регулирование земельных отношений, и введение в правовое русло ситуации одновременного действия российского законодательства, норм обыденного права и законов шариата, к которым люди прибегают в разных ситуациях [41].

Во-вторых, представление о современности связывается с ценностями *самовыражения* и *независимости*, которые в большей мере свойственны индивидуалистическим обществам, но и коллективистские культуры им не чужды. Для них точно так же самореализация связана с самостоятельностью принимаемых решений и наличием выбора. В случае Дагестана, просматриваются три стратегии достижения этой цели: а) карьера в республике, успешность которой зависит от сочетания факторов положения семьи и личных качеств, б) миграция – отъезд как средство социальной мобильности, и в) обращение в «новый» ислам. Если первые два пути сопряжены с целым рядом социально-экономических ограничений, требуют багажа знаний, опыта и персональных усилий, то последний – открыт для всех, обеспечивая статусную и индивидуальную самореализацию. Несмотря на то, что преданность молодых людей «братству мусульман» нередко противоречит авторитету родителей и семьи, такой выбор в глазах общества легитимен. Его правомерность обосновывается «гнилостью» существующего социального порядка, не имеющего ни ценности, ни перспектив. Признание его обреченности влечет за собой требование переустройства общества на новых моральных основаниях. Структурно этот нарратив очень близок модернизационному, он точно так же прорисовывает контуры будущего и стигматизирует настоящее, но есть и кардинальные различия. Обладая значительным протестным потенциалом, «новый» ислам не предлагает никакой программы решения существующих социальных и экономических проблем, кроме обращения к истокам веры. Он не дает ответа на запросы человека, связанные с осознанием ценности индивидуальной жизни, здоровья, разностороннего развития и уважения личности. Но и действия российского государства в этой сфере выглядят скорее как невнятные. Дефицит воз-

возможностей самореализации, возникший в Дагестане в постсоветские годы в результате социально-экономических и демографических причин, никак не компенсировался. Поэтому любые действия государства, расширяющие свободу выбора жизненного пути, в том числе и через поддержку предпринимательства, будут работать на смягчение противоречия между стремлением к самовыражению и невозможностью или неспособностью реализовать его в актуальных условиях. Естественным союзником и опорой государства в этом вопросе являются женщины, стремящиеся к расширению своих прав и желающие лучшего будущего для детей.

В-третьих, понятие «связи» является центральным и для традиционного, и для современного социума, несмотря на разницу в характере взаимодействий и их интерпретации. В первом случае наибольшее значение имеют связи, обеспечивающие внутреннюю сплоченность, во втором – создающие условия для наведения «мостов» между социальными группами и обществами. Одно не отменяет другого: разные формы социального капитала не только существуют одновременно, но и взаимообусловлены. Это находит свое выражение в параллельном проявлении таких феноменов как сотрудничество и соперничество, дифференциация и интеграция, конкуренция и кооперация. Силы, которые определяют ослабление или усиление различных векторов связей, могут иметь как внутреннее, так и внешнее происхождение. Так, процессы глобализации сопровождаются усилением фрагментации национальных обществ. В экономике: ставка государств на крупный системообразующий бизнес, консолидирующий ресурсы развития, ставит индивидуальных производителей на грань выживания, превращая конкуренцию в закон джунглей. Если с этих позиций взглянуть на проблему несогласованности федеральных и местных усилий, направленных на локальное развитие в Дагестане, то станет понятно, что это вызвано не столько непродуманностью федеральных проектов или традиционностью общества, сколько отсутствием координирующего звена. Крупный бизнес не может напрямую взаимодействовать с частным подворьем и городскими цеховиками в силу разницы масштабов и недостаточной надежности мелких экономических контрагентов. Нужен посредник, который мог бы

компенсировать оба эти недостатка. Его функции может выполнять либо внешняя структура, хотя высока вероятность ее восприятия как грабительской или колонизаторской, либо местная кооперация, защищающая интересы «своего» производителя и продвигающая его товары и услуги на рынке. Это означает, что для решения проблемы скоординированного развития нужна не только институциональная инфраструктура, но и доверие к ней – наиболее дефицитный продукт в российском обществе. Ситуация усугубляется тем, что в постсоветские годы на всех уровнях пропагандировались идеи конкуренции как важнейшего драйвера экономического роста. Видимо, пришло время заговорить о кооперации как способе сделать локальных агентов развития конкурентоспособными и оказать организационную поддержку созданию кооперативов. Задача не из легких, поскольку социальная солидарность в северокавказском обществе уживается с подозрительностью и недоверием к соседу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог рассуждениям о противоречиях развития Дагестана и возможностях выхода из тупика, создаваемого противопоставлением модернизационных целей и традиционных представлений, хотелось бы еще раз обратить внимание на конкуренцию светской и религиозной систем ценностей в обществе, формирование альтернативных моделей будущего республики. И хотя финальные цели в каждом случае четко определены – более полная интеграция в исламский мир или в политическую и хозяйственную систему РФ, границы социальных предпочтений размыты. Сделать однозначный выбор в пользу светского или религиозного общества для многих практически невозможно [38]. Религиозные (исламские) предписания значимы для большинства дагестанцев, наряду с этнической идентичностью, они служат опорой индивидуального и группового самосознания. Однако наличие «двух опор» не добавляет обществу устойчивости. Этногрупповое самоопределение, в отличие от религиозного, произошло относительно недавно. В досоветском Дагестане понятие «этнической общности» отсутствовало, ключевым признаком самоидентификации была

принадлежность к джамаату и союзу джамаатов. *«Современные дагестанские национальности складывались “сверху” как результат принимаемых органами власти решений по установлению “научно обоснованной” номенклатуры национальностей и их регистрации в актах гражданского состояния и в ходе переписей»* [42, с. 98]. Будучи институализированной, этничность обрела статус, дававший целый ряд привилегий, включая гарантированное представительство в органах власти. Но если джамааты были тесно связаны с религиозными институтами, то этносы – со светским государством, признавшим плюрализм дагестанского общества как его важнейшую характеристику. С этой мыслью выросли многие поколения, любая беседа в республике начинается с представления Дагестана как «страны гор» и «горы языков» [43]. Значимость этнической принадлежности для людей такова, что, как писал Расул Гамзатов, *«если завтра мой язык исчезнет, то я готов сегодня умереть»* [44]. Это объясняет, почему в Дагестане при всем уважении к религии идеи теократического (исламского) государства, «братства мусульман» или даже повышения роли ислама в экономике, образовании и управлении – встречают сопротивление.³ Но этнокультурный плюрализм, поддерживая систему ценностей светского государства, делает само государство «заложником» этнополитических отношений. Эта проблема выходит за рамки модернизационной тематики, разворачивая дискуссии из плоскости противостояния «традиционного» и «современного» в плоскость национальной безопасности, сохранения управляемости и целостности страны. Именно поэтому инструментов политики социально-экономического развития (создание рабочих мест, образование, инвестиции, и пр.) для таких регионов как Дагестан – недостаточно. Необходимо привлечение средств культуры, апелляция к ценностям, к тому, в чем сходятся позиции

3 «Сопrotивление» местных общин унифицирующему влиянию религиозных исламских предписаний было характерно для народов Дагестана на протяжении всей его истории. *«Дагестан, – пишет А. Тахи-Годи, – был покорен арабскими завоевателями в IX веке нашей эры. Арабы принесли в Дагестан три института своей жизни: арабский язык, шариат и ислам. Между этими установлениями и теми, которые имелись у самих дагестанцев, завязалась ожесточеннейшая борьба. Адат – местное обычное право – вступил в борьбу с шариатом, язычество – с исламом и местные языки – с арабским»* [45, с. 69].

разных групп населения, пересекаются принципы устройства общества на религиозных и светских основаниях, соединяются традиция и устремленность в будущее. Тогда, возможно, и перспективы достижения модернизационных целей станут более реалистичными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зубаревич Наталья. Без компромиссов проблемы регионов решить невозможно // Кавказский узел. 29.06.2012. URL: <http://www.kavkaz-uzel.ru/articles/208765/> (дата обращения: 20.07.2016)
2. Северный Кавказ: сложности интеграции (IV): экономический и социальный императивы. Доклад Международной кризисной группы № 237 (Европа). 7 июля 2015. URL: http://www.crisisgroup.org/en/regions/europe/north-caucasus/237-north-caucasus-the-challenges-of-integration-iv-economic-and-social-imperatives.aspx?alt_lang=ru (дата обращения: 20.07.2016)
3. Бобровников В.С. Археология строительства исламских традиций в дагестанском колхозе // Конфессия, империя, нация: Религия и проблема разнообразия в истории постсоветского пространства. М.: Новое издательство Ab Imperio, 2012. С. 404–433.
4. Казенин К. Регулирование земельных отношений в Дагестане: социально-экономические корни «традиционализации» // Экономическая политика. 2015. Т. 10. № 3. С. 113–133.
5. Норт Д., Уоллис Дж., Вейнгафт Б. Насилие и социальные порядки. М.: Издательский дом Института Е.Т. Гайдара, 2011.
6. Адиев З. Национальные движения ногойцев на Северном Кавказе // Научная мысль Кавказа, 2015. № 2. С. 99–105.
7. Аджиев А., Ибрагимов Р.-М. Кумыки // Дагестанская правда, 31.03.2015. Вып. 154–155. URL: <http://dagpravda.ru/rubriki/obshchestvo/27445835/> (дата обращения: 20.07.2016)
8. Боров А. Х., Муратова Е. Г. Северный Кавказ в современном общественном дискурсе // Общественные науки и современность. 2011, №. 4. С. 157–166.
9. Абдулагатов З.М. Исламское массовое сознание постсоветской России. Махачкала: ИИАЭ ДНЦ РАН, «Алеф», 2013.
10. Халидов Д. Северный Кавказ: что делать? Системный анализ, назревшие меры и актуальные проекты. М.: Изд-во РГТУ, 2010.
11. Северный Кавказ: модернизационный вызов / отв. ред. И.В. Стародубровская. М.: Издательский дом «Дело», 2011.
12. Стародубровская И., Миронова Н. Муниципальная реформа в республиках Южного федерального округа. М.: ИЭПП, 2010.

13. Маркедонов С.М. Северный Кавказ: модернизационные перспективы беспокорного региона // Неприкосновенный запас. 2011. № 1. С. 62–69.
14. Соколов Д., Магомедов Х., Силаев Н. Источники конфликтов и развития на Северном Кавказе. Доклад Кавказского Центра проектных решений. М.: Кавказский узел, 2013. URL: <http://www.kavkaz-uzel.ru/articles/222451/> (дата обращения: 20.07.2016)
15. Левинсон А.Г. Кавказские проблемы в нарративах жителей Кавказа и остальной России // Вестник общественного мнения. Данные. Анализ. Дискуссии. 2012. № 3-4 (113). С. 78-89.
16. Стародубровская И., Казенин К. Северный Кавказ и современная модель демократического развития. Экспертный доклад. М.: Комитет гражданских инициатив, 2016. 70 с. URL: <https://komitetgi.ru/analytics/2774/> (дата обращения: 20.07.2016)
17. Parsons T. The Social System. NY: The Free Press, 1951.
18. Arnason J.P., Eisenstadt S.N., Wittrock B. (Eds.) Axial Civilizations and the World History. Leiden-Boston: Brill, 2005.
19. Arnason J.P. Civilizations in Dispute: Historical Questions and Theoretical Traditions. Leiden-Boston: Brill, 2003.
20. Eisenstadt S.N. 2000. Multiple Modernities // Daedalus, 2000. Winter. Vol. 129, No.1. P. 1–29.
21. Eisenstadt S.N. Multiple Modernities: A Paradigm of Cultural and Social Evolution // ProtoSociology: An International Journal of Interdisciplinary Research, 2004, No. 24. P. 320–380.
22. Виттрок Б. Современность: одна, ни одной или множество? Европейские истоки и современность как всеобщее состояние // Полис. 2002. № 1. С. 141–159.
23. Lee R. Reinventing modernity: Reflexive modernization vs liquid modernity vs multiple modernities // European Journal of Social Theory. 2006. Vol. 9. № 3. P. 355–368.
24. Preyer Gr., Sussman M. (Eds.) Varieties of Multiple Modernities. Brill, 2015.
25. McKay, J. Reassessing Development Theory: Modernization and Beyond / D. Kingsbury, J. McKay, J. Hunt, M. McGillivray and M. Clarke. International development: issues and challenges. Basingstoke, England: Palgrave Macmillan, pp. 51–73.
26. Александр Дж., Смит Ф. Сильная программа в культурсоциологии // Социологическое обозрение. 2010. Т.9, № 2. С.11–30.
27. Инглхарт Р., Вельцель К. Модернизация, культурные изменения и демократия: Последовательность человеческого развития. М.: Новое издательство, 2011. (Библиотека Фонда «Либеральная миссия»).
28. Гудков Л.Д., Дубин Б.В., Зоркая Н.А., Константинова О.С., Плотко М.А. Ситуация на Северном Кавказе: опыт пилотажного исследования в 5 республиках // Вестник общественного мнения. Данные. Анализ. Дискуссии. 2012. №3–4 (113). С. 25–70.
29. Этнокультурные ландшафты на постсоветском пространстве: проблемы и особенности формирования дагестанского компонента (к 90-летию ИИАЭ

- ДНЦ РАН) / под ред. З.М. Абдулагатова и А.С. Халиловой. Махачкала: ИИАЭ ДНЦ РАН, 2014.
30. Hobsbawm E., Ranger, T. (Eds.). *The Invention of Tradition*. New York: Cambridge University Press. 1983. 324 p.
 31. Giddens A., Lash S. *Reflexive Modernization: Politics, Tradition and Aesthetics in the modern social order*. Stanford University Press, 1994.
 32. Giddens A. *Runaway World. How globalization is shaping our live*. Routledge. 2000.
 33. Паин Э.А. О природе процесса этнического и религиозного возрождения // Ценности и смыслы. 2010. №5 (8). С. 33–49.
 34. Алексеев М., Казенин К., Сулейманов М. *Дагестанские народы Азербайджана. Политика, история, культура*. М.: Европа, 2006.
 35. Бобровников В. «Исламское возрождение» в Дагестане: двадцать лет спустя // Центральная Азия и Кавказ. 2007. №2(50). С. 161–172.
 36. Абдулагатов З.М. Религия в системе идентичностей молодежи Республики Дагестан // Исламоведение. 2012. №4. С. 10–20.
 37. Абдулагатов З., Шахбанова М. Патриотическое сознание молодежи Республики Дагестан // Вестник Общественного мнения. Данные. Анализ. Дискуссии. 2012. № 3–4 (113). С. 70–78.
 38. Антипова А.С. Ценности ислама и светского государства в социологическом измерении // Социологические исследования, 2007. № 3, С. 111–118
 39. Цедилин Л.И. *Протекционизм в российской экономической политике: институциональный исторический опыт*. М.: Институт экономики РАН, 2014.
 40. Вебер М. *Протестантская этика и дух капитализма* / М. Вебер. Избранные произведения. М.: Прогресс, 1990. С. 44–307.
 41. Казенин К. Перспективы институционального подхода к явлению полиюридизма на примере Северного Кавказа // Экономическая политика. 2014. № 3. С. 178–198
 42. Тишков В.А., Кисриев Э.Ф. Множественные идентичности между теорией и политикой (на примере Дагестана) // Этнографическое обозрение. 2007. №5. С. 96–115
 43. Магомедханов М.М. «Вавилонское столпотворение» (этноязыковые процессы в Дагестане) // Антропологический форум. 2010. №13. С. 279–316.
 44. Гамзатов Р. *Родной язык* / Р. Гамзатов. Завещание: Избранные стихотворения. Махачкала: Дагестанский писатель, 2009.
 45. Тахо-Годи А.А. Проблема языка в Дагестане // Революция и национальности. 1930. № 2. С. 68–75.

УДК 622.276.74

**Гасумов Р.А. [Gasumov R. A.],
Кукулинская Е.Ю. [Kukulinskaya E. Yu.]**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ОГРАНИЧЕНИЕ ВЫНОСА ПЛАСТОВОГО ПЕСКА ИЗ ДОБЫВАЮЩИХ ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

Technological solutions to limit sand production from producing gas wells

Эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений, находящихся на завершающей стадии разработки, сопровождается не только снижением пластового давления, но и обводнением ПЗП конденсационными и пластовыми водами, разрушением продуктивных пластов и образованием глинисто-песчаных пробок на забое, что приводит к снижению газоотдачи и производительности скважин, сокращает сроки эксплуатации газопромыслового оборудования. При наличии песка и механических примесей в добываемой продукции внутрискважинное и наземное оборудование подвергается коррозионному и абразивному износу, что требует его дорогостоящего ремонта и является одной из основных причин выхода эксплуатационных скважин из действующего фонда. Эта проблема более остро стоит в скважинах, где продуктивный пласт представлен слабосцементированными породами. Рассмотрены причины разрушения продуктивного коллектора и основные способы борьбы с выносом механических примесей в ствол скважины. В зависимости от степени разрушения продуктивного пласта рекомендованы к применению при проведении ремонтно-восстановительных работ следующие составы: для скважин с незначительным выносом пластового песка – усовершенствованный состав на силикатной основе, а для скважин, характеризующихся наличием каверн – газоцементный тампонажный состав с улучшенными свойствами.

Ключевые слова: укрепление, призабойная зона пласта, состав на силикатной основе, белковый реагент, газоцементный тампонажный состав, фосфоновые комплексоны.

The operation of gas and gas condensate fields at the final stages of development is accompanied not only by reducing the reservoir pressure and flooding the bottom hole formation zone with condensation and formation water, damage of productive layers and formation of clay-sand plugs at the bottom which leads to lower gas recovery and well productivity, reduces operation time for gas production equipment. In the presence of sand and mechanical impurities the downhole and surface equipment is exposed to corrosion and abrasion that requires costly repairs and it is one of the main reasons of production wells exit from the acting fund. This problem is more acute in wells where the producing formation is represented by unconsolidated rocks. The causes of formation damage and the main ways of preventing mechanical impurities production in the wellbore are considered. Depending on formation damage degree the following compositions are recommended for use during repair operations: for wells with small sand production - improved silicate-based composition, and for wells characterized by the presence of cavities – gas-cement plugging composition with improved properties.

Key words: stabilization, bottomhole formation zone, silicate-based composition, protein reagent, gas-cement plugging composition, phosphonic complexons.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема борьбы с разрушением продуктивных коллекторов и выносом пластового песка становится все более актуальной для большинства нефтяных и газовых месторождений, находящихся на поздней стадии эксплуатации и созданных в слабосцементированных коллекторах. Потеря устойчивого состояния коллектора инициирует процессы разрушения породы и выноса пластового песка в ствол скважины, что приводит к образованию песчаных пробок, выходу из строя промыслового оборудования, падению производительности скважин и требует применения дорогостоящего ремонта [1].

Увеличение себестоимости добычи углеводородов на фоне снижения числа разработки новых крупных месторождений обосновывает все больший интерес к извлечению оставшихся запасов из старых месторождений, обуславливая интеграцию сил на их восстановление и выработку продуктивности имеющихся активов в коллекторах, склонных к пескопроявлениям [2]. Компании нефтегазовой отрасли предпочитают избежать значительных затрат и высоких рисков, обусловленных приращением активов за счет технологически сложной разработки дорогостоящих и труднодоступных объектов, находя восстановление продуктивной мощности имеющихся запасов более привлекательным и рентабельным.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В связи с этим задача предотвращения пескопроявлений требует комплексного подхода с получением более полной картины по существующей проблеме путем освещения факторов, способствующих нарушению устойчивого состояния коллектора и выноса механических примесей в ствол скважины, а также существующих способов предотвращения разрушения продуктивного пласта.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

На современном этапе изученности проблемы пескопроявлений известна классификация причин разрушения коллектора и выноса пластового песка с разделением их на две основные группы [3]:

- факторы, вызванные особенностями геологического строения пластов и физико-химическими свойствами горных пород (степень сцементированности породы пласта, характер добываемой жидкости (флюида), внедрение вод в залежь и растворение цементирующего материала с последующим его вымыванием, глубина залегания пласта и пластовое давление, характеристика пластового песка);
- технические и технологические факторы, обусловленные конструкцией забоя, технологией бурения и заканчивания скважин, величиной депрессий и репрессий на пласт, дебит скважины, воздействие на пласт подошвенных вод и технологических жидкостей на цементирующий материал породы, связывающий зерна песка.

Процесс пескопроявления носит сложный характер и зависит от множества взаимосвязанных факторов.

В первую очередь выбор способа консолидации разуплотненной зоны коллектора определяют геологические характеристики продуктивного пласта, длительность эксплуатации скважины, степень разрушения коллектора и конструкция забоя скважин.

Анализ технической литературы и многолетнего промыслового опыта борьбы с пескопроявлениями показал [4], что к настоящему времени существует три группы способов борьбы с выносом механических примесей в ствол скважины. Способы первой группы – механические – предусматривают установку специальных приспособлений различной конструкции, механически сдерживающих вынос песка (гравийные, щелевые, проволочные и другие фильтры). Вторая группа способов – закреп-

ление горных пород химическим способом с помощью полимеров, смол и пластмасс (фурановые, карбамидные, фенолформальдегидные смолы, полиуретаны и т.д.). Способы третьей группы – комбинированные – сочетают в себе механическое экранирование подвижных частей песка и крепление несцементированной породы (закачка цементного раствора, песчано-цементных смесей с добавками различных смол и вяжущих агентов).

Кроме вышеприведенных способов, существенное значение имеет соблюдение оптимального технологического режима эксплуатации скважин в целях предотвращения выноса пластового песка [5–6].

Анализ опыта применения механических методов и средств борьбы с разрушением продуктивного пласта, основанных на установке на забое скважины различных задерживающих устройств и фильтров, показал их недостаточную эффективность. В первую очередь это связано с тем, что сооружение, установка и правильный выбор конструктивных элементов механических фильтров зависит от множества сложных взаимосвязанных факторов как технического, так и геологического характера. Применение фильтров различной конструкции в скважинах с целью решения проблемы пескопроявления не всегда является оправданным, так как представляет собой достаточно трудоемкий и дорогостоящий процесс. Каждому типу фильтра соответствуют следующие ограничивающие факторы:

- для гравийно-намывных – невозможность декольматации скважины и предотвращения выноса закольматированных частиц песка, снижение проницаемости обсыпки при проникновении в нее кольматанта, сложность эффективного подбора обсыпки для неоднородных песков;
- для фильтров входных модульных, сепараторов механических примесей, шламоуловителей, т.е. фильтров, спускаемых в компоновке колонны НКТ на пакере или в составе насосной установки – технологическая сложность проведения операции по установке и извлечению фильтров из скважины, низкий коэффициент улавливания,

элементы фильтров подвержены коррозии и эрозии, ремонтпригодность.

Закрепление слабосцементированной породы химическим способом с помощью вяжущих материалов, смол и пластмасс является эффективным и относительно недорогим методом борьбы с выносом пластового песка в скважинах, ПЗП которых еще не нарушена длительным процессом пескопроявления и не подвержена кавернообразованию.

Из многообразия применяемых материалов для укрепления разуплотненной породы с незначительным выносом песка выделяют силикатсодержащие реагенты (СР). В отличие от смол прочность крепления песка составами на основе СР при относительно низкой температуре (10–30 °С) увеличивается, что подтверждено значительным объемом научно-исследовательских работ. В герметичной таре СР сохраняет свои свойства долгое время, исчисляемое годами, в то время как срок хранения большинства смол не превышает периода в течение 3–6 месяцев. Композиции на основе СР имеют повышенную адгезию к кварцевому песку, что нехарактерно для смол, к ее положительным качествам можно отнести также меньшую чувствительность к перепродавкам его инертной жидкостью. Помимо этого СР легко отверждается различными солями, органическими и неорганическими кислотами. Коллектор, укрепленный композициями на основе СР, становится устойчивым к воздействию агрессивных вод.

Несмотря на ряд ценных свойств, применяемые в настоящее время составы на силикатной основе для укрепления ПЗП, могут быть недостаточно эффективны в современных условиях в виду ужесточившихся требований к технологическим характеристикам составов. В связи с этим необходимо проведение исследований по совершенствованию композиций для укрепления ПЗП за счет введения совместимых с СР функциональных добавок.

Для скважин, ПЗП которых еще не нарушена длительным процессом пескопроявления и не подвержена кавернообразованию, рекомендован усовершенствованный состав на силикатной основе с включением

Табл. 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЯЖУЩЕГО РАСТВОРА И СКРЕПЛЕННОГО ПЕСЧАНИКА

Реологические свойства вяжущего раствора					Свойства скрепленного песчаника	
η , мПа·с	$\eta_{эф.}$, мПа·с	τ_0 , дПа	СНС1/10, дПа	n	Коэффициент восстановления проницаемости, Кв.п., %	Прочность на сжатие, МПа
8	8	4,728	7,182 / 7,182	0,99	81,42	2,86

белкового реагента (БР), который представляет собой двухрастворную композицию, состоящую из вяжущей жидкости на силикатной основе с БР и отверждающего раствора на основе соли поливалентного металла.

Введение БР в состав вяжущей жидкости на силикатной основе позволяет образовывать дополнительные связи, как с породой пласта, так и с адсорбированными на ее поверхности силикат-ионами. Линейное строение и небольшие размеры молекул БР, в отличие от высокомолекулярных полимеров, способных к образованию пространственных трехмерных структур и значительному увеличению вязкости, способствует сохранению подвижности укрепляющего раствора и его легкой прокачиваемости в разуплотненный интервал пласта.

Усовершенствованную композицию исследовали по ряду технологических параметров с использованием современного оборудования: проникающая способность, прочность скрепленного песчаника, остаточная проницаемость керна после его обработки укрепляющим составом.

В таблице 1 представлены основные технологические свойства вяжущего раствора в составе композиции на силикатной основе и обработанного композицией песчаного керна.

С помощью ИК-спектроскопии установлена образующаяся связь скрепляющего вещества с песчаными частицами.

На рисунке 1 изображен ИК-спектр связующего вещества, отображающий наличие следующих связей. В результате химического взаимо-

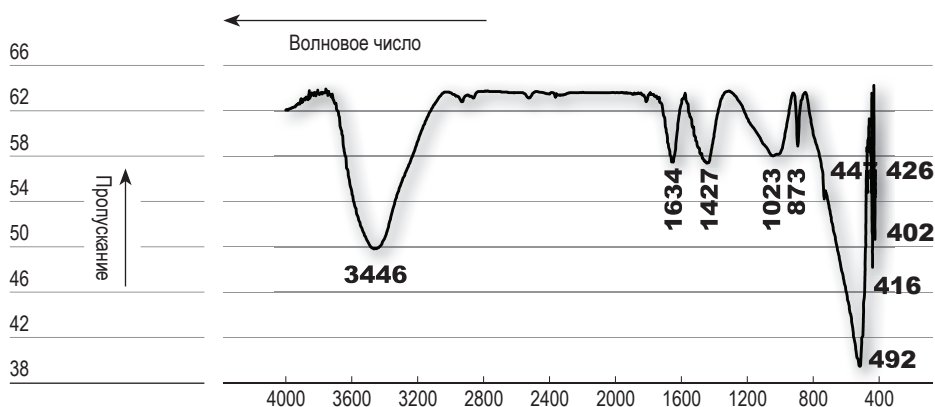


Рис. 1.

ИК-спектр связующего соединения, полученного при взаимодействии компонентов состава для укрепления ПЗП.

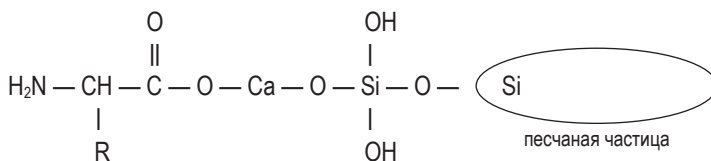


Рис. 2.

Схема химического взаимодействия компонентов состава: реагента на силикатной основе, белкового связующего и составляющего отверждающего раствора с поверхностью породы: R – радикал.

действия реагентов, входящих в состав для укрепления ПЗП, происходит взаимодействие карбоксильной группы белка с ионом кальция. Последний выступает в качестве связующего звена между отрицательно заряженной молекулой протеина и адсорбированным на поверхности песчаной частицы силикат-ионом, на что указывает появление полосы поглощения в области 492 см^{-1} , которая соответствует низкочастотной области и отве-

чает колебаниям связи Si – O – Ca. За деформационные колебания концевых связей O – Si – O и колебания связей кальция с кислородом в Ca – O отвечает полоса поглощения в области 440 см^{-1} [7].

Интерпретация данных ИК-спектроскопии проиллюстрирована на рисунке 2 в виде схемы, отображающей механизм контакта скрепляющего соединения с поверхностью песчаной частицы.

Введение БР в состав на силикатной основе способствует упрочнению связи основного скрепляющего вещества гидросиликата кальция с породой пласта благодаря явлению «обволакивания» адсорбированных силикат-ионов молекулами БР, что способствует повышению прочности консолидированного песчаного образца, а его разрушение имеет пластичный, а не хрупкий характер.

Реализация технологии укрепления ПЗП предусматривает поэтапную закачку вяжущей, буферной и отверждающей жидкостей [8]. В результате прокачки в неконсолидированную зону пласта вяжущей жидкости с низкой вязкостью на 1-ом этапе происходит равномерное распределение и «обволакивание» молекулами БР и силикатами песчаных зерен и прочная адгезия на их поверхности. Для продавки вяжущей жидкости в слабосцементированную область коллектора и исключения смешения закрепляющих жидкостей в стволе скважины применяют буферный раствор – инертную углеводородную жидкость. На 3-м этапе при закачке отверждающего раствора происходит взаимодействие адсорбированных молекул вяжущей жидкости с компонентами отверждающей с получением эффективного скрепляющего соединения, связывающего песчаные частицы в зоне их контакта с образованием прочного единого конгломерата, стойкого к влиянию пластовых вод.

По окончании реакции отверждения и скрепления песчаных частиц производят с помощью компрессора продувку воздухом укрепленной зоны пласта с целью удаления избытка продуктов взаимодействия вяжущего и отверждающего растворов и очищения фильтрационных пор и каналов для свободного прохождения газового флюида без заметного снижения первоначальной проницаемости продуктивного коллектора.

Укрепление ПЗП с использованием усовершенствованного состава на силикатной основе с введением БР позволяет предупредить разрушение ПЗП, сохранить фильтрационно-емкостные свойства коллектора, а также сократить материально-технические затраты за счет применения сухих реагентов, недорогих и доступных в продаже.

На этапе эксплуатации скважин со слабосцементированными рыхлыми коллекторами в условиях форсированного отбора газа с течением времени происходит разрушение ПЗП, обуславливая образование каверн в призабойной зоне. В таких скважинах, в которых уже успели образоваться каверны из-за длительного процесса выноса механических примесей наиболее рациональным является использование физико-химического способа укрепления кавернозной зоны путем создания искусственной ПЗП с применением отверждающихся тампонажных композиций и полимерных составов.

Для скважин со слабосцементированными рыхлыми коллекторами, характеризующимися разрушенным продуктивным пластом и наличием каверн, наиболее предпочтительно использование тампонажных составов, при затвердевании которых формируется пористый газопроницаемый цементный камень. Авторами предлагается газоцементный тампонажный состав с улучшенными технологическими свойствами за счет введения комплексонов с фосфоновыми группами, основные свойства состава и получаемого цементного камня приведены в таблице 2 [9].

На рисунке 3 изображена поверхность среза цементного камня.

Заметное снижение газовыделения (рис. 3б) у цементного раствора с введением комплексонов фосфонового типа обусловлено следующим. Введение последних в газоцементный тампонажный состав позволяет лимитировать развитие кристаллической фазы в ранние сроки твердения, способствуя снижению динамического напряжения сдвига раствора, а также приводит к увеличению времени газообразования за счет связывания ионов кальция и алюминия в устойчивые хелатные соединения. В результате улучшения технологических показателей тампонажного раствора образуемый цементный камень имеет высокую прочность и необходи-

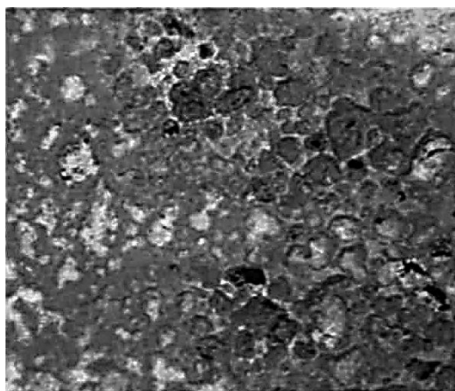
Табл. 2. СВОЙСТВА ГАЗОЦЕМЕНТНОГО
ТАМПОНАЖНОГО СОСТАВА
С РАЗЛИЧНЫМИ КОМПЛЕКСОНАМИ
И ПОЛУЧАЕМОГО
ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Свойства газозцементного тампонажного состава				Свойства цементного камня***	
Плотность, кг/м³	Растека- емость, см	ДНС*, дПа	ВНГ**, мин	Пористость, %	Прочность при изгибе, МПа
1830	20,0	52	75	56,5	4,32

Примечания: * – динамическое напряжение сдвига;
 ** – время начала газовыделения;
 *** – цементный камень получен при 25 °С и давлении 1,01·10⁵ Па.

мую высокопористую, равномерно распределенную по всему объёму камня проницаемую структуру. Укрепление кавернозной призабойной зоны производят путем заполнения заколонного пустотного пространства газозцементным тампонажным составом, после отверждения которого формируется вспененно-проницаемый цементный камень-фильтр. В процессе реакции взаимодействия гидроксида кальция тампонажного состава с алюминиевым агентом образуется газ – водород, который способствует получению увеличенного в объёме пористого и проницаемого цементного камня. В результате такого процесса происходит заполнение кавернозного пространства с получением напряженно-сцепленного контакта на границе со сводом каверны, обуславливая предупреждение разрушения разуплотненной кровли продуктивного пласта и обеспечивая качественное крепление призабойной зоны, исключающее вынос механических примесей в ствол скважины.

Технология укрепления кавернозной области ПЗП с применением газозцементного тампонажного состава, в рецептуре которого присутствует смесь комплексонов фосфонового типа, обеспечивает легкое прокачивание состава в зону проведения работ за счет замедленного газовыделе-



а) без введения комплексона

б) с введением комплексона фос-
фонного типа**Рис. 3. Поверхность среза цементного камня.**

ния и сниженного ДНС, а также позволяет получить проницаемый и прочный цементный камень-фильтр, имеющий сопряженный контакт с поверхностью каверны.

ВЫВОДЫ

Таким образом, по результатам проведенных исследований предложен к использованию комплекс технологических решений, направленных на повышение качества ограничения пескопроявлений в скважинах, находящихся на различных стадиях эксплуатации, путем применения составов для укрепления ПЗП с улучшенными технологическими свойствами. Для предупреждения выноса пластового песка из скважин, ПЗП которых еще не нарушена длительным процессом пескопроявления, рекомендован к применению состав на силикатной основе с использованием белкового реагента, а для восстановления напряженного состояния ПЗП, структура, которой изменена в результате многолетнего выноса механических примесей и характеризуется наличием каверн – усовершенствованный газцементный тампонажный состав.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ
СПИСОК

1. Нескин В.А., Ефимов Н.Н., Лыков О.П. Исследование состава на основе кремнийорганического полимера для крепления призабойной зоны пласта // Труды РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. № 1 (274). 2014. С. 98–106.
2. Бондаренко В.А. Повышение эффективности крепления призабойной зоны пласта с целью снижения пескопроявлений (на примере месторождений Краснодарского края): дис. ... канд. техн. наук. Краснодар: КубГТУ, 2015. 158 с.
3. Могутов Н.А. Решение проблем выноса песка из продуктивных слоев Приразломного месторождения // Бурение и нефть. 2013. №4. С. 23–25.
4. Нескин В.А. Разработка и исследование композиции на основе кремнийорганического полимера для ликвидации выноса песка в газовых скважинах: дис. ... канд. техн. наук. М.: Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, 2016. 129 с.
5. Анализ причин выноса песка при эксплуатации сеноманских газовых скважин Уренгойского ГКМ / Р.А. Гасумов [и др.] // Сб. науч. тр. / ВНИИгаз: Строительство газовых и газоконденсатных скважин. М.: ВНИИгаз, 1996. С. 34–41.
6. Гасумов Р.А., Минликаев В.З. Повышение и восстановление производительности газовых и газоконденсатных скважин. М.: Газпром экспо. 2010. 478 с.
7. Ярусова С.Б. Синтез силикатов кальция в многокомпонентных системах и их физико-химические свойства: дис. канд. хим. наук. Владивосток: Ин-т химии Дальневост. отделения РАН, 2010. 129 с.
8. Технология укрепления обводненной призабойной зоны газовых и газоконденсатных скважин на месторождениях Западной Сибири / Р.А. Гасумов, О.С. Остапов, В.Г. Мосиенко, П.В. Чемезов // Проблемы капитального ремонта скважин, эксплуатации ПХГ и экологии: Сб. науч. тр. СевКавНИПИгаза. Ставрополь, 2002. Вып. 36. С. 105–109.
9. Патент № 2552261 от 26.06.2014 по кл. Е 21 В 33/138, С09 К 8/467. Газоцементный тампонажный раствор / Перейма А.А., Кукулинская Е.Ю. № 2014125934/03; заявл. 26.06.2014; опубл. 10.06.2015.

УДК 528.88

Скрипчинский А. В. [Skripchinsky A. V.],
Аникеева О. С. [Anikeeva O. S.],
Роман А. Н. [Roman A. N.]

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЩЕРАСПРОСТРАНЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В СТАВРОПОЛЬСКОМ КРАЕ

**Methodological aspects of space monitoring
of subsoil use common minerals
in the Stavropol region**

В статье рассмотрен опыт проведения исследования по мониторингу объектов недропользования на примере карьерного способа добычи общераспространенных полезных ископаемых по данным снимков космических аппаратов *Spot-6* и *Spot-7*. Авторы обосновали необходимость применения данных дистанционного зондирования в исследовании карьеров, а также апробировали комплекс методов для исследования небольших по масштабам объектов недропользования, характерных для территории Ставропольского края. Материалы исследования могут быть полезны природоохранным, правоохранительным организациям для выявления нарушений границ лицензионных участков объектов недропользования, незаконной добычи полезных ископаемых и контроля рекультивационных мероприятий. Проведенное исследование положено в основу создания базы данных объектов недропользования Ставропольского края по данным дистанционного зондирования.

Ключевые слова: Мониторинг, данные дистанционного зондирования, недропользование, карьеры, полезные ископаемые.

The article describes the experience of conducting research on subsoil monitoring on the basement of quarry mining of widespread mineral products according to the photos of *Spot-6* and *Spot-7* spacecrafts. The authors have justified the application of the remote probing in the quarries studying. The authors have also tested a range of methods to study small-scale objects of subsoil use, typical of the Stavropol territory. The study can be applicable for nature conservation and law enforcement bodies to detect violations of licensed borders of subsoil areas, illegal mining and to control reclamation activities. The study underlies the database of the subsoil sites of the Stavropol region based on remote sensing data.

Key words: monitoring, remote sensing data, the subsoil, mines, minerals.

Мониторинг и оценка состояния различных объектов недропользования является одним из приоритетных направлений концепции государственного мониторинга состояния недр или геологической среды Министерства природных ресурсов РФ [11]. В Законе РФ от

21.02.1992 № 2395-1 (ред. от 13.07.2015) «О недрах» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2016) недра – это часть земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже земной поверхности и дна водоемов и водотоков, простирающейся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения. В том же законе говорится о том, что недра в границах территории Российской Федерации, включая подземное пространство и содержащиеся в недрах полезные ископаемые, энергетические и иные ресурсы, являются государственной собственностью. Они не могут быть предметом купли, продажи, дарения и пр. Форма собственности и владения регламентируется условиями лицензии. Таким образом, добытые из недр полезные ископаемые и иные ресурсы по условиям лицензии могут находиться в федеральной государственной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, муниципальной, частной и в иных формах собственности. Основными задачами государственного мониторинга состояния недр или геологической среды являются получение, обработка и анализ данных о состоянии недр, оценка состояния недр и прогнозирование его изменений, а также своевременное выявление и прогнозирование развития природных и техногенных процессов, влияющих на состояние недр.

Действующая нормативно-правовая база объектного мониторинга недр твердых полезных ископаемых регламентируется следующими законодательными актами: Закон Российской Федерации «О недрах» от 21.02.1992 г. (в редакции от 26.07. 2010 г.) [11]; Водный кодекс Российской Федерации [3]; Об охране окружающей среды. Федеральный закон от 10.01.02 г. 7-ФЗ (с изменениями на 27.12.09) [15]; Об организации и осуществлении Государственного мониторинга окружающей среды (Государственного экологического мониторинга). Постановление Правительства РФ от 31.03. 2003 г. № 177 [8]; Об утверждении положения о порядке осуществления Государственного мониторинга состояния недр Российской Федерации. Приказ Министерство природных ресурсов РФ. 21 мая 2001 г. № 433 [11]; Об утверждении правил охраны недр (ПБ-07-601-03). Постановление Федерального горного и промышленного надзора России

от 06.06.2003 г. № 71 (с изменениями от 30.06.2009 г.) [7]; Об утверждении Положения о подготовке, согласовании и утверждении технических проектов разработки месторождений полезных ископаемых и иной документации на выполнении работ, связанных с использованием участками недр, по видам полезных ископаемых и видам пользования недрами. Постановление Правительства РФ от 03.03.2010 г. № 118 [10]; Положение о Федеральной службе по надзору в сфере природопользования (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 30.07.2004 № 400) [9]. Проведение мониторинга на сегодняшний день невозможно без комплексного использования геоинформационных технологий и дистанционного зондирования Земли [4].

Постановка проблемы. В Ставропольском крае на сегодняшний день общераспространенные полезные ископаемые представлены значительным количеством месторождений – на государственном балансе числятся 223 месторождения с утвержденными запасами в количестве 664,7 млн куб. м., из них в распределенном фонде недр – 137 месторождений с общими запасами 449,9 млн куб. м, в нераспределенном фонде недр – 86 месторождений с общими запасами – 214,8 млн куб. м. – более 220 [13]. В основном это валунно-песчано-гравийные смеси, месторождения строительных песков, строительных камней и месторождения кирпично-черепичного сырья.

Значительные темпы объемов строительства и перспективы реализации крупных проектов на территории края обуславливают необходимость принятия оперативных управленческих решений в области недропользования. Немаловажным фактором для принятия таких решений является мониторинг нарушений в области недропользования [14]. Это связано с тем, что разработка нелегальных карьеров оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду: снимается плодородный слой почвы, нередко сносятся лесные насаждения, на месте добычи песка и гравия периодически появляются нелегальные свалки мусора, нарушается гидрологический режим [1]. Не меньше вреда и для экономики – недополученные налоги, разбитые дороги, некачественные строительные материалы [5].

Мониторинг недропользования представляет собой сложную, многоуровневую и многокомпонентную систему. Законодательно функции по мониторингу закреплены за Росприроднадзором и Ростехнадзором. Под мониторингом состояния недр (геологической среды) понимается система регулярных наблюдений, сбора, накопления, обработки и анализа информации, оценки состояния геологической среды и прогноза ее изменений под влиянием естественных природных факторов, пользования недрами и другой антропогенной деятельности.

В Ставропольском крае стимулирование развития добычи полезных ископаемых через систему лицензирования, направленное на развитие горнодобывающей промышленности и минерально-сырьевой базы, и увеличение размеров платежей за добычу полезных ископаемых, является государственной задачей. Всего по состоянию на 01.01.2014 г. разведку и добычу общераспространенных полезных ископаемых ведут 124 недропользователя на основании 144 лицензий на право пользования недрами [13].

Так как в статье 19 Закона РФ о недрах говорится, что собственники земельных участков, землепользователи, землевладельцы, арендаторы земельных участков имеют право осуществлять в границах данных земельных участков без применения взрывных работ использование для собственных нужд общераспространенных полезных ископаемых и подземных вод, объем извлечения которых должен составлять не более 100 кубических метров в сутки. Общераспространенные полезные ископаемые и подземные воды, имеющиеся в границах земельного участка и используемые собственниками земельных участков, землепользователями, землевладельцами, арендаторами земельных участков для личных, бытовых и иных не связанных с осуществлением предпринимательской деятельности нужд, не могут отчуждаться или переходить от одного лица к другому [16]. Поэтому важность предмета исследования состоит в том, чтобы установить границы участков недропользования с последующей классификацией.

Главным регулятором в сфере недропользования Ставропольского

края является краевое Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, которое осуществляет функции, которые можно свести к определению границ, выдачу лицензий, установление объемов добычи, контроль за границами добычи и рекультивацией [13]. Само Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края определяет следующие проблемы в сфере недропользования: коллективно-долевая собственность участков недропользования, неотлаженность механизма перевода категорий земель, низкий уровень рекультивации, случаи безлицензионной добычи и пр.

Если первые три функции решаются силами кадастровых и маркшейдерских организаций и законодательных процедур, то две последние задачи оптимально решать с помощью данных дистанционного зондирования, которые обладают рядом преимуществ, а именно: точная привязка по времени и в пространстве, возможность работы с архивными материалами, одномоментное и оперативное отображение, возможность анализа крупных по размеру территорий.

Основная задача исследования – с помощью материалов разновременной космической съемки определить нарушения условий недропользования. В рамках решения поставленной задачи было необходимо провести подготовку и дешифрирование космоснимков, а затем проанализировать сопутствующие данные из открытых источников.

Методология и методы исследования. В основе исследования об изменении состояния территории лежат материалы разновременной космической съемки. Заказ архивной космической съемки производился из глобального каталога космических снимков Земли, российского авторизованного дилера в лице компании ООО ИТЦ «СКАНЭКС». Для дешифрирования использовались космические снимки со спутников Spot 6/7 с пространственным разрешением 1,5 м. Именно пространственное разрешение позволило наиболее четко определить границы карьеров. Сезонность получения информации также играло важную роль, так как объекты недропользования, не имеющие активного освоения, зарастают травостоем и могут наполняться водой. На основании таких признаков и при нали-

ции правильной геометрической формы карьеры приобретают большую степень сходства с искусственными прудами [2].

Спутниковые снимки были получены на наземную станцию приема космической информации УниСкан – 36 на базе ресурсного центра Аэрокосмических и геоинформационных технологий Северо-Кавказского федерального университета.

Для анализа границ недропользования использовались открытые данные Министерства природных ресурсов Ставропольского края: перечень участков недр местного значения, содержащих общераспространённые полезные ископаемые, на территории Ставропольского края [13]; реестр действующих лицензий на право пользования недрами с общераспространёнными полезными ископаемыми на территории Ставропольского края по состоянию на 01.01.2016 г. [3]. Перечень участков недр позволяет получить данные о лицензионных участках недропользования, так как содержат географические координаты поворотных точек, а реестр действующих лицензий позволяет установить организацию недропользователя. Кроме того, в работе использовались данные информационного ресурса «Публичной кадастровой карты», портала услуг Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии [12] и данные геосервисов Яндекс и Google.

Наиболее полно разработаны методики мониторинга объектов недропользования, относящихся к лесному хозяйству, сельскому хозяйству, что связано с физическими свойствами объектов и их интерпретацией на космических снимках.

На сегодняшний день существуют методики выявления, уточнения объектов недропользования, как правило, в примерах рассматриваются крупные промышленные объекты по добыче горючих и рудных полезных ископаемых открытым способом. Особенность исследования карьерного способа добычи строительных материалов на территории Ставропольского края заключается в незначительных площадях от одного до нескольких гектаров, а также в отсутствии четко регламентированной методики мониторинга объектов недропользования дистанционными методами, рассматриваемых

авторами. Несмотря на трудности автоматизированного детектирования существуют отдельные рекомендации, позволяющие выявлять динамику использования и границы объектов недропользования. Общие признаки визуального дешифрирования карьеров можно свести к следующим [6]:

- неровные контуры и концентрические полосы разного тона вдоль внешнего контура, подходящие дороги и их разветвления, наличие землеройных машин;
- пятна сегментной формы с веерообразным рисунком изображения серого тона, ограниченные полосой белого или черного тона, форма выпуклая;
- котловины (заполненные водой и сухие), участки подтопления, участки нарушенного растительного покрова и их площади.

Для выявления изменений объектов недропользования были отобраны разновременные космические снимки высокого разрешения. Пространственные данные для анализа охватывали период с 2008 по 2015 г. Космические изображения получены в разное время с различных космических аппаратов и имели различную пространственную точность. Трансформирование изображения проводилось в программе ArcGIS. В качестве основы были использованы топографическая карта и высокдетальные снимки, полученные с геопорталов.

Для достоверного выделения объектов недропользования необходимо было создать базу данных эталонов. На первом этапе выделялись признаки, характеризующие карьеры:

1. Открытый участок грунта.
2. Обводненность или покрытие растительностью любой его части.
3. Расположение (рядом с дорогой или площадкой).
4. Окружение (окружен растительностью или расположен среди полей).

По спектральным признакам возможно выделение открытого грунта и обводненных или покрытых растительностью частей карьеры. Выделение остальных характеристик объектов возможно на основе геоинформационных технологий, но учитывая сложность этой задачи, выделение объектов недропользования нами было основано на визуальном дешифрировании космических снимков.

На втором этапе был проведен анализ выявленных карьеров. Участки разработки недр выделяются на основе следующих дешифровочных признаков: цвет, форма, тень и другие. Карьер по добыче полезных ископаемых открытым способом чаще имеет неправильную форму, падающие тени по его бровке свидетельствуют об особенностях его внутренней структуры и глубине. Высокая яркость частей карьера определяется производящими там работами. Отвалы грунта, располагающиеся в пределах границ лицензионных участков, зачастую перемешаны с песком или щебнем. Такие отвалы отчетливо дешифрируются по более светлому оттенку.

На третьем этапе необходимо определить соответствие границ выявленного карьера с лицензионными участками недр, указанными в открытых источниках. В качестве таких источников использовались данные Министерства природных ресурсов Ставропольского края, «Публичной кадастровой карты» портала услуг Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии [12].

Перечень участков недр позволяет получить данные о лицензионных участках недропользования и содержит географические координаты поворотных точек. На основании геоинформационных технологий были построены полигоны, отражающие лицензионные горные отводы, в пределах которых недропользователь может осуществлять свою деятельность. Совмещение космического снимка с границами лицензионного участка недропользования выявляет несоответствия между площадью, на которой производились разработки недр с разрешенными границами.

Обсуждение результатов исследования. В ходе исследований были проанализированы объекты недропользования отдельных муниципаль-

ных районов и ряда карьеров. Работы проводились в интересах Министерства природных ресурсов Ставропольского края и федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Ставропольскому краю (Россельхознадзор).

Для мониторинга недропользования муниципальных районов была создана база геоданных на основе программного обеспечения ArcGIS, которая позволила сформировать отдельные слои по лицензионным участкам недр.

Использовались пространственные данные Публичной кадастровой карты с атрибутами о земельных участках, а также информация с космических снимков. Наиболее важна была периодичность хронологических срезов, так как позволила выявить динамику использования недр.

В качестве примера рассмотрим динамику одного из карьеров. На основании анализа информации в интерактивном каталоге компании ИТЦ «СканЭкс» нами были отобраны 8 космических снимков, охватывающих интересующие хронологические срезы и исследуемую территорию (табл. 1). В связи с тем, что снимки были отобраны с разных спутников и за значительный временной период, их потребовалось пространственно преобразовать для создания карты, отражающей динамику карьера.

Важным этапом явилось трансформирование изображений, поскольку исходные картографические изображения при совмещении друг с другом имеют расхождения более 100 м. В качестве опорного изображения нами была выбрана топографическая карта масштаба 1:50000 и полученные с геопорталов космические изображения, которые превосходят точностные характеристики опорной топографической карты. Визуальное дешифрирование проводилось в программе ScanEx Image Processor. В процессе работы для достижения качественных показателей изображения использовалось растяжение гистограммы.

Анализируя рассматриваемые космические снимки, можно отметить увеличение не только площади самого карьера, но и отвалов почвы, и нарушений почвенного покрова, динамика которых представлена в табл. 2.

Табл. 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ
ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОГО КАРЬЕРА

Дата	ID снимка	Спутник
29.08.2008	SP5_127261_080829	SPOT 5
04.04.2009	po_749044	GeoEye – 1
12.06.2009	po_732404	GeoEye – 1
31.10.2012	SP5_126261_121031	SPOT 5
11.08.2013	DS_SPOT6_201308110748052_E043N45_05443	SPOT 6
23.08.2013	DS_SPOT6_201308230756241_E043N44_03576	SPOT 6
08.10.2013	SP5_126261_131008	SPOT 5
29.08.2015	DS_SPOT7_201508290745133_E043N44_03008	SPOT 7

Пространственно-временной анализ космической съемки позволил определить динамику добычи общедоступных полезные ископаемых. Совместив границы объектов, выделенных на космическом снимке от 23 августа 2013 г. с границами объектов, выделенных по космическому снимку от 29 августа 2015 г. (рис. 1) было отмечено, что общая площадь отвалов грунта сократилась примерно на 1 га в связи с тем, что они поменяли свое пространственное положение. Площадь отвалов грунта в 2015 г. на

Табл. 2. ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ ДОБЫЧИ
ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОЙ СМЕСИ
НА ОСНОВАНИИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Дата	Площади, м ²		
	карьера	отвалов почвы и нарушения почвенного покрова	Комментарии
29.08.2008	19050	2753	
04.04.2009	30860	4137	
12.06.2009	31520	1515,1	
31.10.2012	44640	?	Качество снимка не позволяет получить дополнительные данные
11.08.2013	62600	31650	
23.08.2013	67790	28010	
08.10.2013	68210	24840	
29.08.2015	89155	22286	

территориях, которые не были заняты в 2013 г., составили 0,1 га. Нарушения почвенного покрова увеличились с 2013 г. по 2015 г. на 0,1 га в пределах южной оконечности карьера.

Для визуализации изменений был создан мультивременной композит на основе данных с КА Spot-7 и Spot-6. На синтезированном изображении измененные участки отображаются оттенками розового цвета. Явственно выделяется территория открытых разработок полезных иско-

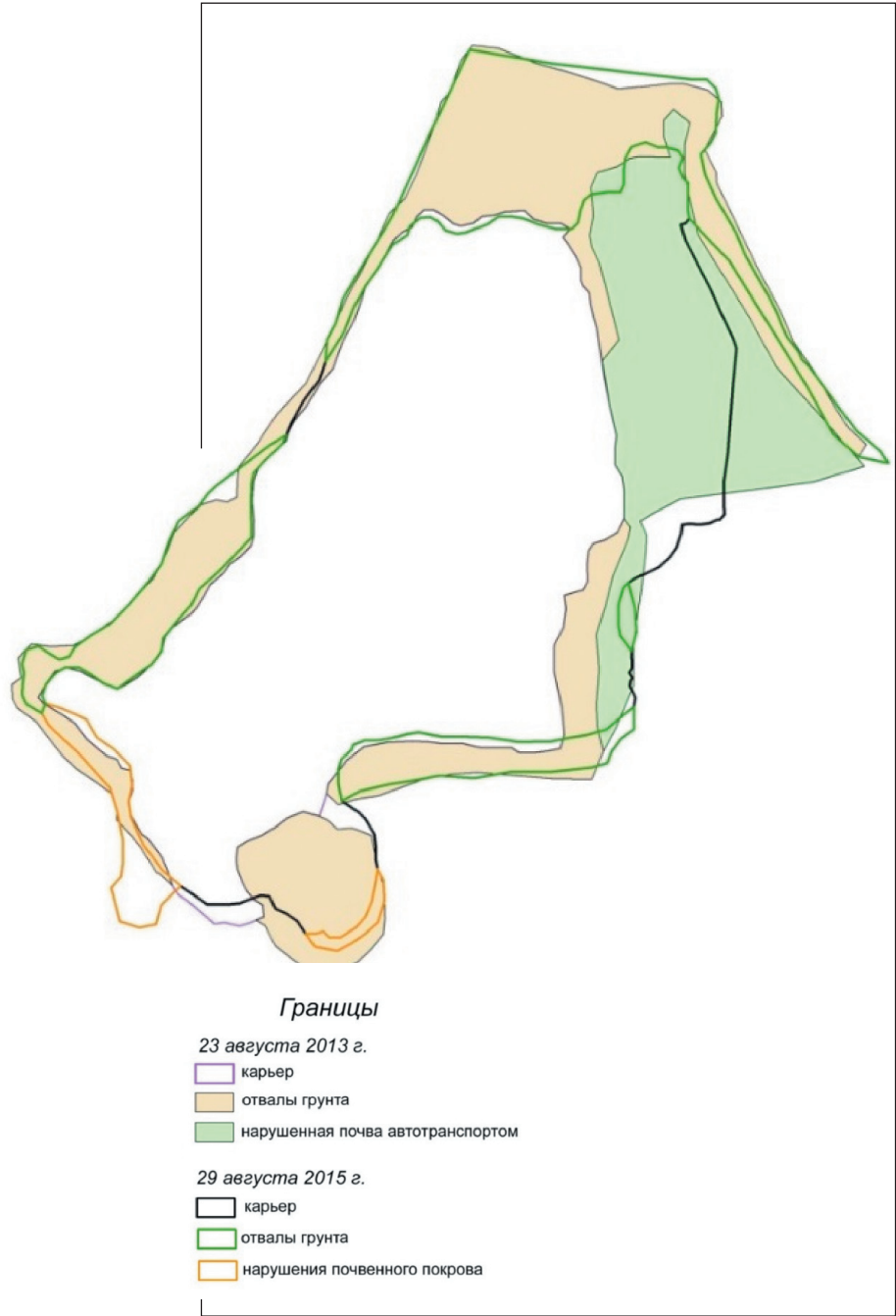
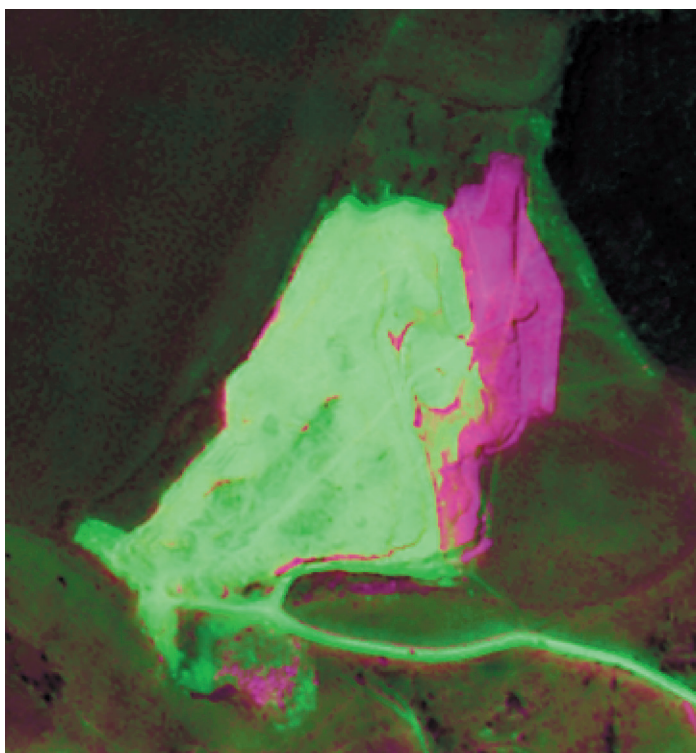


Рис. 1. Изменение границ объектов на основе данных космических снимков от 23 августа 2013 г. и 29 августа 2015 г.

**Рис. 2.**

Мультивременной композит на основе данных с КА Spot-6 и Spot-7.

Данные космической съемки
от 29 августа 2008 г.

паемых (карьера), что четко подтверждается такими показателями как внутренняя структура карьера, подвергшаяся изменениям, новые отвалы почвы и бровка карьера. Территории, не изменённые и слабо измененные, отображаются в оттенках зеленого разной интенсивности (рис. 2).

Результаты комплексного дешифрирования классификация хозяйственного изменения территории карьера добычи общедоступных полезных ископаемых отражены на рис. 3. Таким образом, анализ недро-



- 1 – территории подверженные интенсивному воздействию автомобильной техники. Территория между лесом и карьером может быть восстановлена, территория около карьера изменена кардинальным образом.
- 2 – области сваливания почвенного покрова при расширении карьера.
- 3 – территория активной добычи песчано-гравийной смеси (карьер).
- 4 – участки сведения (деградации) растительного покрова в результате разработки карьера.
- 5 – области поверхностной разработки.

пользования муниципальных районов позволил выявить ряд проблем недропользования:

- разработка недр производится на земельных участках, не стоящих на кадастровом учете, для которых не установлена категория использования и вид разрешенного использования;
- разработка недр производится на земельных участках не предназначенных для добычи;
- зачастую добыча общедоступных полезных ископаемых осуществляется вне границ лицензионного участка недропользования.



Рис. 3. Разновременные снимки с указанием типа антропогенного изменения.

ВЫВОДЫ

Таким образом, использование геоинформационных технологий позволяет эффективно решать следующие задачи: своевременно выявлять нарушения в эксплуатации месторождений общераспространенных полезных ископаемых; производить контроль достоверности координат лицензионных участков; выявлять несоответствия между лицензионными координатами и реальным местоположением горных отводов на местности; регистрировать несанкционированную добычу полезных ископаемых.

Методы и результаты исследования, рассмотренные в работе, могут быть положены в основу создания электронного каталога объектов недропользования. Предложенная методика по оценке и мониторингу за недропользованием может быть усовершенствована по мере поступления новых спутниковых данных разного пространственного разрешения и формата.

Опыт проведенного исследования показал, что проблема идентификации объектов тесно связана с информационной обеспеченностью данными. Мониторинг недропользования ОПИ должен быть частью государственной системы мониторинга природных ресурсов в целом: взаимодействие соответствующих ведомств, обмен информацией и координация действий являются приоритетными задачами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бегдай И.В., Шкарлет К.Ю., Харин К.В., Каторгин И.Ю. Исследование химического состава донных отложений верховьев реки Кубань // Наука. Инновации. Технологии: научный журнал СКФУ. Ставрополь, 2013. № 3. С. 114–122.
2. Бурым Ю.В. Скрипчинский А.В. Мониторинг водохранилищ Кубань-Егорлыкской обводнительной системы по данным дистан-

- ционного зондирования земли // Естественные и технические науки. – М.: ООО «Изд-во «Спутник+»», 2015. № 3(81). С. 101–104.
3. Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74 – ФЗ (ред. от 28.11.2015) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2016). [Электронный ресурс]. Доступ из СПС «Консультант-плюс».
 4. Воробьев О.Н., Курбанов Э.А. Спутниковый мониторинг недропользования в республике Марий Эл // Геоматика. 2015. № 1. С. 45–52.
 5. Клепицкая Я.С., Понтус А.Р. Особенности идентификации по данным дистанционного зондирования земли карьеров по добыче полезных ископаемых // Филиал «Космоаэрология» РУП «БелНИГРИ», г. Минск. <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/49262/1/distlandindef.pdf> (дата обращения: 03.07.2016).
 6. Лабутина И.А., Балдина Е.А. Практикум по курсу «Дешифрирование аэрокосмических снимков»: учебное пособие. – М.: Географический факультет МГУ, 2013. – 168 с.
 7. Постановление Госгортехнадзора РФ от 06.06.2003 № 71 (ред. от 30.06.2009) «Об утверждении «Правил охраны недр» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 18.06.2003 № 4718). [Электронный ресурс]. Доступ из СПС «Консультант-плюс».
 8. Постановление Правительства РФ от 31.03.2003 № 177 «Об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга)». [Электронный ресурс]. Доступ из СПС «Консультант-плюс».
 9. Постановление Правительства РФ от 30.07.2004 № 400 (ред. от 25.12.2015) «Об утверждении Положения о Федеральной службе по надзору в сфере природопользования и внесении изменений в Постановление Правительства Российской Федерации от 22 июля 2004 г. № 370». [Электронный ресурс]. Доступ из СПС «Консультант-плюс».
 10. Постановление Правительства РФ от 03.03.2010 № 118 (ред. от 25.05.2016) «Об утверждении Положения о подготовке, согласовании и утверждении технических проектов разработки месторождений полезных ископаемых и иной проектной документации на выполнение работ, связанных с использованием участками недр, по видам полезных ископаемых и видам пользования недрами». [Электронный ресурс]. Доступ из СПС «Консультант-плюс».
 11. Приказ МПР РФ от 21.05.2001 № 433 «Об утверждении Положения о порядке осуществления государственного мониторинга состояния недр Российской Федерации» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 24.07.2001 № 2818) [Электронный ресурс]. Доступ из СПС «Консультант-плюс».

12. Публичная кадастровая карта. URL: <https://pkk5.rosreestr.ru/>. (дата обращения: 4.07.2016).
13. Сайт Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края <http://mpr26.ru/poleznye-iskopaemye/obshie-svedeniya/> (дата обращения: 4.07.2016).
14. Терентьев А.В., Вшивцев А.Н., Афанасьев В.В., Ахматова Е.Б., Исаенко С.И. Мониторинг недропользования в части общераспространенных полезных ископаемых на примере Республики Коми // ДЗЗ в транспорте и строительстве. Выпуск 2. 2009 г. С. 15–21.
15. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7 – ФЗ (ред. от 05.04.2016, с изм. от 23.06.2016) «Об охране окружающей среды». [Электронный ресурс]. Доступ из СПС «Консультант-плюс».
16. Федеральный закон от 29 июня 2015 г. № 205 – ФЗ «О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О недрах» и отдельные законодательные акты Российской Федерации». [Электронный ресурс]. Доступ из информационно-правовой системы ГАРАНТ.
17. Постановление Правительства РФ от 03.03.2010 № 118 (ред. от 25.05.2016) «Об утверждении Положения о подготовке, согласовании и утверждении технических проектов разработки месторождений полезных ископаемых и иной проектной документации на выполнение работ, связанных с использованием участками недр, по видам полезных ископаемых и видам пользования недрами». [Электронный ресурс]. Доступ из СПС «Консультант-плюс».

УДК 911.3:312

Соловьев И.А. [Soloviev I.A.]

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛАНОВЫХ МИГРАЦИЙ НАСЕЛЕНИЯ НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ И ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ*

Geographical features planned migration of population in the North Caucasus and problems of adaptation

В исследовании, основанном на уникальных архивных первоисточниках, приводится общая характеристика плановых миграций на Северном Кавказе в советские годы (1920–1960-е гг.). Содержание работы состоит из анализа географических особенностей плановых миграций на Северном Кавказе на региональном уровне (субъекты) и в разрезе территорий более локального масштаба (исторические области, муниципальные районы). Важное место в изучении плановых миграций занимает выявление территориальных особенностей проживания мигрантов до переселения на Северный Кавказ. В исследовании выявлены объемы плановых миграций в изучаемом районе, а также динамика её масштабов. В настоящей работе описана этническая структура переселенческого потока. Ключевая роль в содержании исследования отводится выявлению проблем природно-климатической и экономической адаптации новоселов, а в случае иммигрантов рассматриваются проблемы их интеграции в принимающее сообщество.

Ключевые слова: региональные аспекты, миграция населения, Северный Кавказ, проблемы адаптации и интеграции мигрантов.

In the study, based on the unique archival sources, provides a general description of the migration of the North Caucasus during the Soviet period (1920–1960-ies.). The content of the work consists of the analysis of the geographical features of the planned migration to the North Caucasus on a regional level (subjects) and sectional area (the historical area, municipal districts). An important place in the study of the planned migration takes revealing territorial characteristics of migrants residence before moving to the North Caucasus. The study revealed the volume of migration planned in the area, as well as the dynamics of the migrants flow. This paper describes the ethnic structure of the resettlement stream. A key role in the research content given to the identification problems of natural-climatic and economic adaptation of settlers, and in case of immigrants considered a problem of their integration into the host community.

Key words: regional aspects, population migration, the North Caucasus, the problems of adaptation and integration of migrants.

* Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научно-исследовательского проекта «Разработка и апробация системы геоинформационного мониторинга этнодемографических процессов (на примере регионов Северного Кавказа)» (проект № 16-06-00179 А).

В советские годы приоритетной формой миграции являлись плановые (или организованные) переселения. Важность этих миграций определяла острая потребность в обеспечении трудовыми ресурсами некоторых отраслей экономики, и необходимостью освоения свободных земель. Поэтому государство было заинтересовано в проведении кампаний по плановым миграциям, и путем предоставления льгот на добровольных началах старалось привлечь население для решения этой проблемы. Для их планирования и осуществления в 1924 году был создан специальный государственный орган – Всесоюзный переселенческий комитет при ЦИК СССР (ВПК) [1, с. 58]. Целью данного исследования является выявление региональных особенностей плановых миграций на Северном Кавказе в советский период и ключевых проблем адаптации мигрантов.

Одним из первых географических исследований плановых миграций в России является работа П. М. Поляна «Не по своей воле». В этой работе автором рассматривается дефиниция «плановое переселение», а также объясняются причины, обусловившие проведение кампаний по организованным государством миграциям, а также дается оценка политического значения этих потоков [1, с. 57–58]. Автор подчеркивал добровольно-принудительный характер плановых миграций: «Среди принципов, которыми ВПК руководствовался в своей деятельности, наряду с плановостью, было и некоторое сочетание элементов экономического стимулирования (например, предоставление мигрантам минимальных льгот и компенсаций) элементами административного принуждения [1, с. 58].

Исследований, рассматривающих плановые миграции на Северном Кавказе, нами выявлено не много, т. к. изучение этого вопроса не получило широкого распространения. К наиболее значимым трудам относится работа авторского коллектива Османова А. И., Гаджиева А. С., Искендерова Г. А. [2, с. 4–5, 7, 11–12, 21].

Информационной основой работы послужили документы фондов переселенческого управления РСФСР Российского государственного архива экономики и Государственного архива Российской Федерации.

Табл. 1. МЕСТА ВЫХОДА ПРИЧИСЛЕННЫХ МИГРАНТОВ
В ЧЕРНОМОРИИ В 1927–1928 ГГ.

Территории	Всего прибыло		Всего выбыло	
	дворов	душ	дворов	душ
Курская	2	2	–	–
Воронежская	18	103	7	24
Тамбовская	2	4	7	24
Брянская	–	–	7	150
Ленинградская	1	3	–	61
Московская	15	18	–	–
Ставропольский округ	42	64	–	–
Армавирский округ	12	36	16	77
Кабардино-Балкария	1	3	–	–
Черноморский округ	12	53	–	–
Итого	105	286	37	212

Источник: [4, л. 67]

Первые плановые миграции на Северном Кавказе, по имеющимся источникам, начались во второй половине 1920-х гг. в Черномории. По данным П.М. Поляна, важность и необходимость переселенческой кампании на Северном Кавказе была подтверждена в 1926 г. государственным постановлением [1, с. 58]. Необходимость заселения Черноморского побережья Северного Кавказа заключалась в незаконченности её колонизации в дореволюционное время. Здесь по-прежнему находилось много незасе-

ленных земель, освоение которых могло принести пользу для обеспечения отдыхающих на местных курортах фруктами и овощами [3, л. 42]. Поэтому задумывая продолжение дореволюционной практики колонизации Черномории, на первом этапе была сделана ставка на развитие здесь садоводства, огородничества, виноградарства и виноделия, а впоследствии – чаеводства.

В 1926–1929 гг. в Черноморию планировали переселить около 7 тыс. чел., а всего на колонизационных фондах (колфонды) было водворено 529 мигрантов (что составляло 8% от плана). Причины провала кампании по заселению Черномории следующие: во-первых, были не подготовлены колфонды в дорожном и мелиоративном отношениях [3, л. 102]; во-вторых, осуществлялся подбор контингента переселенцев в местах выхода без учета особенностей сельского хозяйства Черноморского округа (к примеру, почти все ассирийцы являлись чистильщиками обуви) (табл. 1); в-третьих, отсутствовали оборудованные переселенческие пункты. В этих условиях отмечался низкий уровень адаптации мигрантов [4, лл. 3–126].

Заселение Черномории продолжилось во второй половине 1930-х гг. в связи с обеспечением рабочими виноградных колхозов Анапского и Новороссийского районов. В 1937–1938 гг. сюда было переселено 1100 хозяйств. Столкнувшись с проблемами обустройства на новых местах вселения, часть мигрантов вернулась обратно на родину [9, л. 36].

Причинами оттока новоселов являются: хозяйственная не обустроенность; падеж скота; отсутствие посадочного материала для разбивки садов и огородов; высокая детская смертность; не обеспечение их домами. О сложностях экономической адаптации свидетельствует тот факт, что из подлежащих для строительства 1030 домов, к 1 февраля 1939 г. полностью было закончено строительство только 32 домов. В этой связи 756 семей мигрантов проживали в недостроенных домах, 96 хозяйств – на квартирах у других колхозников и 83 семьи – в коммунальных домах [9, л. 131].

В 1939–1940-х гг. в Анапский, Новороссийский, Темрюкский, Ге-

Табл. 2. ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ
НАСЕЛЕНИЯ СТАНИЦ
ГРИГОРОПОЛИССКОЙ И КАМЕНОБРОДСКОЙ
В 1930–1933 ГГ.

Станицы	1930	1931	1932	1933	Убыло населения, %
Григорополисская	13379	11155	9470	4062	70
Каменобродская	12994	10103	8477	3087	75

Источник: [7, л. 6]

ленджикский районы планировали переселить 1400 семей для выращивания чая, цитрусовых, винограда и тунга [10, л. 2]. Данных о реализации этого плана нами не найдено.

В послевоенные годы потребность в освоении Черномории сохранялась. Поэтому в 1949 г. здесь были возобновлены плановые миграции, главным образом для развития трудоемкого чаеводства в Адлерском и Лазаревском районах Краснодарского края [16, л. 120]. По имеющимся данным, в 1949–1956 гг. сюда было переселено 3452 семьи. Однако из-за

Табл. 3. КОЛИЧЕСТВО
ПЕРЕСЕЛЕНЦЕВ-КРАСНОАРМЕЙЦЕВ
В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ КРАЙ,
НА 15.12.1933 Г.

Категории переселенцев	Чел.
Глав семей	14079
Иждивенцев	26202
Одиночек (в числе глав)	6072
Мужчин	20187
Женщин	12001
Детей	8172
В т. ч. коммунистов	4241
Комсомольцев	3553
ИТОГО	40281

Источник: [5, л. 9]

проблем обустройства многие из них были вынуждены покинуть места, вернувшись на родину. В частности, из переселившихся в 1951–1955 гг. в чаеводческие колхозы 1399 семей ушли с территории вселения, главным образом, по причине низкой доходности производства и оплаты труда [23, л. 105].

Голодомор 1932–1933 гг. привел к существенному подрыву трудоресурсного потенциала равнинной части Предкавказья. В результате голода в большинстве русских районов Предкавказья отмечалось значительное

Табл. 4. СВЕДЕНИЯ О НАЛИЧИИ
ХОЗЯЙСТВ КРАСНОАРМЕЙЦЕВ-ПЕРЕСЕЛЕНЦЕВ
ВЫБЫВШИХ И ОСТАВШИХСЯ
В НАЛИЧИИ НА 1 ЯНВАРЯ 1935 Г.

Было вселено	Выбыло			% выбывших	Осталось на 1 января 1935 г.
	Всего с начала вселения	в т. ч.			
		4 квартал 1933 г.	1934 г.		
14090	6289	1346	2125	44,6	7801

Источник: [8, л. 20]

уменьшение населения. Так, по русским плоскостным районам Северо-Кавказского края количество населения по сравнению с 1930 г. сократилось в среднем на 35–40% [7, л. 6]. В некоторых населенных пунктах этот показатель был ещё более высоким. Особенно сильно от голода пострадало население Кубани (табл. 2).

В этих условиях в 1933 г. проведена кампания по переселению увольняемых со службы красноармейцев на Кубань и Северо-Кавказский край. Всего в Азово-Черноморский край было переселено 14090

Табл. 5. СВЕДЕНИЯ О КОЛИЧЕСТВЕ ГРАЖДАН СЕВЕРНОГО КАВКАЗА, НАСИЛЬСТВЕННО УВЕДЕННЫХ ФАШИСТСКИМИ ЗАХВАТЧИКАМИ В ПЕРИОД ВРЕМЕННОЙ ОККУПАЦИИ РАЙОНОВ РСФСР И ВОЗВРАТИВШИХСЯ НА РОДИНУ ПО СОСТОЯНИЮ НА 1 ЯНВАРЯ 1950 Г.

Субъекты	Насильственно уведено фашистами в т. ч.			Возвратилось			
	Всего	Мужчин	Женщин	Детей до 16 лет	Всего	Муж.	Жен.
Краснодарский край	130524	49425	81099	37887	87856	35129	52727
Ставропольский край	2546	880	1666	357	1955	779	1176
Ростовская область	46833	21047	25786	9667	36202	13800	22402
Северо-Осетинская АССР	1659	1104	555	35	-	-	-

Источник: [17, л. 23]

семей (40281 чел.), а в Северо-Кавказский край – 345 семей (табл. 3) [7, л. 47].

Закрепление новоселов на местах было на низком уровне. Количество выбывших красноармейцев с мест водворения на Кубани на 1935 г. составило 44,6% от общего их числа (табл. 4). Основной проблемой приживаемости на местах являлись следующие: массовая смертность от малярии, вызвавшая панику среди мигрантов; нехватка продовольствия, плохие условия труда; не обустроенность; жилищные проблемы [6, л. 37].

В годы Великой Отечественной войны из оккупированных районов Северного Кавказа фашистами насильственно было уведено в Германию 181 тыс. чел. (табл. 5).

После победы над Германией возникла необходимость репатриации советских граждан на родину, в т. ч. и для восполнения демографических потерь. С этой целью в 1945 г. в субъектах Северного Кавказа были созданы пункты по приему и распределению репатриированных советских граждан. От общего количества угнанных немцами жителей Северного Кавказа вернулось в родные края 69,4% (126 тыс. чел.).

Репатрианты возвратились в свои бывшие места жительства, в свои квартиры и дома, им выдавалась единовременная денежная помощь, одежда, бельё, обувь, а также выделялись хлебные талоны, обеспечивалось санитарно-медицинское обслуживание и трудоустройство. Однако в условиях послевоенной разрухи отмечались серьезные трудности в их обустройстве [18, л. 29–30].

В 1946 г. в Краснодарском крае отдельные репатрианты проживали в неблагоустроенных квартирах, без отопительных печей, с плохими крышами, незастекленными окнами. На 15 февраля 1946 г. из 35 тыс. чел. трудоспособных репатриантов было не устроенных на работу почти половина из них.

После тотальной депортации чеченцев, ингушей, карачаевцев и балкарцев, возникла необходимость заселения пустующих земель. В 1944 г. в эти районы начались плановые миграции. В Грозненскую область и Северную Осетию планировалось в 1944 г. переселить по 3 тыс. семей в каждый субъект. В бывшие р-ны Карачаевской республики должны были направить 500 семей из Грузии и 100 грузинских семей из Ставрополя. Горные и предгорные районы Чечни заселили малоземельными выходцами из Дагестана в количестве 16 741 семьи [12, лл. 14–42]. Впоследствии наиболее массово заселяли Грозненскую область, т. к. здесь отмечался наибольший дефицит рабочих рук. Всего с 1946 по 1960 гг. на Северном Кавказе было водворено 36 329 семей плановых мигрантов [19, л. 33; 20, л. 91].

Табл. 6. МАСШТАБЫ
 ПЛАНОВОЙ МИГРАЦИИ
 В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН
 В СОВЕТСКИЕ ГОДЫ

1924–1929 гг.		1944 г.		1946–1951 гг.		1952–1970 гг.		Итого за 1924–1970 гг.	
хозяйств, шт.	чел.	хозяйств, шт.	чел.	хозяйств, шт.	чел.	хозяйств, шт.	чел.	хозяйств, шт.	чел.
2199	7700 (оценка)	16741	61000	162	652	31609	150000	50711	219352

Составлено по: [2, с. 12, 21; 11, л. 23; 20, л. 33]

Эта категория мигрантов очень плохо адаптировалась в природном и экономическом отношении, отмечались массовые заболевания малярией, повышенная смертность, особенно среди народов Дагестана, что вызывало обратничество [12, л. 39; 23, лл. 46, 48].

Важной формой плановых миграций выступало переселение с гор на равнину. Как отметил, П. М. Полян оно носило, по возможности, внутрирегиональный характер, что в условиях горно-долинного расселения

Табл. 7. РАЗМЕЩЕНИЕ
 БЕЛЫХ ЭМИГРАНТОВ
 НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ
 В 1946–1948 ГГ., ЧЕЛ.

Субъекты вселения эмигрантов	Всего расселено	В т. ч.	
		Из Франции	Из Чехословакии
Краснодарский край	80	71	9
Ставропольский	31	31	–
Грозненской области	16	16	–
Дагестан	5	1	4

Источник: [15, л. 159–160]

в большинстве случаев означало переселение из горных районов в равнинные, или, на языке того времени, переселение с гор на плоскость [1, с. 59]. Больших масштабов эти людские потоки достигали в Дагестане, где аграрный вопрос стоял очень остро (табл. 6). Основными причинами этих кампаний были малоземелье, опасные природные явления, экономическая и культурная отсталость [11, лл. 11, 24 об., 26, 36]. Здесь первые организованные плановые миграции начались в 1923 г., однако вначале

Табл. 8. КОЛИЧЕСТВО МИГРАНТОВ
ПРИБЫВШИХ ИЗ РУМЫНИИ
В КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ,
СЕНТЯБРЬ 1947 Г.

Районы вселения	Семей	Мужчин	Женщин	Детей	Всего
Ейский	126	161	180	242	583
Темрюкский	101	127	129	178	434
Камышеватский	105	132	143	192	467
ИТОГО	332	420	452	612	1484

Источник: [14, л. 65]

этот процесс не имел массового характера, и только в послевоенные годы были созданы благоприятные предпосылки для проведения этой важной кампании.

После окончания войны была организована миграция белых эмигрантов в Россию. В конце 1940-х гг. на Северный Кавказ вернулось немного эмигрантов из Франции и Чехословакии (табл. 7). Им создали наилучшие условия для экономической адаптации, что способствовало её успешности.

Наряду с белыми эмигрантами появилась возможность переселиться в РСФСР другим соотечественникам, например, из Румынии и Турции. В 1947 г. Краснодарский край принял 1 487 чел. русских из Румынии. Их расселили в рыбацких населенных пунктах Камышеватского, Ейского и Темрюкского районов (табл. 8). Среди мигрантов отмечалась серьезная проблема экономической адаптации и массовая заболеваемость малярией [14, л. 44].

В 1961–1962 гг. из Турции в Астраханскую область и Ставропольский край прибыло 444 семьи молокан и казаков-некрасовцев. Несмотря на неплохое обустройство (практически все они имели жилье и работу), 88 семей (20 %) подали заявления о желании вернуться в Турцию, «... мотивируя это не хозяйственным устройством, поскольку оснований для этого у них нет, а «тоской по Турции» и религиозным убеждениям...» [13, лл. 2–4].

Наибольших объемов достигла репатриация депортированных народов. Основная часть репатриантов вернулась на Северный Кавказ сразу после реабилитации в 1957–1958 гг. Массовость репатриации привела к значительным проблемам обустройства (табл. 9). Например, в 1957 г. в Чечено-Ингушетии планировали принять 17 тыс. семей чеченцев и ингушей, но возвратилось почти в 4 раза больше семей (64 тыс.) в которых насчитывалось более 250 тыс. чел. Обустройство усугубилось тем, что отсюда на момент возвращения репатриантов, ещё не все выехали народы Дагестана и Северной Осетии. По естественным причинам эта категория мигрантов обустраивалась более успешно, чем другие плановые переселенцы Северного Кавказа [24, л. 1].

Подведем итог, плановая миграция являлась одной из массовых на Северном Кавказе в советский период. По нашим предварительным подсчетам за 1920–1960-е гг. на Северном Кавказе водворено около 800 тыс. плановых мигрантов. Данная форма миграции была представлена во всех субъектах региона.

Ареал плановых миграций на Северном Кавказе в 1920-х гг. включал в себя Черноморское побережье и Дагестан. В этот период кампании

Табл. 9. ОБЪЕМЫ РЕПАТРИАЦИИ
ДЕПОРТИРОВАННЫХ НАРОДОВ
СЕВЕРНОГО КАВКАЗА
НА 1958 Г.

Субъекты	Намечено возвратить семей	Возвратилось, семей в 1958 г.	% к итогу
ЧИАССР	17000	6660	39,2
КБАССР	6500	4335	66,7
Калмыкия	6000	6734	64,1
Карачаево-Черкесия	7500	4811	64,1
Дагестан	–	1391	–
Итого	37000	23936	64,7

Источник: [21, лл. 19–20]

по организованным переселениям провалились, не вызвав массового движения мигрантов, что во многом объяснялось добровольно-принудительным характером переселенческих мероприятий [1, с. 49], а также адаптационной политикой государства основанной на том, чтобы основные расходы по переселению несли сами переселенцы. В сложившейся ситуации отмечалась крайне сложная адаптация новоселов (особенно в Черномории). Низкая степень адаптивности приводила к массовому обратничеству мигрантов.

В следующем десятилетии (1930-е гг.) география плановых миграций в регионе расширяется за счет большинства территорий Азово-Черноморского края (современный Краснодарский край) и небольшого числа районов Северо-Кавказского края (современный Ставропольский). Массовый характер плановых миграций в этот период носили компенсационные переселения в сельскохозяйственные районы наиболее пострадавшие от голода. В условиях глубочайшего кризиса хозяйствующих субъектов, непривычных природно-климатических особенностей и враждебного отношения местного населения к мигрантам отмечался провал адаптационно-интеграционных процессов этой кампании сопровождавшийся интенсивными обратными переселениями.

В 1940-е годы в связи с вышеизложенными обстоятельствами ареал плановых миграций на Северном Кавказе включал все его субъекты. В число территорий «нового освоения» плановых миграций вошли Грозненской область, бывшая Карачаевская и Балкарская автономные области. По-прежнему плановая миграция сохранялась в Дагестане, Краснодарском крае и Северной Осетии. Экономическая адаптация мигрантов в это время в условиях послевоенной разрухи особенно сложно проходила в Краснодарском крае, а природно-хозяйственная адаптация имела плачевный результат в бывших районах Чечни, присоединенных к Дагестану, и в Грозненской области.

В 1950–1960-е гг. плановые миграции также охватывали территорию всего Северного Кавказа, при большей концентрации переселенцев в Чечено-Ингушской Республике, Карачаево-Черкесии, Кабардино-Балкарии и Дагестане. Наибольшие проблемы адаптации отмечались среди мигрантов-репатриантов (чеченцы, ингуши, карачаевцы, балкарцы) из-за массовости их возвращения на родину после реабилитации. Со сложными проблемами интеграции при успешной экономической адаптации столкнулись на Ставрополье казаки-некрасовцы и молокане, многие из которых хотели вернуться в Турцию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ
СПИСОК

1. Полян П.М. «Не по своей воле...» История и география принудительных миграций в СССР. – М., 2001. – 328 с.
2. Османов А.И. Из истории переселенческого движения и решения аграрного вопроса в Дагестане / А.И. Османов, А.С. Гаджиев, Г.А. Искендеров. – Махачкала, 1994. – С. 4–5, 7, 11–12, 21.
3. РГАЭ (Российский государственный архив экономики), ф. 5675, оп. 1, д. 7а, лл. 42, 102
4. РГАЭ, ф. 5675, оп. 1, д. 17, л. 3–126
5. РГАЭ, ф. 5675, оп. 1, д. 43, л. 9
6. РГАЭ, ф. 5675, оп. 1, д. 55, л. 37
7. РГАЭ, ф. 5675, оп. 1, д. 72, лл. 6, 47
8. РГАЭ, ф. 5675, оп. 1, д. 95, л. 20
9. РГАЭ, ф. 5675, оп. 1, д. 202, лл. 36, 131
10. РГАЭ, ф. 5675, оп. 1, д. 224, л. 2
11. РГАЭ, ф. 5675, оп. 1, д. 258, лл. 11, 24 об., 26, 36
12. ГАРФ (Государственный архив Российской Федерации), ф. а-327, оп. 1, д. 4, лл. 14–42
13. ГАРФ, ф. а-518, оп. 2, д. 20, лл. 2–4
14. ГАРФ, ф. а-327, оп. 1, д. 27, л. 44
15. ГАРФ, ф. а-327, оп. 1, д. 32, лл. 159–160
16. ГАРФ, ф. а-327, оп. 1, д. 44, л. 120
17. ГАРФ, ф. а-327, оп. 1, д. 48, л. 23
18. ГАРФ, ф. а-327, оп. 1, д. 49, лл. 29–30
19. ГАРФ, ф. а-327, оп. 1, д. 50, л. 33;
20. ГАРФ, ф. а-327, оп. 1, д. 90, л. 33.
21. ГАРФ, ф. а-517, оп. 1, д. 100, лл. 19–20
22. ГАРФ, ф. а-327, оп. 1, д. 142, л. 91
23. ГАРФ, ф. а-327, оп. 1, д. 143, л. 105
24. ГАРФ, ф. а-518, оп. 1, д. 151, л. 1
25. ГАРФ, ф. а-327, оп. 1, д. 708, лл. 46, 48

УДК 314:159.
922.63 (470)

Трифоновна З. А. [Trifonova Z. A.]

РЕГИОНАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ В УРОВНЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО СТАРЕНИЯ РОССИИ

Regional differences in the level of demographic aging Russian

В статье приводится принятая трактовка демографического старения населения и сравниваются критерии уровня старения населения, предложенные разными авторами и в разных странах. Автор дает обзор классических и современных исследований демографического старения, проводимых за рубежом и в России. В работе проведен географический анализ демографического старения населения в разрезе субъектов Российской Федерации. Типология регионов проведена на основании авторской методики дифференциации регионов России по уровню демографического старения. Рассчитав индекс старости регионов России на 1989 и 2010 г., автор выделила типы регионов по уровню старения населения. В дальнейшем был проведен сравнительный анализ состава регионов в каждом типе старения и выявлены оригинальные закономерности. Так получен вывод об углублении региональной дифференциации по уровню демографического старения. Это вывод получен впервые, т. к. предыдущие исследования, в частности работы В. Н. Барсукова, указывают на «сглаживание» уровня старения населения между регионами. Кроме того, автор указывает на явную роль этнического фактора в межрегиональной дифференциации демографического старения населения России. На это указывает совпадение концентрации этнических регионов в определенном типе старения регионов.

Ключевые слова: демография, старение населения, индексная оценка, карты, анализ, факторы.

This article provides a common interpretation of the demographic aging of the population and compared the aging of the population-level criteria that have been proposed by different authors and in different countries. The author gives an overview of the article of classic and contemporary research on demographic aging, held abroad and in Russia. In work the geographical analysis of the demographic aging of the population in the context of the Russian Federation. Differentiation of regions was based on the author's technique differences Russian regions in terms of demographic aging. Once the author has been calculated aging regions in Russia index for 1989 and 2010, the author identified the types of regions at the level of an aging population. Then there was a comparative analysis of the regions in each age class. After that, the original patterns were identified. There was thus obtained a conclusion on deepening regional differentiation in terms of demographic aging. This conclusion has been obtained for the first time since the previous studies, including the work of VN Barsukov, point to "smoothing" the level of population aging between regions. In addition, the author points to the clear role of the ethnic factor in the inter-regional differentiation of demographic aging of the Russian population. This is indicated by the coincidence of the concentration of ethnic regions in a certain type of aging regions.

Key words: demographics, the aging population, the index score, maps, analysis, factors.

АКТУАЛЬНОСТЬ И ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Демографическое старение это фундаментальный процесс, определяющий изменение возрастной структуры населения, всту-

пившего на путь демографического перехода. Он связан с ростом доли пожилых и старых людей в общей численности населения. В настоящее время каждый восьмой житель планеты находится в возрасте 60 лет и старше, а их доля составляет 12,3 % [19]. Последствия демографического старения населения, еще не до конца не осознаются сообществом. Тем не менее, накопился определенный опыт исследования демографического старения населения. В департаменте по экономическим и социальным вопросам ООН ведется мониторинг старения населения в странах мира. Европейские специалисты впервые обратились к этому феномену два столетия назад. В XIX в. А. Г. Зундберг ввел в научный оборот понятия прогрессивного, стационарного и регрессивного типов возрастной структуры, указав на соответствующие пропорциональные соотношения между возрастными группами до 15 лет и от 50 лет [2]. Позднее, уже в XX в. Э. Россет предложил принимать порог старости возраст 60 лет. Его классификация включала «молодые» страны, в которых доля лиц в возрасте 60 лет и старше во всем населении составляла менее 6 %, страны, находящиеся в «преддверии старости», где доля этой группы лиц варьирует от 8 до 12 % и «старые» страны, в которых доля лиц 60 лет и старше составляла 12 %. В свою очередь, в группе «старых» стран, предлагалось разграничение на страны с «начальным уровнем старости» (12–14 %), со «средним уровнем старости» (14–16 %), с «развитым уровнем старости» (16–18 %) и «очень высоким уровнем старости» (свыше 18 %) [16]. Вообще отметим, что вопрос определения возрастных границ уровня старения населения остается актуальным и в наши дни. И в разных странах границы «старения» населения не совпадают. Так, в России, большинство исследователей используют границу старения в 60 лет [11, 14, 15]. Некоторые исследователи подменяют возраст собственно старения населения с возрастом выхода на пенсию (мужчины в 60 лет, женщины в 55 лет). В настоящее время эксперты ООН предлагают принимать границу демографического старения возраст 65 лет и старше, выделяя три группы стран: страны с молодым населением (4 % лиц старше 65 лет), страны со зрелым населением (4–7 %) и страны со старым населением

(более 7%) [19]. Западные демографы, например, П. Ласлетт, пристально исследуют отдельную возрастную группу лиц старше 80 лет [16]. Их численность, согласно данным доклада ООН, возрастет в мире с 125 млн человек в 2015 г. до 202 млн в 2030 г. [19].

В целом, демографическое исследование пожилых людей в отечественной науке последовательно ведется со второй половины XX в. [9]. В настоящее время успешно применяются различные методики оценки и прогноза старения населения [8, 10, 11]. В гуманитарных исследованиях появились работы, посвященные проблеме занятости и рынка труда, например работа С.Г. Максимовой, Н.П. Гончаровой и О.Е. Ноянзиной [5], геронтологии в целом [1] и социологические исследования самочувствия населения разных возрастных групп [15].

Как отмечает Г.М. Федоров, старение населения – это одно из проявлений трансформации его возрастной структуры в процессе демографического перехода или демографической революции [12]. На смену пирамиде с широким основанием и узкой вершиной, приходит пирамида с узким основанием и расширенной вершиной – такова обычная динамика возрастного состава населения, наблюдаемая в ходе демографического перехода.

А. Сови, Ж. Буржуа-Пиша, А.Я. Боярский показали, что первопричиной увеличения доли пожилых людей является снижение рождаемости [2, 9]. Позднее этот тип старения населения был назван «старение снизу». Демографическое старение, связанное со снижением рождаемости было характерно для западных стран в первой половине XX в. Однако на рубеже XX–XXI вв. в этих странах все большее влияние на рост доли пожилых людей стала оказывать снижающаяся смертность в пожилых и старческих возрастах. Такой тип демографического старения населения был назван «старение сверху». Кроме того на демографическое старение населения мира влияет миграция. Сочетание множества факторов определяет возрастную структуру населения и распределение стран по доле пожилых. Последние исследования, в частности работы К. Преттнера, указывают на тесную связь между демографическим старением и уровнем роста экономики [17].

ПОСТАНОВКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Итак, население мира стареет, что проявляется в постоянном увеличении количества людей пожилого возраста. Согласно данным ООН в 1950 году доля лиц в возрасте 60 лет и старше составляла 8 % населения мира, в 2000 году – 10 %, а к 2050 году их доля достигнет 21 % [4]. Как отмечается в докладе департамента по экономическим и социальным вопросам ООН демографическое старение происходит в странах мира крайне неравномерно. Так, самой старой страной вот уже многие годы является Япония, где доля лиц старше 60 лет составляла 33 % в 2015 г. За ней следуют европейские страны: Италия – 29 %, Германия – 28 % и Финляндия – 27 %. В странах Африки доля лиц старше 60 лет составляет 5,4 %, но меньше всего эта доля наблюдается в Катаре и ОАЭ – 2,3 % [19]. Россия в этом списке находится среди группы стран с относительно высокой долей пожилых. Согласно данным Росстата, в 2010 году доля пожилого населения России составляла 21,6 %, в 2015 г. – 23,7 %, а к 2020 г. увеличится до 25,8 % [6, 7]. При этом особенность нашей страны заключается в сохранении существенных межрегиональных различий в уровне демографического старения. В связи с этим выводы экспертов ООН о выявленных закономерностях демографического старения населения мира было бы интересно проверить на российских регионах. Мы исходим из того, что демографическое старение является результатом длительных изменений в характере воспроизводства населения и на межрегиональном уровне имеет различия, связанные с разновременным действием причин старения населения.

В задачу данной статьи входит выявление территориальных различий в уровне демографического старения Российской Федерации, произошедшее с 1989 по 2010 год.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для дифференциации регионов страны по уровню старения населения мы использовали методику классификации стран, предложенную Э. Россет. Он выделил предельные границы удельного веса по-

жилых людей для разных групп стран. При этом в нашей работе общая граница «старения» была сдвинута до 65 лет, согласно рекомендациям ООН. В соответствии с критериями ООН для проведения индексной оценки старения населения мы использовали следующие границы возрастных групп: моложе 16 лет; 16–65 лет и старше 65 лет. В процессе дифференциации регионов страны по уровню старению группировка, предложенная Э. Россет, в работе была скорректирована. В частности вместо четырех групп регионов «со старым населением», выделенных Э. Россет, мы предложили три группы регионов: «с начальным уровнем старости»; «с высоким уровнем старости» и «с очень высоким уровнем старости». Для определения границ мы использовали не удельных вес пожилых, а индекс старости (I_{age}).

Индекс старости показывает, сколько пожилых людей приходится на детей и рассчитывается по формуле:

$$I_{age} = P_{(65+)} / P_{(0-16)} * 100$$

Этот индекс лучше подходит для дифференциации регионов России по уровню старения, т.к. учитывает две наиболее изменившиеся с 1989 по 2010 гг. возрастные группы. С. Бухер применил этот индекс для территориальной дифференциации уровня старения Словакии [18].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Мы исходим из того, что демографическое старение происходит как из-за длительного сокращения численности детей, вследствие снижения рождаемости, так и увеличения доли пожилых, вследствие сокращения смертности пожилых людей. Отдельная причина – миграция, меняющая возрастную структуру. Уезжают обычно молодые, а остаются пожилые.

Возрастная структура населения России существенно изменилась в период между 1989 г. и 2002 г. Доля пожилых людей, т. е. старше 65 лет

увеличилась более чем в 2 раза (таблица 1). Разница между экстремальными значениями (max и min) трех последних переписей населения была непостоянной. В 1989 г. она оставляла 18,9 единиц, в 2002 г. – 20,2, а в 2010 г. – 14,5. Состав регионов с максимальными значениями удельного веса пожилых в динамике изменился незначительно. Это регионы Центральной России. В целом к 2010 г. все регионы страны перешли в группу «старых», согласно классификации, предложенной экспертами ООН (табл. 1).

Отметим, что существенно изменился состав регионов, имеющих минимальные значения доли лиц старше 65 лет. В 1989 г. 13 регионов относились к «молодым» и 12 регионов – к «зрелым». В 1989 г. наряду с Чукотским АО минимальные значения имели другие северные окраины страны (ХМАО, ЯНАО, Камчатский АО, Таймырский АО, Эвенкийский АО, Мурманская область). Это объяснялось общегосударственной экономической политикой, связанной с освоением Севера (высокие северные надбавки и гарантированные высокие пенсии для лиц, длительное время проработавших в северных регионах страны). В таких условиях люди, старше 65 лет предпочитали уезжать на «Большую Землю», при этом в северные регионы приезжали лица в трудоспособном возрасте. Таким образом, низкая доля пожилых в возрастной структуре населения этих регионов определялась миграционным фактором. В 2000-х годах северные регионы вслед за остальными регионами России увеличили долю пожилых людей. Тем не менее, в 2010 г. в ХМАО, ЯНАО и Чукотском АО доля пожилых оставалась одной из низких в стране и не превышала 11 %.

Важно указать на действие еще одного фактора, определившего в 1989 г. дифференциацию регионов по удельному весу пожилых. В группе относительно зрелых регионов выделились российские республики (Чечня, Ингушетия, Тыва, Дагестан), показавшие 4–7 % лиц старше 65 лет в общей численности населения республик. Этот феномен хорошо объясняется сохранением в них самых высоких показателей рождаемости в России. Сказывается влияние традиций и религии. Можно сказать,

Табл. 1. ГРУППИРОВКА РЕГИОНОВ РОССИИ ПО ДОЛЕ ЛИЦ СТАРШЕ 65 ЛЕТ В ОБЩЕЙ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ, %*

	1989 г.	2002 г.	2010 г.
Россия	9,6	20,7	21,6
Регионы с максимальным значением (max)	Тамбовская область – 14,9	Тульская область – 26,7	Тульская область – 27,4
Регионы с минимальным значением (min)	Чукотский АО – 0,4	Ямало-Ненецкий АО – 6,5	Чеченская Республика – 8,5
Регионы с молодым населением – до 4 % лиц старше 65 лет	Ненецкий АО, Мурманская область, Тюменская область, ХМАО, ЯНАО, Тува, Якутия, Камчатская область, Корякский АО, Чукотский АО, Магаданская область	нет	нет
Регионы со зрелым населением – 4–7 % лиц старше 65 лет	Коми, Калмыкия, Дагестан, Алтайская Республика, Красноярский край, Иркутская область, Читинская область, Приморский край, Амурская область, Хабаровский край, Сахалинская область, Еврейская АО	ЯНАО	нет
Регионы со старым населением – более 7 % лиц старше 65 лет	Все регионы Центральной России, Северо-Запада, Поволжья, Урала, большинство регионов Северного Кавказа, Кемеровская, Новосибирская, Омская, Томская области, Хакасия	82 региона, без Крыма и Севастополя	Все регионы России, включая Крым и Севастополь

* Рассчитано автором по данным [6, 7].

что в этих республиках происходило «старение снизу». Кстати, именно за счет этого типа демографического старения Чечня, Ингушетия, Дагестан и Тыва имели плавное и медленное увеличение доли пожилых людей. К 2010 г. эти республики демонстрировали сравнительно низкую долю пожилых – 8–11 %.

Сравнивая удельный вес лиц старше 60 лет, проживающих в регионах России, за 1989–2010 гг. А.А. Шабунова и В.Н. Барсуков отметили «выравнивание старения населения» между регионами и федеральными округами [14]. Их вывод можно подвергнуть сомнению. Действительно ли происходит нивелирование регионов по уровню старения населения? И каковы географические закономерности распространения этого процесса? Понять уровень дифференциации и географию уровня старения регионов страны позволит сравнение величин индекса старения (I_{age}). Он позволяет сопоставить динамические изменения, произошедшие в регионах.

Как мы и полагали, сравнение показателей индекса за 1989 и 2010 г. между регионами не позволило увидеть сглаживания величины между регионами. Напротив, разница между экстремальными значениями индекса старости в регионах России в 2010 г. *увеличилась*. Если в 1989 г. разность между максимальной и минимальной величиной индекса старости составляла 69 единиц, то в 2010 г. она равнялась 180 единицам.

В 1989 г. самый высокий уровень старости составлял 70 пожилых в возрасте 65 лет и старше. Он наблюдался во многих регионах Центральной России, а также в некоторых областях Поволжья. На карте эти области отнесены к типу «регионов с начальным уровнем старости» (рис. 1). Некоторые автономные округа, республики и области Дальнего Востока и Сибири относились к типу «регионов с молодым населением», в них на 10 пожилых в возрасте старше 65 лет приходилось 100 детей. А в Чукотском автономном округе, имеющем самый низкий уровень старости, на 1 пожилого в возрасте старше 65 лет приходилось 100 детей в возрасте до 16 лет.

К 2010 г. регионы с молодым населением исчезли с карты России, лишь три республики (Чечня, Ингушетия и Тыва) относились к типу «регионов со зрелым населением» (рис. 2). При этом регионы Центральной России, Северо-Запада и Поволжья перешли в новые типы демографического старения. Так появился тип «регионов с очень высоким уровнем старости», среди них Тульская область, имевшая самую высокую вели-

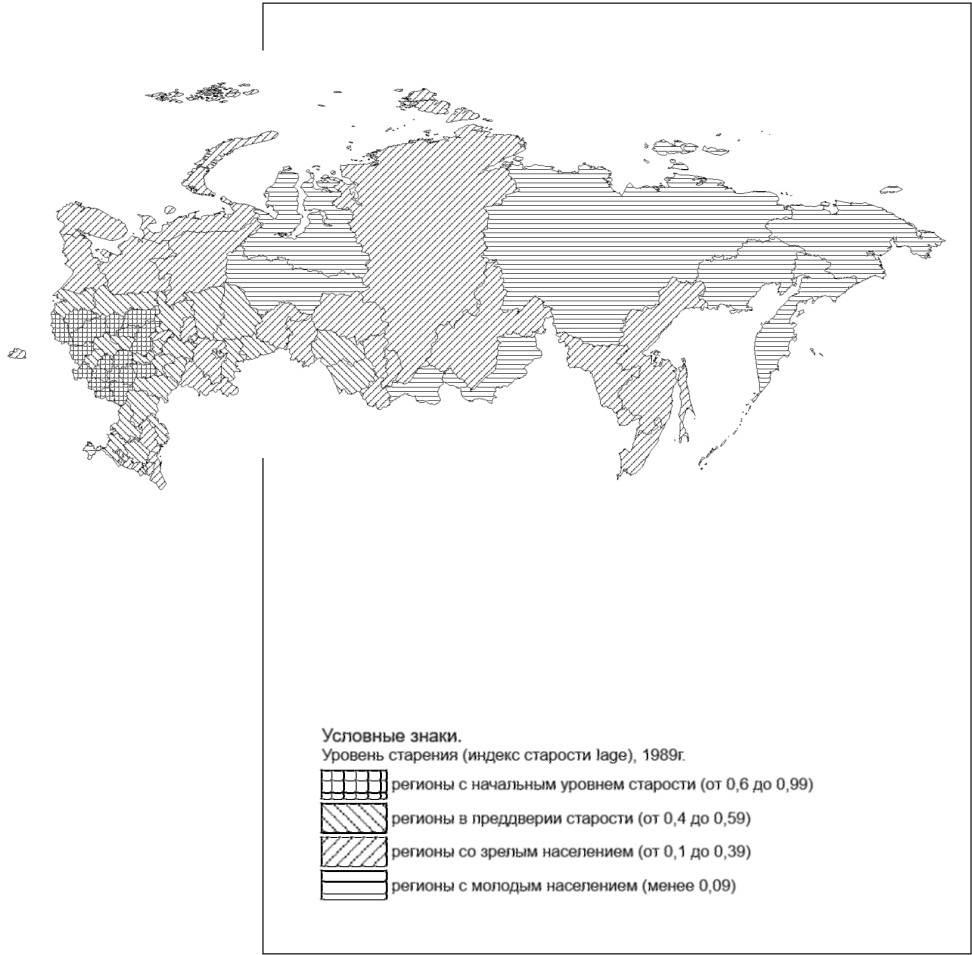


Рис. 1. Уровень старения населения регионов России, 1989 г.

чину индекса старости в 2010 г. – 210 пожилых на 100 детей. Довольно обширной оказалась группа областей, краев и некоторых республик, относящихся к типу «регионов с высоким уровнем старости», в них индекс варьирует от 100 до 149 пожилых на 100 детей. Оба типа регионов встречаются во всех федеральных округах. Массово тип с очень высоким уровнем

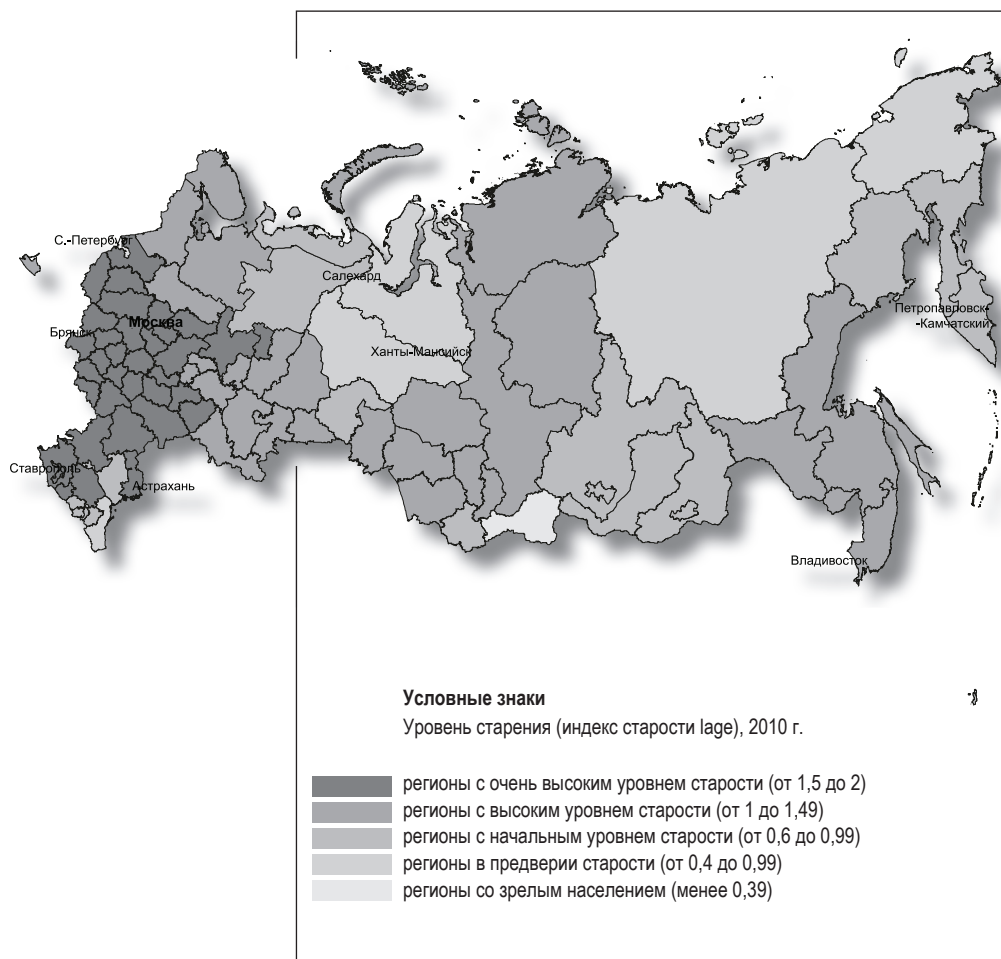


Рис. 2. Уровень старения населения регионов России, 2010 г.

нем старения представлен в Центральной России, также он встречается в Поволжье и на Северо-Западе, а тип с высоким уровнем старения вкраплен повсеместно, в том числе на Урале, в Сибири и на Дальнем Востоке (рис. 2). По-видимому, во всех выше названных регионах произошел переход к «старению сверх», особенно в регионах с очень высоким уровнем

старости. В связи с тем, что потенциал рождаемости в данных регионах крайне низкий и вот уже длительное время сохраняет низкие значения. А достижения медицины способствуют медленному увеличению продолжительности жизни и снижению смертности во всех возрастных группах, в том числе и в группе пожилых.

Интересно, что по сравнению с 1989 г. в 2010 г. сохранился тип регионов «с начальным уровнем старости» (рис. 1 и 2). Однако, состав регионов полностью поменялся. Если в 1989 г. к этому типу относились области Центральной России, то в 2010 г. – практически все российские республики и округа, а также края. Они встречаются на европейском Севере, Северном Кавказе, в Сибири и на Дальнем Востоке. К этому же типу относится Республика Крым, в которой довольно высока доля трех этносов: русских, татары, украинцев.

Этнический фактор становится еще более явным при рассмотрении двух следующих типов «регионов в преддверии старости» и «регионов со зрелым населением» (рис. 2). В составе регионов в преддверии старости находится 3 автономных округа (ХМАО, ЯНАО и Чукотский АО) и 2 республики (Дагестан и Якутия). Ну и как было отмечено выше, в составе регионов со зрелым населением находятся 3 республики (Чечня, Ингушетия и Тыва).

ВЫВОДЫ

Итак, расчеты по предложенному индексу старения позволили провести сравнительный анализ динамики старения населения в регионах России, а также обнаружить новые факторы, определяющие протекание демографического старения. Происходит углубление региональной дифференциации по уровню демографического старения. Процесс старения ускорился, в силу того, что с 1989 по 2010 г. резко сократилась доля детей. В итоге к 2010 г. с карты России «исчезли» регионы с молодым населением, лишь три российские республики относятся к регионам со зрелым населением. Все остальные субъекты Российской Федерации относятся к типу старых регионов.

К 2010 г. в 63 регионах пожилые стали преобладать над детьми. География таких регионов обширна. В целом она совпадает с основной полосой расселения. Довольно широко типы регионов с очень старым и старым населением представлены в Европейской части страны, за Уралом, к востоку эта полоса сужается. Таким образом, в большинстве регионов России произошла смена факторов старения, «старение снизу» замещено «старением сверху». В связи с этим важно, чтобы региональные правительства учитывали тип демографического старения населения своих регионов при разработке программных документов, ориентированных на потребности пожилых людей. Особенно это актуально для регионов с очень высоким и высоким уровнем старения, т. е. для регионов Центральной России. В них требуется комплекс мероприятий, связанный с занятостью, здравоохранением, социальной защитой пожилых.

Изменившийся состав «регионов со зрелым населением» и «регионов в преддверии старости» указывает на этнический и религиозный фактор. Сохраняющиеся традиции многодетности, способствуют высокой рождаемости в российских республиках, что в свою очередь определяет высокую долю детей в возрасте до 16 лет. Однако, возможна иная трактовка этого феномена. По мнению экспертов ООН, уровень старения хорошо коррелирует с уровнем развития, т.е. в высокоразвитых странах наблюдается высокий уровень старения населения и наоборот. Интерпретируя данное положение в случае с российскими республиками, автономными округами или некоторыми краями, можно указать на сравнительно низкие темпы развития этих регионов. Это хорошо «ложится» на случай с Ингушетией, Тывой, Еврейской автономной областью, Забайкальским краем, Иркутской областью, Бурятией, Алтаем и республиками Северного Кавказа. В то же время примеры успешного экономического роста Тюменской области, ХМАО, ЯНАО, Якутии и Чечни не могут коррелировать с низким уровнем старения населения в них. Все это указывает на необходимость детального анализа новых факторов демографического старения, таких как политические и экономические условия, этнические или религиозные традиции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Альперович, В. Д. Социальная геронтология: учеб. пос. / В.Д. Альперович. Ростов-на-Дону, Феникс, 2008. 146 с.
2. Барсуков В.Н. Демографическое старение населения: методы оценки / Вопросы территориального развития. Вып. 4 (14). 2014 / URL: / <http://cyberleninka.ru/article/n/demograficheskoe-starenie-naseleniya-metody-otsenki>
3. Всесоюзная перепись населения 1989 г. Распределение населения регионов РСФСР по полу и возрасту (однолетние возрастные группы) http://demoscope.ru/weekly/ssp/rus_age1_89.php
4. Доклад ООН о развитии в условиях старения населения мира [Электронный ресурс]. 2007. Режим доступа : <https://www.un.org/ru/development/surveys/docs/wess2007.pdf>
5. Максимова С.Г., Ноянзина О.Е. Социально-экономические последствия демографического старения населения России. Науч. ст. / С. Г. Максимова, О. Е. Ноянзина и др. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, № 11 (73), 2010. С. 87-91.
6. Население по возрастным группам и полу по субъектам Российской Федерации URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm
7. Население по полу и возрастным группам по субъектам Российской Федерации URL: <http://www.perepis2002.ru/index.html?id=31>
8. Пожилые люди в современном российском обществе: препринт / А.А. Шабунова, В.Н. Барсуков, О.Н. Калачикова, М.В. Морев. – Вологда: ИСЭРТ РАН. 2015. 111 с.
9. Процесс старения населения: демографическое исследование / Э. Россет; Пер. с польск. Н. Н. Малютина, Э. Н. Фарберова, Ред. А. Г. Волков. М.: Статистика, 1968. 509 с.
10. Сапожникова Т.И. Демографическое старение: прогнозы, причины, последствия // Научный журнал КубГАУ, №25(1), январь 2007 / URL/ <http://ej.kubagro.ru/2007/01/pdf/10.pdf>
11. Тимонина, М.Н. Региональные особенности старения и экономическая активность пожилых в России (по данным переписей населения 2002, 2010 гг.) / М.Н. Тимонина. М., 2014. 93 с.
12. Трифонова З.А., данилов И.П. Демографический потенциал регионов России и анализ региональной демографической политики (на примере Приволжско-го Федерального округа) // Вестник чувашского университета. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2010, № 4. С. 457-462

13. Федоров Г. М. Геодемографическая обстановка: теория и методические основы / Г. М. Федоров; под. ред. Н. Т. Агафонова. Л.: Наука, 1984. 112 с.
14. Шабунова А.А., Барсуков В.Н. Тенденции демографического старения населения российской Федерации и пути их преодоления // Проблемы развития территории. Вып. 1 (75). 2015. С. 76-87.
15. Шмерлина И.А. «Либерализация старения»: теоретические иллюзии и эмпирические «аномалии» // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены, №4, 2013. С. 71-83.
16. Laslett P. What is Old Age? Variation over the Time and between Cultures. In: Caselli G., Lopez A.D. (eds.) // Health and Mortality among Elderly Populations. – Oxford University Press, New York. 1996. P. 21-39.
17. Prettner K. Population aging and endogenous economic growth// Journal of population economics. 2013. v. 26. №. 2. P. 811-834.
18. Slavomir Bucher. Population aging and changes in the age structure of Slovakia // Journal for Geography. 2012. №7. С.7-24
19. World Population Ageing. 2015. Highlights / Department of Economic and Social Affairs – New York. United Nations, 2015. 32 p.

УДК 911.37

Чернова И.В. [Chernova I.V],

МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕРАКТИВНОГО АТЛАСА «ГОРНОЕ РАССЕЛЕНИЕ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА»

The methodology of creating interactive atlas mountain resettlement of the North Caucasus»*

В статье рассматривается необходимость создания Атласа расселения республик Северного Кавказа, обусловленная возвратом интереса к проблемам горного населения региона, а также большим объемом накопившейся неструктурированной информации в данной области. Описываются подходы и методы создания интерактивного атласа, основанные на существующем опыте, применении передовых геоинформационных технологий, а также интеграции геоинформационных технологий и Веб. Раскрывается структура и содержание аналитических материалов, структура их представления. Описываются этапы подготовки атласа в программной среде ArcGis и конвертирование готовых макетов в формат, пригодный для интерактивной работы с помощью Веб-браузеров, а также основные возможности использования интерактивного атласа.

Ключевые слова: географический атлас, эволюция расселения, сеть поселений, геоинформационные технологии, территориальный анализ расселения, Веб-картографирование.

The article discusses the need to create the Atlas of settlement in the republics of the North Caucasus, due to the return of interest in the problems of the mountain population in the North Caucasus, as well as large volumes of unstructured information accumulated in this area. Describe the methods and approaches of creating interactive Atlas, based on existing experience, application of advanced GIS technologies, and integration of GIS technologies and the Web. Reveals the structure and content of analytical materials, the structure of their presentation. Describes the stages of preparation of the Atlas software environment of ArcGis and converting layouts into a format suitable for interactive work with Web browsers, as well as the main functionality of using the interactive Atlas.

Key words: Atlas, evolution of settlement, the network of settlements, GIS technology, spatial analysis of settlement, Web mapping.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях современного российского федерализма происходит формирование новых тенденций в расселении страны. Сложный этнический состав, особенности природных условий и характера расселе-

* Статья подготовлена в рамках выполнения работ по гранту РФФИ № 16-35-00455.

ния республик Северного Кавказа при наличии существенных экономических, культурных и политических противоречий способствовали возникновению пристального интереса ученых к проблемам этого региона. Большая часть исследований в настоящее время выполняется в историческом и политологическом ракурсе. В то же время географический аспект при изучении расселения в многонациональном регионе позволяет адекватно определять причины социально – политических и культурных явлений. Учет пространственных особенностей трансформации расселения может способствовать более эффективному осуществлению региональной политики. Ключевой доминантой, воздействующей на условия жизнедеятельности в республиках Северного Кавказа, был и остается территориальный фактор.

Атласы как инструмент изучения и визуализации расселения сегодня приобретают большую популярность. Место традиционных бумажных атласов давно заняли современные электронные, которые обладают рядом преимуществ. Новым этапом в развитии атласной картографии стало появление интерактивных атласов. Кроме картографической части данные атласы могут содержать обширные статистические данные, справочную информацию, представленную в текстовом виде, а также позволяющих вести диалог между пользователем и картографическим ресурсом [1].

В связи с необходимостью систематизировать и визуализировать данные по расселению на Северном Кавказе существует потребность в разработке комплексной системы анализа и обработки данных, обеспечивающих решение задач по его ретроспективной оценке расселения и трансформации. Однако, вследствие неоднородности расселения требуется использование регионально ориентированных подходов. Результатом выполнения этой задачи может выступить создание интерактивного атласа, содержащего статистическую, пояснительную и графическую информацию. Использование современных геоинформационных средств для создания такого атласа гарантирует достоверность, непротиворечивость, полноту и современность информации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Несмотря на свою перспективность и широкие функциональные возможности, опыт создания современных интерактивных атласов не велик. К тому же, расселенческая тематика при создании интерактивных атласов встречается достаточно редко. Конечно, описанию и анализу расселенческих процессов посвящены отдельные разделы комплексных электронных атласов, но объем информации в них может иметь лишь ознакомительный характер.

Наиболее ярким примером разработки и применения интерактивного атласа является исследование ФБУ ВНИИЛМ, цель которых – совершенствование информационного обеспечения управления лесным хозяйством федерального уровня за счет практического использования программных средств ГИС для создания карт по данным отраслевой отчетности и сведениям государственного лесного реестра. В результате удалось подготовить off-line версии атласа интерактивных карт информационно-справочного типа, составленных по данным государственного лесного реестра для Центрального и Северо-Западного федеральных округов.

Еще одним диаметрально противоположным примером создания интерактивного атласа служит опыт Воронежского государственного технического университета по созданию интерактивного экологического атласа Воронежской области. Интерактивный WEB-атлас, автоматизирует процессы обработки и анализа данных, поступающих в результате мониторинговых измерений в точках наблюдения за состоянием окружающей среды и предназначенной для оперативной оценки и прогноза развития экологической обстановки.

При использования основных достоинств геоинформационных систем, автоматизации процессов анализа и визуализации, представляется возможность понимания реальной расселенческой обстановки на определенной территории и отражения скрытых тенденций и особенностей, которые совершенно невозможно увидеть при табличной организации данных. В связи с этим представляется целесообразным использование современных геоинформационных технологий. Ввиду того, что боль-

шинство информационных ресурсов данной области являются недоступными для пользователей, необходима разработка такого атласа населения, который мог бы быть опубликован и интегрирован в сеть Интернет. Для выполнения этой задачи может быть использовано серверное Web-приложение (GISWebServer), предназначенное для публикации и интеграции в Интернет пространственных информационных ресурсов – различных электронных карт, как источников информации о пространственных объектах, информации из логически связанных баз данных, баз метаданных пространственных объектов и различной справочной информации [4].

Мы предлагаем использовать настраиваемое приложение GISWebServer. Имея базу данных, можно настроить работу приложения в соответствии с ее типом и структурой, определить список используемых карт и их связь с таблицами, определить права доступа пользователей к данным. В приложении имеется набор функций к интерактивной электронной карте, выполняется поиск и фильтрация информации в базах данных, применяется механизм идентификации пользователей для защиты информации и обеспечения безопасности данных. Среди возможностей данного приложения имеют место: автоматическое изменение размера рисунка; изменение состава отображаемых карт; использование изображений карты с WMTS-серверов и популярных геопорталов (OpenStreetMap, Google, Яндекс); печать карты, в том числе с комбинированными данными из различных источников; периодическое обновление изображения карты (позволяет создавать системы слежения за подвижными объектами). Кроме того, GISWebServer обеспечивает отображение геоинформационных и аналитических данных на мобильных устройствах Apple.

GISWebServer можно встраивать в страницы внешнего сайта или портала. С помощью параметров можно открывать необходимые карты и таблицы баз данных, устанавливать масштаб отображения карты и размера окна, выбирать положение отображаемого в окне фрагмента карты, находить на карте объекты, управлять составом отображаемых карт и слоев карты.

Другой способ интеграции расселенческих карт в сеть Интернет заключается в создании динамического сайта в одном из специа-

лизированных программных продуктов, таких как AdobeDreamweaver, MicrosoftOfficeSharePoint, AceHTML и т.п.

В результате может быть получен полноценный интерактивных атлас расселения республик Северного Кавказа, доступный для широкого круга лиц. Интерактивный WEB-атлас, созданный на базе геоинформационной системы, автоматизирующей процессы обработки и анализа данных, предназначенной для оперативной оценки и прогноза развития ситуации в расселении региона, может стать решением таких задач как: визуализация динамики населения на фоне тематической информации, трансформации расселения методом интерполяции; построение графиков и диаграмм динамики населения и расселения; возможность подготовки отчетов, презентаций и аналитических справок [4]

Структура подразделов атласа, включающих интерактивные карты, идентична структуре веб-сайта и представляет собой иерархичную систему HTML-страниц с внедрением в них SVG-кодом и скриптами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИИ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Предлагаемый атлас «Горное расселение Северного Кавказа» будет включать карты как в целом по Северному Кавказу, так и в разрезе республик и муниципальных районов, а также высотных поясов. Основополагающими этапами подготовки картографических сюжетов для интерактивного атласа служат:

1. Подготовка картографической базы данных с административными границами различного уровня.
2. Обработка данных переписей населения и текущего учета в программную среду ГИС.
3. Совмещение картографических баз данных с атрибутивными таблицами, содержащими данные о расселении в различных территориальных разрезах. Формирование баз геоданных.

4. Конвертирование макетов карт (фреймов) в формате SVG. Верстка и отладка интерактивного атласа.

Все картографические сюжеты и аналитическая информация разделены на несколько частей: исторический демографический, миграционный и расселенческий блоки.

Исторический блок

позволяет выявлять основные направления освоения территории и образования новых поселений в определенный временной период. Основную базу блока составляют архивные материалы, карты и результаты историко-географических исследований. Имеется возможность визуализации информации в виде диаграмм и графиков. Основные возможности ГИС отвечают за визуализацию информации в картографическом виде.

Демографический и миграционные блоки

призваны осуществлять аналитическую поддержку при ретроспективном анализе демографических и миграционных процессов на различных территориальных уровнях. Информационной базой для этих блоков служат материалы Госкомстата РФ и республик Северного Кавказа, начиная с 1959 г., данные переписей населения и текущего учета, талоны прибытия/выбытия мигрантов, немаловажную роль играют и расчетные данные.

Расселенческий блок служит для анализа пространственно-временной трансформации сельского расселения. Основная составляющая данного блока – показатели сельской поселенческой сети (плотность сельского населения, количество и густота сельских поселений, средняя людность, доля поселений различной людности в структуре поселенческой сети и др.). Данный блок позволяет судить о характере и масштабах изменений, произошедших с сетью поселений как за весь исследуемый период, так и в течение отдельных межпереписных периодов [6].

Все тематические блоки логически и функционально связаны между собой, что позволяет, не меняя структуры базы данных, получать разнообразные аналитические выборки для конкретно поставленных задач. Использование передовых программных и технических средств, таких как геоинформационные системы, позволяет создать модели, отражающие динамику происходящих процессов, увидеть их закономерности и выявить особенности, что непосредственно влияет на эффективность разработки системы принятия решений, на которые и направлены современные геоинформационные системы. Таким образом, в картографической системе происходит не только подготовка отдельных карт и выстраиваются тематические сюжеты (карты, графики, диаграммы и т.д.), но и создаются целые, готовые к использованию программы.

Отметим, что проделанная работа была основана на существующем опыте по созданию электронных атласов и ГИС. Так на базе Ставропольского государственного университета, позднее Северо-Кавказского федерального университета и Южного научного центра РАН инициативной группой, в состав которой вошли В.С. Белозеров, П.П. Турун, В.М. Эшроков и др., проводилась работа по созданию ГИС «Население Южного Федерального округа». Позднее в рамках научной школы «Трансформация воспроизводства, расселения и образа жизни населения» были подготовлены как ряд бумажных, так и электронные атласы, одним из ярких представителей которых стал «Атлас расселения народов России» [1].

ВЫВОДЫ

Использование современных интерактивных атласов при изучении расселения имеет целый ряд преимуществ. Пользователи имеют возможность визуализировать данные в области расселения, управлять содержанием карт информационно-справочного типа, а именно осуществлять навигацию и переключение между разделами атласа, подключать или отключать отдельные слои, изменять масштаб карт без потери качества, распечатать карты и атрибутивную информацию и т.д.

При всех этих преимуществах установка специализированного программного обеспечения или обновления не требуется. При формировании запроса не требуется и введение сложных логических выражений, которые необходимы при работе в среде ГИС. Интерактивные карты управляются Веб-браузерами. Все это выводит картографирование на более эффективный и прикладной характер использования, позволяющий не только анализировать изменения в расселении Северного Кавказа на современном этапе, но и принимать обоснованные прогностические решения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белозеров В.С., Черкасов А.А., Чихичин В.В. Атлас расселения народов России: подходы и особенности создания / В.С. Белозеров // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2013. № 6(39). С. 31–36.
2. Лурье, И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков / И.К. Лурье. М.: КДУ, 2008. 424 с.
3. Малышева Н.В., Золина Т.А., Владимирова Н.А. Методика и практический опыт создания электронного атласа и интерактивных карт информационно-справочного типа по данным государственного лесного реестра / Н.В. Малышева // Лесохозяйственная информация. 2009. № 1. С. 3-9.
4. Казьмина И.Г. Создание экологического веб-атласа Воронежской области на основе ГИС-технологий / И.Г. Казьмина, Н.В. Мозговой, Л.Т. Рязанцева // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В. И. Вернадского. 2013. № 3 (47). С. 76-84.
5. Сваткова Т.Г. Атласная картография / Т. Г. Сваткова. Москва : Аспект Пресс, 2002. 203 с.
6. Турун П.П. Геоинформационный анализ эволюции расселения Республик Северного Кавказа / П.П. Турун, И.В. Чернова // ИнтерКарто / ИнтерГИС-21. Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение: материалы Междунар. науч. конф. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2015. С. 149–153.

УДК 591.67

**Шкарлет Г. П. [Shkarlet G. P.],
Шкарлет К. Ю. [Shkarlet K. Yu.],
Василенко Н. Ф. [Vasilenko N. F.],
Григорьев М. П. [Grigoryev M. P.]**

НАСЕЛЕНИЕ ПТИЦ И МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЛЕСОПОЛОС В ПРИРОДНОМ ОЧАГЕ КРЫМСКОЙ ГЕМОРРАГИЧЕСКОЙ ЛИХОРАДКИ НА ТЕРРИТОРИИ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

**The population of birds and small mammal forest
belts in the natural center of the crimean hemor-
rhagic fever in the territory of Stavropol region**

Представлен видовой состав птиц и грызунов по всем ландшафтным провинциям Ставропольского края. Установлено, что в полезащитных насаждениях обитает 84 вида птиц и 12 видов мелких млекопитающих. В провинции предгорных ландшафтов – 58 и 8 видов, в лесостепных – 55 и 6, в степных – 51 и 8, в полупустынных – 45 и 9 видов соответственно. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что доминирующие виды птиц в полезащитных насаждениях имеют неодинаковое эпизоотологическое значение. Грач является доминирующим видом в лесополосах степных и полупустынных ландшафтах края, что и определяет его роль как основного прокормителя преимагинальных фаз иксодового клеща *Hyalomma marginatum*. Доминирующими видами среди грызунов являются *Sylvaeus uralensis*, *Mus musculus* и *Microtus arvalis*, меняя свое лидирующее значение по ландшафт-ным зонам. Инфицированные возбудителями ЛЗН и КГЛ птицы, грызуны и насекомоядные регистрировались во всех ландшафтных провинциях, что в свою очередь определяет даль-нейшую необходимость проведения эпизоотологического мониторинга за этими и другими природно-очаговыми инфекциями.

Ключевые слова: птицы, мелкие млекопитающие, арбовирусные ин-фекции, Крымская геморрагическая лихорадка, лихорадка Западного Нила, лихорадка Батаи.

The specific structure of birds and rodents on all landscape provinces of Stavropol Krai is presented. It is established that 84 bird species and 12 species of small mammals live in field-protecting plantings. In the province of foothill landscapes – 58 and 8 types, in forest-steppe – 55 and 6, in steppe – 51 and 8, in semidesertic – 45 and 9 types respectively. The data obtained by us, demonstrate that the dominating bird species in field-protecting plantings have unequal epizootologicheskoy value. The rook is the dominating look in forest belts steppe and semi-desertic landscapes of edge, as defines his role as main prokormitel the preimaginalnykh of phases of an ixodic tick of *Hyalomma marginatum*. The dominating types among rodents are *Sylvaeus uralensis*, *Mus musculus* and *Microtus arvalis* changing the leading value on landscape zones. The birds infected with LZN and KGL activators, rodents and insectivorous were registered in all landscape provinces that in turn defines further need of carrying out epizootologicheskoy monitoring of these and other natural and focal infections.

Key words: birds, small mammals, arbovirusny infections, Crimean hemorrhagic fever, Western Nile fever, Bataille fever.

Полезащитные насаждения в степных и лесостепных ландшафтах Ставропольского края представляют собой своеобразные «каналы» миграции, по которым происходит проникновение видов в смежные природные зоны. Для этих образований характерен экотонный эффект, выражающийся в увеличении числа видов и их плотности на ограниченной территории. В связи с этим изучение биоты лесополос ландшафтов, особенностей её формирования и структуры в настоящее время является актуальной задачей.

Решающее значение в глобальных перемещениях вирусных популяций имеют сезонные миграции животных и, прежде всего, птиц. Наибольший эколого-эпизоотологический интерес представляют места массовых и продолжительных концентраций птиц во время сезонных перелетов, где наиболее вероятен обмен возбудителем между птицами и другими компонентами биоценозов [1]. Участие мелких млекопитающих в циркуляции возбудителей арбовирусных инфекций также имеет большое эпизоотологическое значение.

Целью наших исследований явилось изучение населения птиц и мелких млекопитающих полезащитных насаждений во всех ландшафтных провинциях Ставропольского края и определение их роли в распространении арбовирусных инфекций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сведения о плотности населения птиц получены при проведении стандартных маршрутных учетов. Данные по численности мелких млекопитающих получены путем выставления давилок «Геро» в количестве 100–200 ловушко-ночей (л/н). Всего отработано 14370 л/н, поймано 1078 особей мелких млекопитающих.

За период наблюдений в полезащитных насаждениях отмечено 84 вида птиц и 12 видов мелких млекопитающих. Из них в провинции предгорных степных и лесостепных ландшафтах – 58 и 8 видов, в лесостепных – 55 и 6, в степных – 51 и 8, в полупустынных – 45 и 9 видов соответственно.

Для лабораторного исследования у мелких млекопитающих и птиц брали головной мозг и печень, готовили 10%-ную суспензию и исследовали методом иммуноферментного анализа. Для выявления антигена вируса

Крымской-Конго геморрагической лихорадки (ККГЛ) использовали тест-системы производства ЗАО «ВекторБест» (п. Кольцово, Новосибирской обл.). Антиген вируса Западного Нила (ЗН) выявляли с помощью набора реагентов «ЗН-антиген» производства ЗАО «Биосервис» (Боровск, Калужской обл.), антиген вируса Батаи – тест-системой иммуноферментной института вирусологии им. Д.И. Ивановского (Москва). Для ландшафтного анализа использовалась ландшафтная карта Ставропольского края [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ландшафтные провинции Ставропольского края значительно отличаются по климатическим показателям, рельефу, почвам, растительным группировкам, а также по комплексам животных, населяющих конкретные биотопы. Рельеф разнообразен и делится по абсолютным высотам на низменный, возвышенный и горный. Климат Ставропольского края умеренно-континентальный, количество осадков колеблется от 350 мм до 600 мм. Большая часть территории Ставропольского края относится к степной зоне. В распределении растительности отмечается закономерность, проявляющаяся в смене растительного покрова с юго-запада на северо-восток. В этом направлении уменьшается количество злаков и начинает преобладать полынь [2].

ПРОВИНЦИЯ ПРЕДГОРНЫХ СТЕПНЫХ И ЛЕСОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ БОЛЬШОГО КАВКАЗА

Комплекс мелких млекопитающих в лесополосах провинции предгорных степных и лесостепных ландшафтов представлен 8 видами: *Sylvaemus uralensis*, *Mus musculus*, *Apodemus agrarius*, *Mesocricetus raddei*, *Micromys minutus*, *Microtus arvalis*, *Microtus socialis* и *Cricetulus migratorius*. В период эпизоотологического обследования наибольший процент попадания мелких млекопитающих составил 21,4–33,2% в лесополосах вдоль полей с сельскохозяйственными культурами. Средний процент попадания колебался 9,3–10,7%. В отловах доминировали *Sylvaemus uralensis* и *Mus*

musculus, встречающиеся в лесополосах, на окраинах полей и на участках разнотравных степей. Достаточно многочисленным видом на данных участках также была *Apodemus agrarius*. *Mesocricetus raddei* и *Micromys minutus* не были отмечены нами в лесополосах других ландшафтных провинций.

Орнитокомплексы полезащитных насаждений в различных ландшафтных провинциях края отличаются составом доминирующих видов птиц, наборы же фоновых видов совпадают. Плотность населения птиц в провинции предгорных степных и лесостепных ландшафтов составляет 21,7 пар/км. Орнитокомплекс представлен 58 видами птиц: *Buteo buteo*, *Falco subbuteo*, *Falco vespertinus*, *Falco tinnunculus*, *Coturnix coturnix*, *Perdix perdix*, *Phasianus colchicus*, *Crex crex*, *Columba palumbus*, *Streptopelia decaocto*, *Streptopelia turtur*, *Cuculus canorus*, *Otus scops*, *Picus viridis*, *Dendrocopos major*, *Melanocorypha calandra*, *Alauda arvensis*, *Anthus trivialis*, *Motacilla alba*, *Lanius collurio*, *Lanius minor*, *Sturnus vulgaris*, *Garrulus glandarius*, *Pica pica*, *Corvus frugilegus*, *Corvus corax*, *Corvus cornix*, *Troglodytes troglodytes*, *Sylvia atricapilla*, *Sylvia communis*, *Sylvia nisoria*, *Phylloscopus collybita*, *Saxicola torquata*, *Phoenicurus phoenicurus*, *Erithacus rubecula*, *Caprimulgus europaeus*, *Oriolus oriolus*, *Luscinia luscinia*, *Turdus merula*, *Turdus philomelos*, *Remiz pendulinus*, *Parus caeruleus*, *Parus major*, *Passer montanus*, *Fringilla coelebs*, *Fringilla montifringilla*, *Chloris chloris*, *Carduelis carduelis*, *Acanthis cannabina*, *Carpodacus erythrurus*, *Coccothraustes coccothraustes*, *Emberiza calandra*, *Emberiza citrinella*, *Emberiza hortulana*. В лесополосах этой провинции учтены также: *Turdus viscivorus*, *Phylloscopus trochilus*, *Dendrocopos minor*, *Scolopax rusticola* – виды, не отмеченные в лесополосах других ландшафтных провинций [3].

Доминирующим видом в весеннее время является лесной конёк *Anthus trivialis*, показатель обилия которого составляет 1,96 пар/км, к наиболее многочисленным видам относятся чёрный дрозд – 1,7 пар/км, большая синица – 0,81 пар/км, пёстрый дятел и обыкновенный дубонос по – 0,96 пар/км. В летнее время доминантом является большая синица – 1,5 пар/км. К наиболее многочисленным видам относятся чёрный дрозд и лесной конёк – по 1,4 пар/км; количество зяблика, как и полевого воробья, увеличивается до 1,1 пар/км.

ПРОВИНЦИЯ ЛЕСОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Комплекс мелких млекопитающих в лесополосах лесостепной провинции представлен 7 видами: *Microtus arvalis*, *Mus musculus*, *Sylvaemus uralensis*, *Microtus socialis*, *Cricetulus migratorius*, *Dryomys nitedula* и представителями рода *Sorex* sp. Ранее в данной провинции помимо этих видов отмечались *Apodemus agrarius* и *Crocidura suaveolens* [4]. В отловах доминировала *Sylvaemus uralensis*, к наиболее многочисленным видам относятся *Mus musculus* и *Microtus arvalis*. Установлено, что процент попадания мелких млекопитающих по биотопам варьирует от 1,6% до 18,5%. Наибольший процент попадания отмечен на границе пашни с зерновыми культурами и полезащитными насаждениями (7,1–18,5%). В лесополосах с кустарниковым подростом процент попадания составил 5,6–8,2%, в лесопосадках вдоль рек и каналов 6,5–7,3%.

Плотность населения птиц в полезащитных насаждениях лесостепной провинции составляет – 22,1 пар/км. Орнитокомплекс представлен 55 видами птиц: *Buteo buteo*, *Falco subbuteo*, *Falco vespertinus*, *Falco tinnunculus*, *Coturnix coturnix*,¹ *Milvus migrans*, ²*Aquila heliaca*, *Phasianus colchicus*, *Crex crex*, *Columba palumbus*, *Streptopelia decaocto*, *Streptopelia turtur*, *Cuculus canorus*, *Otus scops*, *Picus viridis*, *Dendrocopos major*, *Dryocopus martius*, *Melanocorypha calandra*, *Alauda arvensis*, *Anthus trivialis*, *Motacilla alba*, *Lanius collurio*, *Lanius minor*, *Sturnus vulgaris*, *Garrulus glandarius*, *Pica pica*, *Corvus frugilegus*, *Corvus cornix*, *Troglodytes troglodytes*, *Sylvia atricapilla*, *Sylvia communis*, *Phylloscopus collybita*, *Ficedula parva*, *Phoenicurus phoenicurus*, *Erithacus rubecula*, *Caprimulgus europaeus*, *Oriolus oriolus*, *Luscinia luscinia*, *Turdus merula*, *Turdus philomelos*, *Remiz pendulinus*, *Parus caeruleus*, *Parus major*, *Passer montanus*, *Fringilla coelebs*, *Fringilla montifringilla*, *Chloris chloris*, *Carduelis carduelis*, *Acanthis cannabina*, *Carpodacus erythrinus*, *Coccothraustes coccothraustes*, *Emberiza*

1 Цифра над видом птицы указывает на порядковый номер в библиографическом списке

calandra, *Emberiza citrinella*, *Emberiza hortulana*, *Emberiza melanocephala*. Доминирующим видом в данной провинции, как в весенний, так и в летний период, является большая синица, показатель обилия которой составляет 3,25 пар/км. К наиболее многочисленным видам относятся: чёрный дрозд – 2,0 пар/км, пеночка-теньковка – 1,54 пар/км, полевой жаворонок – 1,4 пар/км, полевой воробей – 1,31 пар/км, просянка – 1,26 пар/км, зяблик – 1,21 пар/км, зеленушка – 1,0 пар/км, пёстрый дятел – 0,86 пар/км.

ПРОВИНЦИЯ СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Комплекс мелких млекопитающих в лесопосадках провинции степных ландшафтов представлен 8 видами: *Mus musculus*, *Sylvaemus uralensis*, *Microtus arvalis*, *Microtus socialis*, *Cricetulus migratorius*, *Meriones tamariscinus*, *Dryomys nitedula* и представителями рода *Sorex sp.* *Crocidura suaveolens* наряду с этими видами отмечалась ранее на данной территории [4]. В отловах со значительным преимуществом доминировала *Sylvaemus uralensis*, достаточно многочисленными видами также были *Mus musculus* и *Microtus arvalis*. В засушливой части степной и полупустынной провинций на бугристых полузакрепленных песках с многолетними злаками, в зарослях узколистного лоха, в виноградниках, а также на полях с сорной растительностью была отловлена *Meriones tamariscinus*. Средний процент попадания мелких млекопитающих составил 8,4–9,3%, на отдельных участках достигая 21,8–32,4% (окраины полей с зерновыми культурами).

В провинции степных ландшафтов в полезащитных насаждениях орнитокомплекс представлен 51 видом птиц: *Buteo buteo*, *Falco subbuteo*, *Falco vespertinus*, *Falco tinnunculus*, *Accipiter nisus*, *Coturnix coturnix*, *Perdix perdix*, *Phasianus colchicus*, *Columba palumbus*, *Streptopelia decaocto*, *Streptopelia turtur*, *Cuculus canorus*, *Otus scops*, *Asio otus*, *Picus viridis*, *Dendrocopos major*, ⁸*Nycticorax nycticorax*, ⁸*Egretta garzetta*, ⁸*Ardea cinerea*, *Melanocorypha calandra*, *Alauda arvensis*, *Galerida cristata*, *Calandrella cinerea*, *Calandrella rufescens*, *Lanius collurio*, *Lanius minor*, *Oriolus oriolus*,

Sturnus vulgaris, *Garrulus glandarius*, *Pica pica*, *Corvus frugilegus*, *Corvus cornix*, *Corvus corax*, *Sylvia atricapilla*, *Sylvia communis*, *Phylloscopus collybita*, *Ficedula parva*, *Phoenicurus phoenicurus*, *Luscinia luscinia*, *Turdus merula*, *Parus caeruleus*, *Parus major*, *Remiz pendulinus*, *Passer montanus*, *Fringilla coelebs*, *Chloris chloris*, *Caprimulgus europaeus*, *Carduelis carduelis*, *Emberiza calandra*, *Emberiza hortulana*, *Emberiza melanocephala*.

Доминирующим видом в степной зоне является грач, плотность населения его составляет 14,6 пар/км. К наиболее многочисленным видам относятся: сорока – 0,9 пар/км, полевой воробей – 0,8 пар/км, серая ворона – 0,64 пар/км.

ПРОВИНЦИЯ ПОЛУПУСТЫННЫХ ЛАНДШАФТОВ ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Комплекс мелких млекопитающих провинции полупустынных ландшафтов представлен 9 видами: *Mus musculus*, *Microtus arvalis*, *Sylvaemus uralensis*, *Microtus socialis*, *Cricetulus migratorius*, *Dryomys nitedula*, *Meriones tamariscinus*, *Meriones meridianus* и представители рода *Sorex sp.* Наши данные по видовому составу грызунов в этой провинции полностью совпадают с ранее проводившимися исследованиями [4]. Доминирующим видом со значительным преимуществом является *Mus musculus*, многочисленным видом в отловах также был типичный представитель полупустынных ландшафтов – *Meriones tamariscinus*. В зарослях кустарников, в виноградниках изредка встречается *Meriones meridianus*. Распределение грызунов в данной провинции было относительно равномерным по различным биотопам, в среднем процент попадания составил 3,2–5,5%.

Орнитокомплекс полупустынной зоны представлен 45 видами птиц: *Buteo buteo*, *Falco subbuteo*, *Falco vespertinus*, *Accipiter nisus*, *Accipiter gentilis*, ⁹*Accipiter brevipes*, *Falco tinnunculus*, *Coturnix coturnix*, *Perdix perdix*, *Columba palumbus*, *Streptopelia decaocto*, *Streptopelia turtur*, *Cuculus canorus*, *Otus scops*, *Asio otus*, *Picus viridis*, *Dendrocopos major*, *Melanocorypha calandra*, *Alauda arvensis*, *Calandrella rufescens*, *Galerida cristata*, *Calan-*

drella cinerea, *Lanius collurio*, *Lanius minor*, *Oriolus oriolus*, *Sturnus vulgaris*, *Garrulus glandarius*, *Pica pica*, *Corvus frugilegus*, *Corvus cornix*, *Sylvia atricapilla*, *Sylvia communis*, *Phylloscopus collybita*, *Ficedula parva*, *Phoenicurus phoenicurus*, *Luscinia luscinia*, *Turdus merula*, *Parus caeruleus*, *Parus major*, *Remiz pendulinus*, *Passer montanus*, *Fringilla coelebs*, *Carduelis carduelis*, *Chloris chloris*, *Emberiza melanocephala*. Доминирующим видом является грач – 16,2 пар/км, к наиболее многочисленным относятся: сорока – 1,25 пар/км, серая ворона – 0,8 пар/км, полевой воробей – 1,25 пар/км [10].

Антиген вируса ККГЛ выявлен в 39 пробах (из 868 исследованных) головного мозга птиц, что составило в среднем 4,5 %. Положительные результаты регистрировались у 8 видов птиц: *Corvus frugilegus*, *Pica pica*, *Corvus cornix*, *Garrulus glandarius*, *Fulica atra*, *Columba livia*, *Himantopus himantopus* и *Merops apiaster*. Положительные пробы на КГЛ обнаружены в 43 (из 1086 исследованных) также у мелких млекопитающих, что составило 4%. Антиген вируса ККГЛ выявлен у 8 видов мелких млекопитающих: *Mus musculus*, *Meriones tamariscinus*, *Sylvaemus uralensis*, *Microtus arvalis*, *Microtus socialis*, *Apodemus agrarius*, *Micromys minutus* и представителей рода *Sorex sp* [11].

При исследовании органов птиц и мелких млекопитающих антиген вируса ЗН обнаружен в 20 (2,2%) пробах птиц из 887 исследованных. Наибольшее количество положительных проб в наших исследованиях получено от *Corvus frugilegus*, *Columba livia*, *Streptopelia decaocto*, *Corvus cornix* и *Passer domesticus*. Заражённость мелких млекопитающих возбудителем ЛЗН составила 3,0% (32 пробы из 1086 исследованных). Положительные результаты выявлены у *Microtus arvalis*, *Microtus socialis*, *Mus musculus*, *Meriones tamariscinus*, *Cricetulus migratorius*, *Sylvaemus uralensis* и *Apodemus agrarius*. Инфицированность птиц возбудителем лихорадки Батаи при исследовании головного мозга установлена у двух видов: *Corvus frugilegus* и *Sterna hirundo*, что составило 10,6% (7 из 65 исследованных).

Положительные результаты на наличие антигена вируса ККГЛ в провинции предгорных степных и лесостепных ландшафтов получены от следующих видов: *Mus musculus*, *Apodemus agrarius*, *Micromys minutus*,

Sylvaemus uralensis, *Microtus arvalis*, *Microtus socialis* и представителей рода *Sorex sp.* [11]. В провинции лесостепных ландшафтов положительные результаты на наличие возбудителя КГЛ регистрировались у *Microtus arvalis*, *Microtus socialis*, *Mus musculus*. В степных – *Sylvaemus uralensis*, *Meriones tamariscinus*, *Microtus arvalis* и представителей рода *Sorex sp.* В провинции степных и лесостепных ландшафтов заражённость возбудителем КГЛ регистрировалась также у *Crocidura suaveolens*, в лесостепных ландшафтах – *Apodemus agrarius* [4]. В полупустынных – *Microtus arvalis*, *Microtus socialis*, *Sylvaemus uralensis*. Также ранее возбудитель КГЛ выявлялся у *Mus musculus* и *Cricetulus migratorius* [4]. Наибольшие показатели инфицированности мелких млекопитающих возбудителем ЛЗН отмечены в полупустынной зоне: *Sylvaemus uralensis*, *Meriones tamariscinus*, *Microtus arvalis*, *Microtus socialis*, *Mus musculus*, *Cricetulus migratorius* и представителей рода *Sorex sp.*, в степной – *Mus musculus*, *Sylvaemus uralensis*, в лесостепной – *Sylvaemus uralensis*, *Microtus arvalis*, в предгорной – *Sylvaemus uralensis*, *Apodemus agrarius*.

Таким образом, полученные нами данные свидетельствуют о том, что в паразитарную систему природного очага КГЛ вовлекаются различные виды мелких млекопитающих и птиц. Инфицированные возбудителями ЛЗН и КГЛ птицы и грызуны регистрировались во всех ландшафтных провинциях края, участвуя в распространении арбовирусных инфекций. Наибольшее количество положительных проб на КГЛ от птиц выявлено в полупустынной зоне, от мелких млекопитающих – в провинции предгорных степных и лесостепных ландшафтах. Что в первом случае связываем с ареалом распространения основного переносчика возбудителя КГЛ клещей *H. marginatum* и массовым обитанием *Corvus frugilegus*, а во втором, возможно, это связано с наибольшим видовым вовлечением в эпизоотический процесс носителей, от которых были получены положительные результаты. Большинство видов птиц (63,5 %) кормятся на земле, и могут, как и *Corvus frugilegus*, вовлекаться в эпизоотию. Доминирующими видами среди мелких млекопитающих являются *Sylvaemus uralensis*, *Mus musculus* и *Microtus arvalis*, меняющие своё лидирующее значение по

ландшафтным провинциям. Наибольший процент положительных проб на ЛЗН от птиц выявлен в провинции степных ландшафтов, от мелких млекопитающих – в полупустынных ландшафтах, что, в свою очередь, определяет дальнейшую необходимость проведения эпизоотологического мониторинга за этими и другими природно-очаговыми инфекциями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Медицинская вирусология / под ред. Д.К. Львова. М., 2008. 656 с.
2. Шальнев, В.А. Ландшафты Северного Кавказа: эволюция и современность / В.А. Шальнев. Ставрополь, 2004. 265 с.
3. Шкарлет, Г.П. Фауна и население птиц интразональных биотопов ландшафтов и их значение в распространении арбовирусных инфекций на территории Ставропольского края: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.04. Ставрополь, 2011. 23 с.
4. Газиева А.Ю. Факторы природной очаговости Крымской геморрагической лихорадки в Предкавказье: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 14.02.02. Ставрополь, 2011. 23 с.
5. Шкарлет, Г.П. Население птиц полезащитных насаждений Центрального Предкавказья / Г.П. Шкарлет // Птицы Кавказа: современное состояние и проблемы охраны. Ставрополь, 2011. С. 244-249.
6. Будниченко А.С. О составе фауны и хозяйственном значении птиц в полезащитных лесонасаждениях // Зоологический журнал. 1955. Т. 39, вып. 5. С. 1128–1144.
7. Белик, В.П. Птицы искусственных лесов степного Предкавказья: состав и формирование орнитофауны в засушливых условиях. Кривой Рог: Минерал, 2009. 216 с.
8. Маловичко, Л.В. Грач в Ставропольском крае // Грач (*Corvus frugilegus*) в антропогенных ландшафтах Палеарктики. М., 2009. С. 64-72.
9. Ильох, М.П., Друп, А.И. Современное состояние европейского тювика в Предкавказье // Кавказский орнитологический вестник. Ставрополь, 2001. Вып. 13. С. 53–61.
10. Шкарлет Г.П., Варфоломеева Н.Г., Василенко Н.В., Григорьев М.П., Газиева А.Ю., Заревина Л.И., Горобец Е.А. Значение интразональных комплексов и птиц семейства врановых в распространении некоторых арбовирусов // Актуальные вопросы инфекционной патологии. Ростов н/Д., 2009. С. 188–191.
11. Василенко Н.Ф., Ермаков А.В., Заикина И.Н., Ашибокоев У.М., Волынкина А.С., Заревина Л.И., Котенев Е.С., Зайцев А.А., Куличенко А.Н. Эпизоотологический мониторинг за трансмиссивными природно-очаговыми инфекциями на территории Кавказских Минеральных вод // Актуальные проблемы болезней, общих для человека и животных. Ставрополь, 2012. С. 27–28.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ, №3, 2016

УДК: 617.585:
616.379-008.64-08

Байрамкулов Э.Д. [Bayramkulov E. D.]
Воротников А.А. [Vorotnikov A. A.]

БИОХИМИЧЕСКИЕ И КЛИНИКО- МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ДИАГНОСТИКИ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ

Biochemical and clinico-morphological criteria for the diagnosis of diabetic foot

Работа выполнена на операционном материале 94 больных с синдромом диабетической стопы в возрасте от 41 до 76 лет. Женщины составили 75,5%, мужчины 24,5%. Больные поступали в отделение через 1–3 месяца от момента начала болезни, на момент поступления сахарный диабет был компенсирован у 11% больных, субкомпенсирован у 23% и декомпенсирован у 66%. Выделены три формы синдрома диабетической стопы: нейропатическая форма (76%), нейроишемическая форма (18%), ишемическая форма (6%). Для нейропатической формы характерно преимущественное расположение трофических язв на подошвенной поверхности стопы, развитие колликативного некроза, присоединение отека и сосудистых нарушений, выраженная перифокальная инфильтрация полиморфноядерными лейкоцитами. Уровень сахара в крови составил в среднем 8,88 ммоль/л. Для ишемической формы синдрома диабетической стопы (СДС) характерно расположение язв по всей поверхности стопы, наличие коагуляционного некроза, отек. Воспалительная инфильтрация менее выражена. Характерны сосудистые нарушения: накопление гликопротеидов в стенке сосуда, плазматическое пропитывание, утолщение базальной мембраны, пролиферация эндотелия. Уровень глюкозы в крови составил 14,43 ммоль/л. Для нейроишемической формы СДС характерно наличие сенсорной нейропатии, макро- и микроангиопатии сосудов нижних конечностей, обширные язвенно-некротические поражения стопы. Уровень глюкозы в крови составил 5,97 ммоль/л. В качестве контроля использовали биохимические показатели крови здоровых людей.

Ключевые слова: сахарный диабет, диабетическая стопа, трофические язвы, глюкоза крови.

Work is performed on operational material of 94 patients with a diabetic foot syndrome aged from 41 till 76 years. The percent of women -75,5%, men – 24,5%. Patients came to separation in 1–3 months from the moment of an onset of the illness, at the time of receipt the diabetes mellitus was compensated at 11% of patients, subcompensated at 23% and decompensated at 66%. Three forms of a diabetic foot syndrome are allocated: neuropathic form (76%), neuroischemic form (18%), ischemic form (6%). The preferred arrangement of trophic ulcers on a plantar surface of foot, development of a colliquative necrosis, accession of hypostasis and vascular disorders, the expressed perifocal infiltration by polymorphonuclear leukocytes is characteristic of a neuropathic form. Sugar level in blood averaged 8,88 mmol/l. For ischemic form of diabetic foot syndrome (DFS) is characterized by the location of the ulcers over the entire surface of the foot, the presence of coagulative necrosis, edema. The inflammatory infiltration is less expressed. Vascular disorders are characteristic: accumulation of glycoproteids in a vessel wall, plasmatic imbuing, thickening of a basal membrane, proliferation of an endothelium. Glucose level in blood made 14,43 mmol/l. Existence of touch neuropathy, macro – and mikroangiopatiya of vessels of the lower extremities, extensive ulcer and necrotic defeats of foot is characteristic of the DFS neuroischemic form. Glucose level in blood made 5,97 mmol/l. As monitoring biochemical indexes of blood of healthy people used.

Key words: diabetes mellitus, diabetic foot, trophic ulcers, blood glucose.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

В последние десятилетия во всех странах мира увеличивается распространенность сахарного диабета. По данным Международной федерации сахарного диабета в настоящее время в мире насчитывается 382 миллиона больных сахарным диабетом. Эксперты ВОЗ прогнозируют, что число больных сахарным диабетом в ближайшие годы достигнет 592 миллионов. По данным государственного регистра в России к началу 2013 г. зарегистрировано более 3,7 миллионов больных сахарным диабетом. По данным эндокринологического центра число больных сахарным диабетом составляет 12,7 миллионов.

Результаты эпидемиологического исследования показали, что при сохранении быстрых темпов распространения сахарного диабета и отсутствии профилактических мер увеличивается число осложнений диабета. Одним из тяжелых осложнений сахарного диабета является синдром диабетической стопы (СДС).

Согласно Международному соглашению по диабетической стопе (2000 г.) это состояние характеризуется как «инфекция, язва и/или деструкция глубоких тканей, связанная с нарушением нервной системы и снижением кровотока в артериях нижних конечностей различной степени тяжести». По данным Международной рабочей группы по диабету (2000 г.) синдром диабетической стопы встречается у 4–10% всех больных с диабетом и ежегодно число случаев с СДС увеличивается на 2,2%. Выделяют 3 основные формы диабетической стопы: нейропатическую, ишемическую и нейроишемическую.

В настоящее время в отечественной и зарубежной литературе подробно описаны клинические проявления синдрома диабетической стопы. Однако недостаточно изучены биохимические показатели и характер морфологических изменений при различных формах диабетической стопы.

Цель исследования: изучить структурные изменения при различных формах синдрома диабетической стопы и определить биохимические показатели.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучены клинические, биохимические и гистологические показатели 94 больных с синдромом диабетической стопы. Проведенные лабораторные исследования включали биохимическое исследование крови с определением содержания общего белка, общего билирубина, глюкозы, креатинина, мочевины, АЛТ, АСТ, общий анализ крови.

Для гистологического исследования брали кусочки мягких тканей стопы из дна и краев язвы. Кусочки фиксировали в 10 % растворе забуференного формалина в течение 10 суток. Затем кусочки проводили в спиртах возрастающей крепости и заливали в парафин. Из парафиновых блоков готовили срезы толщиной 5–6 микрон. Срезы окрашивали гематоксилином и эозином, пикрофуксином по Ван Гизон, толуидиновым синим, проводили ШИК-реакцию.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Из 94 больных женщины составили 75,5 % (71 случай), мужчины – 24,5 % (23 случая). Возраст больных варьировал от 41 до 76 лет, средний возраст составил 63 года. Больные поступили в отделение через 3 месяца после начала заболевания. На момент поступления в стационар сахарный диабет был компенсирован у 11 % больных, субкомпенсирован – у 23 % и декомпенсирован – у 66 %. Все больные были разделены на 3 группы:

- I группа – больные с нейропатической формой СДС (76 % случаев);
- II группа – больные с нейроишемической формой (18 % случаев);
- III группа – больные с ишемической формой СДС (6 % случаев).

У большинства больных с СДС диагностирована нейропатическая форма (76 % случаев). Клинические проявления нейропатической формы СДС характеризовались образованием трофических язв на подошвенной поверхности стопы и в области плюсневых костей (в 69,7 % случаев). Средняя площадь дефектов составила 32,4 см². На тыльной поверхности стопы дефекты обнаружены у 13,5 % больных, на торцевой сто-

Табл. 1. ЛАБОРАТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ У БОЛЬНЫХ С НЕЙРОПАТИЧЕСКОЙ ФОРМОЙ СДС

Биохимическое исследование крови						
общий белок - 80,3 г/л	общий билирубин - 3,3 мкмоль/л,	Глюкоза - 8,88 ммоль/л	Мочевина -5,80 ммоль/л	Креатинин - 80,0 мкмоль/л	АСТ -8,1 Ед/л	АЛТ -7,5 Ед/л
Общий анализ крови						
эритроциты- 3,66*1012/л	гемоглобин - 103 г/л	тромбоциты -214*109/л	лейкоциты- 6,0*109/л			СОЭ-65 мм/час
Лейкограмма						
базофилы 0	эозинофилы 4	палочко-ядерные 2	сегментоядерные 44	лимфоциты 42		моноциты 8

роне – у 9,75 % больных, на неопорных поверхностях пальцев – у 3,5 % больных.

Средние значения результатов лабораторного исследования крови больных с нейропатической формой СДС представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что уровень глюкозы в крови повышен, креатинин повышен, понижено содержание гемоглобина и эритроцитов, повышено СОЭ.

При гистологическом исследовании обнаружен колликовационный некроз эпидермиса и дермы с образованием язв. Дно язвы представлено некротическими массами с большим количеством лейкоцитов. Отек и лейкоцитарная инфильтрация распространяются на всю дерму и подлежащую подкожно-жировую клетчатку. Весьма характерным признаком является поражение сосудов: плазматическое пропитывание, гиалиноз сосудов, атрофия гладкомышечных элементов, утолщение базальной мембраны.

При ишемической форме СДС трофические язвы расположены и на стопе и на голени. Трофические язвы располагаются на тыльной и подошвенной стороне стопы с одинаковой частотой. При ишемической форме

Табл. 2. ЛАБОРАТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ У БОЛЬНЫХ
С ИШЕМИЧЕСКОЙ ФОРМОЙ СДС

Биохимическое исследование крови						
общий белок - 78,20 г/л	общий билирубин - 7,7 мкмоль/л	Глюкоза - 14,43 ммоль/л	Мочевина - 5,80 ммоль/л	Креатинин - 67,0 мкмоль/л	АСТ -9,1 Ед/л	АЛТ -6,8 Ед/л
Общий анализ крови						
эритроциты- 4,21*10 ¹² /л	гемоглобин - 118 г/л	тромбоциты - 355*10 ⁹ /л		лейкоциты- 9,0*10 ⁹ /л	СОЭ-101 мм/час	
Лейкограмма						
базофилы 0	эозинофилы 3	палочко- ядерные 3	сегменто- ядерные 64	лимфоциты 25	моноциты 7	

СДС развивается коагуляционный некроз. Отек и сосудистые нарушения менее выражены, воспалительная инфильтрация умеренная. Для этой формы СДС весьма характерно поражение сосудов. Отмечается отложение в стенке сосудов гликопротеидных комплексов, утолщение базальной мембраны, пролиферация эндотелия, уменьшение количества перicyтов.

Средние значения результатов лабораторного исследования крови больных с ишемической формой СДС представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что повышен уровень глюкозы, снижено содержание гемоглобина и повышено СОЭ.

При нейроишемической форме СДС сочетаются признаки характерные для нейропатической и ишемической форм, а именно: наличие язвы на стопе и/или голени, сенсомоторная нейропатия, ангиопатия нижних конечностей, длительное течение сахарного диабета. Язвенно-некротические поражения стопы характеризуются обширностью процесса, многофокусностью и глубиной дефекта. При этой форме СДС некроз – коагуляционный. Однако при присоединении вторичной инфекции наблюдается отек стопы, отслоение эпидермиса и присоединение воспалительной реакции.

Табл. 3. ЛАБОРАТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ У БОЛЬНЫХ
С НЕЙРОИШЕМИЧЕСКОЙ ФОРМОЙ СДС

Биохимическое исследование крови						
общий белок - 70,30 г/л	общий билирубин -7,6 мкмоль/л	Глюкоза - Мочевина -		Креатинин	АСТ	АЛТ
		5,97	14,8	- 157,0	-9,9	-11,5
		ммоль/л	ммоль/л	ммоль/л	Ед/л	Ед/л
Общий анализ крови						
эритроциты- 3,08*1012/л	гемоглобин - 88 г/л		тромбоциты -400,4*109/л	лейкоциты- 8,2*109/л	СОЭ-97 мм/час	
Лейкограмма						
базофилы 0	эозино- филы 1	Палочко- ядерные 0	Сегменто- ядерные 71	лимфо- циты 18	моно- циты 10	

Средние значения результатов лабораторного исследования крови больных с нейроишемической формой СДС представлены в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что повышено содержание мочевины и креатинина, снижено содержание гемоглобина и эритроцитов, повышено СОЭ.

Средние значения результатов лабораторного исследования крови здоровых людей (контроль) представлены в таблице 4.

Таким образом, при синдроме диабетической стопы развиваются характерные клинические симптомы, изменяются гематологические и биохимические показатели, возникают тяжелые морфологические изменения. Клинические симптомы диабетической стопы: деструктивные изменения мягких тканей стопы с образованием трофических язв, присоединение инфекции и развитие воспаления, поражение нервной системы и сосудов нижних конечностей с нарушением кровообращения.

Гематологические изменения характеризуются уменьшением количества эритроцитов, снижением гемоглобина и развитием анемии различной степени выраженности.

Табл. 4. ЛАБОРАТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ (КОНТРОЛЬ)

Биохимическое исследование крови						
общий белок - 85 г/л	общий билирубин	Глюкоза - 5,77	Моче- вина - 6,3	Креати- нин - 70,4	АСТ -18,2	АЛТ -13,6
	-13,6	ммоль/л	ммоль/л	ммоль/л	Ед/л	Ед/л
	ммоль/л					
Общий анализ крови						
эритроциты- 5,06*10 ¹² /л	гемоглобин - 143 г/л	тромбо- циты -271*10 ⁹ /л	лейкоциты- 7,5*10 ⁹ /л	СОЭ-7 мм/час		
Лейкограмма						
базофилы 1	эозино- филы 2	палочко- ядерные 3	сегменто- ядерные 60	лимфо- циты 21	моно- циты 5	

Биохимические показатели характеризуются повышением уровня глюкозы, повышением уровня креатинина и мочевины, повышением показателей АСТ и АЛТ.

Морфологические изменения характеризуются развитием некроза эпидермиса, дермы, гиподермы и мышц, образованием язвы, развитием перифокального гнойного воспаления, а также макро- и микроангиопатией.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенного исследования показали, что синдром диабетической стопы чаще всего встречается в возрасте от 41 до 76 лет, в основном у женщин (75,5%). Имеются 3 формы СДС: нейропатическая (76%), нейроишемическая (18%) и ишемическая (6%). Критериями диагностики СДС являются клинические, биохимические и морфологические изменения: наличие деструктивных изменений ткани стопы с образованием трофических язв, присоединение инфекции и развитие перифокального гнойного воспаления, поражение нервной системы кро-

веносных сосудов по типу макро- и микроангиопатии, развитием анемии различной степени, лейкоцитоза, снижения общего белка, повышение уровня глюкозы, креатинина и мочевины, показателей АСТ и АЛТ. Наиболее выраженные изменения развиваются при нейроишемической форме.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гавриленко А.В., Котов А.Э., Лоиков Д.А. Результаты лечения критической ишемии нижних конечностей у больных сахарным диабетом // *Анналы хир.* – 2013. – № 6. – С. 48.
2. Галимов О.В., Ханов В.О., Иванов А.В. и др. Комплексный подход в терапии больных с синдромом диабетической стопы // *Хирургия.* – 2014. – № 3. – С. 80–85.
3. Галимов О.В., Ханов В.О., Сайфуллин Р.Р. и др. Синдром диабетической стопы: принципы комплексного лечения // *Вестник хирургии им. И. И. Грекова.* – 2015. – № 5. – С. 61–65.
4. Коненков В.И., Климонтов В.В. Генные и клеточные технологии в лечении синдрома диабетической стопы // *Сахарный диабет.* – 2014. – № 1. – С. 63–69.
5. Кривошеков Е.П., Мигунов И.А., Романов В.Е. Оптимизация методов консервативного лечения больных с посттромботической болезнью нижних конечностей с синдромом диабетической стопы // *Лечащий врач.* – 2016. – № 3. – С. 6–9.
6. Оболенский В.Н., Семенова Т.В., Леваль П.Ш., Плотноков А.А. Синдром диабетической стопы в клинической практике // *Русский медицинский журнал.* – 2010. – № 8(2). – С. 45–54.
7. Прошин А.В. Особенности динамики раневого процесса у больных с гнойно-некротическими формами синдрома диабетической стопы с использованием комплексного подхода в хирургическом лечении // *Вестник Новгородского государственного университета.* – 2010. – № 59. – С. 63–66.
8. Сабанчиева Н.И., Комелягина Е.Ю., Оболенский В.Н. и др. Хирургическое лечение диабетической остеоартропатии // *Раны и раневые инфекции.* – 2015. – № 3. – С. 46–53.
9. Holman N., Yung R. J., Jeffcoate W.J. Variation in the recorded incidence of amputation of the lower limb in England // *Diabetologia.* 2012. – № 55 (7). – P. 1919–1925.
10. Toledano T.R., Fatone E.A., Weis A., Cotten A., Beltran J. MRI evaluation of bone marrow changes in the diabetic foot: a practical approach // *Semin. Musculoskelet. Radiol.* – 2011. – № 15(3). – P. 257–268.

УДК: 612.45

Беляев Н.Г. [Belyaev N.G.],
Ягупова Ю.А. [Yagupova Y.A.],
Околито Н.Н. [Okolito N.N.]

СОДЕРЖАНИЕ РЕПРОДУКТИВНЫХ ГОРМОНОВ В КРОВИ МУЖЧИН, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

**The contest of the reproductive hormone in men'
blood living in conditions
of anthropogenic pollution**

Проведен сравнительный анализ гормонального статуса мужчин репродуктивного возраста, проживающих в регионах с различной антропогенной нагрузкой. В контрольную группу включены мужчины 19–22 лет, проживающие в г. Ставрополе. Мужчины в возрасте 19–22 лет, в процессе своей профессиональной деятельности контактирующие с оксидом азота и аммиаком, составили первую экспериментальную группу и в возрасте 23–44 года – вторую. У мужчин, работающих на химическом предприятии, регистрировался высокий уровень эстрадиола, многократно превышающий физиологическую норму. Содержание тестостерона, лютеинизирующего и фолликулостимулирующего гормонов находилось в пределах физиологической нормы, но были достоверно ниже по сравнению с данными мужчин, проживающих в местностях с меньшей интенсивностью антропогенного загрязнения. Отмечен кумулятивный эффект действия комплекса химических факторов. У мужчин с продолжительным стажем работы на химическом предприятии регистрировалось более выраженное повышение эстрадиола и снижение концентрации тестостерона.

Ключевые слова: половые гормоны, антропогенное загрязнение, репродуктивная система мужчин.

A comparative analysis was carried out of the hormonal status of men of reproductive age living in regions with varying anthropogenic load. The control group included men in the age of 19–22 years old, living in the city of Stavropol. Men in the course of their professional activity, in contact with nitrogen oxide and ammonia were contained in two groups. Men in the age of 19–22 years have made the first experimental (control) group and men aged 23–44 years – were in the second group. The men, working in a chemical company are recorded with high levels of estradiol in many times higher than the physiological norm. The containing of testosterone, a luteinizing hormone and follicle hormone were within the physiological range, but was significantly lower in comparison with those of men who live in areas with less intensity human contamination. It is marked the cumulative effect of the complex action of chemical factors. Men working in the chemical company for a long time were recorded a marked increase in estradiol and the decline of testosterone levels.

Key words: sex hormones, anthropogenic pollution, reproductive system of males.

Физико-химические параметры окружающей среды во многом определяют здоровье человека. В связи с интенсивной научно-технической деятельностью в воздухе, воде и почве появилось огромное количество химических соединений, обладающих определенной токсичностью.

В связи с проблемами, вызванными талидомидом и другими химическими соединениями, большое внимание стали уделять влиянию новых веществ на репродуктивную функцию и генетику. Но, как ни странно, изучалось влияние только на женскую репродуктивную функцию. И только в последние 15–20 лет, в связи с появлением работ, доказывающих, что мужской фактор столь же значим в бесплодии супружеских пар, как и женский, стали исследовать мужскую репродуктивную систему.

Интерес к этой проблеме был усилен рядом работ, доказывающих снижение количества сперматозоидов в эякуляте за последние 50–55 лет более чем на 45 % [E. Carlsen et al., 1992; J. Auger et al., 1995; S. Irvine et al., 1996]. Подобная тенденция функционирования мужской репродуктивной системы была отмечена во Франции [J. Auger et al., 1995], Бельгии и Шотландии [S. Irvine et al., 1996].

Снижение продукции сперматозоидов у мужчин репродуктивного возраста регистрировали и отечественные ученые [Л.Г. Агасаров, 2009; И. Н. Молодовская и соавт., 2012; Л.В. Осодчук и соавт., 2011; 2013]. В качестве причин выдвигалось действие химических и физических факторов, а также неправильное питание и гиподинамия [R.M. Sharpe and N.E. Skakkebaek, 1993; Е. Р. Бойко и соавт., 1997; М Joffe, 2010; Л.В. Осадчук, 2013].

Понимание причин мужской фертильности и мужского бесплодия приобретает все большее значение в области общественного здравоохранения. Прежде всего, это исследование гормонального статуса. Уровень половых гормонов, их соотношение во многом определяют как реализацию программы формирования половой принадлежности, так и состояние системы на последующих этапах развития.

Цель работы: исследование гормонального статуса мужчин репродуктивного возраста, проживающих в условиях антропогенной нагрузки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В соответствии с поставленной целью определялась концентрация лютеинизирующего (ЛГ), фолликулостимулирующего (ФСГ) гормонов, тестостерона (Т) и эстрадиола (Э) в сыворотке крови мужчин репродуктивного возраста. Мужчины в процессе своей профессиональной деятельности, контактирующие с такими химическими веществами, как оксид азота и аммиак, составили экспериментальные группы. С учетом возраста они были разбиты на 1-ю экспериментальную – возраст 19–22 года и 2-ю экспериментальную – 23–44 лет. Контролем служили мужчины в возрасте 19–22 года студенты факультета физической культуры, проживающие в городе Ставрополе не мене 3-х лет. Кровь для исследований брали утром, натощак, в период очередного диспансерного обследования.

Концентрацию гормонов определяли иммуноферментативным методом с использованием набора реактивов фирмы «Bio – Rod Laboratories. ins», made in United States в соответствии с прилагаемой инструкцией. Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета компьютерных программ Statistica 6.0

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Уровень Т в сыворотке крови мужчин контрольной группы соответствовал $23,7 \pm 1,00$ нмоль/л, что незначительно превышало верхнюю границу нормы для мужчин, имеющих обычный уровень суммарной двигательной активности. При этом в данной группе регистрировался низкий эстрадиол – $0,14 \pm 0,02$ нмоль/л. Невысокие величины эстрадиола отмечаются у мужчин в период интенсификации тренировочных нагрузок. В 1-й экспериментальной группе концентрация Т соответствовала норме, для данной возрастной группы ($12,9 \pm 1,40$ нмоль/л), но по сравнению с контролем была достоверно ниже ($P < 0,001$), а концентрация Э при этом была выше нормы для мужчин репродуктивного возраста (табл. 1).

Табл. 1. ХАРАКТЕРИСТИКА
ГОРМОНАЛЬНОГО СТАТУСА МУЖЧИН,
ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ
АНТРОПОГЕННОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Группы обследуемых	Возраст обследуемых (год)	Определяемые гормоны	
		Тестостерон, нмоль/л	Эстрадиол, пмоль/л
Контрольная (30)	19–22	26,7 ± 1,00	0,14 ± 0,02
1-я экс. (11) P1	19–22	12,9 ± 1,40 < 0,001	0,97 ± 0,04 < 0,001
2-я экс. (34) P1 P2	23–44	6,9 ± 1,02 < 0,001 < 0,001	1,54 ± 0,06 < 0,001 < 0,001

Примечание: В скобках число обследуемых;
P1 – достоверность отличий по сравнению с данными контрольной группы;
P2 – достоверность отличий по сравнению с данными 1-й экспериментальной группы.

Наиболее выраженные отличия в концентрации определяемых гормонов регистрировались во 2-й экспериментальной группе. В данном случае уровень тестостерона соответствовал нижней границе нормы для мужчин репродуктивного возраста, а концентрация эстрадиола значительно превышала верхнюю границу нормы (6,9 ± 1,02 нмоль/л и 1,54 ± 0,06 пмоль/л, соответственно), т. е. отмечен кумулятивный эффект действия химических факторов на уровень половых гормонов.

Высокая концентрация эстрадиола в крови мужчин, работающих в условиях неблагоприятной экологической ситуации, свидетельствует о попадании в их организм химических элементов, получивших название ксеноэстрогены. В отношении данного вида химических элементов применяется термин антигормоны. В частности, они проявляют антиандрогенные свойства [P. Sohoni and J.P. Sumpter. 1998]. Их действие может проявляться в пренатальном периоде (тормозят развитие яичек), что в последующем может явиться причиной снижения сперматогенеза и фертильности мужчин. Негативное влияние они оказывают и на репродуктивную систему взрослого человека [R.M. Sharpe and N.E. Skakkebaek, 1993].

В условиях химкомбината такое влияние могут оказывать пары аммиака. В воздухе рабочих помещений и на территории предприятия его концентрация не должна превышать 20 мг/м³. Сенсорные системы человека (обоняние) начинают воспринимать его при концентрации, равной 37 мг/м³. В тоже время концентрация в пределах от 20 мг/м³ до 37 мг/м³ человеком не чувствуется, но при длительном воздействии на организм может оказывать токсическое действие.

Токсическое действие аммиака может сказываться на репродуктивном здоровье последующих поколений. Кроме того, его влияние проявляется и в преждевременном старении организма. Но в условиях химического предприятия, скорее всего, действует комплекс химических соединений.

Угнетающее действие комплекса химических веществ, а в условиях химкомбината это аммиак и оксид азота, может проявляться в снижении функциональной активности центральных звеньев регуляции сперматогенеза. Учитывая, что функция яичек регулируется гипофизарными гормонами (ЛГ и ФСГ) возможно действие токсических веществ на данном уровне – предтестиккулярное нарушение. Обычно нарушения подобного рода регистрируются у рабочих, занятых на производстве нестандартных соединений с эстрогенным эффектом [J. S. Finkelstein et al., 1988] или синтетических эстрогенных контрацептивов.

Табл. 2. СОДЕРЖАНИЕ ФСГ И ЛГ
В КРОВИ МУЖЧИН
ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ
АНТРОПОГЕННОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Группы обследуемых	Возраст обследуемых (год)	Определяемые гормоны	
		ФСГ, МЕд/л	ЛГ, МЕд/л
Контрольная (30)	19–22	17,8 ± 1,1	7,4 ± 0,6
Рабочие (11)	19–22	4,8 ± 0,5 < 0,001	4,7 ± 0,4 < 0,001
Рабочие (34)	23–44	4,2 ± 0,2 < 0,001	2,9 ± 0,6 < 0,001

Примечание: В скобках число обследуемых;
P1 – достоверность отличий по сравнению с данными контрольной группы;
P2 – достоверность отличий по сравнению с данными 1-й экспериментальной группы.

В данном конкретном обследовании уровень гипофизарных гормонов находится в пределах физиологической нормы. При сравнении с контрольной группой прослеживалось достоверное снижение концентрации как ЛГ так ФСГ. Если концентрацию гипофизарных гормонов контрольной группы взять за 100 %, то у рабочих комбината уровень ФСГ в зависимости от возраста составлял 23–27 %. Концентрации ЛГ была выше, за исключение возрастной группы 23–44 года – 39,2 %. Если ЛГ стимулирую-

ет синтез и секрецию тестостерона, то ФСГ обеспечивает сперматогенез. Соответственно можно предположить, что в группе рабочих может быть снижен сперматогенез. Данное предположение основывается на результатах Brinkworth и соавторов (1995) где показано, что при действии таких неблагоприятных физиологических условий как низкая концентрация гонадотропинов и тем более их отсутствие, усиливается процесс апоптоза половых клеток. Но подобное предположение нуждается в дополнительном исследовании.

Полученные результаты позволяют предположить, что продолжительный контакт с такими химическими элементами как оксид азота и аммиак способствует снижению секреторной активности, как периферических половых желез, так и центрального регуляторного звена репродуктивной системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агасаров Л.Г. Традиционная медицина в улучшении качества мужского здоровья // Традиционная медицина. 2009. №2. С. 27–31.
2. Бойко Е.Р., Бичкаев Ф. А., Ткачук А.В., Догадин, С.А. Особенности регуляции метаболических путей у разных групп аборигенного населения европейского севера // Физиология человека. 1997. Т.23. №4. С. 95–97.
3. Молодовская И.А., Клещев М.А., Типисова Е.В., Осадчук Л. В. Возрастные аспекты взаимосвязи гормонов системы гипофиз-щитовидная железа и гипофиз-гонады с показателями спермограммы у мужчин – жителей Архангельска // Проблемы репродукции. 2012. Т.18. № 3. С. 71–77.
4. Осадчук Л.В. Попова А.В., Клещев М.А., Гуторова Н.В., Темников Н.А. Сперматогенные, гормональные и антропометрические корреляты олигоспермии // Проблемы репродукции. 2011. № 2. С. 79–83.
5. Осадчук Л.В. Гуторова Н.В., Людина А.Ю., Потолицина Н.Н., Бойко Е.Р. Изменение гормонального и метаболического статуса у мужчин группы коми с избыточной массой тела и ожирением // Ожирение и метаболизм. 2013. № 2. С. 28–32.

6. Auger J. Decline in semen quality among fertile men in Paris during the past 20 years // *N. Engl J Med.* 1995. 332. P. 281–285.
7. Brinkworth M.N., Weinbauer G. F., Schlatt S., Nieschlag E. Identification of male germ cells undergoing // *J Reprod Fertil.* 1995. № 105. P. 25–33.
8. Finkelslei J.S. McCully W.F., Maclaughlin D.T., Godine J.E., Jr Crowley W.E. The mortician's mislery. Gynecomastia and reversible hypogonadotropic hypogonadism in an embalmer // *N Engl J Med.* 1988. № 318. P. 961–965.
9. Carlse E., Giwercman A., Keiding N., Skaeabaek N.E. Evidence for decreasing quality of semen during past 50 years // *Br. Med. J.* 1992. 305. P. 609–613.
10. Irvine S., Cawood E., Richardson D., MacDonald J. Aitken Evidence of deteriorating semen quality in the United Kingdom: birth cohort study in 577 men in Scotland over 11 years // *Br. Med. J.* 1996. № 312. P. 467–471.
11. Sharpe R.M. Are estrogens involved in falling sperm counts and disorders of the male reproductive tract? / N.E. Skaeabaek // *Lancet.* 1993. – № 34. – P. 1392–1395.
12. Sohoni P. Several external environmental estrogens are also antiandrogens/ R.M. Sharpe, J.P. Sumpter // *J Endocrinol.* 1988. 158. P. 327–339.

УДК 591.436

Мараховская С.Ю. [Marakhovskii S.Y.],
Джандарова Т.И. [Dzhandarova T.I.],
Батулин В.А. [Baturin V.A.]

ОСОБЕННОСТИ УРОВНЕЙ СТЕРОИДНЫХ ГОРМОНОВ В КРОВИ У ДЕТЕЙ С НЕЙРОЦИРКУЛЯТОРНОЙ ДИСТОНИЕЙ ДО И ПОСЛЕ ЛЕЧЕНИЯ МАГНЕ-В6

**Features levels of steroid hormones
in the blood of children with neuro dystonia before
and after treatment of Magne-B6**

Проведено исследование содержания стероидных гормонов в крови у мальчиков и у девочек возрасте 10–11 лет с диагнозом нейроциркуляторная дистония по кардиальному типу до и после лечения Магне-В₆ в условиях Краевой детской клинической больницы на базе отделения Функциональной диагностики (г. Ставрополь). Установлено, что препарат Магне-В₆ не оказывал существенного влияния на уровень кортизола как у мальчиков, так и у девочек, который оставался на достоверно более высоком уровне по сравнению с данными, полученными у детей контрольной группы. У мальчиков с нейроциркуляторной дистонией препарат Магне-В₆ способствовал повышению концентрации тестостерона до его уровня у детей контрольной группы, не влияя при этом на содержание эстрадиола в крови. Применение препарата Магне-В₆ у девочек с нейроциркуляторной дистонией приводило к снижению как уровня эстрадиола, так и тестостерона, но вместе с тем их концентрации в крови оставались на достоверно более высоком уровне по сравнению с данными, полученными у детей контрольной группы.

Ключевые слова: нейроциркуляторная дистония, кортизол, тестостерон, эстрадиол.

The study of the content of steroid hormones in the blood of boys and girls aged 10-11 years diagnosed with cardiopsychoneurosis on cardiac type before and after treatment of Magne-B6 in the conditions of the Provincial Children's Hospital on the basis of functional diagnostics department (Stavropol). It was found that the drug-Magne B6 had no significant effect on the level of cortisol in both boys and girls, who remained at significantly higher levels compared with the data obtained in children in the control group. Boys with neuro dystonia drug Magne-B6 contributed to higher concentrations of testosterone to its level in the control group of children without affecting the content of estradiol in the blood. Use of the drug Magne-B6 in girls with neuro dystonia resulted in a decrease in the level of estradiol and testosterone, but at the same time, their concentration in the blood remained at significantly higher levels compared with the data obtained in children in the control group.

Key words: cardiopsychoneurosis, cortisol, testosterone, estradiol.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, нейроциркуляторная дистония является мультифакторным заболеванием, часто возникающим на фоне стрессовых ситуаций и сопровождающимся изменением нейрогуморальной и эн-

докринной регуляции мышечного тонуса в структурах сердечно-сосудистой системы.

Следует отметить, что при нейроциркуляторной дистонии возможно изменение уровня стероидных гормонов, в частности кортизола, эстрадиола и тестостерона. В частности, кортизол оказывает прямое влияние на миокард – регулирует содержание натрия и калия в кардиомиоцитах, увеличивает силу сокращения миокарда. В то же время кортизол может повышать артериальное давление, но данное его влияния ограничивается натрием и калием. При этом изменения уровня половых гормонов также могут вызывать или усиливать вегетативную дисфункцию. Половые стероиды в организме важны не только для дифференцировки и функционирования репродуктивной системы, но и имеют тесную связь с костно-мышечной системой [4], нервной системой, включены в модуляцию эффективности обучения [5].

Вместе с тем, несмотря на многочисленные работы, касающиеся различных аспектов проблемы нейроциркуляторной дистонии в детском возрасте, исследование функционального состояния детского организма остается недостаточно изученным и требует дальнейшего глубокого исследования, поскольку нейроциркуляторная дистония является самым распространенным и непредсказуемым по многообразию своих проявлений, заболеванием молодого возраста [1].

Исходя из выше сказанного, целью настоящей работы было изучение уровня стероидных гормонов в крови у детей с нейроциркуляторной дистонией до и после лечения Магне-В6.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для определения уровня напряженности нейроэндокринной регуляции при нейроциркуляторной дистонии было проведено исследование содержания стероидных гормонов в крови у мальчиков и у девочек до и после лечения Магне-В₆. Исследование проводилось на пациентах в возрасте 10–11 лет (мальчики, девочки) с диагнозом нейроциркуляторная дистония по кардиальному типу в условиях Краевой детской клинической больницы на базе отделения Функциональной диагностики

(г. Ставрополь). Диагноз подтвержден клиническими, биохимическими, инструментальными (кардиоинтервалография, РВГ, ЭКГ, ЭХоЭКГ) исследованиями. В стандартную терапию пациентов был включен препарат магния – магнеВ₆, который принимался в дозе 5–10 мг/кг соли магния внутрь в течение 2 месяцев (начиная со стационарного этапа с последующим амбулаторным приемом). Контрольную группу – 28 человек (12 мальчиков и 16 девочек в возрасте 10–11 лет) составили практически здоровые учащиеся школ г. Ставрополя. При обследовании детей полностью соблюдались правила этики и деонтологии. Данная возрастная группа является периодом второго детства, что исключает искажения результатов исследования, в связи с гормональной перестройкой детского организма. Обследование проводилось в октябре, то есть в тот период учебного года, который максимально удален от каникул с целью получения данных во время большего влияния учебных нагрузок на организм детей [2].

У всех детей проводилось определение уровней кортизола, тестостерона и эстрадиола в плазме крови. Уровень стероидных гормонов в крови определяли иммуноферментным методом. Результаты исследований подвергались вариационно-статистической обработке.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно полученным данным, уровень кортизола в крови у мальчиков контрольной группы составлял $471,75 \pm 13,9$ нмоль/л. Содержание кортизола в крови у мальчиков с нейроциркуляторной дистонией составляло $496,5 \pm 14,5$ нмоль/л, что было достоверно выше по сравнению с показателями контрольной группы. При использовании препарата Магне-В₆ в ходе лечения уровень кортизола у мальчиков с нейроциркуляторной дистонией не претерпел существенных изменений и оставался на достоверно более высоком уровне по сравнению с данными у детей контрольной группы.

Из полученных данных следует, что уровень эстрадиола в крови у мальчиков контрольной группы составил $16,07 \pm 0,25$ пмоль/л. У детей с нейроциркуляторной дистонией содержание эстрадиола в крови как до,

так и после лечения Магне-В₆ находился в пределах показателей детей контрольной группы. У мальчиков контрольной группы содержание тестостерона в крови находилось в пределах возрастных норм и составило $34,5 \pm 2,6$ пмоль/л. В группе детей с нейроциркуляторной дистонией до лечения уровень тестостерона в крови был достоверно ниже по сравнению с контрольной группой. После лечения Магне-В₆ уровень тестостерона в крови достоверно повышался по сравнению с показателями у мальчиков с нейроциркуляторной дистонией до лечения и достигал его содержания у детей контрольной группы.

Уровень кортизола в крови у девочек контрольной группы составлял $438,52 \pm 71,8$ нмоль/л. Концентрация кортизола в крови у девочек с нейроциркуляторной дистонией до лечения была достоверно выше по сравнению с показателями у детей контрольной группы и составляло $492,75 \pm 51,9$ нмоль/л. При использовании препарата Магне-В₆ в ходе лечения уровень кортизола в крови у девочек с нейроциркуляторной дистонией практически не отличался от показателей у девочек с нейроциркуляторной дистонией до лечения и оставался на достоверно более высоком уровне по сравнению с данными у детей контрольной группы.

При исследовании уровня эстрадиола у девочек контрольной группы установлено, что его содержание в крови находилось в пределах возрастных норм и составило $32,8 \pm 1,9$ пмоль/л. В группе детей с нейроциркуляторной дистонией до лечения содержание эстрадиола в крови было достоверно выше по сравнению с контрольной группой. Лечение Магне-В₆ приводило к достоверному снижению уровня эстрадиола в крови по сравнению с показателями у девочек с нейроциркуляторной дистонией до лечения, но оставался на достоверно более высоком уровне по сравнению с показателями у детей контрольной группы. Содержание тестостерона в крови у девочек контрольной группы находилось также в пределах возрастных норм и составило $15,5 \pm 1,5$ пмоль/л. В группе детей с нейроциркуляторной дистонией до лечения уровень тестостерона в крови был достоверно выше по сравнению с контрольной группой. После лечения Магне-В₆ уровень тестостерона в крови у девочек достоверно снижался,

по сравнению с показателями у девочек с нейроциркуляторной дистонией до лечения, и достигал его содержания у детей контрольной группы.

Следует отметить, что морфо-функциональные изменения жизненно важных органов и систем у детей, несомненно, приводят к гормонально-метаболическим сдвигам. Это, в свою очередь, провоцирует изменения общей и специфической реактивности организма, что сопровождается нарушением компенсаторно-адаптивных механизмов и ведет к формированию стойкой органной патологии в процессе взросления организма [3].

Полученные нами данные показывают, что как у мальчиков, так и у девочек с нейроциркуляторной дистонией происходит существенное изменение уровня стероидных гормонов в крови. Динамика стероидных гормонов у мальчиков с нейроциркуляторной дистонией характеризовалась увеличением содержания кортизола, снижением уровней эстрадиола и тестостерона по сравнению с данными у детей контрольной группы. У девочек с нейроциркуляторной дистонией уровень стероидных гормонов в крови был достоверно более высоким по сравнению с показателями у детей контрольной группы. После лечения препаратом Магне-В₆ уровень кортизола как у мальчиков, так и у девочек оставался на достоверно более высоком уровне по сравнению с данными, полученными у детей контрольной группы. Вместе с тем препарат Магне-В₆ у мальчиков с нейроциркуляторной дистонией не оказывал существенного влияния на содержание эстрадиола в крови, но способствовал повышению концентрации тестостерона до его уровня у детей контрольной группы. У девочек с нейроциркуляторной дистонией применение препарата Магне-В₆ приводило к снижению как уровня эстрадиола, так и тестостерона, хотя их концентрации в крови оставались на достоверно более высоком уровне по сравнению с данными, полученными у детей контрольной группы.

Таким образом, исходя из результатов наших исследований, становится очевидным необходимость проведения эффективной длительной коррекции уровней стероидных гормонов в крови у детей с нейроциркуляторной дистонией, что позволит оптимально адаптироваться растущему организму к условиям среды.

ВЫВОДЫ

1. Препарат Магне-В₆ не оказывал существенного влияния на уровень кортизола как у мальчиков, так и у девочек, который оставался на достоверно более высоком уровне по сравнению с данными, полученными у детей контрольной группы.
2. У мальчиков с нейроциркуляторной дистонией препарат Магне-В₆ способствовал повышению концентрации тестостерона до его уровня у детей контрольной группы, не влияя при этом на содержание эстрадиола в крови.
3. Применение препарата Магне-В₆ у девочек с нейроциркуляторной дистонией приводило к снижению как уровня эстрадиола, так и тестостерона, но вместе с тем их концентрации в крови оставались на достоверно более высоком уровне по сравнению с данными, полученными у детей контрольной группы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аникин В.В. Содержание фосфатидилинозитов у больных с различными вариантами нейроциркуляторной дистонии / В.В. Аникин, А.А. Курочкин, Н.Н. Слюсарь // Клиническая медицина. 1999. Т. 77. № 11. С.28–30.
2. Джандарова Т.И. Уровень стероидных гормонов в слюне у детей с отклонениями в состоянии сердечно-сосудистой системы / Т.И. Джандарова, Ю.И. Джанаева, С.Ю. Ершова // Наука и образование в жизни современного общества: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов: Консалтинговая компания Юком, 2015. Том 14. С. 29–30.
3. Нагорная Г.Ю. Антиоксидантная система сыворотки крови и слюны детей при нейроциркуляторной дистонии / Г.Ю. Нагорная: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Ростов-на-Дону, 2005. 18 с.
4. Сапронов, Н.С., Федотова Ю.О., Гончаров Н.П. Половые гормоны и поведенческие реакции / Н.С. Сапронов, Ю.О. Федотова, Н.П. Гончаров // Вестник РАМН. 2001. № 12. С. 29–34.
5. Beyer C. Membrane receptors for oestrogen in the brain / C. Beyer, J.PawlakHYPERLINK «<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites...> 2003. V. 83. N. 3. P. 545–550.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ, №3, 2016

1. Альгальда Савфат Чаид, аспирант направления «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-918-793-82-74. Email: safwat.cj@gmail.com.

2. Аникеева Ольга Сергеевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры социально-экономической географии геоинформатики и туризма Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-938-306-13-60. E-mail: stepanova-olga@mail.ru.

3. Антонникова Александра Александровна, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник лаборатории физики преобразования энергии высокоэнергетических материалов Института проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук.

Телефон: (3854) 30-58-47. E-mail: antonnikova.a@mail.ru.

4. Батулин Владимир Александрович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой клинической фармакологии с курсом ДПО Ставропольского государственного медицинского университета.

Телефон: 8-961-465-01-67. E-mail: v_baturin@mail.ru.

5. Байрамкулов Энвер Далхатович, ассистент кафедры травматологии и ортопедии с курсом ДПО Ставропольского государственного медицинского университета.

Телефон: 8-928-318-38-11. E-mail: Enver-v@list.ru.

6. Белов Сергей Павлович, доктор технических наук, профессор кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий

Белгородского государственного национального исследовательского университета.

Телефон: 8-4722-30-13-92. E-mail: belov@bsu.edu.ru.

7. Беляев Николай Георгиевич, доктор биологических наук, профессор кафедры анатомии и физиологии Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-903-441-18-54. E-mail: belyaev_nikolay@mail.ru.

8. Блинов Андрей Владимирович, ассистент кафедры технологии наноматериалов Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-918-754-78-52. E-mail: blinov.a@mail.ru.

9. Блинова Анастасия Александровна, аспирант кафедры прикладной биотехнологии Северо-Кавказского федерального университета

Телефон: 8-988-767-94-60. E-mail: blinov.a@mail.ru.

10. Бычков Алексей Александрович, главный специалист Автономной некоммерческой организации «Агентство атмосферных технологий».

Телефон: 8-916-525-33-92. E-mail: bychkovaleks@gmail.com.

11. Василенко Надежда Филипповна, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории эпидемиологии Ставропольского противочумного института Роспотребнадзора.

E-mail: snipchi@mail.stv.ru.

12. Вендина Ольга Ивановна, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник Института географии РАН.

Телефон: 8-916-188-56-75. E-mail: o.vendina@gmail.com.

13. Воротников Александр Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии с курсом ПДО Ставропольского государственного медицинского университет.

Телефон (8652) 713309. E-mail: stavtrauma@mail.ru.

14. Гасумов Рамиз Алиевич, доктор технических наук, профессор кафедры строительства нефтяных и газовых скважин Северо-Кавказского федерального университета, заместитель председателя совета директоров ОАО «СевКавНИПИГаз».

Телефон: (8652) 35-30-26. E-mail: Priemnaya@scnipigaz.ru.

15. Герасимов Владимир Павлович, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладная информатика Ставропольского государственного аграрного университета.

Телефон: 8-928-265-74-24. E-mail: gvp-05@mail.ru.

16. Герасимов Сергей Владимирович, магистрант кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-919-751-39-00. E-mail: new_roads@mail.ru.

17. Григорьев Михаил Павлович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией медицинской зоологии Ставропольского противочумного института Роспотребнадзора.

E-mail: medzool@mail.ru.

18. Данилова Нина Евгеньевна, аспирант направления «Физика Земли и планет» Северо-Кавказского федерального университета.

E-mail: ninochka841@mail.ru.

19. Даржания Александр Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой защиты в чрезвычайных ситуациях Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-962-447-29-86. E-mail: adarzhaniya@mail.ru.

20. Джандарова Тамара Исмаиловна, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры анатомии и физиологии Института живых систем Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-903-418-39-54. E-mail: Djandarova@yandex.ru.

21. Жилияков Евгений Георгиевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.

Телефон: 8-4722-30-13-92. E-mail: zhilyakov@bsu.edu.ru.

22. Закинян Артур Робертович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей и теоретической физики Северо-Кавказского федерального университета.

E-mail: art.zakinyan@gmail.com.

23. Закинян Роберт Гургенович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей и теоретической физики Северо-Кавказского федерального университета.

E-mail: zakinyan@mail.ru.

24. Калита Диана Ивановна, аспирант, ассистент кафедры информационных систем и технологий Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-962-007-90-24. E-mail: diana.kalita@mail.ru.

25. Ким Николай Сергеевич, доктор физико-математических наук, консультант Автономной некоммерческой организации «Агентство атмосферных технологий».

Телефон: 8-903-026-59-98. E-mail: adk@obninsk.ru.

26. Ковалёв Владимир Данилович, доктор технических наук, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-906-462-15-69. E-mail: profkovalev@mail.ru.

27. Колосков Борис Павлович, доктор физико-математических наук, заместитель директора Автономной некоммерческой организации «Агентство атмосферных технологий».

Телефон: 8-916-191-12-26. E-mail: bkoloskov@mail.ru.

28. Коляда Андрей Алексеевич, доктор физико-математических наук, доцент, главный научный сотрудник Научно-исследовательского учреждения «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета.

Телефон: 8-10-375-17-221-96-09; +375-29-255-35-84.

E-mail: razan@tut.by.

29. Корнеев Виктор Петрович, кандидат технических наук, директор Автономной некоммерческой организации «Агентство атмосферных технологий».

Телефон: 8-985-761-94-52. E-mail: kornvp@mail.ru.

30. Кравцов Александр Александрович, ассистент кафедры технологии наноматериалов Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-918-867-80-22. E-mail: sanya-kravtsov@ya.ru.

31. Кудряшова Ольга Борисовна, доктор физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории физики преобразования энергии высокоэнергетических материалов Института проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук.

Телефон: (3854) 30-58-47. E-mail: olgakudr@inbox.ru.

32. Кукулинская Екатерина Юрьевна, аспирант, младший научный сотрудник ОАО «СевКавНИПИгаз».

Телефон: 8-905-449-11-02. E-mail: KukulinskayaEY@scnipigaz.ru.

33. Курлов Александр Васильевич, старший преподаватель кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.

Телефон: 8-4722-30-13-92. E-mail: kurlov@bsu.edu.ru.

34. Лихолоб Петр Георгиевич, старший преподаватель кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.

Телефон: 8-4722-30-13-92. E-mail likholob@bsu.edu.ru.

35. Ляхов Павел Алексеевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной математики и математического моделирования Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-962-028-72-14. E-mail: ljahov@mail.ru.

36. Мараховская Светлана Юрьевна, соискатель ученой степени кандидата медицинских наук кафедры клинической фармакологии с курсом ДПО Ставропольского государственного медицинского университета

Телефон: 8-962-406-28-28. E-mail: doktereva@rambler.ru.

37. Медведева Александра Александровна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.

Телефон: 8-4722-30-13-92. E-mail: medvedeva_aa@bsu.edu.ru.

38. Наац Виктория Игоревна, доктор физико-математических наук, профессор кафедры математического анализа Института математики и естественных наук Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-918-744-82-89. E-mail: VINaac@yandex.ru.

39. Наац Игорь Эдуардович, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института повышения квалификации научно-педагогических кадров Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: (8-652) 35-21-10 (1154). E-mail: naatsie@yandex.ru.

40. Набережный Даниил Олегович, магистрант кафедры наноматериалов Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Телефон: 8-906-440-43-40. E-mail: danil0594@yandex.ru.

41. Надеина Арина Сергеевна, магистрант кафедры нанохимии и наноинженерии Кильского университета.

Телефон: 8-962-452-02-90. E-mail: arishyn@mail.ru.

42. Околито Наталья Николаевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии и физиологии Северо-Кавказского федерального университета. Телефон: 8-928-222-85-86.

43. Петрунин Андрей Михайлович, главный специалист Автономной некоммерческой организации «Агентство атмосферных технологий».

Телефон: 8-916-115-91-58. E-mail: a.m.petrinin@mail.ru.

44. Роман Александр Николаевич, кандидат географических наук, доцент кафедры социально-экономической географии геоинформатики и туризма Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-988-092-51-61. E-mail: roman_alex@mail.ru.

45. Рыскаленко Роман Андреевич, кандидат физико-математических наук, кафедра математического анализа Института математики и естественных наук Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-918-751-92-82. E-mail: azerton@yandex.ru.

46. Семенова Юлия Александровна, аспирант направления «Физика Земли и планет Северо-Кавказского федерального университета.

E-mail: brilliance_wave@mail.ru.

47. Сергеев Борис Николаевич, кандидат физико-математических наук главный, специалист Автономной некоммерческой организации «Агентство атмосферных технологий».

Телефон: 8-916-423-91-62. E-mail: bsergeev@rambler.ru.

48. Серов Александр Владимирович, доктор технических наук, доцент кафедры технологии наноматериалов Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-918-740-91-35. E-mail: sav_ncstu@mail.ru.

49. Скрипчинский Андрей Владимирович, кандидат географических наук, доцент кафедры социально-экономической географии, геоинформатики и туризма Института математики и естественных наук Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: (8652) 33-02-79. E-mail: ron1975@list.ru.

50. Смерек Юлия Леонтьевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей и теоретической физики Северо-Кавказского федерального университета.

E-mail: smerek@mail.ru.

51. Соловьев Иван Алексеевич, кандидат географических наук, доцент кафедры социально-экономической географии, геоинформатики и туризма Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-905-415-56-24. E-mail: soloivan@mail.ru.

52. Степкина Мария Юрьевна, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории физики преобразования энергии высокоэнергетических материалов Института проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук.

Телефон: (3854) 30-58-47. E-mail: mabric@mail.ru.

53. Трифонова Зоя Алексеевна, кандидат географических наук, доцент кафедры экономической и социальной географии Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова.

Телефон: 8-905-343-27-82. E-mail: zoyatrifonova@mail.ru.

54. Частухин Андрей Викторович, главный специалист Автономной некоммерческой организации «Агентство атмосферных технологий».

Телефон: 8-916-257-69-61. E-mail: a.chastuhin@mail.ru

55. Червяков Николай Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и математического моделирования Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-905-469-34-12. E-mail: k-fmf-primath@stavsu.ru.

56. Чернова Ирина Владимировна, ассистент кафедры социально-экономической географии, геоинформатики и туризма Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон (8652) 35-32-78. E-mail: chernova_skfu@mail.ru.

57. Чернявский Александр Федорович, академик НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор, лауреат Госпремии СССР, заведующий лабораторией специализированных вычислительных систем Научно-исследовательского учреждения «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета.

Телефон: 8-10-375-17-278-58-26. E-mail: niipfp@bsu.by.

58. Шкарлет Галина Петровна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории медицинской зоологии Ставропольского противочумного института Роспотребнадзора.

Телефон 8-918-752-36-83. E-mail: gpshkarlet@mail.ru.

59. Шкарлет Константин Юрьевич, кандидат географических наук, доцент кафедры экологии и природопользования Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон 8-918-752-37-08. E-mail: shcarlet@mail.ru.

60. Шульженко Кирилл Сергеевич, магистрант кафедры прикладной математики и математического моделирования Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-928-315-91-19. E-mail: kirill-joker@mail.ru.

61. Ягупова Юлия Анатольевна, аспирант кафедры анатомии и физиологии Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-928-817-62-74.

ABOUT THE AUTHORS

SCIENCE. INNOVATIONS. TECHNOLOGIES, №3, 2016

1. Algald Safwat Chiad, graduate student of study direction «Mathematical modeling, numerical methods and program complexes» of the North Caucasus Federal University.

Phone: 8-918-793-82-74. Email: safwat.cj@gmail.com.

2. Anikeeva Olga Sergeevna, PhD, Associate Professor, Department of Social and Economic Geography Geoinformatics and Tourism of the North Caucasus Federal University.

Phone: 8-938-306-13-60. E-mail: stepanova-olga@mail.ru.

3. Antonnikova Aleksandra Aleksandrovna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Researcher, Laboratory of Physics of high energy conversion materials of the Institute of Problems of Chemical and Energetic Technologies, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

Phone: (3854) 30-58-47. E-mail: antonnikova.a@mail.ru.

4. Baturin Vladimir Aleksandrovich, MD, Professor, Head of the Department of Clinical Pharmacology with course DPO Stavropol State Medical University.

Phone: 8-961-465-01-67. E-mail: v_baturin@mail.ru.

5. Bayramkulov Enver Dalkhatovich, assistant of the department of traumatology and orthopedics with a course DPO Stavropol State Medical University.

Phone: 8-928-318-38-11. E-mail: Enver-v@list.ru.

6. Belov Sergey Pavlovich, doctor of technical Sciences, Professor, Department of information and telecommunication systems and technologies, Belgorod state national research University.

Phone: 8-4722-30-13-92. E-mail: belov@bsu.edu.ru.

7. Belyaev Nikolay Georgievich, doctor of biological sciences, professor of anatomy and physiology of the North Caucasus Federal University.

Phone: 8-903-441-18-54. E-mail: belyaev_nikolay/@mail.ru.

8. Blinov Andrei Vladimirovich, nanomaterials technology assistant of the department of the North Caucasus Federal University.

Phone: 8-918-754-78-52. E-mail: blinov.a@mail.ru.

9. Blinova Anastasia Alexandrovna, a graduate student of the Department of Applied Biotechnology North Caucasus Federal University.

Phone: 8-988-767-94-60. E-mail: blinov.a@mail.ru.

10. Bychkov Aleksej Aleksandrovich, main specialist Autonomous Nonprofit Organization «Agency of Atmospheric Technologies».

Phone: 8-916-525-33-92. E-mail: bychkovaleks@gmail.com.

11. Chastukhin Andrej Viktorovich, main specialist Autonomous Non-profit Organization «Agency of Atmospheric Technologies».

Phone: 8-916-257-69-61. E-mail: a.chastuhin@mail.ru.

12. Chervyakov Nikolai Ivanovich, doctor of technical sciences, professor, head of department of applied mathematics and mathematical modeling of the North Caucasus Federal University.

Phone: 8-905-469-34-12. E-mail: k-fmf-primath@stavs.ru.

13. Chernova Irina Vladimirovna, assistant of the department of social and economic geography, geoinformatics and Tourism of the North Caucasus Federal University.

Phone (8652) 35-32-78. E-mail: chernova_skfu@mail.ru.

14. Cherniavsky Alexander Fedorovich, academician of the National Academy of Sciences, doctor of technical sciences, professor, laureate of State Prize of the USSR, head of the Laboratory of specialized computer systems Research Institution "Institute of Applied Physical Problems named after AN Sevchenko "Belarusian State University.

Phone: 8-10-375-17-278-58-26. E-mail: niipfp@bsu.by.

15. Danilova Nina Evgenevna, a graduate student direction "Physics of the Earth and Planets" of the North Caucasus Federal University.

E-mail: ninochka841@mail.ru.

16. Darzhaniya Alexander Yur'yevich, Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of protection in emergency situations of the North Caucasus Federal University.

Phone: 8-962-447-29-86. E-mail: adarzhaniya@mail.ru.

17. Dzhandarova Tamara Ismailovna, Sc.D., associate professor, professor of anatomy and physiology of living systems of the Institute of the North Caucasus Federal University.

Phone: 8-903-418-39-54. E-mail: Djandarova@yandex.ru.

18. Gasumov Ramiz Alievich, doctor of technical Sciences, Professor of the Department of construction of oil and gas wells of the North-Caucasian Federal University, First Deputy Director General "SevKavNIPigaz".

Phone: (8652) 35-30-26. E-mail: Priemnaya@scnipigaz.ru.

19. Gerasimov Vladimir Pavlovich, Ph.D., Associate Professor of Applied Informatics of the Stavropol State Agrarian University.

Phone: 8-928-265-74-24. E-mail: gvp-05@mail.ru.

20. Gerasimov Sergey Vladimirovich, graduate student of the Department of protection in emergency situations of the North Caucasus Federal University.

Phone: 8-919-751-39-00. E-mail: new_roads@mail.ru.

21. Grigoriev Mikhail Pavlovich, Ph.D., Head of the Laboratory of Medical Zoology, Stavropol Rospotrebnadzor Anti-Plague Institute.

E-mail: medzool@mail.ru.

22. Kalita Diana Ivanovna, a graduate student, assistant of the department of information systems and technologies of the North Caucasus Federal University.

Phone: 8-962-007-90-24. E-mail: diana.kalita@mail.ru.

23. Kim Nikolaj Sergeevich, doctor of physical and mathematical sciences, consultant Autonomous Nonprofit Organization «Agency of Atmospheric Technologies».

Phone: 8-903-026-59-98. E-mail: adk@obninsk.ru.

24. Kovalev Vladimir Danilovich, Doctor of Technical Sciences, Pro-

fessor of the Department of protection in emergency situations of the North Caucasus Federal University.

Phone: 8-906-462-15-69. E-mail: profkovalev@mail.ru.

25. Koloskov Boris Pavlovich, doctor of physical and mathematical sciences, deputy Director Autonomous Nonprofit Organization «Agency of Atmospheric Technologies».

Phone: 8-916-191-12-26. E-mail: bkoloskov@mail.ru.

26. Kolyada Andrey Alekseevich, doctor of physical and mathematical sciences, associate professor, chief researcher at the Research Institution "Institute of Applied Physical Problems named after AN Sevchenko "Belarusian State University. Phone: 8-10-375-17-221-96-09; + 375-29-255-35-84.

E-mail: razan@tut.by.

27. Korneev Viktor Petrovich, candidate of technical Sciences, director Autonomous Nonprofit Organization «Agency of Atmospheric Technologies»

Phone: 8-985-761-94-52. E-mail: kornvp@mail.ru.

28. Kravtsov Alexander Aleksandrovich, nanomaterials technology assistant of the department of the North Caucasus Federal University.

Phone: 8-918-867-80-22. E-mail: sanya-kravtsov@ya.ru.

29. Kudryashova Olga Borisovna, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, associate professor, senior researcher at the laboratory of physics of high energy conversion materials of the Institute of Problems of Chemical and Energetic Technologies, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Phone: (3854) 30-58-47. E-mail: olgakudr@inbox.ru.

30. Kukulinskaya Catherine Yur'yevna, graduate student, junior researcher of "SevKavNIPigaz".

Phone: 8-905-449-11-02. E-mail: KukulinskayaEY@scnipigaz.ru.

31. Kurlov Alexander Vasilyevich, senior lecturer in information and telecommunication systems and technologies, Belgorod state national research Universit.

Phone: 8-4722-30-13-92. E-mail: kurlov@bsu.edu.ru.

32. Likholob Peter Georgievich, senior lecturer in information and tele-

communication systems and technologies, Belgorod state national research University.

Phone: 8-4722-30-13-92. E-mail likholob@bsu.edu.ru.

33. Lyakhov Pavel Alexeyevich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of applied mathematics and mathematical modeling of the North Caucasus Federal University P.

Phone: 8-962-028-72-14. E-mail: ljahov@mail.ru.

34. Marakhovskii Svetlana Yur'yevna, competitor of a scientific degree of Candidate of Medical Sciences of the Department of Clinical Pharmacology with course DPO Stavropol State Medical University.

Phone: 8-962-406-28-28. E-mail: doktereva@rambler.ru.

35. Medvedeva Alexandra Alexandrovna, candidate of technical Sciences, senior lecturer of the Department of information and telecommunication systems and technologies, Belgorod state national research University.

Phone: 8-4722-30-13-92. E-mail: medvedeva_aa@bsu.edu.ru.

36. Naats Victoria Igorevna, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of Mathematical Analysis of the Institute of Mathematics and Natural Sciences of the North-Caucasian Federal University

Phone: 8-918-744-82-89. E-mail: VINaac@yandex.ru.

37. Naats Igor Eduardovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, leading researcher of the Institute of advanced training of the teaching staff of the North Caucasus Federal University.

Phone: (8-652) 35-21-10 (1154). E-mail: naatsie@yandex.ru.

38. Naberezhne Daniil Olegovich, graduate student of Department of nanomaterials of Moscow state University. M. V. Lomonosov.

Phone: 8-906-440-43-40. E-mail: danil0594@yandex.ru.

39. Nadeina Arina Sergeevna, postgraduate of the Department of nanochemistry and nanoengineering, University of Kiel.

Phone: 8-962-452-02-90. E-mail: arishyn@mail.ru.

40. Okolito Natalia Nikolaevna, PhD, assistant professor of anatomy and physiology of the North Caucasus Federal University.

Phone: 8-928-222-85-86.

41. Petrunin Andrej Mikhailovitch, main specialist Autonomous Non-profit Organization «Agency of Atmospheric Technologies».

Phone: 8-916-115-91-58. E-mail: a.m.petrinin@mail.ru.

42. Roman Alexandr Nikolaevich, candidate of geographical sciences, associate professor of social and economic geography, geoinformatics and tourism of the Institute of mathematics and natural sciences at the North-Caucasian Federal University.

Phone: 8-988-092-51-61. E-mail: roman_alex@mail.ru.

43. Ryskalenko Roman Andreevich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Department of Mathematical Analysis at the Institute of Mathematics and Natural Sciences of the North-Caucasian Federal University

Phone: 8-918-751-92-82. E-mail: azerton@yandex.ru.

44. Semenova Julia Alexandrovna, a graduate student direction "Physics of the Earth and the planets of the North Caucasus Federal University.

E-mail: brilliance_wave@mail.ru.

45. Sergeev Boris Nikolaevich, candidate of physical and mathematical sciences, main specialist Autonomous Nonprofit Organization «Agency of Atmospheric Technologies».

Phone: 8-916-423-91-62. E-mail: bsergeev@rambler.ru

46. Serov Alexander Vladimirovich, Ph.D., assistant professor of the North Caucasus Federal University of Technology of Nanomaterials.

Phone 8-918-740-91-35. E-mail: sav_ncstu@mail.ru.

47. Shkarlet Galina Petrovna, PhD, Researcher, Laboratory of Medical Zoology, Stavropol Rospotrebnadzor Anti-Plague Institute.

Phone 8-918-752-36-83. E-mail: gpshkarlet@mail.ru.

48. Shkarlet Konstantin Yurevich, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Ecology and Environmental Sciences of the North-Caucasian Federal University. Telephone 8-918-752-37-08.

E-mail: shcarlet@mail.ru.

49. Shulzhenko Kirill Sergeyevich, graduate student of the department of applied mathematics and mathematical modeling of the North Caucasus Federal University.

Phone: 8-928-315-91-19. E-mail: kirill-joker@mail.ru.

50. Skripchinsky Andrey Vladimirovich, candidate of geographical sciences, associate professor of social and economic geography, geoinformatics and tourism of the Institute of mathematics and natural sciences at the North-Caucasian Federal University.

Phone: (8652) 33-02-79. E-mail: ron1975@list.ru.

51. Smerek Julia Leontievna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of General and Theoretical Physics of the North Caucasus Federal University.

E-mail: smerek@mail.ru.

52. Solovyov Ivan Alekseevich, candidate of geographical sciences, associate professor of social and economic geography, geoinformatics and tourism of the North Caucasus Federal University.

Phone: 8-905-415-56-24. E-mail: soloivan@mail.ru.

53. Stepkina Maria Yur'yevna, a graduate student, junior researcher, Laboratory of Physics of high energy conversion materials of the Institute of Problems of Chemical and Energetic Technologies, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

Phone: (3854) 30-58-47. E-mail: mabric@mail.ru

54. Trifonova Zoya Fyodorova, the candidate of geographical sciences, associate professor of economic and social geography of the Chuvash State University them. IN Ulyanov.

Phone: 8-905-343-27-82. E-mail: zoyatrifonova@mail.ru

55. Vasilenko Nadezhda Filippovna, Sc.D., professor, chief researcher at the Laboratory of Epidemiology Rospotrebnadzor Stavropol Anti-Plague Institute.

E-mail: snipchi@mail.stv.ru.

56. Vendina Olga Ivanovna, Candidate of Geographical Sciences, Senior Fellow, Institute of Geography, RAS.

Phone: 8-916-188-56-75. E-mail: o.vendina@gmail.com.

57. Vorotnikov Alexander Anatolyevich, MD, Professor, Head of the

Department of Traumatology and Orthopedics with a course PDO Stavropol State Medical University.

Phone (8652) 713309. E-mail: stavtrauma@mail.ru.

58. Yagupova Juliya Anatol'yevna, a graduate student of the department of anatomy and physiology of the North Caucasus Federal University.

Phone: 8-928-817-62-74

59. Zakinyan Arthur Robertovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of General and Theoretical Physics of the North Caucasus Federal University

E-mail: art.zakinyan@gmail.com

60. Zakinyan Robert Gurgenovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of General and Theoretical Physics of the North Caucasus Federal University

E-mail: zakinyan@mail.ru

61. Zhilyakov Evgeny Georgievich, doctor of technical Sciences, Professor, head of Department of information and telecommunication systems and technologies, Belgorod state national research University

Phone: 8-4722-30-13-92. E-mail: zhilyakov@bsu.edu.ru

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И СДАЧЕ РУКОПИСЕЙ В РЕДАКЦИЮ

Редакция журнала сотрудничает с авторами — преподавателями вузов, научными работниками, аспирантами, докторантами и соискателями ученых степеней. Журнал публикует материалы в разделах:

- «Физико-математические науки» (01.01.00 Математика, 01.04.00 Физика);
- «Науки о Земле» (25.00.00 Науки о Земле);
- «Биологические науки» (03.01.00 Физико-химическая биология, 03.03.00 Физиология).

Материалы в редакцию журнала принимаются в соответствии с требованиями к оформлению и сдаче рукописей постоянно и публикуются после обязательного внутреннего рецензирования и решения редакционной коллегии в порядке очередности поступления, с учётом рубрикации номера.

Редакция принимает от авторов рукописи и сопутствующие им необходимые документы в следующей комплектации:

1. Рукопись в печатной и электронной форме.
2. Отзыв научного руководителя (для аспирантов, адъюнктов и соискателей).
3. Рецензия специалиста в данной научной сфере, имеющего ученую степень.
4. Экспертное заключение и экспертный контроль.
5. Лицензионный договор на право использования научного произведения в журнале и сети Интернет.

МАТЕРИАЛЫ
ДОЛЖНЫ СООТВЕТСТВОВАТЬ
СЛЕДУЮЩИМ ТРЕБОВАНИЯМ:

1. РУКОПИСЬ

Объем: 6–15 страниц (допускается превышение объема по согласованию с редакцией),

Формат бумаги: А4;

Поля: верхнее — 2 см, нижнее — 2 см, правое — 2 см, левое — 1,5 см;

Кегль: 14 пт;

Шрифт: Times New Roman;

Межстрочный

интервал: 1,5 пт;

Нумерация

страниц: внизу страницы по центру;

Первая строка: отступ 1,25 см.

Переносы в словах либо не употреблять, либо пользоваться командой «расстановка переносов». Необходимо различать в тексте дефис (-) (например, черно-белый, бизнес-план) и тире (—).

Статья должна быть оформлена в соответствии с приведенным ниже образцом и иметь все указанные элементы. Разделы и подразделы статьи (если они необходимы) выделяются прямым полужирным шрифтом.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ:

Биологические науки
УДК **Иванов И. И. [Ivanov I. I.]**
Название (на русском языке)
Title (English)
Аннотация: 100–150 слов
Ключевые слова: 5–8 слов
Abstract:
Key words:

Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи (рис. 1).
Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи [1].

Рис. 1. Название рисунка.

Текст статьи. Текст статьи (табл. 1). Текст статьи. Текст статьи.
Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи.

Таблица 1. НАЗВАНИЕ ТАБЛИЦЫ

Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи. Текст
статьи. Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК
1. Литература в соответствии с ГОСТ.

ОБ АВТОРАХ
Иванов Иван Иванович, доктор ... наук, профессор кафедры
... .. университета. Телефон: (...) ..-... E-mail: ... (сначала все
авторы на русском языке)

Ivanov Ivan Ivanovich, Doctor of ... Science, professor of the
Department ... University. Phone: (...) ..-... E-mail: ...

Рисунки и таблицы вставляются в тексте в нужное место. Ссылки в тексте на таблицы и рисунки обязательны. Каждый рисунок предоставляется также в отдельном файле (формат *.ai, *.eps, *.jpeg, *.tiff).

Рисунки нумеруются снизу (Рис. 1. Название) и выполняются в графическом редакторе 14 кеглем, полужирным шрифтом, междустрочное расстояние – одинарное. Все надписи на рисунках должны читаться.

Рисунки должны быть оформлены с учетом особенности черно-белой печати (рекомендуется использовать в качестве заливки различные виды штриховки и узоров, в графиках — различные типы линий, разное оформление точек, по которым строится график). Цветные и полутонные рисунки не допустимы. Оси графиков должны иметь название и единицы измерения. За качество рисунков или фотографий редакция ответственности не несет.

Формулы выполняются в программе редактор формул MathType 12 кеглем, выравниваются по центру. Их номера ставятся при помощи табулятора в круглых скобках по правому краю.

Таблицы должны иметь название. Таблицы нумеруются сверху (Табл. 1), выравниваются по правому краю и выполняются 14 кеглем, полужирным шрифтом. Название таблицы выполняется 14 кеглем, выравниваются по центру таблицы, полужирным шрифтом, междустрочное расстояние — одинарное. Ширина таблицы должна быть не более 16 см.

Библиографический список (НЕ ЛИТЕРАТУРА!) размещается в конце статьи. В нем перечисляются все источники, на которые автор ссылается в статье, с полным библиографическим аппаратом издания (в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5–2008). Ссылки указываются в квадратных скобках и оформляются в соответствии со следующим шаблоном:

— для книг: Автор. Название. Город: Изд-во, год.

Например: Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: Наука, 1987.

— для трудов конференций, сборников трудов и других коллективных публикаций (в том числе, не имеющих титульных авторов): Автор. Название // Название конференции: Название сборника трудов. Город: Изд-во, год.

- Например:
1. Брыкалов А.В., Романенко Е.С. Применение полифункциональных олигомеров вулканизаторов в качестве биостимуляторов роста растений // Современные достижения био-технологии: Материалы Первой конф. Северо-Кавказского региона. Ставрополь, 1995. С. 9.
 2. Вычислительные методы линейной алгебры: Тр. I Всесоюзной конференции. Новосибирск: Вц СО АН СССР, 1969.
 3. Сборник задач по численным методам / Сост. Н.А. Стрелков. Ярославль: Изд-во Яросл. ун-та, 1988.
 4. Численный анализ на ФОРТРАНе / Под ред. В.В. Воеводина. Вып. 17. М.: Изд-во МГУ, 1976.
- для статей в журналах, сборниках трудов и других коллективных публикациях: Автор. Название статьи // Журнал. Год. №. С. (номер первой — номер последней страницы).
- Например: 1. Абрамов А.А. О численном решении некоторых алгебраических задач, возникающих в теории устойчивости // ЖВМ и МФ. 1984. № 3. С. 339–347.
- для электронных ресурсов: обязательно указывать сведения об авторе, сайте/цифровом носителе, URL и дату обращения.
- Например: 1. Распоряжение Правительства РФ от 6 сентября 2010 г. №1485-р «О Стратегии социально-экономического раз-

вития Северо-Кавказского федерального округа до 2025 г.». [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-плюс».

2. Бадыштова И.М. Специфика домохозяйств трудовых мигрантов в России // Социс. 2002. №9. URL: http://2001.isras.ru/SocIs/SocIsArticles/2002_09/Badyshtova.doc (дата обращения: 19.09.2007).

Примечания, сноски (если необходимы) имеют сквозную нумерацию.

Автор несет ответственность за точность приводимых в его рукописи сведений, цитат и правильность указания названий книг в списке литературы!

Печатный экземпляр рукописи статьи должен быть прошит и пронумерован, подписан всеми авторами и соавторами статьи с обратной стороны последней страницы (указывается количество страниц, ФИО и подписи). Допускается предоставление непрошитой, но пронумерованной и подписанной на каждой странице рукописи.

CONTENTS

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

Gerasimov V.P., Kovalyov V.D., Gerasimov S.V., Darzhanija A.YU. Semi-natural modelling in the analysis of the discriminatory characteristics of the image sensor with the exponential correlation function	7
E.G. Zhilyakov, S.P. Belov, A.A. Medvedeva. Research of sensitivity of detection method subband pause noise impact	17
E.G. Zhilyakov, S.P. Belov, A.A. Medvedeva, A.V. Kurlov, P.G. Likholob. About one algorithm of determining the frequency intervals information	23
Kolyada A.A., Chernyavsky A.F. Generation of decryption key for the rsa cryptosystem using the minimum redundant modular number system	31
Naats I.E., Naats V.I., Ryskalenko R.A. Method for numerical solution of boundary value problems for equations in partial proizvodnyh with empirical functions on the basis of the integral Fredholm equation of the first kind	45
Naberezhnyi D.O., Blinov A.V., Serov A.V., Blinova A.A., Nadeina A.S., Kravtsov A.A. Research of influence the parameters of a dispersive environment on stability of the colloidal silver stabilized by quarternary ammonium compounds.	59

- Petrinin A.M., Korneev V.P., Koloskov B.P., Chastukhin A.V., Bychkov A.A., Kim N.S., Sergeev B.N.** Studies of ice-forming agent propagation in the boundary layer of the atmosphere under the action of ground-based NAG-07M aerosol generators 69
- Semenova Y.A., Zakinayn A.R., Smerek Y.L., Danilova N.E., Zakinayn R.G.** Study of vortex state of the atmosphere 83
- Stepkina M.Y., Kudryashova O.B., Antonnikova A.A.** Pilot study of change of dispersion of charged particles in the stream and on the surface at electrostatic dispersion 89
- Chervyakov N.I., Lyakhov P.A., Kalita D.I., Shulzhenko K.S.** Principle of compression images based on discrete wavelet transform 96
- Chervyakov N.I., Algaldá S.C.** The hardware implementation of Binary translation algorithms in residual classes 119

EARTH SCIENCES

- Vendina O.I.** Dagestan: tradition as a chance for modernization 137
- Gasumov R.A., Kukulinskaya E.Yu.** Technological solutions to limit sand production from producing gas wells 165
- Skipchinsky A.V., Anikeeva O.S., Roman A.N.** Methodological aspects of space monitoring of subsoil use common minerals in the Stavropol region 177
- Soloviev I.A.** Geographical features planned migration of population in the north caucasus and problems of adaptation 195

- Trifonova Z.A.** Regional differences in the level of demographic aging Russian 211
- Chernova I.V.** The methodology of creating interactive atlas mountain resettlement of the North Caucasus» 225
- Shkarlet G.P., Shkarlet K.YU., Vasilenko N.F., Grigoryev M.P.** The population of birds and small mammal forest belts in the natural center of the crimean hemorrhagic fever in the territory of Stavropol region 233

BIOLOGICAL SCIENCES

- Bayramkulov E.D., Vorotnikov A.A.** Biochemical and clinico-morphological criteria for the diagnosis of diabetic foot 243
- Belyaev N.G., Yagupova Y.A., Okolito N.N.** The contest of the reproductive hormone in men' blood living in conditions of anthropogenic pollution 251
- Marakhovskii S.Y., Dzhandarova T.I., Baturin V.A.** Features levels of steroid hormones in the blood of children with neuro dystonia before and after treatment of Magne-B6 259

Научное издание

НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ

2016

Выпуск 3

Корректор — М.И. Толмачев.

Компьютерная версия — О.Г. Полевич.

Подписано в печать 20.09.2016. Формат 70 × 108 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Бумага офсетная. Усл. печ. л.
25,38. Тираж 1 000 экз.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе
ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет».
355029, г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2.