

Министерство образования и науки  
Российской Федерации

# НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал  
Северо-Кавказского федерального  
университета

ISSN 2308–4758



**Выпуск №1, 2015 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 совет журнала**

А. А. Левитская, председатель, ректор СКФУ, канд. филол. наук, доцент; И.А. Евдокимов, заместитель председателя, проректор по научной работе СКФУ, д-р техн. 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. Балегла, 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; А.А. Лиховид, д-р геогр. 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); 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.А. Лиховид, д-р геогр. наук, профессор; А.Д. Лодыгин, д-р техн. наук, доцент; А.В. Лысенко, д-р геогр. наук, доцент; И.Н. Молодикова, 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 № ФС77–52723 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.

**Адрес  
Телефон  
Сайт  
E-mail**

355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1  
(8652) 35-85-10  
www.ncfu.ru  
vsbelozerov@yandex.ru

**ISSN**

2308–4758

**©**

ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», 2015

**«Science. Innovations. Technologies»  
North Caucasus Federal  
University**

<b>Founder</b>	Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «North Caucasus Federal University»
<b>Editor in chief</b>	V. S. Belozеров, Doctor of Geographical Sciences, professor
<b>Editorial Council</b>	A.A. Levitskaya, chairman, Rector SKFU, PhD. Philology Sciences, Associate Professor; I.A. Evdokimov, Vice Chairman, Dr. Technical Sciences, Professor; V.S. Belozеров, Chief Editor, Doctor of Geographical Sciences, professor; M.Ch. Zalikhano, 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; A.A. Likhovid, Dr. Doctor of Geographical Sciences, professor; V.S. Tikunov, Doctor of Geographical Sciences, professor (Lomonosov Moscow State University, Moscow).
<b>Editorial Board</b>	M.T. Abshaev, Dr. of Physical and Mathematical Sciences, professor (Mountain Geophysical Institute, Nalchik); 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. A. Likhovid, Dr. of Geographical Sciences, professor; 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); Polyani 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).
<b>Certificate</b>	ПИ № ФС77–52723 dated February 8th 2013.
<b>The Index</b>	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.
<b>Adress Phone Site E-mail</b>	355009, Stavropol, Pushkin street, 1 (8652) 35-85-10 www.ncfu.ru vsbelozеров@yandex.ru
<b>ISSN</b>	2308–4758
<b>©</b>	FGAOU VPO «North Caucasus Federal University», 2015

# СОДЕРЖАНИЕ

## ФИЗИКО–МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Ряполов П. А., Орлов Е. Ю., Стороженко А. М.,  
Чекаданов А. С., Кузьменко А. П., Полунин В. М.,  
Платонов В. Б.**

Исследование частиц магнитной жидкости методом малоуглового рентгеновского рассеяния и посредством магнитных измерений . . . . . 7

**Стреблянская Н. В.**

Анализ и прогнозирование уровня осадков в системах мониторинга и лабораторного контроля . . . . . 16

**Песошин В. А., Галанина Н. А., Иванова Н. Н.**

Марковская фильтрация цифровых сигналов в системе остаточных классов . . . . . 27

**Амербаев В. М., Балака Е. С., Тельпухов Д. В., Соловьев Р. А.**

Применение информационной избыточности для повышения надежности арифметического узла вычислительного элемента бимодульной арифметики. . . . . 36

**Рассомахин С. Г., Малофей О. П., Малофей А. О.**

Оптимизация алгоритма передачи числовых позиционных кодов для дискретных каналов с флуктуационным шумом . . . . . 51

**Диневич Л. А., Лешем Ё.**

Об одном случае пролета большой стаи аистов над территорией Израиля . . . . . 60

**Акбарзадех М. Дж., Молахосеини А. С.**

Разработка схемы умножителя поля Галуа, используя клеточный автомат квантовых точек . . . . . 91

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ****Манвелян Э.А., Сыса В.Ю., Кодониди И.П., Оганесян Э.Т.**

Действие амидов орто-бензоиламинобензойной кислоты, производных предшественников хиназолинона-4, на поведение самцов крыс в «открытом поле». . . . . 99

**Боташева В.С., Баротов Ф.А.**

Характер структурных изменений в миокарде при внезапной сердечной смерти . . . . . 107

**Иванов А.Л., Ковалева О.А.**

Комплексная характеристика эндемичных видов петрофильной флоры российского Кавказа . . . . . 112

**Ильях М.П.**

Красноухая черепаха *Trachemys scripta* – новый вид герпетофауны Ставропольского края. . . . . 122

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ****Шальнев В.А., Юрин Д.В.**

Древние оледенения и палеогляциальный рельеф Архыза . . . . . 127

**Попова О.Б., Подосенова И.А.**

Территориальная туристско-рекреационная система как форма пространственной организации туристско-рекреационной деятельности . . . . . 137

**Тикунов В.С., Попков А.В.**

Математико-картографическое моделирование жилищной сферы в геоинформационной среде . . . . . 150

**Тикунова И. Н., Крапивина М. Г.**

Классификация горнолыжных курортов Европы . . . . . 161

**Щитова Н. А., Чихичин В. В.**

Сравнительно-географический анализ уровня социально-экономического развития регионов европейской России . . . . . 174

**Акименко Ю. В., Казеев К. Ш., Колесников С. И.,  
Одабашян М. Ю., Николаева К. Н.**

Экологическая оценка воздействия антибиотика тилозина на биологические свойства чернозема обыкновенного . . . . . 186

УДК 538.9

Ряполов П. А. [Ryapolov P. A.],  
Орлов Е. Ю. [Orlov E. Y.],  
Стороженко А. М. [Storozhenko A. M.],  
Чекаданов А. С. [Chekadanov A. S.],  
Кузьменко А. П. [Kuzmenko A. P.],  
Полунин В. М. [Polunin V. M.],  
Платонов В. Б. [Platonov V. B. ]

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТИЦ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ МЕТОДОМ МАЛОУГЛОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО РАССЕЙЯНИЯ И ПОСРЕДСТВОМ МАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ\*

### Research particles of magnetic fluid by small-angle X-ray scattering and thereby magnetic measurements

В работе приведено исследование трех образцов магнетитовых магнитных жидкостей, в которых дисперсионными средами являлись вода, машинное масло и керосин. Методами магнитогранулометрии и малоуглового рентгеновского рассеяния получены функции распределения наночастиц МЖ по размерам, величины среднего диаметра частиц магнетита и диаметра преобладающих по количеству частиц.

**Ключевые слова:** магнитная жидкость, наночастица, малоугловое рентгеновское рассеяние, кривая намагничивания, распределение частиц, средний диаметр наночастицы.

In this paper we investigated three samples of magnetite magnetic fluids in which the dispersion medium is water, the engine oil and kerosene. Distribution function of nanoparticles breast size, the mean particle diameter and the diameter of the magnetite prevailing on the number of particles was obtained by magnitogranulometrii and Small-angle X-ray scattering obtained.

**Key words:** magnetic fluid, nanoparticle, Small-angle X-ray, scattering, curve magnetization distribution, average particle diameter of nanoparticles.

---

\* Работа выполнена по госзаданию Министерства образования и науки РФ, проект 3.1941.2014/К «Механика колебаний систем с магнитожидкостным активным элементом».

## ВВЕДЕНИЕ

Магнитная жидкость (МЖ) представляет собой сложную систему магнитных наночастиц, покрытых слоем стабилизатора и находящихся во взвешенном состоянии в жидкости-носителе. Диспергированные магнитные наночастицы во многом определяют свойства магнитного коллоида, поэтому задача исследования их структурных параметров является весьма актуальной. Существует множество методик определения размеров наночастиц МЖ [1, 2], в числе которых микроскопия, акустогранулометрия и магнитогранулометрия. Последнюю в некотором смысле можно считать «реперным» способом, поскольку магнитные жидкости традиционно характеризуются формой кривой намагничивания и величинами начальной магнитной восприимчивости и намагниченности насыщения. В работе было изучено распределение частиц по размерам методом малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР), а затем проведен сравнительный анализ результатов с данными, полученными посредством магнитных измерений.

Для изучения возможного влияния на результаты измерений состава жидкостей-носителей исследование было проведено на трех образцах МЖ с магнетитом в качестве дисперсной фазы и водой, машинным маслом и керосином в качестве дисперсионных сред.

## ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве образцов для исследований были выбраны три магнитные жидкости. Образцы 1 и 2 были получены на кафедре ЮНЕСКО «Энергосбережение и возобновляемые источники энергии» Белорусского национального технического института. Образец 3 был синтезирован в Проблемной научно-технической лаборатории прикладной феррогидродинамики Ивановского государственного энергетического университета. Характеристики образцов представлены в таблице 1.

Все образцы были получены методом химической конденсации из жидкой фазы в присутствии ПАВ. В образце 1 использовался двойной слой ПАВ, поскольку жидкость-носитель является полярной [3].

Указанные в табл. 1 магнитные параметры образцов рассчитаны на основе кривых намагничивания, полученных баллистическим методом в лаборатории наномасштабной акустики ЮЗГУ. Начальная магнитная восприимчивость рассчитана по экстраполяции начального участка зависимости  $M(H)$ , намагниченность насыщения – по экстраполяции конечного участка зависимости  $M(1/H)$ .

Таблица 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБРАЗЦОВ МЖ

№	Жидкость-носитель	ПАВ	Концентрация магнетита $\phi$ , vol. %	Намагниченность насыщения $M_s$ , кА/м	Начальная магнитная восприимчивость $\chi_i$
1	Вода	Олеиновая кислота + олеат натрия	6,3	28,9	0,96
2	Машинное масло	Олеиновая кислота	12,0	35,6	0,93
3	Керосин	Олеиновая кислота	10,6	32,2	2,76

### МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Первая часть работы заключалась в исследовании структурных параметров МЖ методом малоуглового рентгеновского рассеяния.

Эксперимент МУРР проводился на установке SAXSess mc<sup>2</sup> фирмы Anton Paar в Региональном центре нанотехнологий на базе Юго-Западного государственного университета. Получена функция рассеяния  $I_{exp}(q)$  в зависимости от вектора рассеяния  $q = (4\pi/\lambda) \sin(\theta/2)$ , где  $\lambda$  – длина волны рентгеновского излучения,  $\theta$  – угол рассеяния. Измерения проводились при постоянной температуре 20 °С, образец наносился на покрывное стекло, после чего закреплялся в держателе и подвергался облучению в течение 15 минут в вакууме при давлении  $p \leq 4$  мбар при длине волны  $\lambda = 0,1542$  нм. Из полученной кривой рассеяния вычиталась фоновая кривая от покрывного стекла и от растворителя, а также темновой фон [4].

Полученная кривая обрабатывалась программным пакетом GIFT. Экспериментальная кривая аппроксимировалась функцией [4]:

$$I(q) = \langle F^2(q) \rangle S(q) \quad (1)$$

В этом выражении  $\langle F^2(q) \rangle$  – усредненный квадрат форм-фактора частицы,  $S(q)$  – структурный фактор частицы. Для описания типа взаимодействия наночастиц магнетита в МЖ был выбран форм-фактор твердых сферических частиц и структурный фактор, основанный на РУ-аппроксимации [4].

Функция распределения парных расстояний  $p(r)$  определялась исходя из формулы [5]:

$$I(q) = \int_{r=0}^{r_{\max}} p(r) \frac{\sin(qr)}{qr} dr \quad (2)$$

Оценка точности расчета функции  $p(r)$  проводилась методом Монте-Карло путем многократного расчета функции  $p(r)$  с добавлением случайных ошибок в экспериментальную кривую. Затем результаты усреднялись для получения наименьшего среднего отклонения теоретической функции рассеяния  $I(q)$  от экспериментальной функции рассеяния  $I_{exp}(q)$ .

Тем же методом было рассчитано объемное распределение наночастиц по размерам согласно формуле [5]:

$$I(q) = \int_{r=0}^{r_{\max}} D_V(r) V^2(r) F(qr) dr \quad (3)$$

Здесь  $V(r)$  – объем частицы,

$F(qr)$  – заданный форм-фактор частицы.

Структурные параметры наночастиц МЖ были также рассчитаны на основе анализа полученных баллистическим методом кривых намагничивания образцов  $M(H)$ .

Блок-схема установки и методика эксперимента подробно описаны в работах [6, 7]. Максимальная величина напряженности внешнего магнитного поля в эксперименте составляла 600 кА/м.

Полученная полевая зависимость магнитного потока  $\Phi(B)$  переводилась в зависимость  $M(H)$  по расчетной формуле [6]:

$$M = \frac{2\Phi}{\pi\mu_0 d^2 N(1 - N_d)}, \quad (4)$$

где  $d$  – внутренний диаметр капсулы с образцом,

$N$  – число витков в катушке,

$N_d$  – размагничивающий фактор для выбранной капсулы.

Полученная кривая аппроксимировалась функцией Ланжевена, описывающей процесс намагничивания слабоконцентрированной МЖ:

$$M(H) = M_S L(\xi), \quad L(\xi) = \text{cth} \xi - \frac{1}{\xi}, \quad (5)$$

где  $\xi = \mu_0 m^* H / k_0 T$  – параметр Ланжевена, представляющий собой отношение магнитной энергии частицы к тепловой;

$M_S$  – намагниченность насыщения МЖ.

Предположение гамма-распределения наночастиц магнетита по размерам приводит к следующим расчетным выражениям [8]:

$$M_{\text{теор}}(H) = M_S \int f(r, \alpha, x_0) L(\xi V) dr, \quad \xi = M_{SO} H / kT \quad (6)$$

$$f(r, \alpha, x_0) = r^\alpha \frac{\exp(-r/x_0)}{x_0^{\alpha+1} \Gamma(\alpha+1)}$$

где  $M_{SO} = 477,7 \text{ кА/м}$  – намагниченность насыщения магнетита [7],

$V = 4\pi r^3/3$  – объем наночастицы в предположении, что она является шаром радиуса  $r$ ;

$f(r, \alpha, x_0)$  – функция гамма-распределения с параметрами  $\alpha, x_0$ ;

$\Gamma(\alpha + 1)$  – гамма-функция Эйлера.

Для определения параметров распределения частиц МЖ по размерам с учетом межчастичных взаимодействий можно записать следующую систему уравнений [6], [8]:

$$\frac{(\alpha + 5)^3 - \alpha - 5}{(\alpha + 2)^3 - \alpha - 2} = \frac{\langle m_*^2 \rangle}{\langle m_* \rangle^2} \quad x_0^3 = \frac{6\langle m_* \rangle}{\pi M_{SO}(\alpha + 1)(\alpha + 2)(\alpha + 3)} \quad (7)$$

$$\langle m_* \rangle = M_S / n \quad \langle m_*^2 \rangle = 3kT\chi_L / \mu_0 n$$

где  $\langle m_* \rangle$  – средний магнитный момент частицы;

$\langle m_*^2 \rangle$  – средний квадрат магнитного момента частицы;

$M_{SO}$  – намагниченность насыщения магнетита;

$M_S$  – намагниченность насыщения МЖ;

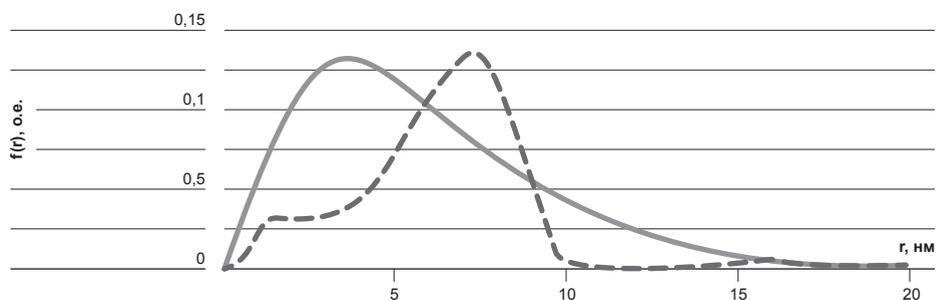
$\chi_L$  – начальная магнитная восприимчивость МЖ;

$n$  – количественная концентрация магнитных частиц.

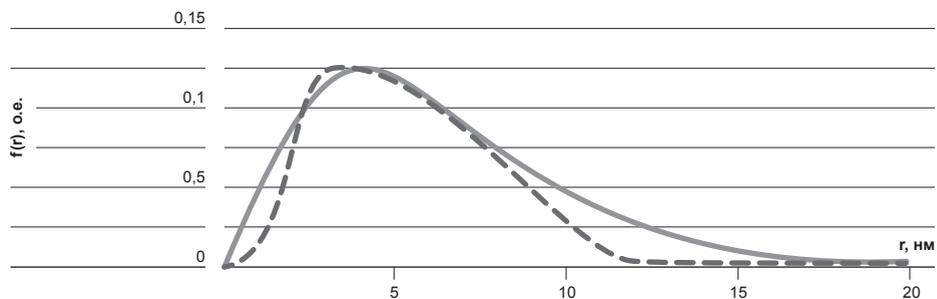
В данном случае предполагается, что магнитный момент наночастиц магнетита равен произведению их объема на удельную намагниченность насыщения магнетита.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

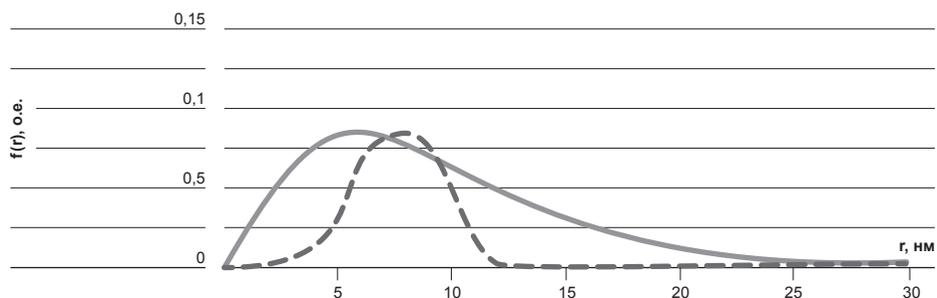
Двумя вышеописанными методами были получены функции распределения наночастиц МЖ по размерам, величины среднего диаметра частиц магнетита и диаметра преобладающих по количеству частиц (таблица 2 и рис. 1).



а) для образца 1



б) для образца 2



в) для образца 3

— Баллист. метод      - - - МУРР

Рисунок 1. Распределение наночастиц по размерам.

Таблица 2. СТРУКТУРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Номер образца	Средний диаметр наночастиц, нм		Диаметр преобладающих наночастиц, нм	
	Баллистический метод	МУРР	Баллистический метод	МУРР
1	5,9	6,1	3,7	7,2
2	6,4	5,7	4,0	7,5
3	9,4	7,7	6,0	7,8

Рассчитанные указанными методами средние размеры частиц отличаются друг от друга в пределах от 3% до 18%, что объясняется чувствительностью методов к различным факторам, определяющим конечный результат измерений. Размер преобладающих наночастиц, полученный в методе МУРР, превышает размер преобладающих наночастиц, рассчитанный по данным баллистического метода.

Это объясняется следующими особенностями методов:

- Метод определения структурных параметров магнитных наночастиц по кривой намагничивания основывается на анализе лишь магнитных свойств ферромагнитных ядер частиц, поэтому не дает каких-либо сведений об оболочках ПАВ.
- Метод МУРР дает сведения о структурных параметрах оболочки ПАВ вследствие рассеяния рентгеновского излучения на градиенте электронной плотности, создаваемой оболочкой [9].

Таблица 3. ОЦЕНКА СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБОЛОЧЕК ПАВ

Магнитная жидкость	Жидкость носитель	ПАВ	Ширина оболочки ПАВ, нм
1	Вода	Олеиновая кислота + олеат натрия	3,5
2	Машинное масло	Олеиновая кислота	1,9
3	Керосин	Олеиновая кислота	1,8

Приведенные факты позволяют оценить размер оболочек ПАВ наночастиц для магнитных жидкостей с различными основами. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Данные для образцов 2 и 3 согласуются с приведенными в работах [6, 10, 11] эффективными размерами молекулы олеиновой кислоты (около 2 нм). В образце 1 превышение в  $\sim 1,8$  раза рассчитанной ширины оболочки ПАВ может быть объяснено наличием двойного слоя стабилизатора.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Chikazumi S. *Physics of Ferromagnetism*. Oxford University Press, 1997. 668 p.
2. Odenbach S., (Ed.). *Colloidal Magnetic Fluids: Basics, Development and Application of Ferrofluids*, Lect. Notes Phys. Berlin: Springer, 2009. 430 p.
3. Грабовский Ю.П. Некоторые вопросы стабилизации магнитных жидкостей в углеводородных средах // Сб. науч. трудов 11-й Международной Плесской конф. по магнитным жидкостям. Иваново: ИГЭУ, 2004. С. 8–13.
4. Baxter R. J., Chem J.. Phys. 49, 2770 (1968).
5. Свергун Д. И., Фейгин Л. А. Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние. М.: Наука, 1986. 279 с.
6. Ряполов П.А. Исследование нанодисперсной фазы магнитных жидкостей на основе акустомагнитного эффекта: автореф. диссертации канд. физ.-мат. наук. Курск: ЮЗГУ, 2010. С. 53.
7. Полунин В. М. Магнитогранулометрический и акустогранулометрический анализ нанодисперсной фазы сильноконцентрированной МЖ / Полунин В.М., Стороженко А.М., Танцюра А.О., Сычев Г.Т. / Известия ЮЗГУ. Серия физика и химия. 2011. №2. С. 15–21.
8. Pshenichnikov A.F. Magneto-granulometric analysis of concentrated ferrocolloids / A.F. Pshenichnikov, V.V. Mekhonoshin, A.V. Lebedev // J. Magn. Magn. Mater., 1996. Vol. 161. P. 94–162.
9. Скрышевский А.Ф. Структурный анализ жидкостей и аморфных тел. М.: Высшая школа, 1980. 328 с.
10. Упругие свойства магнитожидкостных уплотнений / Карпова Г.В. Карпова [и др.]; Курский гос. техн. ун-т. М., 2001, 9.02.01. С. 14 Дел. в ВИНИТИ №344.
11. Mohammad AlSheikhly, Michael G. Simic. Chain-propagation length of linoleic acid peroxidation aqueous monomeric and micellar system / J. Phys. Chem. 93, 3103–3106 (1989).

**ОБ АВТОРАХ**

**Ряполов Петр Алексеевич**, кандидат физико-математических наук, доцент, старший преподаватель кафедры физики, Юго-Западный государственный университет. Телефон 8 (4712) 50-47-95. E-mail: r-piter@yandex.ru.

**Орлов Евгений Юрьевич**, студент, Юго-Западный государственный университет.

**Стороженко Анастасия Михайловна**, кандидат физико-математических наук, доцент, Юго-Западный государственный университет, Телефон +7 (919) 277-30-24. E-mail: Storogenko\_s@mail.ru.

**Чекаданов Александр Сергеевич**, аспирант, Юго-Западный государственный университет.

**Кузьменко Александр Павлович**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и экспериментальной физики, Юго-Западный государственный университет. E-mail: apk3527@mail.ru.

**Полунин Вячеслав Михайлович**, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физики, Юго-Западный государственный университет. E-mail: polunin-vm1@yandex.ru.

**Платонов Вадим Борисович**, студент, Юго-Западный государственный университет.

**Ryapolov Petr Alekseyevich**, PhD, Lecturer, Southwest State University. Orlov Yevgeniy Yur'yevich, student, Southwest State University.

**Storozhenko Anastasiya Mikhaylovna**, PhD, Lecturer, Southwest State University. Phone: +7(919) 277-30-24. E-mail: Storogenko\_s@mail.ru.

**Chekadanov Aleksandr Sergeyeovich**, graduate, Southwest State University.

**Kuz'menko Aleksandr Pavlovich**, Ph. D, professor, Southwest State University.

**Polunin Vyacheslav Mikhaylovich**, Ph. D, professor, Southwest State University.

**Platonov Vadim Borisovich**, student, Southwest State University.

УДК 004.78

Стреблянская Н. В. [Streblyanskaya N. V.]

## **АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ ОСАДКОВ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА И ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ**

### **Analysis and forecasting of precipitation levels in monitoring systems and laboratory control**

В статье проанализированы статистические характеристики временного ряда уровня осадков. Сделан вывод о персистентности этого временного ряда: наличие свойства фрактальности и неподчинение его распределения нормальному закону. Выбран инструментарий для прогнозирования персистентных временных рядов – клеточно-автоматная модель. Прогнозирование рассматриваемого временного ряда осадков дало высокую точность.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, наводнение, статистические характеристики, показатель Херста, метод скользящей средней, клеточно-автоматная прогнозная модель, точность прогнозирования.

The article analyzes the statistical characteristics of the time series of precipitation levels. It is concluded that the persistence of the time series: the presence of the fractal properties and resistance to its distribution to the normal law. Selected tools for predicting persistent time series – cellular automata model. Forecasting of the considered time series of precipitation gave a high accuracy.

**Key words:** emergency situation, flood, statistical characteristics, Hurst exponent, the moving average method, the cellular automata forecast model, a accuracy of forecasting.

Согласно Федеральному закону «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [1] чрезвычайной ситуацией (ЧС) является обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийных или иных бедствий, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной зоне, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

В Положении о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [2] ЧС классифицируются в зависимости от: количества людей, пострадавших в этих ситуациях, у которых оказались нарушены условия жизнедеятельности; размера материального ущерба; границы зон распространения поражающих факторов чрезвычайных ситуаций.

Таблица 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛИЧЕСТВА ПОСТРАДАВШИХ  
И ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ОХВАТА

№ п/п	Классы чрезвычайных ситуаций	Количество пострадавших		Территориальный охват (зона чрезвычайной ситуации)
		пострадали	нарушены условия жизнедеятельности	
1	локальные	не более 10 человек	не более 100 человек	не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения
2	местные	свыше 10, но не более 50 человек	свыше 100, но не более 300 человек	не выходит за пределы населенного пункта, города, района
3	территориальные	свыше 50, но не более 500 человек	свыше 300, но не более 500 человек	не выходит за пределы субъекта Российской Федерации
4	региональные	свыше 50, но не более 500 человек	свыше 500, но не более 1000 человек	охватывает территорию двух субъектов Российской Федерации
5	федеральные	свыше 500 человек	свыше 1000 человек	выходит за пределы более чем двух субъектов Российской Федерации
6	трансграничные	ЧС, поражающие факторы которой выходят за пределы Российской Федерации, либо ЧС, которая произошла за рубежом, затрагивает территорию Российской Федерации		

Кроме того, в зависимости от количества пострадавших и территориального охвата чрезвычайные ситуации подразделяются на [2] (см. табл. 1): локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные, трансграничные.

В зависимости от источника возникновения чрезвычайные ситуации могут иметь характер [4] (см. рис. 1 а, б, в): техногенный, экологический, природный.

В Приказе от 8 июля 2004 г. № 329 «Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях» (в ред. Приказа МЧС России от 24.02.2009 № 92) определены источники чрезвычайных ситуаций и критерии отнесения к ним природных и техногенных явлений [3]. В настоящей статье рассматриваются опасные гидрологические явления. В таблице 2 приведены источники и критерии отнесения к ЧС этих явлений.

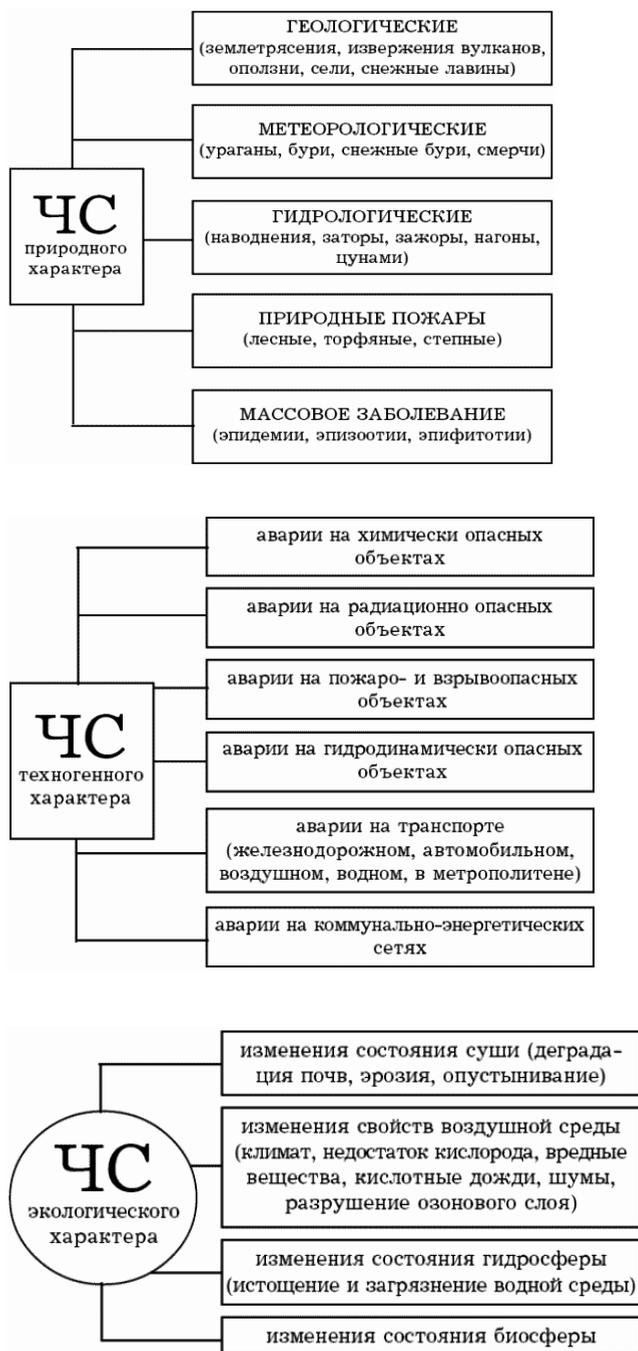


Рисунок 1.

Виды чрезвычайных ситуаций в зависимости от источника возникновения.

Таблица 2. ИСТОЧНИКИ И КРИТЕРИИ ОТНЕСЕНИЯ К ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Источники ЧС	А. Общие критерии		Б. Критерии, учитывающие особенности источника ЧС
1 Высокие уровни воды (половодье, зажор, затор, дождевой паводок), сель	Число погибших Число госпитализированных	2 чел. и более 4 чел. и более	Решение об отнесении явления к ЧС принимается органами управления по делам ГО и ЧС на основании данных территориальных органов
2 Низкие уровни воды (низкая межень)	Прямой материальный ущерб: – гражданам – организации	100 МРОТ 500 МРОТ	Понижение уровня воды ниже проектных отметок водозаборных сооружений и навигационных уровней на судоходных реках в течение не менее 10 дней
3 Раннее ледообразование	Гибель посевов с/х культур или природной растительности одновременно на площади	100 га и более	Решение об отнесении явления к ЧС принимается органами управления по делам ГО и ЧС на основании данных территориальных органов

Наводнения являются одним из видов опасных гидрологических явлений. Наводнением считается затопление территории водой, являющееся стихийным бедствием. Это стихийное бедствие может происходить в результате подъема уровня воды во время половодья или паводка, при заторе, зажоре, вследствие нагона в устье реки, а также при прорыве гидротехнических сооружений [5].

Анализ существующей литературы по тематике опасных гидрологических явлений позволил обобщить факторы, влияющие на формирование явления «наводнение»:

- уровень осадков;
- уровень снеготаяния в конце зимы;
- интенсивность снеготаяния;
- увлажненность и водопроницаемость почвы;
- зазорные и заторные явления;
- ветровой нагон.

Таблица 3. ВИДЫ НАВОДНЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ХАРАКТЕРА ПРОЯВЛЕНИЯ [7]

№ п/п	Виды наводнения	Причины возникновения	Характер проявления
1	Половодье	– весеннее таяние снега на равнинах; – весенне-летнее таяние снега и дождевые осадки в горах	– повторяются периодически в один и тот же сезон; – значительный и длительный подъем уровня воды
2	Паводок	– интенсивные дожди и таяние снега при зимних оттепелях	– отсутствует четко выраженная периодичность; – интенсивный и сравнительно кратковременный подъем уровня воды
3	Заторные наводнения (заторы)	– большое сопротивление водному потоку, образующееся на отдельных участках русла реки, возникающее при скоплении ледового материала в сужениях или излучинах реки во время ледохода	– образуются в конце зимы или весны; – характеризуются высоким и сравнительно кратковременным подъемом уровня воды в реке
4	Зажорные наводнения (зажоры)	– большое сопротивление водному потоку, образующееся на отдельных участках русла реки, возникающее при скоплении ледового материала в сужениях или излучинах реки во время ледостава	– образуются в начале зимы; – значительный (но не менее чем при заторе) подъем уровня воды и более значительный по времени продолжительности наводнения
5	Нагонные наводнения (нагоны)	– ветровые нагоны воды в морских устьях рек и на ветреных участках побережья морей, крупных озер, водохранилищ	– возможны в любое время года – отсутствуют периодичность и значительный подъем уровня воды
6	Наводнения, образующиеся при прорыве плотин	– излив воды из водохранилища или водоема, образующийся при прорыве сооружений напорного фронта (плотины, дамбы, и т.п.) или при аварийном сбросе воды из водохранилища, а также при прорыве естественной плотины, создаваемой природой при землетрясениях, оползнях, обвалах, движении ледников	– образуются волны прорыва, приводящие к затоплению больших территорий и к разрушению или повреждению встречающихся на пути объектов (зданий и сооружений и др.)



**Рисунок 2.** Временной ряд уровней еженедельных осадков по Ставропольскому краю с 2009 г. по 2013 г.

Для мониторинга окружающей среды используются датчики, например: уровнемер (футшток, статические уровнемеры с блоком для передачи данных), осадкомер, влагомер, которые позволяют в комплексной обработке осуществлять прогноз чрезвычайной ситуации. Также существуют разнообразные автоматизированные системы мониторинга окружающей среды, которые позволяют в режиме реального времени производить измерения и передавать результаты измерений в центр мониторинга (ситуационный центр) или дежурно-диспетчерскую службу (ЕДДС).

В данной работе анализируется и прогнозируется временной ряд уровня еженедельных осадков по Ставропольскому краю за период с 2009 г. по 2013 г. Обозначим этот временной ряд через  $W = \langle w_i \rangle, i = \overline{1,265}$ , его столбчатая диаграмма приведена на рисунке 2.

Большинство прогнозных моделей базируются на инструментарииматематической статистики, таких разделов, как: корреляционный анализ, регрессионный анализ, кластерный анализ, дискриминантный анализ, а также модели авторегрессии [6]. При этом имеют в виду, что прогнозирование на базе вышеуказанных статистических методов может быть успешным для аналитической информации, отражающей эволюцию стационарных процессов [6]. Кроме того, классическая статистика базируется на центральной предельной теореме (Закон больших чисел) [6], которая утверждает, что по мере проведения все большего числа наблюдений, предельное распределение случайных значений будет нормальным распреде-

Таблица 4. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПОКАЗАТЕЛЬ ХЕРСТА  
ВРЕМЕННОГО РЯДА  $W$  ЕЖЕНЕДЕЛЬНЫХ ОСАДКОВ

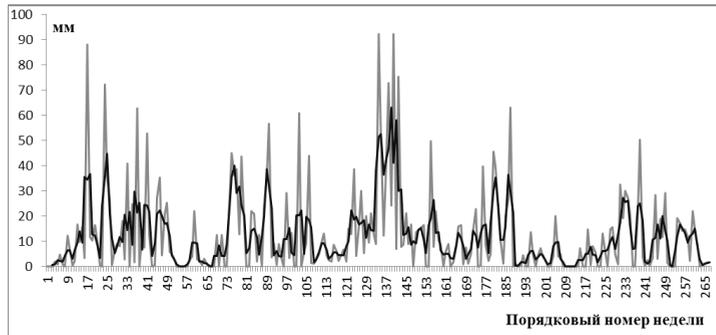
№ п/п	Статистический показатель	Значение
1	Математическое ожидание, $M$	12,63
2	Дисперсия, $D$	294,79
3	Среднеквадратическое отклонение, $S$	17,17
4	$M-3S$	0
5	$M+3S$	64,14
6	Количество значений за пределами $3S$	4
7	Коэффициент вариации, $V$	135,9
8	Коэффициент асимметрии, $A$	2,2
9	Коэффициент эксцесса, $E$	8,6
10	Показатель Херста, $H$	0,71

лением. Последнее означает, что события должны быть независимыми, т.е. не должны влиять друг на друга, и при этом все они должны иметь одинаковую вероятность наступления.

Долгое время предполагалось, что поведение большинства реальных природных и социально-экономических систем подчиняется нормальному или «почти нормальному» закону. По этой причине в статье анализ и прогнозирование базируются на инструментарии и методах нелинейной динамики [7], которые инвариантны в отношении выполнения или невыполнения таких условий, как стационарность, независимость значений, подчинение поведения временного ряда нормальному закону распределения.

Основным условием «нормальности» временного ряда являются показатели центральных моментов:  $A = 0$ ,  $E = 3$ ,  $V = 3$ . Асимметричность плотности распределения и пониженные значения коэффициентов эксцесса и вариации характеризуют рассматриваемый временной ряд как «временной ряд с законом распределения, далеким от нормального».

Для оценки зависимости или независимости значений временного ряда можно воспользоваться алгоритмов нормированного размаха Херс-



**Рисунок 3.** Результаты прогнозирования методом скользящей средней, где серая линия – временной ряд  $W$ , черная линия – скользящая средняя с окном прогноза  $k = 3$ .



**Рисунок 4.** Ошибки прогнозирования временного ряда  $W$  методом скользящей средней с окном прогноза  $k = 3$ .

та, который также называют алгоритмом R/S-анализа [8]. На выходе этого алгоритма получается числовая оценка зависимости или независимости, называемая показателем Херста  $H$ . Если этот показатель принимает значение на некотором временном отрезке значение  $(0,6; 1)$ , то в этом отрезке имеются зависимости между значениями. Свойство зависимости значений временного ряда называют персистентностью [7]. Если значения  $H$  находятся в интервале  $(0,4; 0,6]$ , то зависимостей между значениями вре-

Таблица 5. ПРОГНОЗЫ ВРЕМЕННОГО РЯДА  $W$  ЕЖЕНЕДЕЛЬНЫХ ОСАДКОВ

Прогнозируемое значение ВР	Термы	Числовые соответствия термов	Спрогнозированные степени принадлежности
$\hat{W}_{266}$	Н	0,0	0,41
	С	14,8	0,35
	В	22,1	0,24

менного ряда нет, если же они находятся в интервале  $(0; 0,4]$ , то – зависимости кратковременные. В таблице 4 приведены статистические характеристики и показатель Херста временного ряда  $W$ .

Анализируя показатели таблицы 4, выявляем следующее: временной ряд  $W$  еженедельных осадков не подчиняется нормальному закону распределения и в нем значения являются между собой зависимыми. Этот временной ряд относится к классу персистентных временных рядов. Адекватным инструментарием для прогнозирования персистентных временных рядов является клеточно-автоматная модель [9].

Для сравнения результатов применения клеточно-автоматной прогнозной модели выполним прогнозирование рассматриваемого временного ряда наиболее распространенным адаптивным методом – построением скользящей средней [7]. Для временного ряда  $W$  выбрано окно прогноза  $k=3$ . На рисунке 3 представлены скользящая средняя и сам временной ряд  $W$ .

Как видно из рисунка 3, такое прогнозирование неплохо отражает временной ряд в среднем, но не может прогнозировать пики. А целью данной работы является прогнозирование именно этих пиков. Для рассматриваемого временного ряда еженедельных осадков найдены ошибки прогнозирования – значения относительных отклонений прогнозных величин от фактических величин (см. рис. 4). Средняя ошибка прогнозирования составила величину 69,3%. Естественно считать, что прогнозирование с такой ошибкой является весьма ненадежным.

Спрогнозируем теперь временной ряд  $W$  клеточно-автоматной моделью. Согласно этой модели числовой временной ряд необходимо

трансформировать в лингвистический временной ряд. Для этого следует выбрать множество термов и применить метод огибающих ломаных, описанный в [9]. Для временного ряда  $W$  предлагается выбрать множество термов  $Q = \{H, C, B\}$ , где  $H$  – низкий уровень осадков,  $C$  – средний уровень осадков,  $B$  – высокий уровень осадков.

На выходе клеточно-автоматной модели имеется возможность получить 3 вида прогнозов:

– в виде лингвистического нечеткого множества

$$\hat{W}_{n+1}^{Лингв.} = \{(H; \mu_H), (C; \mu_C), (B; \mu_B)\};$$

– в виде числового нечеткого множества

$$\hat{W}_{n+1}^{Числ.} = \{(\hat{w}_H; \mu_H), (\hat{w}_C; \mu_C), (\hat{w}_B; \mu_B)\};$$

– в виде числа  $\hat{w}_{n+1}$ .

Результаты прогнозирования временного ряда  $W$  еженедельных осадков приведены в таблице 5.

Таким образом, имеем искомые прогнозы:

– лингвистическое нечеткое множество

$$\hat{W}_{266}^{Лингв.} = \{(H; 0,41), (C; 0,35), (B; 0,24)\};$$

– числовое нечеткое множество  $\hat{W}_{266}^{Числ.} = \{(0; 0,41), (14,8; 0,35), (22,1; 0,24)\}$ ,

– число  $\hat{w}_{266} = 0 \cdot 0,41 + 14,8 \cdot 0,35 + 22,1 \cdot 0,24 \approx 10,5$ .

Средняя ошибка прогноз в виде числа составила величину 13,9%.

Полученный результат можно интерпретировать следующим образом: на первой неделе января 2014 года в Ставропольском крае ожидается низкий уровень осадков, что составит величину примерно 10,5 мм. Такой прогноз имеет точность  $100\% - 13,9\% = 86,1\%$ . Аналогичный прогноз методом скользящей средней имел точность  $100\% - 69,3\% = 30,7\%$ .

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 21.12.1994 №68-ФЗ (ред. от 28.12.2013) «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
2. «Положение о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», утвержденному Постановлением Правительства РФ от 21 мая 2007 г. № 304 (с изменениями и дополнениями от 17 мая 2011 г.).

3. Приказ от 8 июля 2004 г. № 329 «Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях» (в ред. Приказа МЧС России от 24.02.2009 № 92).
4. Иванов, М. И., Алексеев В. С. Основы безопасности жизнедеятельности: учебное пособие. М.: Дашков и К, 2007. 153 с.
5. ГОСТ 19179–73. Гидрология суши. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1988 (переиздание 2009). 37 с.
6. Сигел Э. Практическая бизнес-статистика. М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. 1056 с.
7. Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б. Нестационарные структуры, динамический хаос, клеточные автоматы // Новое в синергетике. Загадки мира неравновесных структур. М.: Наука, 1996. (Серия «Кибернетика: неограниченные возможности и возможные ограничения»). С. 95–164.
8. Петерс Э. Фрактальный анализ финансовых рынков: Применение теории Хаоса в инвестициях и экономике. М.: Интернет-Трейдинг, 2004. 304 с.
9. Перепелица В. А., Тебуева Ф. Б., Темирова Л. Г. Структурирование данных методами нелинейной динамики для двухуровневого моделирования. Ставрополь: Ставропольское книжное издательство, 2006. 284 с.

#### ОБ АВТОРЕ

**Стреблянская Наталья Васильевна**, аспирант, Северо-Кавказский федеральный университет. Телефон 8-928-911-90.  
E-mail: nata379k@mail.ru.

**Streblyanskaya Natalia Vasil'evna**, graduate, North-Caucasus Federal University. Phone 8-928-911-90. E-mail: nata379k@mail.ru.

УДК 621.372.54

Песошин В. А. [Pesoshin V. A.],  
Галанина Н. А. [Galanina N. A.],  
Иванова Н. Н. [Ivanova N. N.]

## МАРКОВСКАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ В СИСТЕМЕ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ

Markov filtration of digital signals  
in residue number system

Рассмотрен алгоритм обработки сигналов, аппроксимированных цепями Маркова, на фоне помех марковского типа. Показано, что реализация данного алгоритма требует значительных аппаратных затрат. Предложено сократить их с помощью использования системы счисления в остаточных классах (СОК). Показано, что такой способ реализации устройств обработки марковских сигналов позволяет существенно сократить аппаратные затраты.

**Ключевые слова:** цифровая обработка сигналов, марковские сигналы, система счисления в остаточных классах

The article deals with signal processing algorithms, which are approximated by Markov chains on a background noise of Markov type. It is shown that the implementation of this algorithm requires significant hardware costs. Proposed to reduce them by using a residua number system (RNS). It is shown that this method of implementation, the processing of Markov signals can significantly reduce hardware expenses.

**Key words:** digital signal processing, Markov's signals, residua number system.

Одной из прикладной задач, решение которой основано на использовании аппарата цепей Маркова, является оптимальное обнаружение сигнала на фоне помех марковского типа. Обнаруживаемый сигнал и помеха описываются цепью Маркова с конечным числом состояний. Цифровая обработка сигнала сводится к весовому суммированию отсчетов сигнала [13]:

$$\lambda_{k+1} = \lambda_k + \sum_{\chi=1}^m Z_{\chi}^{k+1} x_{k+1} \delta(x_{k+1} - U_{\chi}), \quad k = 0, 1, 2, \dots, n-1, \quad (1)$$

где  $Z_{\chi}^{k+1}$  – весовой коэффициент, который определяется по формуле

$$Z_{\chi}^{k+1} = \sum_{\nu=1}^m \ln \frac{P_{\text{сн } \nu \chi}^{k+1}}{P_{\text{п } \nu \chi}^{k+1}} \delta(x_k - U_{\nu}), \quad (2)$$

где  $Z_{\chi}^0 = \ln \frac{P_{\text{сп } \chi}^0}{P_{\text{п } \chi}^0}$ ;  $-p^0$  – элементы вектора начальных вероятностей цепи Маркова;

$p_{v\chi}$  – вероятности перехода системы из состояния  $v$  на  $k$ -м шаге в состояние  $\chi$  на  $(k + 1)$ -м шаге (индексы «сп» и «п» обозначают случаи наличия или отсутствия сигнала в смеси сигнала и помехи);

$m$  – количество уровней квантования;

$n$  – длина выборки;

$U_{\chi}$  –  $\chi$ -й уровень квантования;

$$\delta(x_{k+1} - U_{\chi}) = \begin{cases} 1, & \text{если } x_{k+1} = U_{\chi}, \\ 0, & \text{если } x_{k+1} \neq U_{\chi}. \end{cases}$$

Схемотехническая реализация данного алгоритма при многоуровневом квантовании и использовании для аппроксимации сигнала сложных цепей Маркова сопряжена со значительными аппаратными затратами (см. табл. 1).

Согласно данным, приведенным в табл. 1, реализация устройства цифровой обработки марковских сигналов (МС) на основе позиционной системы счисления возможна только для некоторых простейших случаев.

Использование системы счисления в остаточных классах (СОК) позволяет уменьшить разрядность операндов, эффективно применять табличные методы проектирования и строить многоступенчатые системы [1, 7, 10]. Применение СОК в каждой новой области, кроме использования общих ее принципов, имеет ряд специфических особенностей и требует самостоятельного подхода к проектированию и организации специализированных процессоров [2, 7, 10].

В работах [7, 9] показано, что кодирование вычетами не меняет марковских свойств.

На рис. 1 приведены основные этапы цифровой обработки МС (ЦОМС) в СОК.

На первом этапе ЦОМС в СОК определяются критерии выбора оснований СОК. Задается целевая функция  $F = v \sum_{i=1}^v R_i \rightarrow \min$ , которая минимизирует суммарную разрядность оснований СОК и их количество, и система ограничений:  $R_i > 1$ ,  $R_i \gg R$  для всех  $i = 1, 2, \dots, v$  и  $\sum_{i=1}^v R_i \geq \lceil \log_2 \rho_{\max} \rceil$ , где

Таблица 1. ЗАВИСИМОСТЬ КОЛИЧЕСТВА АДРЕСНЫХ ВХОДОВ И ЕМКОСТИ МИКРОСХЕМ ПАМЯТИ ОТ РАЗРЯДНОСТИ АЦП И СЛОЖНОСТИ ЦЕПИ МАРКОВА

Связность цепи Маркова	Характеристики					
	$R_{АЦП} = 10$ бит		$R_{АЦП} = 12$ бит		$R_{АЦП} = 14$ бит	
	Q, Мбайт	N	Q, Мбайт	N	Q, Мбайт	N
1	1	20	$2^4$	24	$2^{18}$	28
2	$2^{10}$	30	$2^{16}$	36	$2^{22}$	42
3	$2^{20}$	40	$2^{28}$	48	$2^{36}$	56

**Примечание.** Q – емкость памяти; N – количество адресных входов микросхемы памяти;  $R_{АЦП}$  – разрядность АЦП. При расчете разрядность весового коэффициента  $R_Z$  принята равной 1 байту.

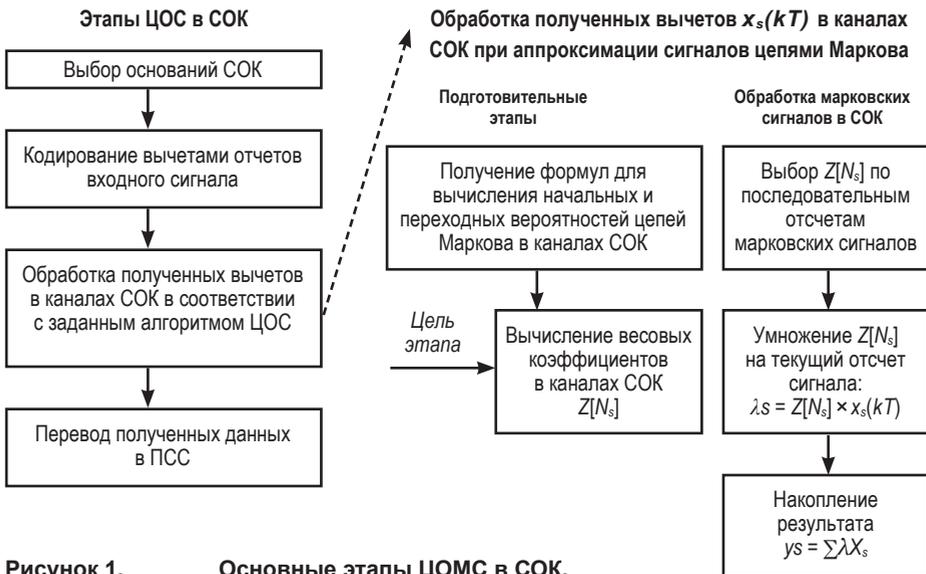


Рисунок 1. Основные этапы ЦОМС в СОК.

$R_i$  – разрядность  $N_i$ ;  $v$  – количество оснований в базисе; где  $\rho_{max}$  – максимально возможный результат обработки данных в позиционном коде;  $\lceil \cdot \rceil$  – операция округления дробного числа до ближайшего целого в большую сторону;  $R$  – разрядность позиционного кода входного числа.

На следующем этапе ЦОМС в СОК определяются вычеты сигнала  $x(t)$  по выбранным основаниям, тем самым укрупняются состояния исход-

ной цепи Маркова. Для этого состояния системы группируются по значениям вычетов номеров состояний по выбранному основанию. Например, для основания СОК, равного 3, вводятся три состояния порожденной цепи Маркова: первое – если вычет номера по основанию 3 равен 0, второе – если он равен 1, третье – если он равен 2. Затем определяются начальные и переходные вероятности порожденных цепей Маркова в каналах СОК с помощью следующих формул [3, 8]:

$$p'_{\alpha}[\Theta] = \sum_{k=0}^{\Delta_2} \left[ \sum_{i=\Theta k}^{\Delta_3(k)} \delta_k(i) p_{i+\alpha} \right], \quad (3)$$

$$p'_{\alpha\beta}[\Theta] = \frac{\sum_{k_1=0}^{\Delta_2} \sum_{i=\Theta k_1}^{\Delta_3(k_1)} (\delta(k_1, i) \cdot \Xi_{k_2}^{(1)}(\alpha, \beta))}{\sum_{k_1=0}^{\Delta_2} \sum_{i=\Theta k_1}^{\Delta_3(k_1)} \sum_{j=0}^{\Delta_1} \delta(k_1, i) p_{i+\alpha, j}}, \quad (4)$$

$$p'_{\alpha\beta\gamma}[\Theta] = \frac{\sum_{k_1=0}^{\Delta_2} \sum_{i=\Theta k_1}^{\Delta_3(k_1)} (\delta(k_1, i) \cdot \Xi_{k_2}^{(2)}(\alpha, \beta, \gamma))}{\sum_{k_1=0}^{\Delta_2} \sum_{i=\Theta k_1}^{\Delta_3(k_1)} \delta(k_1, i) \cdot \left( \sum_{k_2=0}^{\Delta_2} \sum_{j=\Theta k_2}^{\Delta_3(k_2)} \sum_{t=0}^{\Delta_1} \delta(k_2, i) p_{i+\alpha, j+\beta, t} \right)}, \quad (5)$$

где  $\delta(k, i) = \prod_{l=\Theta k+1}^{\Delta_3(k)} \frac{(i-l)}{(\Theta k-l)}$ ;  $\Theta = N_S$ ; – основание СОК;

$$\Xi_{k_2}^{(1)}(\alpha, \beta) = \sum_{k_2=0}^{\Delta_2} \sum_{j=\Theta k_2}^{\Delta_3(k_2)} (k_2, j) p_{i+\alpha, j+\beta}; \quad \Xi_{k_2}^{(1)}(\alpha, \beta) = \sum_{k_2=0}^{\Delta_2} \sum_{j=\Theta k_2}^{\Delta_3(k_2)} (k_2, j) p_{i+\alpha, j+\beta};$$

$$\Xi_{k_2}^{(2)}(\alpha, \beta, \gamma) = \sum_{k_2=0}^{\Delta_2} \sum_{j=\Theta k_2}^{\Delta_3(k_2)} (\delta(k_1, i) \cdot \Xi_{k_3}^{(2)}(\alpha, \beta, \gamma));$$

$\Delta_1$  – число уровней квантования;

$$\Xi_{k_3}^{(2)}(\alpha, \beta, \gamma) = \sum_{k_3=0}^{\Delta_2} \sum_{j=\Theta k_3}^{\Delta_3(k_3)} \delta(k_3, j) p_{i+\alpha, j+\beta, t+\gamma}; \quad \Delta_2 = \left\lceil \frac{\Delta_1}{\Theta} \right\rceil; \quad \Delta_3(x) = \Theta(x+1) - 1;$$

$\lceil \cdot \rceil$  – операция округления дробного числа до ближайшего целого в большую сторону.

Весовые коэффициенты в S-м канале СОК вычисляются по формулам:

$$Z_0[N_S] = \left\langle \left[ M \cdot \ln \left( \frac{p'_{СП\alpha} [N_S]}{p'_{П\alpha} [N_S]} \right) \right] \right\rangle_{N_S}, \quad Z_{\alpha\beta \dots \gamma} [N_S] = \left\langle \left[ M \cdot \ln \left( \frac{p'_{СП\alpha\beta \dots \gamma} [N_S]}{p'_{П\alpha\beta \dots \gamma} [N_S]} \right) \right] \right\rangle_{N_S} \quad (6)$$

где  $M$  – масштабирующий множитель;  
 $\lfloor \cdot \rfloor$  – операция округления дробного числа до ближайшего целого в меньшую сторону;  
 $p'_{СП\alpha}$  и  $p'_{П\alpha}$  и  $p'_{СП\alpha\beta \dots \gamma}$  и  $p'_{П\alpha\beta \dots \gamma}$  – начальные и переходные вероятности для смеси сигнала с помехой (СП) и чистой помехи (П), соответственно, вычисленные по формулам (1)–(3).

На рис. 2 представлена функциональная схема устройства обработки двухсвязных МС в одноступенчатой СОК [4, 5].

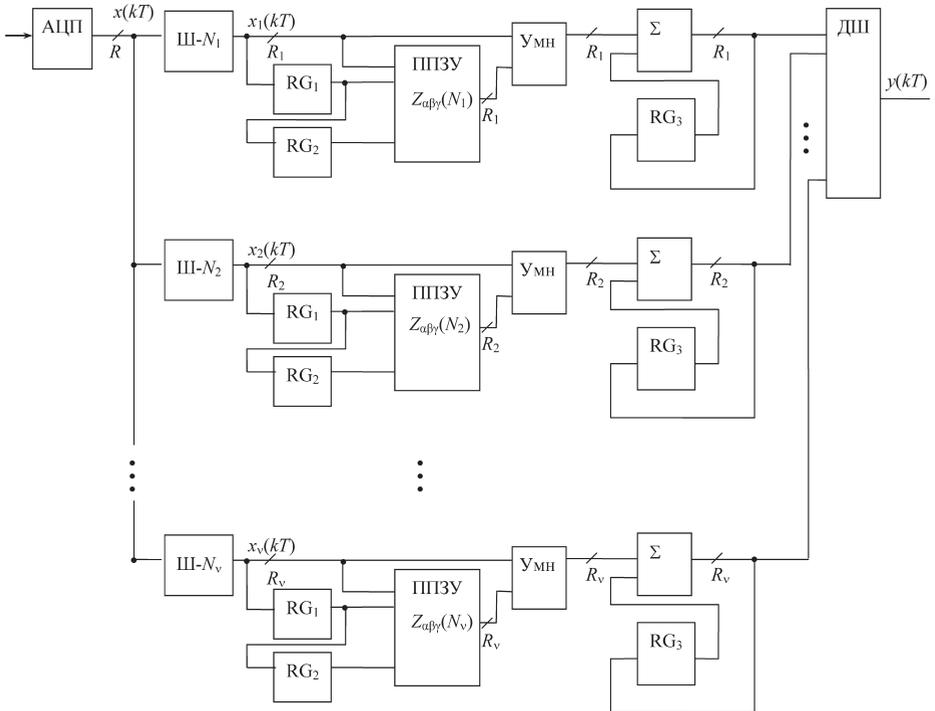


Рисунок 2. Функциональная схема устройства обработки двухсвязных МС в одноступенчатой СОК.

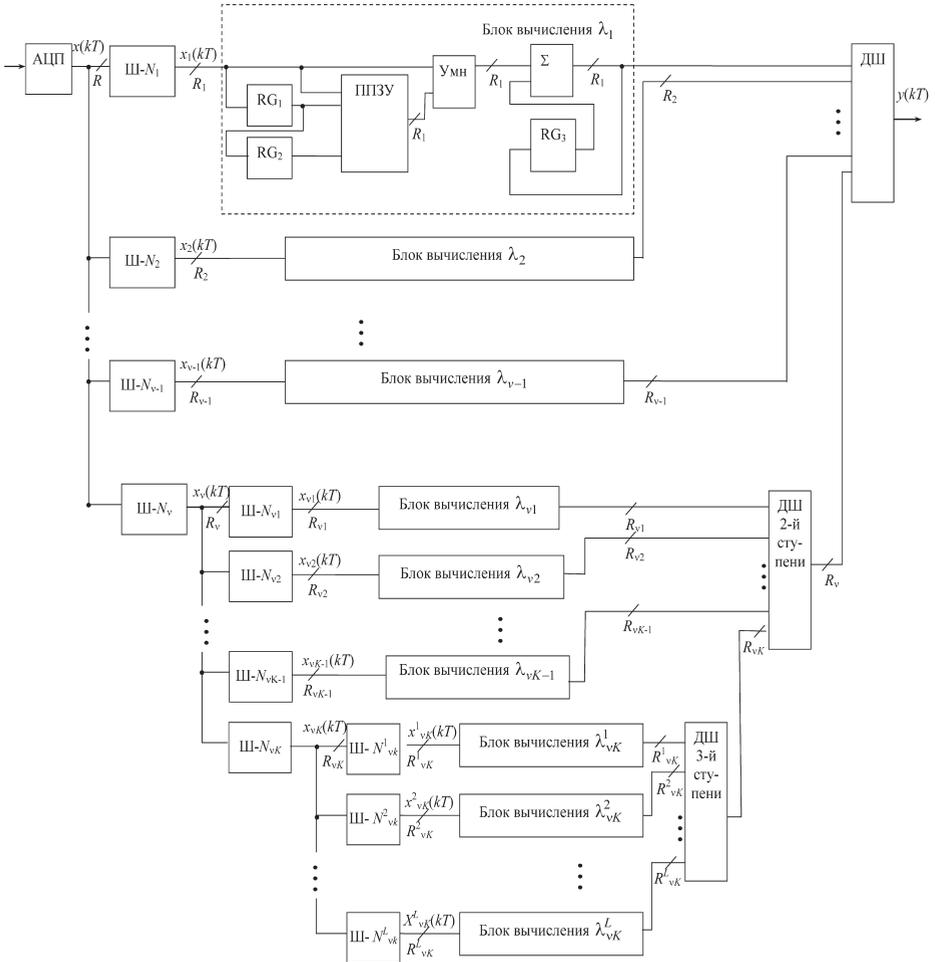
В этом устройстве «оцифрованный» входной сигнал  $x(kT)$  в шифраторах Ш- $N_1$ , Ш- $N_2$ , ..., Ш- $N_v$  заменяется вычетами  $x_1(kT), x_2(kT), \dots, x_v(kT)$  по модулям  $N_1, N_2, \dots, N_v$ . В каждом канале СОК регистры  $RG_1$  и  $RG_2$  служат для запоминания вычетов двух последовательных отсчетов сигнала  $x_s(kT + T), x_s(kT + 2T)$  по основаниям  $NS$  ( $S = \overline{1, v}$ ). Затем отсчеты  $x_s(kT), x_s(kT + T), x_s(kT + 2T)$ , формирующие адрес ячейки памяти, считываются из нее соответствующие весовые коэффициенты  $Z'_{\alpha\beta\gamma}[N_S]$ . Далее  $Z'_{\alpha\beta\gamma}[N_S]$  и  $x_s(kT)$  поступают на умножитель (Умн). Умножение происходит по модулю соответствующего канала. Полученные произведения складываются для последовательности выборочных значений в сумматоре ( $\Sigma$ ). Накопленная сумма поступает на блок дешифрации (ДШ), в котором результат фильтрации переводится в позиционный код.

Такой способ реализации устройств обработки марковских сигналов требует существенно меньших затрат. Так, при  $\rho_{\max} = 2^{17}$ ,  $R_{\text{АЦП}} = 10$  бит и  $R_z = 8$  бит максимальный объем памяти, необходимый для реализации устройства обработки МС в одноступенчатой СОК, приблизительно равен 7 Мбит. Тогда как только на реализацию блока хранения весовых коэффициентов в устройстве, построенным на основе ПСС, для аналогичных входных данных требуется память емкостью 8 Гбит. При усложнении цепи Маркова, т. е. использовании трехсвязной цепи, аппаратурные затраты на реализацию спецпроцессора устройства обработки МС в СОК увеличиваются только за счет роста затрат на реализацию блока хранения весовых коэффициентов.

Для максимального снижения разрядности можно построить многоступенчатую СОК [1, 7, 11], в которой каждый  $i$ -й канал первой ступени независимо представлен несколькими параллельными  $k$  каналами второй ступени по модулям  $N_{ik}$ . Каждый канал второй ступени, в свою очередь, может быть перекодирован по модулям третьей ступени  $N'_{ik}$  и представлен несколькими параллельными каналами третьей ступени.

На рис. 3 представлена функциональная схема устройства обработки МС в трехступенчатой СОК [6].

Устройство работает следующим образом. Шифраторы первой ступени (Ш- $N_1$ , Ш- $N_2$ , ..., Ш- $N_v$ ) определяют вычеты значений сигнала  $x(kT)$  по модулям  $N_1, N_2, \dots, N_v$  ( $x_1(kT), x_2(kT), \dots, x_v(kT)$ ); шифраторы второй ступени (Ш- $N_{v1}$ , Ш- $N_{v2}$ , ..., Ш- $N_{vK}$ ) определяют вычеты значений сигнала  $x_v(kT)$  по модулям  $N_{v1}, N_{v2}, \dots, N_{vK}$  ( $x_{v1}(kT), x_{v2}(kT), \dots, x_{vK}(kT)$ ); шифраторы



**Рисунок 3. Функциональная схема устройства обработки двухсвязных МС в трехступенчатой СОК.**

третьей ступени (Ш- $N^1_{vk}$ , Ш- $N^2_{vk}$ , ..., Ш- $N^L_{vk}$ ) определяют вычеты значений сигнала  $x_{vk}(kT)$  по модулям  $N^1_{vk}$ ,  $N^2_{vk}$ , ...,  $N^L_{vk}$  ( $x^1_{vk}(kT)$ ,  $x^2_{vk}(kT)$ , ...,  $x^L_{vk}(kT)$ ).

Результаты, полученные в каналах третьей ступени, поступают на дешифратор (ДШ 3-й ступени) для восстановления результата по модулю  $N_{vk}$ , в каналах второй ступени – на дешифратор (ДШ 2-й ступени) для восстановления результата по модулю  $N_v$ . Общий дешифратор (ДШ) переводит результат в позиционный код.

За счет многоступенчатой реализации устройств обработки марковских сигналов в СОК удастся дополнительно сократить аппаратные затраты более чем на 10%. Причем чем сложнее цепь Маркова, тем большего сокращение затрат удастся достичь при переходе к обработке данных в многоступенчатой СОК.

Таким образом, использование СОК при синтезе цифровых фильтров марковских сигналов является эффективным способом решения задачи сокращения аппаратных затрат.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акушский И. Я., Юдицкий Д. И. Машинная арифметика в остаточных классах. М.: Сов. радио, 1968. 440 с.
2. Галанина Н. А. Непозиционные алгоритмы и устройства цифровой фильтрации и спектрального анализа. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2009. 208 с.
3. Иванова Н. Н. Кодирование вычетами цифровых сигналов, аппроксимированных цепями Маркова // Вестник Чувашского университета. 2009. № 2. С. 211–218.
4. Иванова Н. Н. Непозиционная оптимальная фильтрация марковских сигналов // Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: материалы V Всерос. науч.-техн. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2003. С. 209–212.
5. Иванова Н. Н. Разработка оптимальных алгоритмов и устройств обработки марковских сигналов в одноступенчатой СОК // Вестник Чувашского университета. 2009. № 2. С. 219–223.
6. Иванова Н. Н. Синтез оптимальных алгоритмов и устройств обработки марковских сигналов в многоступенчатой СОК // Сборник научных статей докторантов, аспирантов и соискателей. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2010. Вып. 1. С. 31–40.
7. Лебедев Е. К. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1989. 192 с.
8. Лебедев Е. К. Вычисления вероятностей переходов для цепей Маркова, аппроксимирующих сигналы в фазовых системах / Е. К. Лебедев, Н. А. Галанина, Н. Н. Иванова // Вестник Чувашского университета. 2001. № 3. С. 89–100.
9. Лебедев Е. К. Марковские свойства непозиционных сигналов / Е. К. Лебедев, Н. А. Галанина, Н. Н. Иванова // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: материалы V Всерос. науч.-техн. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2004. С. 165–169.
10. Лебедев Е. К. Непозиционные фильтры. Йошкар-Ола: Экседарт, 1991. 87 с.

11. Лебедев Е. К. Оптимизация непозиционных устройств цифровой обработки сигналов / Е. К. Лебедев, Н. А. Галанина, Н. Н. Иванова, Е. Ю. Буланкина // Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: материалы V Всерос. науч.-техн. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2003. С. 199–203.
12. Лебедев Е. К. Реализация спецпроцессоров обработки марковских сигналов на непозиционных БИС / Е. К. Лебедев, Н. А. Галанина, Н. Н. Иванова // Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: материалы V Всерос. науч.-техн. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2003. С. 197–198.
13. Нифонтов Ю. А., Лихарев В. А. Цифровая обработка импульсных сигналов в условиях воздействия коррелированных помех // Известия вузов СССР. Радиоэлектроника. 1969. Т. 12. № 3. С. 260–266.

#### ОБ АВТОРАХ

**Песошин Валерий Андреевич**, доктор технических наук, профессор кафедры компьютерных систем, Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева. Телефон (843) 231-00-57. E-mail: pesoshin@evm.kstu-kai.ru.

**Галанина Наталия Андреевна**, доктор технических наук, профессор кафедры математического и аппаратного обеспечения информационных систем, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова. Телефон (8352) 58-14-17 (доб. 2208). E-mail: galaninacheb@mail.ru.

**Иванова Надежда Николаевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры математического и аппаратного обеспечения информационных систем, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова. Телефон (8352) 45-20-96. E-mail: naadeezdaa@rambler.ru.

**Pesoshin Valeriy Andreevich**, doctor of technical sciences, professor of Computer Systems Chair, Kazan National Research Technical University named A.N. Tupolev, Russia, Kazan.

**Galanina Nataliya Andreevna**, doctor of technical sciences, professor of Math and Hardware Information Systems Chair, Chuvash State University named I.N. Ulyanov, Russia, Cheboksary.

**Ivanova Nadezhda Nikolaevna**, candidate of technical sciences, associate professor of Math and Hardware Information Systems Chair, Chuvash State University named I.N. Ulyanov, Russia, Cheboksary.

УДК 004.272.2

Амербаев В. М. [V. M. Amerbaev],  
Балака Е. С. [E. S. Balaka],  
Тельпухов Д. В. [D. V. Telpuhov],  
Соловьев Р. А. [R. A. Solovyov]

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ АРИФМЕТИЧЕСКОГО УЗЛА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА БИМОДУЛЬНОЙ АРИФМЕТИКИ

**Application information redundancy to improve  
reliability the arithmetic unit computing elements  
bimodule arithmetic**

Традиционный путь построения модулярных устройств постулирует конструктивную необходимость включения в состав модулярного устройства громоздкого немодульного блока, выполняющего последовательно-параллельные операции модулярной арифметики. Авторами работы [1] предложен новый подход к построению модулярных устройств, основанный на формировании минимальной автономной вычислительной единицы по каждому основанию вычислительного диапазона модулярного устройства (вычислительного элемента по модулю (ВЭ)). В статье рассматривается построение арифметического узла такого ВЭ, базирующегося на бимодульной арифметике, использующей избыточное представление исходных операндов, что позволяет ввести не только дополнительный параллелизм, но и использовать помехоустойчивые свойства модулярной арифметики внутри бимодульного ВЭ.

**Ключевые слова:** Модулярный процессор, вычислительный элемент, бимодульная арифметика, корректирующие коды модулярной арифметики.

The traditional way of building modular devices constructive postulates the need to include in the modular device bulky non-modular unit that is running a series-parallel operations of modular arithmetic. The authors of [1] proposed a new approach to the construction of modular units, based on the formation of a minimum of autonomous computing unit for each base band modular computing devices (computational element modulo (VE)). This article discusses the construction of the arithmetic unit of the CEs based on bimodular arithmetic using excessive representation of source operands, that allows you to enter not only the additional parallelism, but also use noise-resistant properties of modular arithmetic in bimodular RE.

**Key words:** RNS-based processor, Computing Element, Bimodular RNS, Error correction codes based on RNS.

## ВВЕДЕНИЕ

Концепция параллелизма привлекает внимание разработчиков вычислительных устройств своими потенциальными возмож-

ностями повышения производительности и надежности вычислительных систем. Именно с подобными системами связывается в настоящее время перспектива дальнейшего наращивания вычислительной мощности и надежности. Одним из перспективных путей построения высокоскоростных и надежных вычислительных систем является применение модулярной арифметики, по своей природе обладающей тремя основными свойствами – параллелизм, равноправность и малоразрядность модульных вычислений, определяющих кодовую структуру операндов. Традиционно, подход к построению модулярных устройств основывался на раздельном проектировании модульной части вычислителя, в которой реализуются все параллельные (модульные) операции, и немодульной части, в которой реализуются последовательно-параллельные операции, принятые называть «немодульными». Существенным недостатком такого подхода является отдельное построение громоздкой по аппаратным затратам немодульной части вычислителя. В работе [1] обозначен новый подход к построению архитектуры модулярных устройств, затрагивающий совершенствование всех процедур модулярной арифметики, основанный на понятии вычислительного элемента (ВЭ) по модулю принятой модулярной системы оснований. ВЭ представляет из себя автономную минимальную структурную вычислительную единицу, входящую в состав модулярного вычислителя. Авторы работы указывают на то, что для выполнения требований оптимальности и эффективности вычислительных архитектур в специализированных приложениях целесообразно использовать аппаратно адаптируемые к задачам вычислительные элементы.

Основным средством обеспечения высокой надежности вычислительного устройства является введение избыточности, необходимой для обнаружения и исправления ошибок, возникающих в процессе его функционирования. В работе [2] рассматривается построение ВЭ по модулю, основанного на бимодульной арифметике кольца вычетов по модулю  $p$  ( $p$  – простое). Бимодульная арифметика базируется на избыточном представлении исходных операндов в виде пар  $\langle |x|_p, ind_w|x|_p \rangle$ , где  $|x|_p$  есть вычет  $x$  по  $\text{mod } p$ ,  $i = ind_w|x|_p$  – соответствующий вычету  $|x|_p$  индекс, при этом условно считается, что вычету 0 соответствует специальный символ  $\lambda$ , который обладает свойством  $\lambda + i = i + \lambda = \lambda$  для любого индекса  $0 \leq i \leq p - 2$ . Такой подход впервые был рассмотрен в работе проф. Д.А. Поспелова [3] с целью аппаратно однотипного выполнения мультипликативных и аддитивных операций. В работе [4] предложено применить идею однотипности к кодово-

му представлению самих операндов. Показано, что за счет использования однотипности кодовых представлений операндов, соответствующая архитектура ВЭ бимодульной арифметики обладает более экономичными с точки зрения аппаратных затрат показателями относительно аналогов.

### АРИФМЕТИЧЕСКИЙ УЗЕЛ ВЭ БИМОДУЛЬНОЙ АРИФМЕТИКИ

Основным узлами, входящими в ВЭ по модулю  $p$ , являются устройство управления, оперативно-запоминающее устройство, постоянно-запоминающее устройство, а также арифметический узел по модулю  $p$  (АУз) [5]. В работе [4] описан способ реализации АУз ВЭ бимодульной арифметики, основанный на однотипно кодовом представлении операндов. Кодовая однотипность достигается путем перехода от представления компонент пар операндов по модулям  $p$  и  $p - 1$  к представлению по модулю  $p - 1$ . При этом вводится понятие модифицированного вычета по модулю  $p$ :

$$|\tilde{x}|_p = \lambda_p \delta((p-1) - |x|_p) + |x|_p \delta((p-1) - |x|_p),$$

где

$$\delta(u) = \begin{cases} 1, & u = 0, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad \text{— функция Кронекера,}$$

$$\hat{\delta}(u) = 1 - \delta(u) \quad \text{— кофункция Кронекера.}$$

*Для представления второй компоненты пары операнда используется дискретно-логарифметрическое представление:*

$$\log_w |x|_p = \delta(|x|_p) \lambda_p + \hat{\delta}(|x|_p) \text{ind}_w |x|_p, \quad \text{где } \text{ind}_w |x|_p -$$

индекс вычета  $|x|_p$  по основанию  $w$ , т. е.  $|x|_p \neq 0 \Leftrightarrow |w^{\text{ind}_w |x|_p}| = |x|_p$ .

Полагается, что при  $t$ -битном простом числе  $p$  константный символ  $\lambda = 2^t - 1$ . Очевидно, что при любом простом  $p$   $\lambda_p \notin \lambda_{p-1}$ .

Реализация кольцевых операций в бимодульной арифметике выполняется согласно выражениям:

— мультипликативные:

если  $\langle |\tilde{x}|_p, \log_w |x|_p \rangle, \langle |\tilde{y}|_p, \log_w |y|_p \rangle$ , то

$$(x \cdot y) \bmod p \rightarrow \left\langle \log^{-1} \left( \left| \log_w |x|_p + \log_w |y|_{p-1} \right|, \left| \log_w |x|_p + \log_w |y|_{p-1} \right| \right) \right\rangle > \text{т. е.}$$

$$(x \cdot y) \bmod p = \begin{cases} \lambda_p, & \text{если } \delta(\log_w |x|_p - \lambda_p) \vee \delta(\log_w |y|_p - \lambda_p) = 1, \\ \left| \log_w |x|_p + \log_w |y|_{p-1} \right|_{p-1}; & \end{cases}$$

– аддитивные:

$$\text{если } \langle |\tilde{x}|_p, \log_w |x|_p \rangle, \langle |\tilde{y}|_p, \log_w |y|_p \rangle, \text{ то}$$

$$(x + y) \bmod p \rightarrow \langle |\tilde{x} + \tilde{y}|_{p-1}, \log_w (|x + y|_{p-1}) \rangle > \text{т. е.}$$

$$(x + y) \bmod p = \begin{cases} p - 2, & \text{если } \tilde{x} = \tilde{y} = p - 1, \\ \lambda_p, & \text{если } \tilde{x} + \tilde{y} = p - 1, \\ \tilde{x} - 1, & \text{если } \tilde{x} \neq 0 \text{ и } \tilde{y} = \lambda_p, \\ \tilde{y} - 1, & \text{если } \tilde{y} \neq 0 \text{ и } \tilde{x} = \lambda_p, \\ \tilde{x} + \tilde{y}, & \text{если } \tilde{x} + \tilde{y} < p - 1, \\ |\tilde{x} + \tilde{y}|_{p-1} - 1, & \text{если } \tilde{x} + \tilde{y} > p - 1. \end{cases} \quad (1)$$

Тем самым, однотипность кодовых представлений операндов позволила выполнять аддитивные и мультипликативные операции на одном оборудовании, а именно на сумматоре по модулю  $(p - 1)$ . Число  $(p - 1)$  является составным, что позволяет ввести дополнительный параллелизм по каждому каналу, заменив операцию сложения по модулю  $(p - 1)$  на параллельное сложение по более мелким попарно взаимно простым модулям.

### ПОСТРОЕНИЕ БИМОДУЛЬНОГО СУБМОДУЛЬНОГО АРИФМЕТИЧЕСКОГО УЗЛА

Пусть  $p$  ( $p$  – простое) – базовый модуль ВЭ БиМА, тогда  $p - 1$  разбивается на соответствующий набор субмодулей  $q_1, q_2, \dots, q_s$ , т. е.  $p - 1 = \prod_{i=1}^s q_i$ , причем  $q_1, q_2, \dots, q_s$  являются попарно взаимно простыми. Дополнительно введем в набор субмодулей избыточный модуль  $qs + 1 > q_1, q_2, \dots, q_s$  для определения случая переполнения за диапазон  $(p - 1)$  из (1) при операции сложения. Таким образом, число  $A \in Z_p$  будет иметь представление

$$A = \left( |A|_{q_1}, |A|_{q_2}, \dots, |A|_{q_s}, |A|_{qs+1} \right).$$

Процедура сложения по модулю  $p$  с использованием бимодульного субмодульного арифметического узла включает следующие стадии:

- 1) независимое сложение первых компонент пар операндов по субмодулям  $q_1, q_2, \dots, q_s, q_s + 1$ ;
- 2) определение признака переполнения за диапазон  $(p - 1)$ ;
- 3) в случае, если переполнение произошло, согласно (1), вычитание из результата сложения единицы, т. е.

$$|\tilde{x} + \tilde{y}|_{p-1} - 1;$$

- 4) выбор из таблицы по значению результата второй компоненты пары результата, соответствующей дискретному логарифму.

Рассмотрим пример, иллюстрирующий принцип работы бимодульного субмодульного арифметического узла в режиме сумматора для простого модуля  $p = 7$ , для которого существует единственное разбиение на субмодули:  $q_1 = 2$ ,  $q_2 = 3$ . Введем контрольный модуль  $q_3 = 5$ . Пусть необходимо сложить два числа  $A = 4 = \langle (0,1,4), (0,1,4) \rangle$ ,  $B = 5 = \langle (1,2,0), (1,2,0) \rangle$ .

- 1)  $|A + B|_7 = |9|_7 = 2 = \left( |0 + 1|_2, |1 + 2|_3, |4 + 0|_5 \right) = (1,0,4)$ .
- 2) Для определения признака переполнения воспользуемся операцией расширения на модуль  $q_3$ , основанной на переводе модулярного кода в полиадический код [6]. То есть необходимо по остаткам по субмодулям  $q_1, q_2$  найти остаток по модулю  $q_3$  и сравнить его с полученным значением в процессе вычислений.

Число  $A$  в полиадической системе счисления представляется в виде

$$A = x_n q_1 q_2 \dots q_{n-1} + x_{n-1} q_1 q_2 \dots q_{n-2} + \dots + x_3 q_1 q_2 + x_2 q_1 + x_1,$$

где  $0 \leq x_k < \prod_{i=1}^{k-1} q_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) – коэффициенты (цифры) полиадического кода. Запишем набор констант, необходимых для перевода в полиадический код:

$$|q_1^{-1}|_{q_2} = |2^{-1}|_3 = 2, \quad |q_1^{-1}|_{q_3} = |2^{-1}|_5 = 3, \quad |q_2^{-1}|_{q_3} = |3^{-1}|_5 = 2.$$

## Расширение оснований модулярного кода:

Действия	Субмодули			Цифры полиадического кода
	$q_1 = 2$	$q_1 = 3$	$q_1 = 5$	
– $ A _{q_1}$	1	0	$ A+B _5$	$x_1 =  A _{q_1} = 1$
*	1	1	1	
$ q_1^{-1} _{q_i}$	0	2	$ A+B _5 - 1$	$x_2 = 1$
		2	3	
– $x_2$		1	$3 A+B _5 - 3$	
*		1	1	
$ q_2^{-1} _{q_i}$		0	$3 A+B _5 - 4$	$x_3 =  6 A+B _5 - 8 _5 =   A+B _5 - 3 _5$
			2	

Таким образом,  $x_3 = ||A+B|_5 - 3|_5$ ,

но т. к.  $x_3 = 0$ , т. е.  $||A+B|_5 - 3|_5 = 0$ , то  $|A+B|_5 = 3$ .

- 3)  $|A+B|_5 = 3 \neq 4$ . Следовательно, произошло переполнение за диапазон  $(p-1)$ . Согласно (1), из полученного результата необходимо вычесть единицу:

$$|A+B|_6 - 1 = (|1-1|_2, |0-2|_3, |3-4|_5) = (0, 2, 2).$$

- 4) По таблице логарифмов определяем значение второй компоненты пары результата:

Вычет $p=7$	Субразложение $q_1=2, q_2=3, q_3=5$	Логарифм	Субразложение $q_1=2, q_2=3, q_3=5$
0	0,0,0	$\lambda = 7$	1,1,2
1	1,1,1	0	0,0,0
2	0,2,2	2	0,2,2
3	1,0,3	1	1,1,1
4	0,1,4	4	0,1,4
5	1,2,0	5	1,2,0
6	0,0,1	3	1,0,3

Таким образом, результат суммирования равен  $2 = \langle (0,2,2), (0,2,2) \rangle$ .

Процедура умножения по модулю  $p$  с использованием бимодульного субмодульного арифметического узла включает следующие стадии:

- 1) независимое сложение вторых компонент пар операндов по субмодулям  $q_1, q_2, \dots, q_s, q_s + 1$ ;
- 2) выбор из таблицы по значению результата второй компоненты пары результата, соответствующей вычету.

Благодаря однотипно кодовому представлению операндов появляется возможность не только распараллеливать вычисления, но также использовать корректирующие свойства модулярной арифметики внутри арифметического узла ВЭ бимодульной арифметики.

Построение субмодульного бимодульного арифметического узла с возможностью обнаружения и исправления одиночной ошибки.

Сложность современных вычислительных устройств приводит к необходимости применения эффективных средств обнаружения и исправления ошибок, возникающих в результате появления неисправностей оборудования. Ошибки в машинных словах могут быть весьма эффективно обнаружены, если при кодировании этих слов применять метод информационной избыточности.

Избыточная модулярная арифметика обладает свойствами, которые можно использовать для обнаружения и исправления ошибок [7]. Избыточная система модулей имеет  $n$  – рабочих и  $k$  – контрольных оснований. Под одиночной ошибкой будем понимать любое искажение символа, относящегося к какому-либо одному субмодулю. Кроме того, будем считать, что ошибка носит аддитивный характер и однозначно определяется величиной  $\Delta$ .

Рассмотрим набор субмодулей бимодульного арифметического узла  $q_1, q_2, \dots, q_s, q_s + 1$ ,  $Q = \prod_{i=1}^{s+1} q_i$  – рабочий диапазон. Известно, что для обнаружения и коррекции одиночной ошибки достаточно использовать два избыточных основания  $q_s + 2, q_s + 3$ . Для обнаружения и исправления одиночной ошибки в данной работе используется метод вычисления невязок по контрольным основаниям системы.

Суть метода заключается в следующем. Пусть в результате вычислений получено число  $A' = (|A'|_{q_1}, |A'|_{q_2}, \dots, |A'|_{q_s}, |A'|_{q_{s+1}}, |A'|_{q_{s+2}}, |A'|_{q_{s+3}})$ . Для определения правильности числа  $A'$  необходимо по известным остаткам  $|A'|_{q_1}, |A'|_{q_2}, \dots, |A'|_{q_s}, |A'|_{q_{s+1}}$  определить значения его остатков по контрольным

ным основаниям  $|A''|_{q_{s+2}}, |A''|_{q_{s+3}}$ . Затем необходимо сравнить значения  $|A''|_{q_{s+2}}, |A''|_{q_{s+3}}$  с  $|A''|_{q_{s+2}}, |A''|_{q_{s+3}}$ . Сравнение остатков по контрольным основаниям можно осуществить их вычитанием:

$$\gamma_{s+2} = \left| |A''|_{q_{s+2}} - |A''|_{q_{s+2}} \right|_{q_{s+2}}, \quad \gamma_{s+3} = \left| |A''|_{q_{s+3}} - |A''|_{q_{s+3}} \right|_{q_{s+3}}.$$

Числа  $\gamma_{s+2}, \gamma_{s+3}$  называются невязками.

Согласно КТО:

$$A' = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n \alpha_k B_k + \tilde{\alpha}_i B_i - r_{A'} \cdot Q, \quad A = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n \alpha_k B_k + \alpha_i B_i - r_A \cdot Q,$$

где  $r_{A'}, r_A$  – ранги чисел  $A$  и  $A'$  соответственно,  $B_k$  ( $k = \overline{1, n}$ ) – ортогональные базисы, которые определяются по формуле

$$B_k = \frac{m_k Q}{q_k} = m_k Q_k,$$

где  $Q_k = \frac{Q}{q_k}$ ,  $m_k$  – целые положительные числа, которые называются весами базиса, их определяют из сравнений

$$Q_k m_k \equiv 1 \pmod{q_k}.$$

Тогда  $A' - A = (\tilde{\alpha}_i - \alpha_i) B_i - r_{A'-A} \cdot Q = \Delta_i B_i - r_{A'-A} \cdot Q$ .

При этом,  $\Delta_i B_i = \Delta_i Q_i m_i = (\Delta_i m_i) \cdot Q_i = \left( \left| \Delta_i m_i \right|_{q_i} + \left\lfloor \frac{\Delta_i m_i}{q_i} \right\rfloor \cdot q_i \right) \cdot Q_i = \left| \Delta_i m_i \right|_{q_i} \cdot Q_i + \left\lfloor \frac{\Delta_i m_i}{q_i} \right\rfloor \cdot Q$

Отсюда, ранг искаженного числа равен:

$$\text{rang } \Delta_i B_i = \left\lfloor \frac{\Delta_i m_i}{q_i} \right\rfloor \cdot Q. \text{ Таким образом,}$$

$$\begin{aligned} \gamma_{s+2} &= \left| \left| \Delta_i m_i \right|_{q_i} \cdot Q_i \right|_{q_{s+2}}, & \left| \Delta_i m_i \right|_{q_i} &= \left| \gamma_{s+2} \cdot Q_i^{-1} \right|_{q_{s+2}}, \\ \gamma_{s+3} &= \left| \left| \Delta_i m_i \right|_{q_i} \cdot Q_i \right|_{q_{s+3}}, & \Rightarrow \left| \Delta_i m_i \right|_{q_i} &= \left| \gamma_{s+3} \cdot Q_i^{-1} \right|_{q_{s+3}}. \end{aligned}$$

То есть ошибка обнаружена, если

$$\left| \gamma_{s+2} \cdot Q_i^{-1} \right|_{q_{s+2}} = \left| \gamma_{s+3} \cdot Q_i^{-1} \right|_{q_{s+3}} = \delta_i \quad (2)$$

Величина ошибки определяется согласно выражению  $\Delta_i = |\delta_i \cdot Q_i|_{q_i}$ .

В предположении, что в полученном числе  $A'$  оказался искаженным не более чем один остаток, можно сформулировать следующие свойства невязок:

- 1) Если значение всех невязок равны нулю:  $\gamma_{s+2} = \gamma_{s+3} = 0$ , то ошибки не возникло, число  $A'$  является правильным;
- 2) Если одна из невязок равна нулю, а другая не равна, то ошибка произошла по контрольному основанию, где невязка отлична от нуля, при этом число  $A'$  является правильным;
- 3) Если значения невязок  $\gamma_{s+2} \neq \gamma_{s+3} \neq 0$ , то ошибка произошла по рабочему основанию.

Для демонстрации данного механизма обнаружения и исправления ошибок, рассмотрим пример для  $p = 7$  в случае возникновения одиночной ошибки по рабочему субмодульному основанию.

Имеем набор субмодулей:  $q_1 = 2, q_2 = 3, q_3 = 5$ , для которого рабочий диапазон есть  $P = 2 \times 3 \times 5 = 30$ . Введем контрольные основания  $q_4 = 7, q_5 = 11$ . Пусть в результате вычислений получено число  $A = 5 = (1, 2, 0) \in (0, P)$ , вычет по контрольным субмодулям равен  $(5, 5)$ . Внесем ошибку в один рабочий канал, в результате принято число  $A' = (1, 2, 1, 5, 5)$ .

Запишем набор констант, необходимых для перевода в полиадический код:

$$\begin{aligned} |q_1^{-1}|_{q_2} &= |2^{-1}|_3 = 2, & |q_2^{-1}|_{q_3} &= |3^{-1}|_5 = 2, & |q_3^{-1}|_{q_4} &= |5^{-1}|_7 = 3, \\ |q_1^{-1}|_{q_3} &= |2^{-1}|_5 = 3, & |q_2^{-1}|_{q_4} &= |3^{-1}|_7 = 5, & |q_3^{-1}|_{q_5} &= |5^{-1}|_{11} = 9, \\ |q_1^{-1}|_{q_4} &= |2^{-1}|_7 = 4, & |q_2^{-1}|_{q_5} &= |3^{-1}|_{11} = 4, & & \\ |q_1^{-1}|_{q_5} &= |2^{-1}|_{11} = 6, & & & & \end{aligned}$$

Расширяемся на контрольные субмодули согласно алгоритму, описанному выше, получим:  $|A''|_{q_4} = 4, |A''|_{q_5} = 0$ . Вычислим невязки:

$$\gamma_{s+2} = \left| |A''|_{q_{s+2}} - |A'|_{q_{s+2}} \right|_{q_{s+2}} = |4 - 5|_7 = 6,$$

$$\gamma_{s+3} = \left| |A''|_{q_{s+3}} - |A'|_{q_{s+3}} \right|_{q_{s+3}} = |0 - 5|_{11} = 6.$$

Определим при каком  $i$  выполняется (2):

---


$$P_1 = \frac{P}{q_1} = \frac{30}{2} = 15$$

$$i = 1, \quad \begin{aligned} |\Delta_1 \mu_n|_{q_1} &= |\gamma_{s+2} \cdot P_1^{-1}|_{q_{s+2}} = |6 \cdot 15^{-1}|_7 = 6, \\ |\Delta_1 \mu_n|_{q_1} &= |\gamma_{s+3} \cdot P_1^{-1}|_{q_{s+3}} = |6 \cdot 15^{-1}|_{11} = 7, \end{aligned} \quad 6 \neq 7$$


---

$$P_2 = \frac{P}{q_2} = \frac{30}{3} = 10$$

$$i = 2, \quad \begin{aligned} |\Delta_2 \mu_n|_{q_2} &= |\gamma_{s+2} \cdot P_1^{-1}|_{q_{s+2}} = |6 \cdot 10^{-1}|_7 = 2, \\ |\Delta_2 \mu_n|_{q_2} &= |\gamma_{s+3} \cdot P_1^{-1}|_{q_{s+3}} = |6 \cdot 10^{-1}|_{11} = 5, \end{aligned} \quad 2 \neq 5$$


---

$$P_3 = \frac{P}{q_3} = \frac{30}{5} = 6$$

$$i = 3, \quad \begin{aligned} |\Delta_3 \mu_n|_{p_1} &= |\gamma_{s+2} \cdot P_1^{-1}|_{q_{s+2}} = |6 \cdot 6^{-1}|_7 = 1, \\ |\Delta_3 \mu_n|_{p_1} &= |\gamma_{s+3} \cdot P_1^{-1}|_{q_{s+3}} = |6 \cdot 6^{-1}|_{11} = 1, \end{aligned} \quad 1 = 1$$


---

Следовательно, ошибка произошла по субмодульному каналу  $q_3$ , при этом величина ошибки равна:  $\Delta_3 = |r_3 \cdot P_3|_{q_3} = |1 \cdot 6|_5 = 1$ .

Для уменьшения сложности реализации алгоритма обнаружения и исправления ошибки, а также для уменьшения временных затрат, целесообразно при проектировании использовать табличный подход: входами в таблицу являются вычисленные значения невязок, а выходами – номер неисправного субмодульного канала и величина ошибки.

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

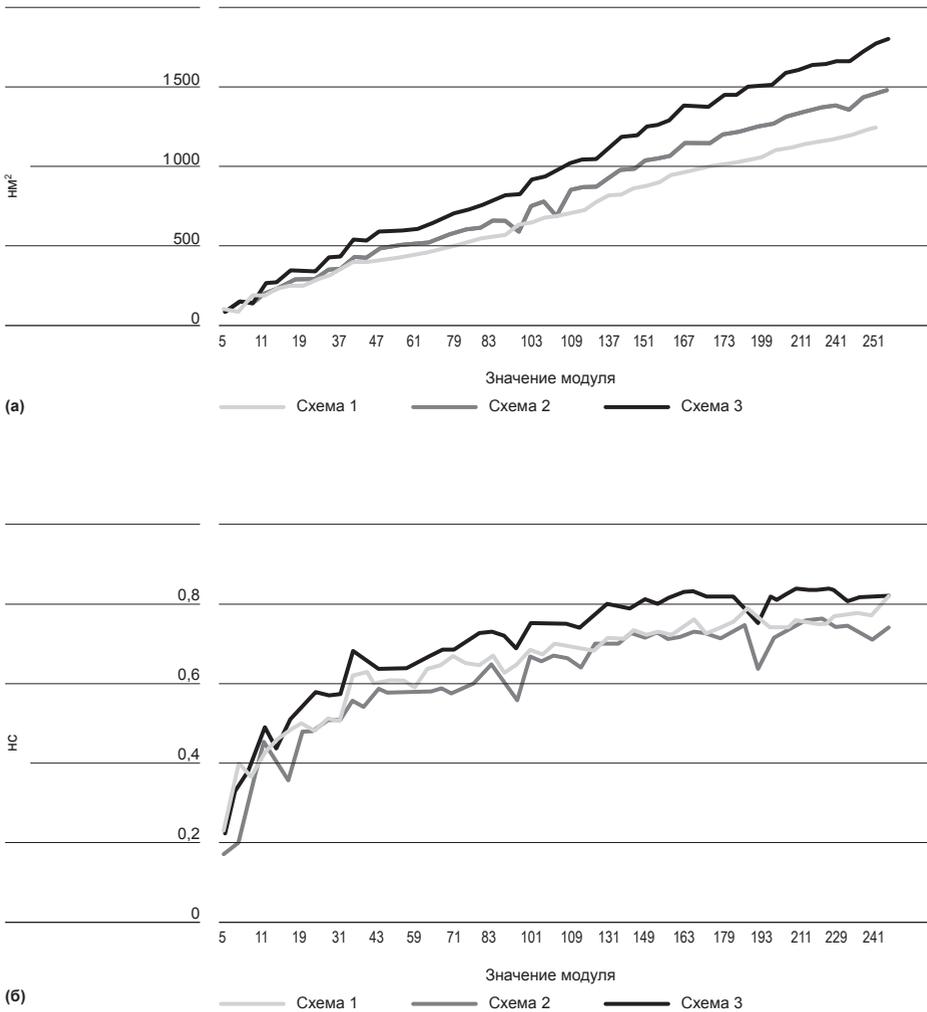
Сравнительная характеристика методов коррекции ошибок основывается на надежности обнаружения сбоев, возможности исправления ошибок после сбоев, площади, занимаемой дополнительной

аппаратурой, влиянии контрольной аппаратуры на быстродействие устройства. Таким образом, эффективность рассмотренных алгоритмов построения арифметического узла бимодульного ВЭ была рассмотрена с этих позиций.

Для проведения экспериментов выбран маршрут проектирования цифровых ИС на основе библиотек стандартных ячеек. В маршруте используется: поведенческое описание устройств на языке Verilog HDL; средства логического синтеза Synopsys Design Compiler; библиотека стандартных ячеек Nangate Open Cell Library с проектными нормами 45 нм; среда для симуляции и отладки проектов ModelSim. Модель эксперимента построена для обнаружения и исправления одиночного сбоя в схеме. Эксперименты проводились для диапазона простых модулей битностью до 8 бит, что является достаточным для большинства задач из области применения модулярной арифметики [8]. На языке Perl был создан комплекс программ, включающий в себя автоматическую генерацию Verilog-описаний всех блоков, входящих в состав арифметического узла бимодульного ВЭ, а также генерацию теста для любых входных данных. Для сравнительного анализа реализованы модели субмодульного арифметического узла с возможностью обнаружения и исправления одиночной ошибки и без, а также модель из работы [4]. Программа позволяет выбрать соответствующий алгоритм построения, некоторую инструкцию, задать базовый модуль и значения операндов, либо выбрать вариант генерации Verilog-файлов для всего 8 битного диапазона базовых модулей для выбранного алгоритма построения для дальнейшей загрузки в систему САПР Synopsys Design Compiler.

На рис. 1 представлены результаты моделирования RTL-моделей арифметических узлов ВЭ бимодульной арифметики с использованием стандартных методов проектирования модульных сумматоров (схема 1), с использованием субмодульного разложения модуля  $(p - 1)$  (схема 2), с использованием субмодульного разложения модуля  $(p - 1)$  и схемой обнаружения и исправления одиночной ошибки (схема 3). На графиках представлены аппаратные и временные затраты для всех простых модулей  $p$  из диапазона до 8 бит.

Как можно заметить из графиков, для некоторых значений модулей для схем 2 и 3 с увеличением их значения происходит уменьшение показателей (например, модули 41, 97, 113, 193). Такой эффект объясняется тем, что в наборе используемых субмодулей максимальное из значений явля-



**Рисунок 1. Сравнение RTL-моделей АУз бимодульного ВЭ по площади (а) и быстродействию (б).**

ется величиной типа  $2^n$ . Известно [9], что модулярные сумматоры такого типа являются наиболее быстродействующими и экономичными по занимаемой площади, тогда как в случае стандартного проектирования, сумматор для максимального из submodule вносит значительный вклад в занимаемую площадь и, в целом, определяет максимальную задержку.

Как отмечалось выше, предложенный метод построения АУз с защитой от одиночного сбоя рассматривался с позиций влияния схем обнаружения и исправления на быстродействие и аппаратные затраты всего ВЭ. Результаты моделирования показали следующие данные о влиянии контрольной аппаратуры на характеристики схемы арифметического узла бимодульного ВЭ: потеря производительности в среднем составила 7%, рост дополнительного контрольного оборудования составил 30%. Стоит отметить, что при проведении экспериментов не учитывалась специфика используемого модуля, а также не проводился анализ его субмодульного разложения, влияющего на проектирование последовательно-параллельных участков используемых алгоритмов, с точки зрения минимизации аппаратных и временных затрат.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Авторами работы [1] поднимается вопрос о построении архитектуры модулярных устройств, выгодно отличающейся от традиционной. В основе нового принципа построения лежит понятие универсального ВЭ, наделенного системой кодовой защищенности. По сути, ВЭ является внутренним самокорректирующим элементом модулярной вычислительной системы. В данной работе предложен метод построения ВЭ бимодульной арифметики, арифметический узел которого наделен возможностью обнаружения и исправления одиночной ошибки. Сравнительная оценка разработанного способа построения АУз бимодульного ВЭ относительно АУз без защиты показала, что потеря в производительности составила порядка 7%, а затраты на дополнительное контрольное оборудование составили в среднем 30%.

*Бимодульная арифметика сочетает в себе преимущества традиционной модульной и логарифмической арифметик. Вычисления в ней предоставляют большую свободу в выборе проектных решений в рамках двоичных технологий для проблем повышения быстродействия, сокращения аппаратных затрат и проблем организации надежных вычислений. В будущем предполагается расширить спектр используемых стратегий на уровень модулярного устройства с кольцевой архитектурой.*

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Стемпковский А.Л., Амербаев В.М., Корнилов А.И. Модулярная логарифметика – новые возможности для проектирования модулярных вычислителей и преобразователей (краткий обзор). IV Всероссийская научно-техническая конференция «Проблемы разработки перспективных микро- и нанoeлектронных систем – 2010»: сб. научн. тр. / под общ. ред. А.Л. Стемпковского. М.: ИППМ РАН, 2010.
2. Амербаев В.М., Балака Е.С. Арифметическое устройство бимодулярной арифметики конечного поля  $GF(P)$ . Research Journal of International Studies XX(17), p. 2, pp. 5–9.
3. Поспелов Д.А. Арифметические основы вычислительных машин дискретного действия. М.: Высш. шк., 1970.
4. Амербаев В.М., Балака Е.С., Соловьев Р.А., Тельпухов Д.В. Анализ и синтез арифметического узла проф. Поспелова Д. А. поля Галуа. VI Всероссийская научно-техническая конференция «Проблемы разработки перспективных микро- и нанoeлектронных систем – 2014»: сб. научн. тр. / под общ. ред. А. Л. Стемпковского. – М.: ИППМ РАН, 2014.
5. Патент на полезную модель «Вычислительный элемент модулярной арифметики». Заявка номер 2012127097, номер 123995 от 10 января 2013 года.
6. Omondi A. and Prekumar B. Residue number system, Theory and implementation. London: Imperial College Press, 2007.
7. Торгашев В.А. Система остаточных классов и надежность ЦВМ. М.: Сов. радио, 1973, 120 с.
8. Корнилов А. И., Семенов М. Ю., Ласточкин О. В., Калашников В. С. Принципы построения специализированных вычислителей с применением модулярной арифметики // Проблемы разработки перспективных микроэлектронных систем: сборник научных трудов / под общ. ред. А. Л. Стемпковского. М.: ИППМ РАН, 2005. С. 346–351.
9. Jaberipur and Nejadi S. Balanced minimal latency RNS addition for modulus set  $\{2n - 1, 2n, 2n + 1\}$  in Proc. 18th Int. Conf. Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP), pp. 1–7, 2011.

**ОБ АВТОРАХ**

**Амербаев Вильжан Мавлютинович**, доктор технических наук, академик НАН Казахстана, профессор, главный научный сотрудник Отдела методологии вычислительных процедур Института проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук. E-mail: vmatmerbaev@ippm.ru.

**Балака Екатерина Станиславовна**, магистр техники и технологии, младший научный сотрудник Отдела методологии вычисли-

тельных процедур Института проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук. Телефон: 8-906-738-85-68. E-mail: balakaes@yandex.ru.

**Тельпухов Дмитрий Владимирович**, к.т.н., научный сотрудник Отдела методологии вычислительных процедур Института проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук. Телефон 8-916-952-71-28. E-mail: NoFrost@inbox.ru.

**Соловьев Роман Александрович**, к.т.н., заведующий Отделом методологии вычислительных процедур Института проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук. Телефон: 8-905-565-38-28. E-mail: turbo@ippm.ru.

**Amerbaev Viljan Mavlutinovich**, doctor of technical Sciences, academician of the NAS of Kazakhstan, Professor, chief researcher of the Department of methodology of computational procedures Institute of design problems in microelectronics of Russian Academy of Sciences. E-mail: vmamerba-ev@ippm.ru.

**Balaka Ekaterina Stanislavovna**, master of engineering and technology, Junior researcher of the Department of methodology of computational procedures Institute of design problems in microelectronics of Russian Academy of Sciences. Phone: 8-906-738-85-68. E-mail: balakaes@yandex.ru.

**Telpukhov Dmitrii Vladimirovich**, candidate of technical Sciences, researcher of the Department of methodology of computational procedures Institute of design problems in microelectronics of Russian Academy of Sciences. Phone: 8-916-952-71-28. E-mail: NoFrost@inbox.ru.

**Solovyev Roman Aleksandrovich**, candidate of technical Sciences, head of Department of methodology of computational procedures Institute of design problems in microelectronics of Russian Academy of Sciences. Phone: 8-905-565-38-28. E-mail: turbo@ippm.ru.

УДК 621.37:621.391 **Рассомахин С. Г. [S. G. Rassomahin],**  
**Малофей О. П. [O. P. Malofey],**  
**Малофей А. О. [A. O. Malofey]**

## **ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПЕРЕДАЧИ ЧИСЛОВЫХ ПОЗИЦИОННЫХ КОДОВ ДЛЯ ДИСКРЕТНЫХ КАНАЛОВ С ФЛУКТУАЦИОННЫМ ШУМОМ**

### **Optimization of algorithms transferring numeric positional codes for discrete channels with the fluctuation noise**

Предложен алгоритм формирования и обработки сигналов для передачи позиционных кодов, основанный на критерии минимума среднего квадрата ошибки восстановления чисел на выходе канала с аддитивным белым гауссовым шумом (АБГШ). Алгоритм обеспечивает использование неравномерной энергетической «защиты» разрядов чисел при комбинировании «мягких» и «жестких» решений оптимального приема в условиях ограничения средней мощности передатчика. Для различного качества канала рассчитаны параметры сигналов и показатели эффективности алгоритма. Показана возможность достижения существенного выигрыша по точности передачи позиционных чисел, достигаемого без дополнительных частотных и энергетических затрат.

**Ключевые слова:** аналого-цифровое преобразование, позиционный код, энергия сигнала, мощность шума, отношение сигнал/шум, фазовая модуляция, оптимизация.

The article suggests algorithm for generating and processing signals for transmission of positional codes, based on the criterion of minimum mean squared error recovery numbers on the output channel with additive white Gaussian noise (AWGN). The algorithm enables the use of non-uniform energy «protection» of numbers by combining bits of «soft» and «hard» decisions in the best reception conditions limit the average power of the transmitter. For a different channel quality parameters calculated signals and indicators of efficiency of the algorithm. The possibility of achieving a significant gain in accuracy transmit positional numbers are achieved without additional frequency and energy costs.

**Key words:** analog-to-digital conversion, the position code signal energy, noise power, signal / noise ratio, phase modulation, optimization.

Во многих практических случаях системы передачи дискретной информации (СПДИ) предназначаются для передачи цифровых значений, соответствующих измерениям конкретных физических величин. При этом первичными сообщениями дискретного источника являются числа, представленные позиционно-значимыми кодами с произволь-

ным (как правило, двоичным) основанием системы счисления. В некоторых случаях переход к позиционным кодам при передаче дискретных сообщений вызван использованием перспективных способов помехоустойчивого представления данных, при этом становится возможной реализация алгоритмов «накопления» для усреднения мешающих воздействий помех. Использование обычных корректирующих кодов не всегда является оправданным, особенно при функционировании СПДИ в реальном масштабе времени. При этом отсутствуют возможности введения задержки передачи, а зачастую и возможности расширения спектра. Естественным отличием процесса разработки алгоритмов передачи количественной информации является стремление минимизировать ошибку восстановления чисел (которая является следствием, как первичного аналого-цифрового преобразования, так и искажений в канале), причем традиционная минимизация вероятности ошибки на символ при передаче по зашумленному каналу далеко не всегда приводит к уменьшению дисперсии ошибки восстановления. Точность функционирования СПДИ зависит от совокупности параметров представления, передачи и обработки позиционных кодов и достигается комплексным компромиссом при выборе алгоритмов и параметров преобразования сообщений.

Наиболее типичными направлениями исследований являются вопросы оптимизации точности цифрового представления в зависимости от качества каналов, а также методы использования неравномерной защиты значащих разрядов чисел [1, 4]. Вместе с тем, вопросы синтеза и оптимизации алгоритмов приема (различения) сигналов, используемых для представления количественной информации, являются недостаточно проработанными. Особенно актуальным является рассмотрение процедур обработки сигналов на основе «мягких» решений приемника, приводящих к реализации так называемого дискретно-непрерывного канала. При этом компромисс при использовании «жестких» и «мягких» решений при обработке различных разрядов одного и того же кодового слова может обеспечить приближение СПДИ к потенциальным характеристикам помехоустойчивости [3–5].

Рассмотрим достаточно традиционную задачу, заключающуюся в необходимости передачи чисел, которые получены аналого-цифровым преобразованием измерений непрерывной случайной величины, по каналу с АБГШ. При надлежащем согласовании источника и преобразователя входные сообщения канала могут быть описаны распределением веро-

ятностей  $Q(x)$ , заданном на множестве действительных чисел  $x_0, \dots, x_{m-1}$ . При этом  $n = \log_2 m$  – разрядность чисел  $x_i, i = \overline{0, m-1}$ , представленных в двоичной системе счисления. Ограничимся рассмотрением самого неблагоприятного (с точки зрения помехоустойчивости передачи) случая равномерного распределения вероятностей чисел  $Q(x_i) = m^{-1}, i = \overline{0, m-1}$ , что соответствует безизбыточному источнику с энтропией на одно число, равной  $H_x = m$  бит. В этом случае отсутствуют корреляционные связи между разрядами чисел, принимающих с равной вероятностью  $q = 0.5$  значения «0» или «1». При этом наилучшая помехоустойчивость (по критерию максимального правдоподобия) достигается при когерентном поэлементном приеме разрядов чисел [3, 4]. Для произвольного  $j$ -го разряда при использовании противоположных сигналов с фазовой модуляцией (ФМ) вероятность приема с ошибкой определяется

$$p(E_j) = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} \int_{-\infty}^{\sqrt{2E_j/N_0}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz, \quad (1)$$

где  $E_j = a_j^2 \frac{T}{2}$ ,  $j = \overline{0, n-1}$  – энергия сигнала с амплитудой  $a_j$  на интервале модуляции  $T$ ,  $N_0$  – спектральная плотность мощности АБГШ. Формула (1) соответствует стандартному «жесткому» правилу принятия решения при приеме одиночного  $j$ -го символа произвольного  $i$ -го числа. В упрощенном виде это правило представляется выражением

$$x_{i,j}^* = \begin{cases} 1, & \text{при } s_j \geq 0; \\ 0, & \text{при } s_j < 0; \end{cases} \quad (2)$$

где  $x_{i,j}^*$  – оценка значения разряда двоичного числа,

$$s_j = \frac{2}{T} \int_0^T (c_j(t) + \xi(t)) \sin(\omega_0 t) dt, \quad c_j(t) = \pm a_j \sin(\omega_0 t),$$

$t \in \overline{0, T}$  (начальная фаза для простоты опущена),  $\xi(t)$  – реализация АБГШ на интервале модуляции  $T$  (в дальнейшем для простоты  $T = 1$ ),  $\omega_0$  – несущая частота. В случае равномерного распределения энергии между значащими разрядами передаваемых чисел  $E_j = \text{const} = E$ ,  $a_j = \alpha$ ,  $j = \overline{0, n-1}$ , дисперсия ошибки восстановления чисел с учетом позици-

онного веса разрядов и формулы (1) при поэлементном приеме с независимыми ошибками (двоичный симметричный канал) определяется выражением

$$D_0 = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{z^2}{N_0}} dz \cdot \sum_{j=0}^{n-1} 2^{2j}, \quad (3)$$

Одним из известных способов уменьшения средней мощности ошибки (3) является перераспределение энергии, затрачиваемой на передачу символов чисел, которое осуществляется в соответствии с позиционным весом значащих разрядов [2]. При этом средняя энергия сигналов, используемых для передачи чисел, остается фиксированной, а дисперсия ошибки восстановления определяется

$$D_1 = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} \cdot \sum_{j=0}^{n-1} 2^{2j} \int_{a_j}^{\infty} e^{-\frac{z^2}{N_0}} dz, \quad (4)$$

где коэффициенты  $a_j$ ,  $\min \langle D_1 \rangle$  находятся решением условной минимизационной задачи

$$\min_{a_j} \langle D_1 \rangle \text{ при } \sum_{j=0}^{n-1} a_j^2 = n \cdot \alpha^2. \quad (5)$$

Реализация «мягкого» алгоритма приема одиночного разряда числа предполагает наличие интервала  $[-a_j, a_j]$ , внутри которого оценка принятого разряда приемником трактуется, как непрерывная величина, изменяющаяся в пределах соответствующего позиционного веса  $j$ -го разряда  $[0, 2^j]$ . Соответствующее правило принятия решения имеет вид

$$x_{i,j}^* = \begin{cases} 1, & \text{при } s_j \geq a_j; \\ \frac{1}{a_j} s_j, & \text{при } |s_j| < a_j; \\ 0, & \text{при } s_j \leq -a_j \end{cases} \quad (6)$$

Это приводит к следующему определению дисперсии ошибки восстановления чисел

$$D_2 = \sum_{j=0}^{n-1} \left\{ \frac{2^{2j}}{\sqrt{\pi N_0}} \left[ \int_0^{2a_j} \left( \frac{z}{2a_j} \right)^2 e^{-\frac{z^2}{N_0}} dz + \int_{2a_j}^{\infty} e^{-\frac{z^2}{N_0}} dz \right] \right\} \quad (7)$$

Коэффициенты  $a_j$ , минимизирующие дисперсию  $D_2$ , находятся из решения задачи, аналогичной выражению (5):

$$\min_{a_j} \langle D_2 \rangle \text{ при } \sum_{j=0}^{n-1} a_j^2 = n \cdot \alpha^2. \quad (8)$$

Гибридный «полумягкий» алгоритм приема чисел получается из предыдущего путем введения изменяющихся границ интервала, внутри которого оценка значения разряда воспринимается приемником, как непрерывная величина. Правило оценки представляется выражением

$$x_{i,j}^* = \begin{cases} 1, & \text{при } s_j \geq (1 - b_j) \cdot a_j; \\ \frac{1}{a_j} s_j, & \text{при } |s_j| < (1 - b_j) \cdot a_j; \\ 0, & \text{при } s_j \leq -(1 - b_j) \cdot a_j \end{cases} \quad (9)$$

Коэффициенты  $b_j$ ,  $j = \overline{0, n-1}$  могут принимать значения из диапазона от 0 до 1. При  $b_j = 0$  или  $b_j = 1$  имеем, соответственно, рассмотренные ранее «мягкий» или «жесткий» алгоритмы принятия решений для  $j$ -го разряда числа. Формула для расчета дисперсии ошибки приема чисел получается на основе выражения (7) и имеет вид

$$D_3 = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} \sum_{j=0}^{n-1} \left\{ 2^{2j} \left[ \int_{b_j a_j}^{(2-b_j)a_j} \left( \frac{z}{2a_j} \right)^2 e^{-\frac{z^2}{N_0}} dz + \int_{(2-b_j)a_j}^{\infty} e^{-\frac{z^2}{N_0}} dz \right] \right\} \quad (10)$$

где наборы коэффициентов  $a_j$  и  $b_j$  являются решением задачи условной минимизации следующего вида

$$\min_{a_j, b_j} \langle D_3 \rangle \text{ при } \sum_{j=0}^{n-1} a_j^2 = n \cdot \alpha^2, \quad 0 \leq b_j \leq 1. \quad (11)$$

Очевидно, что гибридный алгоритм (9), (10) является наиболее универсальным, так как предполагает отдельную оптимизацию параметров решающего правила приема разрядов чисел. При условиях, определяющих минимум целевой функции (11), критерий принятия реше-

ния для каждой позиции числа может изменяться при различных значениях качества канала не зависимо от совокупности критериев приема остальных разрядов.

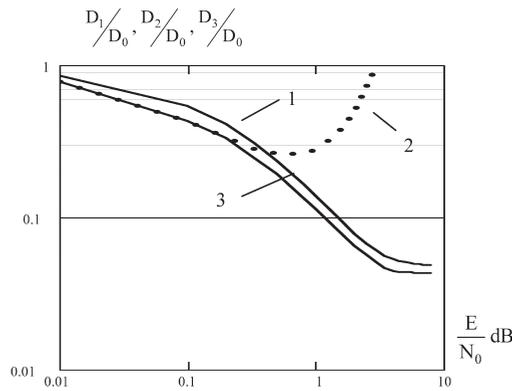
Для получения практических рекомендаций по синтезу оптимального алгоритма передачи и приема чисел позиционных кодов получены численные решения задач (5), (9) и (11) для различных значений отношения сигнал/шум в каналах с АГБШ.

Краткая иллюстрация результатов решений, полученных для алгоритмов передачи и обработки восьмиразрядного двоичного числа (байта) представлена на рисунках 1–3.

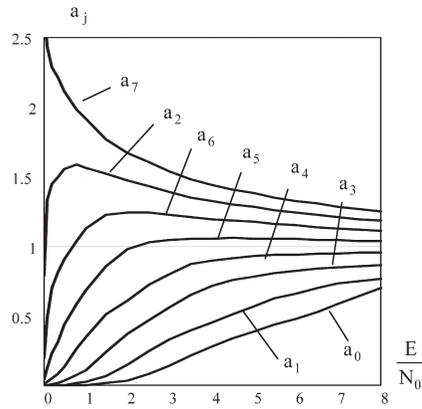
На рисунке 1 показаны нормированные на величину  $D_0$  (см. выражение [3]), зависимости средней мощности ошибки для рассмотренных трех разновидностей алгоритмов принятия решений. При любом отношении сигнал/шум комбинированный алгоритм (кривая 3) обеспечивает наименьшую дисперсию шума восстановления. Для плохих каналов при  $E/N_0 \leq 0.5$  точность комбинированного алгоритма совпадает с точностью, обеспечиваемой «мягкими» решениями (6). В хороших каналах при  $E/N_0 > 8$  показатели точности комбинированного (9) и «жесткого» (2) алгоритмов асимптотически совпадают.

На рисунке 2 иллюстрируется изменение амплитудных коэффициентов  $a_j$ , характеризующих распределение энергии между разрядами байта. В плохих каналах ( $E/N_0 \leq 1$ ) наименьшая мощность ошибки обеспечивается при передаче от 1 до 4 старших бит позиционного числа. С улучшением качества канала повышается степень важности младших бит, и, соответственно, увеличивается доля энергии, расходуемой на их передачу. Укороченная разрядность передаваемых чисел в области отношений  $E/N_0 \leq 3$  (поскольку младшие разряды можно просто не передавать), которая, фактически, не приводит к потере точности, означает наличие возможности уменьшения необходимой полосы частот и максимальной мощности передатчика, по сравнению с полной передачей. Это следует из возможности перераспределения энергии путем увеличения длительности интервала модуляции  $T$ , отводимого на передачу каждого из разрядов числа.

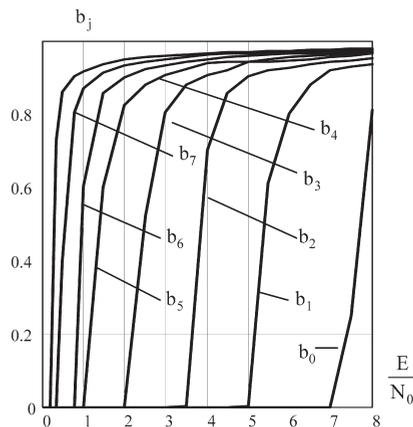
Интересным является «поведение» граничных коэффициентов  $b_j$ , определяющих алгоритм принятия решений при приеме отдельных разрядов чисел (рис. 3). Как следует из данных, показанных на рисунках 1 и 3, работа в плохих каналах является более эффективной при использо-



**Рисунок 1.** Зависимости нормированных значений средней мощности ошибки от отношения сигнал/шум.



**Рисунок 2.** Зависимости амплитудных коэффициентов при передаче байта от отношения сигнал/шум.



**Рисунок 3.** Зависимости граничных коэффициентов «полумягкого» алгоритма от отношения сигнал/шум.

вании «мягких» решений при обработке всех разрядов числа ( $b_j \rightarrow 0, j = \overline{0,7}$ ). При улучшении канала наблюдается последовательное скачкообразное увеличение значений коэффициентов  $b_j$ , которое происходит, начиная со старших разрядов. Следует отметить, что в интервале актуальных для реальных каналов отношений сигнал/шум ( $1 \div 10$  dB) характер решающего правила сохраняется комбинированным. Обработка старших разрядов производится по правилу, близкому к «жесткому» алгоритму (2), в то время как решения о значениях младших значащих разрядов выносятся по «мягкому» алгоритму (9).

Решение задачи совместной оптимизации процесса передачи (за счет перераспределения энергии на бит) и обработки (путем дифференциации степени «жесткости» решающего правила) позволяет при сохранении частотных и энергетических затрат существенно снизить среднюю мощность шума восстановления чисел при передаче количественной информации в условиях действия АБГШ. Наиболее эффективным с точки зрения минимизации дисперсии ошибки восстановления чисел при любом качестве канала передачи является комбинированный алгоритм принятия решений. При этом сочетание «жесткого» (для старших разрядов чисел) и «мягкого» (для младших разрядов) решающих правил обеспечивает приращение точности СПДИ при сохранении показателей энергетической и полосной эффективности. Использование разработанного комбинированного алгоритма передачи и обработки позиционных кодов обеспечивает снижение средней мощности шума восстановления чисел, по сравнению с обычными методами передачи на основе фазовой модуляции, не менее, чем в 10–25 раз при отношении сигнал/шум 1–10 dB. Указанный выигрыш достигается за счет несущественного усложнения правил формирования и приема позиционных кодов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васин В. А., Калмыков В. В. и др. Радиосистемы передачи информации. М.: Горячая линия – Телеком, 2005. 472 с.
2. Терентьев С. Н. Минимизация среднеквадратической ошибки при передаче количественной информации // Труды Института Кибернетики АН УССР. Вып. 3. 1969. С. 37–41.
3. Тихонов В. И. Оптимальный прием сигналов. М.: Радио и связь, 1983. 320 с.

4. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации / А. Г. Зюко, А. И. Фалько, И. П. Панфилов, В. Л. Банкет, П. В. Иващенко; под ред. А. Г. Зюко. М.: Радио и связь, 1985. 272 с.
5. Ключко В. И., Рассомахин С. Г. Оптимизация выбора временных параметров ФНЧ с учетом процесса старения информации // Известия вузов СССР, Радиоэлектроника, 1984. Т. 27. № 11. С. 72–74.

#### ОБ АВТОРАХ

**Рассомахин Сергей Геннадьевич**, доктор технических наук, заведующий кафедрой безопасности информационных систем и технологий, Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина. Телефон: 707-50-19.

**Малофей Олег Павлович**, кандидат технических наук, профессор кафедры высшей алгебры и геометрии, Северо-Кавказский федеральный университет. Телефон: 8 (8652) 93-62-88. E-mail: skandin@mail.ru.

**Малофей Александр Олегович**, кандидат технических наук, доцент кафедры высшей алгебры и геометрии, Северо-Кавказский федеральный университет.

**Rassomahin Sergey Gennad'yevich**, Ph.D., head of the department of security information systems and technologies, Kharkiv National University named V.N. Karazina. Phone: 707-50-19.

**Malofey Oleg Pavlovich**, Ph. D., professor of the Department of Algebra and Geometry North Caucasus Federal University. Phone: 8 (8652) 93-62-88. E-mail: skandin@mail.ru.

**Malofey Aleksandr Olegovich**, Ph. D., associate professor of the Department of Algebra and Geometry North Caucasus Federal University.

УДК 65 6.7.08:614.8.1 **Диневич Л. А. [Dinevich L.A.],  
Лешем Ё. [Leshem Y.]**

## **ОБ ОДНОМ СЛУЧАЕ ПРОЛЕТА БОЛЬШОЙ СТАИ АИСТОВ НАД ТЕРРИТОРИЕЙ ИЗРАИЛЯ**

**Opportunities of radar tracking way towards  
research of breeze and mountain-valley air  
circulation influence on diurnal bird migration**

Результаты наблюдений за полетом аистов позволяют предположить, что стая выбирает маршрут и высоту полета инстинктивно путем поиска вертикальных потоков, используя для этого свои собственные тела и крылья, так чтобы минимизировать затрачиваемую энергию в зависимости от атмосферных условий. Не редко траектория полета оказывается близка к прямой линии лишь на отдельных участках. Иногда траектория оказывается разветвленной, и ее структура очень быстро меняется под воздействием конвективных потоков и течений, формируемых береговым бризом и горно-долинной циркуляцией, имеющих место в конкретный день в конкретном районе. Может быть решена обратная задача определения структуры вертикальных потоков на основе данных об особенностях полета аистов. Структура траектории полета зависит от структуры вертикальных потоков в приземном слое воздуха.

**Ключевые слова:** радарная орнитология; птицы; миграция птиц; локальные ветры; бризы; радарная метеорология.

The results of observations over the storks flight let us assume that the flock chooses the path and flight altitude instinctively, by means of vertical streams search, using their own bodies and wings, looking for minimum energy it can spend due to atmosphere conditions. It's not occasionally that the flight path of the stork is similar to the straight line only on separate parts. The path is sometimes branched and its structure is changed very rapidly under the influence of convective streams and stripes formed due to coastal breeze and mountain-valley circulation process taking place on concrete day in concrete region. One can solve the reverse task en route using the storks' flight peculiarities for the vertical streams structure determination. The structure of flight path is depends upon the structure of vertical streams movement in surface air layer.

**Key words:** radar ornithology, birds, bird migration, local winds, breezes, radar meteorology.

### **1. PASSAGE OF STORKS. MARCH 30, 2000**

#### **1.1 Weather conditions**

Weather in Israel in this and next day was characterized by light gradient field of high pressure caused by periphery of a crest of an anticyclone with epicenter in the central Europe (fig. 1 a, b, c, d). Meteorological

Table 1. THE DATA ON TEMPERATURE OF AIR, SEAWATER, AND WIND DIRECTION ON THREE METEOROLOGICAL STATIONS: BEIT DAGAN, HAIFA, AND ASHDOD

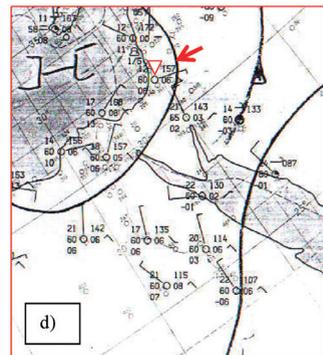
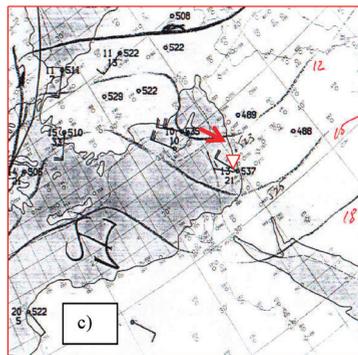
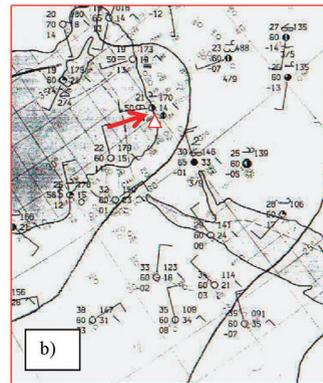
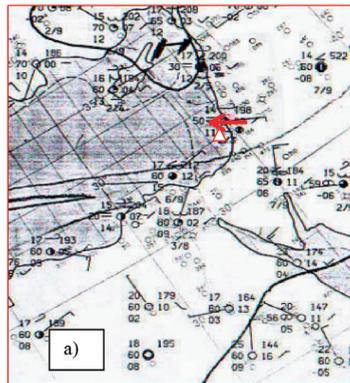
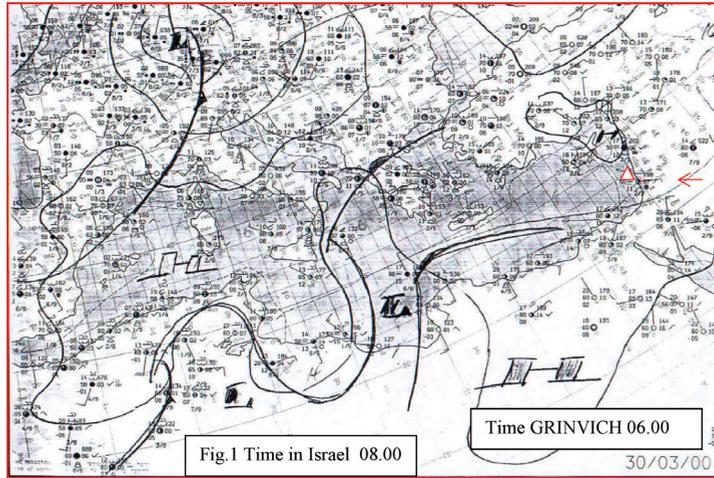
Station of supervision	Beit Dagan	Haifa	Ashdod
Time of supervision	08.00; 12.00; 18.00	08.00; 12.00; 18.00	08.00; 12.00; 18.00
Temperature in C°:			
Ground	17.0; 19.4; 23.7		
Sea water		17.15; 17.5; 17.5	17.95; 18.15; 17.9
Difference of temperature of ground and sea water at two stations		-0.15; +1.9; + 6.2	-0.95; +1.25; + 5.8
Direction of a wind in degrees	192; 275; 323		

station in Beit Dagan is designated on maps by triangle, time is specified due to Greenwich (the difference with local time makes 2 hours).

Such large-scale circulating processes cannot promote the development of convection, but create favorable conditions for the maximal display of local seasonal and daily features. Due to local factors, in the surface air the convection can develop. The structure of such a convection is determined, more often, by separate ascending jets or sites of ascending air on rather small local lines of the fronts arising for the account of mountain-valley, breeze circulation above sites of underlying surface with the big gradient of reflecting factor or sharply distinguished daily radiating balance (8). Such convective processes, as a rule, do not exceed the top level of the surface air and have sharply expressed daily course in our conditions.

Let us look after what conditions in a ground layer could promote the development of convective jets this day.

In table 1 the data on temperature of ground and sea water for 8, 12 and 18 hours on three stations in Beit Dagan, Haifa, Ashdod and about the wind according to station in Beit Dagan are submitted.



△ Beit Dagan

Figure 1. Date 30.03.00 Time: a) SURFACE, 08.00; b) SURFACE, 10.00; c) 850 MB, 10.00; d) SURFACE, 22.00

Table 2. SONDE 1D: 1443227 RADIOSONDE OBSERVATION DATE:  
30/03/2000 TIME: 10:32 GMT (12.00 local times)  
DATA FOR 100 METERS LEVELS

PRES. MB	TIME HH:MM:SS	HEIGHT METER	Temperature. C°	RH %	DEWP C°	W.D. DEG.	W.S KNOTS
1055	00:00:00	0	19.2	72	14.0	280	7
1003	00:00:28	100	16.9	71	11.6	304	6
991	00:00:49	200	16.1	73	11.3	322	5
980	00:01:12	300	15.9	69	10.2	342	5
968	00:01:33	400	16.6	54	6.9	357	5
957	00:01:57	500	16.1	44	3.9	355	5
946	00:02:18	600	15.4	36	0.2	354	6
935	00:02:37	700	15.0	34	-0.8	353	8
924	00:02:58	800	15.3	24	-5.3	353	9
913	00:03:20	900	16.1	19	-7.6	351	10
902	00:03:40	1000	16.2	16	-9.3	347	11
892	00:04:02	1100	15.5	16	-10.4	343	13
881	00:04:24	1200	15.0	17	-10.2	341	15

From the table, it is visible, that seawater at 8.00 AM at station Haifa and Ashdod is warmer than ground in Beit Dagan. But already at 12.00 PM and 6.00 PM the difference of temperature between ground and sea water was changed the mark and contrasts have made, accordingly, in relation to Haifa +1.9 and + 6.2 degrees, and in relation to Ashdod +1.25 and +5.8 degrees correspondently. Together with that, there is sharp turn of surface wind direction. At 8.00 AM in Beit Dagan the wind blows from the land and at 12.00 PM and 6.00 PM 18 hours – from the sea. For the period from 8.00AM until 6.00 PM, it has turned on 131 degree.

We observe similar changes in wind direction on weather maps also. At early morning time, (fig. 1a) the wind blows from land to the sea, but already at 10.00 AM, the direction has fully changed both regards ground level and 850-mbar surface (fig. 1b, c). Station Beit Dagan on a map is designated by a triangle. Time presented due to Greenwich.

Table 3. CONDITION OF AIR TEMPERATURE STRATIFICATION AT 10.00 AM

Height	Gradient of temperature $\gamma$ °/100 m	Explanations to atmosphere conditions (for convection occurrence the dry-adiabatic gradient of temperature $\gamma$ should be more than 0.980 per 100 meters (6)).
0–100	2.3	Very unstable stratification promoting formation of convective jets
100–200	0.8	Steady stratification. In this layer, the convection should be slowed down.
200–300	0.2	Steady stratification. Here the convection should aspire to zero.
300–400	+0.7	Layer of inversion.
400–500	0.5	Steady stratification
500–600	0.7	Steady stratification.
600–700	0.4	Steady stratification
700–1000	+1.2	Layer of inversion

In table 2, the data of radiosonde Beit Dagan from 12.00AM due to local time are submitted, and in table 3, the value of a gradient of temperature in the bottom kilometer layer of air is given according to this radiosonde. From these tables follows, that in a layer of 0–100 meters where the gradient of temperature considerably exceeds dry-adiabatic gradient of 0.980/100 meters of height, stratification of an atmosphere unstable and should conduct to creation of convection. Above this layer, the ascending stream is sharply slowed down, and at height between 300 and 400 meters the first level of inversion is situated, in a layer of 700–1000 meters – the second layer of inversion is located. Capacity of the second layer of inversion makes +1.2 °C on 300 meters of rise. On these data, the vertical currents of air at 12.00 AM could not exceed 100–150 meters, concerning the level of radiosonde launching. Thus, 150 meters of a vertical stream are achieved for the account of convective variation (buoyancy force) and inertia of rise in the bottom not steady-

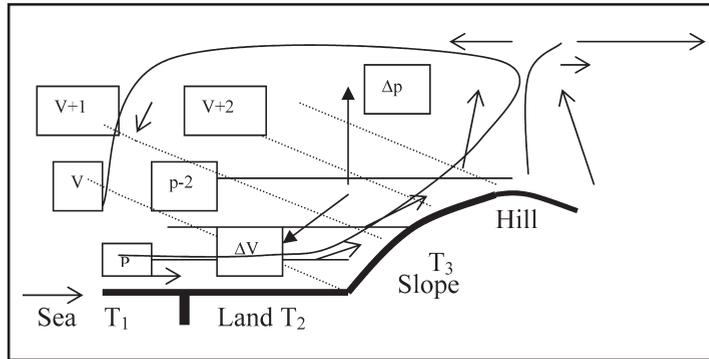
ly stratified layer ( $\gamma = -2.30/100$  м, i. e.  $\gamma \gg \gamma_a$ ), and for the account of poorly steady stratification at levels between 100 and 200 meters ( $\gamma = -0.80/100$  м, i. e.  $\gamma < \gamma_a$ ). Here  $\gamma_a$  – dry-adiabatic gradient equal to  $0.98^0/100$  м. The level of station from which the radiosonde was launched makes 100 meters. Hence, concerning the sea level, vertical currents of air at this time could not exceed 200–250 meters. It is completely fair to assume, that owing to the further, within day, heating of underlying surface together with mountain-valley and breeze components of process, a level of convection and height of the first level of inversion should rise essentially up to midday.

Here RH – relative humidity in %, DEWP CO – a dew point in Celsius degrees, W. D – wind direction in degrees, W. S – wind speed in meters per second.

All these parameters (table 1, 2, 3) justify breeze development in the lower underlying air during the morning and daytime in our coastal area. Thus, above the land such type of the breeze should intensify ascending stream. As specifies by E.A. Burman (2), the maximum occurrence of breezes takes place in March-April and in September-October at Mediterranean coast of Israel. On the data (4), on east coast of Mediterranean Sea the optimum conditions for development of breeze are established in April, their influence is essential in autumn as well. Influence of breeze on a daily course of air temperature is significant on distance of 15–20 kilometers from seacoast.

Absence of overcast in this day together with intensive solar heating of hills and inflow, due to a breeze, considerably cool air from the sea in valleys in the morning was promoted the active development of cellular convection and mountain-valley circulation in the ground layer of air. This process promoted the creation of convective jets above the hills amplifying in coastal zone by sea breeze.

On fig. 2, the prospective scheme of air movement in 20–30 kilometers considered coastal zone is submitted due to this day. Temperature  $T_1 < T_2 < T_3$ . Continuous horizontal lines are the isobars. Dashed lines are the lines of equal specific volume (isobar). Arrows show direction of air movement. Actually, in figure the combined circuit of morning breeze development on sea-land border is submitted as well as the classical scheme of morning mountain-valley winds, based on theorem of circulation with reference to baroclinic atmosphere (2,3). According to this circuit in the morning and in first half of the day, the sea is colder than land. In this connection, air above the land gets warm faster than above the sea and starts to rise. Thus, more cool air leaks below from the sea to land, compensating released air masses rising above the land. If there is hill



**Figure 2.** Scheme of air movement towards incorporated breeze and mountain-valley process in coastal zone of Mediterranean Sea in March 30, 2000, assumed on the meteorological data.  
**V** – surfaces of equal specific air volume (isosters),  
**P** – surfaces of equal pressure (isobars),  
**T1, T2, T3** – temperature of the sea, land (coastal part) and hill slope.  
**Arrows specify direction of air stream.**

near the coast its slope focused to the sun, gets warm faster than valley. As a result, there is lowering of surfaces of equal specific volume (isostere), as derives isobar-isostere air circulation rising on slopes and flowing from height in opposite compensation stream. Thus, the convective jets can appear above the hills. The compensation top stream can be directed aside opposite to the surface wind (as shown in fig. 2). More often, it is distributed, for the account of more powerful general geostrophic wind in the top part of jet, in one established direction. Such process was quite characteristic for our case. The data of the given radiosonde according to which at the level of more than 200 m, the stream is rather steadily directed from the part of sea (see tab. 2) testify to it. At night, the circulation gets return direction.

## 1.2. Radar-tracking surveys over flight of the large stork flock

On fig. 3, 4, 5 the «lines» of radio echo from the storks, received with the help of radar at wave band of 10 cm at 9.56 AM, 10.21 AM and 14 21 AM are submitted.

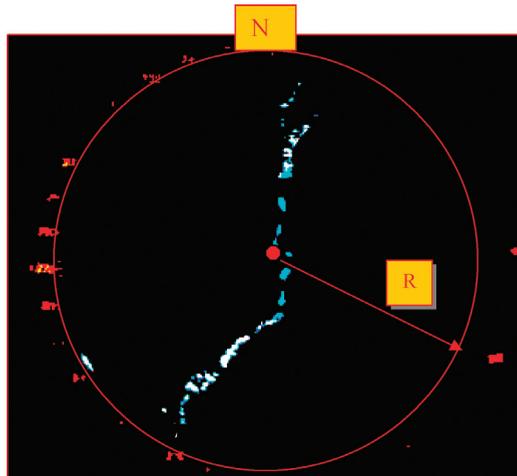


Figure 3.  
30.03.00. 09.56  
R = 50 km

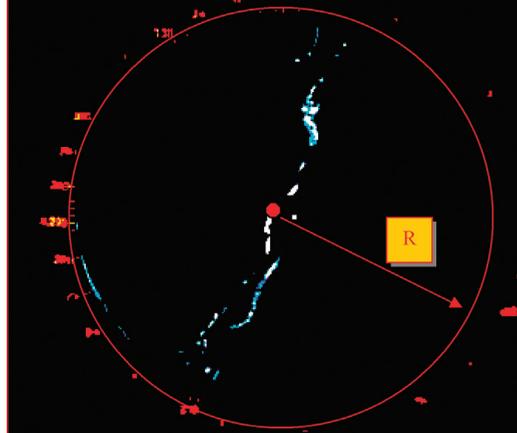


Figure 4.  
30.03.00. 10.21  
R = 50 km

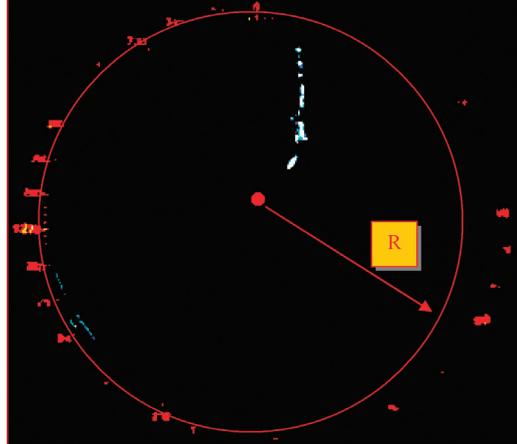


Figure 5.  
30.03.00. 14.21  
R = 50 km

The variability of structure of these «lines» in rather close time interval, from 9.56 AM until 10.21 AM can attract someone's attention.

Actually, «line» represented the set of many considerably direct pieces united in constantly varied branchy «line».

General time of radar-tracking surveys over the flock has made 5 hours, from 9.30 AM up to 14.30 PM. The maximal length of «line» exceeded 100 km.

At 7.30 AM the radar on 50 km scanning marked strong negative refraction towards sea direction that proves the presence of temperature inversion in the lower surface air that should collapse with morning warming up. At 9.00 AM the negative refraction has stopped. In refraction zone the detection of radio echo from birds at small height is very complicated because of the raised reflection from ground clutter.

The first radio echo from groups of storks was found out at 8.00 AM in sector of 210–240 degrees on distance of 30–40 km from Latrun in Kiryat Gat vicinity. This zone is located on distance of 10–20 km from the sea in a shoreline, which height above sea level does not exceed 100 m. Further from the sea, the sharp increase of relief begins. According to (2) in similar zones the breeze front and mountain-valley circulation effect should be displayed most actively. At the initial moment of survey, the radio echo from storks looked as separate, chaotically located, slowly moving dots occupying the area of 10 km of distance and 20 km on azimuth. Fluctuation of the reflected signals on oscilloscope was characteristic for fluctuation of radio echo from bird groups, the period of fluctuation of amplitude maximum made some seconds. The characteristic attribute was the moving of dots that proved the obtained points were radio echo from birds. Radar-tracking reflectivity from these points on both channels reached 30 dB on distance of 25 km ( $\eta_{\lambda 10} = 1.9 \times 10^{-11} \text{ cm}^{-1}$ ). Here size of radar-tracking reflectivity  $\eta = 10^{0.1 \cdot nR^2/C_\lambda}$ , where  $n$  – radar reflectivity in dB,  $R$  – distance to the target in cm,  $C_\lambda$  – radar constant in  $\text{cm}^3$ .

In our case  $n = 30 \text{ dB}$ ,  $R = 25 \text{ km}$ ,  $C_{\lambda 10} = 3,3 \times 10^{26} \text{ cm}^3$ . Probably, similar points of radio echo were formed on the greater distance from station, however it was not possible to observe them because of curvature of the ground and, accordingly, small height of flight. The radio echo height from bird groups did not exceed 100 m from ground level (the height is determined with the help of radar). For the period of half an hour, the points of bird's radio echo have generated a faltering line, which was quickly extended in both sides (to the south and north). It justifies that storks take-off approximately in one time from various sites of the ground, grouped and occupied some position in the space, re-

minding a line. At 9.00 AM, the separate points have taken the form of the branchy line, which southern end was on distance of 50 km and northern has come nearer to radar. Radar reflectivity of the line end on distance of 50 km to the south made 18db on both channels ( $\eta_{\lambda 10} = 7.6 \times 10^{-11} \text{ cm}^{-1}$ ). The height of the line part on distance of 30 km from Latrun made 250 m above sea level according to radar. The southern end of the line managed to be seen only at some antenna angles (0–0.2) on scanning of 50 km. Calculation of the height of distant radio echo point, in view of curvature of the ground, shows, that the maximal height of flight of flock in this place made 200–250 meters concerning to sea level. In view of size of radar-tracking reflectivity the maximal range of detection regards these birds by station MRL–5 in Latrun (270 m above sea level) could make more than 80 km, however they should fly at height not below 500 m above sea level.

The radio echo line was well visible on both channels. Difference was made only with its width, which corresponded to width of the directional diagram on both channels. On  $\lambda = 3.2$  it did not exceed 200 m on distance of 25 km, on  $\lambda = 10$  cm – 600 m accordingly.

At 9.30 AM, the radio echo of flock looked like a dashed line with length about 100 km, extended from the south to north. To determine the groundspeed from this parameter was not possible as occurrence of new sites of line within whole flight route occurred not only due to moving of all the birds from south to north, but also due to their rise from various areas of the ground. Groundspeed was determined for moving, separate, and stable in time sites of radio echo line. It has made about 40 km/hour. Separate points of radio echo at 2.00 PM could be seen in the north at reduction of the aerial up to angle of 0.2 on the distance of 80 km, i.e. the given groups of birds fled at height that was not less than 500 m above sea level. Taking into account the narrow diagram of the aerial ( $0.5^\circ$  for  $\lambda = 3.2$  cm and  $1.5^\circ$  for  $\lambda = 10$  cm), simultaneous survey over the whole line of radio echo from flock at one aerial elevation angle is not possible. For restoration of radio echo line in zone near to radar, the surveys were conducted at large angles with the appropriate registration of line sites. Taking into account that at 12.00 AM birds flew by in a zone of direct visibility from the radar location, the opportunity was presented to estimate some parameters of their flight in visual mode. In immediate proximity from radar, in the visibility range without binocular, in the period between 12.00 AM and 01.00 PM the large bird flocks have flown by at height (by visual definition) of 200–300 meters, concerning radar height. The rough number of birds in each group made up

to 200 individuals. Their flight was accompanied rather long (up to 2–3 miles) soaring without wing beats above one place, thus they gradually rose, concentrated in more compact groups, and then being extended in a line, fast moved further to the north up to new place of soaring and grouping.

## **2. MASSIVE DIURNAL FLIGHT OF LARGE PREDATORY BIRD, HONEY BUZZARD, ON 10TH AND 11TH OF SEPTEMBER 2001**

### **2.1. Weather conditions**

Weather in Israel in these days was characterized by light gradient of a high pressure (fig. 6a, b, c, d). In figures the fragments of surface weather maps for day and night time of September 10 and 11, 2001 are presented. Beit Dagan meteorological station is designated by a triangle. Thus, on 10<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> of September in the afternoon one can see above sea are the formation of regular anticyclone which center has moved aside to the land by night of September, 10 and was completely washed away by September, 11 was completely washed away. As a result, on 10<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> of September in the afternoon the atmosphere circulation in the bottom ground air layer and breeze circulation, form surface wind directed from the sea to land. Above the land, this air, coming from the sea, gets warm and rises upwards, forming convective jets, and on occasion, mesofronts. Radio echo of mesofronts was not visible these days, though already almost at the end of day on September, 10 it is possible to observe formation of weak cloudy layer extended in the same direction in which the strips of birds radio echo are focused (fig. 8). Thickness of this layer made 500 m, its top border was at height of 1km and it was much better seen on wave band of 10 cm (12 db at distance of 25 km for  $\lambda = 10$  cm and less than 6 db at the same distance for  $\lambda = 3$  cm). Nevertheless, that reflectivity from this layer on  $\lambda = 3$  cm was sufficient for formation of radio echo on the radar screen, means that reflections were formed not only due to the big temperature gradient, but also due to hydrometeors. A nature of these hydrometeors formation is a question of separate discussion. Here pertinently to note the following. In a number of situations, the mesofronts of such type are registered quite well by radar (fig. 7). As an example of such mesofronts the photo of radar screen from 06.08.01 is submitted.

In a photo made from the radar screen on August 6, 2001 at 7,23 PM on wave band of 10cm, the radio echo of mesofront, generated due to the pro-

cesses occurred in surface layer on sea-land border is clearly visible. This echo represents rather narrow trip extended from the north to south. The limited scale of photo (25 km) does not give full imagination about all length and evolution of mesofront radio echo in time aspect, however due to journal records it makes about 35 km and was generated on distance of 40 kilometers from the radar, namely near the coastline. Up to the moment of photo registration, it was displaced on 20–25 km. (All other white stains on this and other photos from the radar screen are the reflections from hills). The top border of radio echo was equal to 2,5 kilometers that is much lower than a zero isotherm for this season. Thus, in accordance to radar journal records, the radio echo of this surface mesofront is well visible on wave band of 10 cm ( $\eta = 10^{-9} \text{ cm}^{-1}$  or  $\approx 30 \text{ dBZ}$ ) and very poorly visible on wave band of 3 cm ( $\approx 0 \text{ dBZ}$ ). It is necessary to notice, that numerous surveys of such type radio echo in this coastal zone have shown the following. More often radar-tracking reflectivity from them is much more on wave band of 10 cm, however, the cases when radar-tracking reflectivity on various sites of such radio echo for both wave bands is shown on any other business are not rare. For example, one site is better visible on wave band of 10 cm, and other – on wave band of 3 cm. This phenomenon demands additional researches. It is possible to assume, that it is connected to condensation processes on separate sites of such a mesofront. In a result, there, where the condensation processes contribute to radio echo, the reflectivity on wave band of 3cm is more than on 10 cm and, on the contrary, on sites where the radio echo is formed only due to high values of temperature gradient, it has higher value on wave band of 10 cm. The wave band of 3 cm in radars like MRL–5 starts «to see» the signal reflected from hydrometeors which sizes exceed 100 micron (1). Such size hydrometeors form dense enough clouds that could be seen visually. Actually, the radio echo presented on figure 7, was not visible, there were no clouds as well. It proves that the radio echo from some area of atmosphere was generated not due to hydrometeors, and was connected to reflection from area with the big gradient of temperature (7).

Once having generated on sea-land border, such mesofront is slowly displaced from the sea aside the land, sometimes on 30–40 km (2). On the basis of the carried out survey, the spatial orientation of such front, concerning coastline, together with radar-tracking reflectivity on its various sites under influence of a relief and mountain-valley circulation can vary, at times taking the form of curved line. Most frequently, the breeze front and processes proceed-

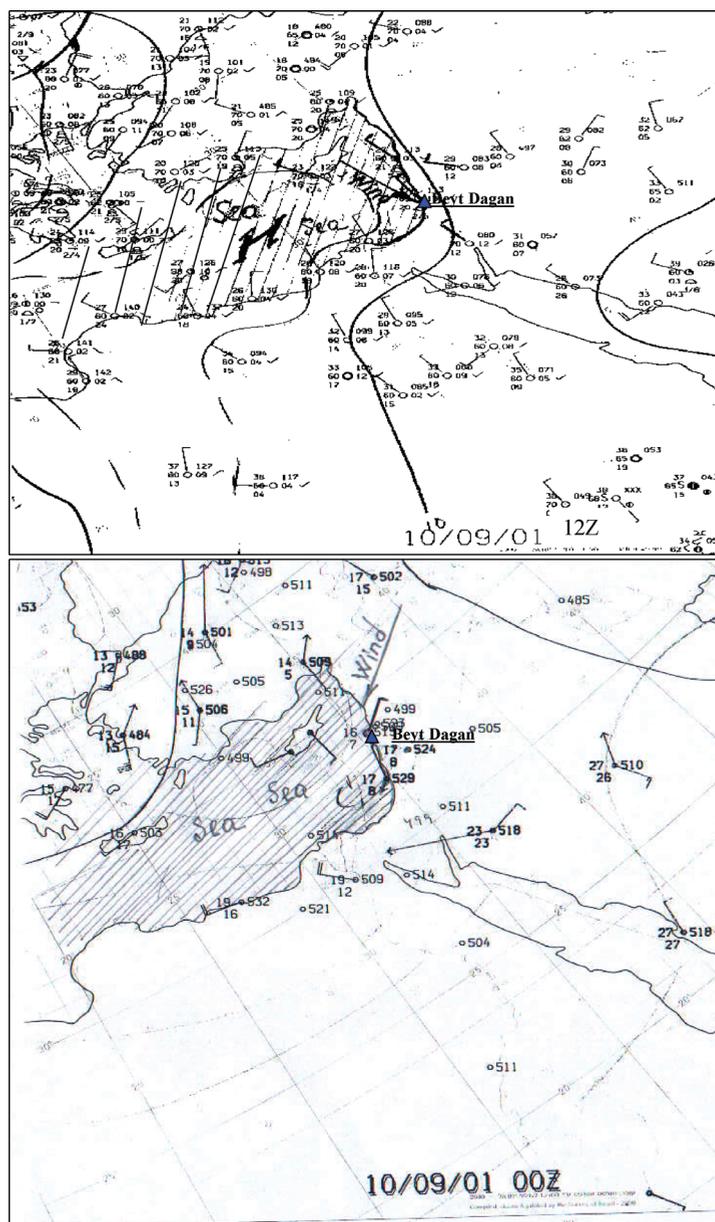


Figure 6 (a, b). Fragments of surface weather maps, September 10, 2001  
c) 18.00 h; d) 00.00 h.

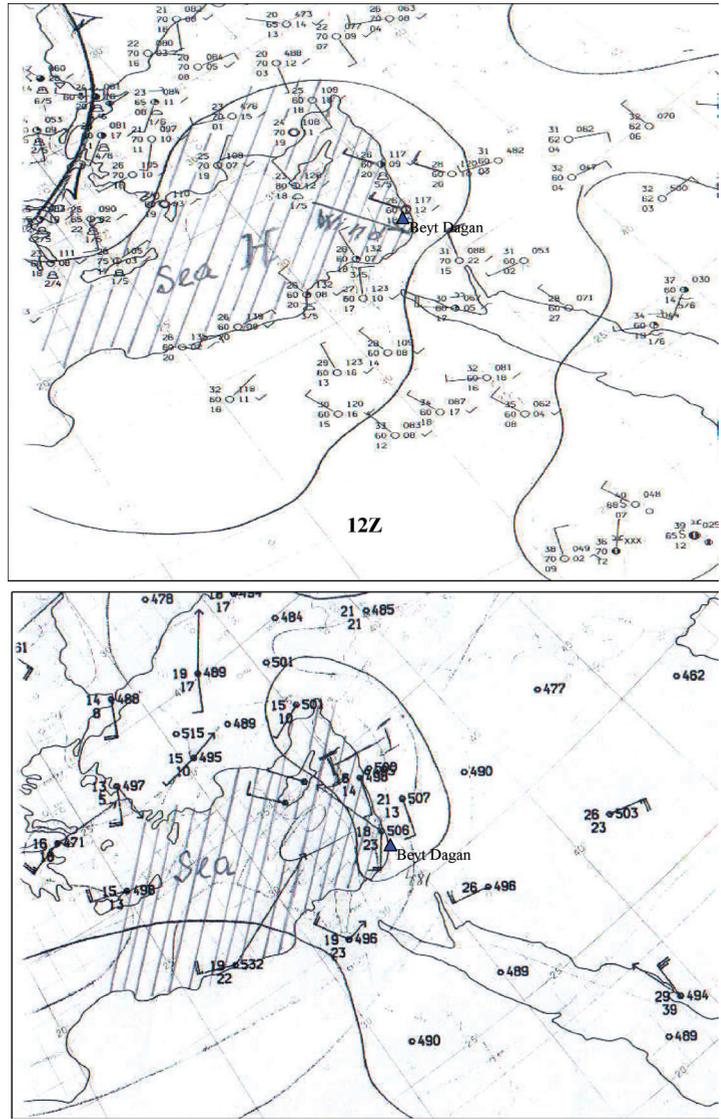
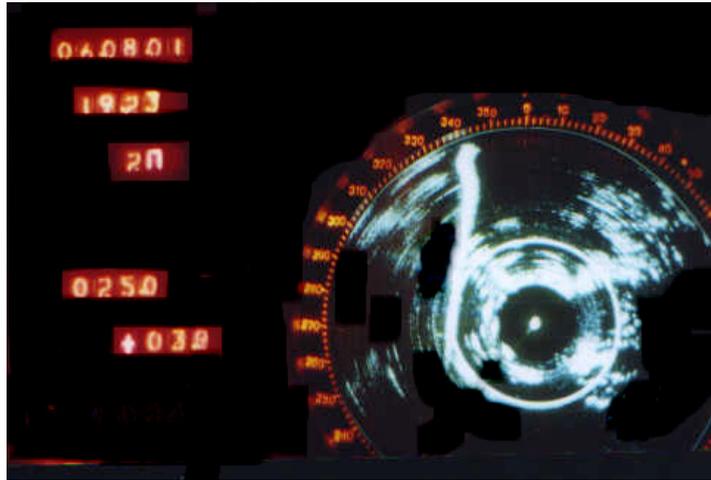


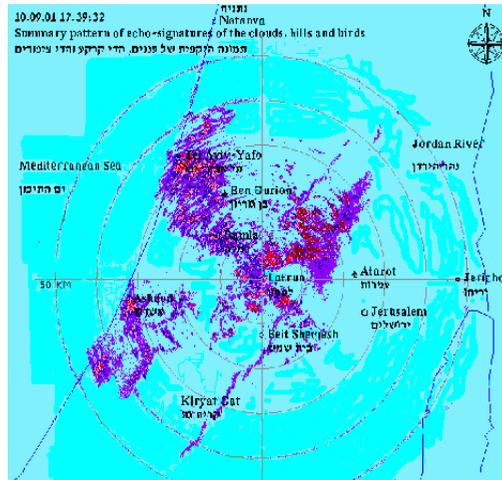
Figure 6 (c, d). Fragments of surface weather maps, September 11, 2001  
 c) 12.00 h; d) 00.00 h.



**Figure 7.** The breeze mesofront radio echo stretched from the north to south parallel to coastline.

ing on it remain not visible for radar or create the radio echo on separate and the most active sites. As already it was mentioned above, on September 10 only after 5.00 PM (look at figure 8), the processes of condensation and formation of weak clouds have begun in northern part of breeze mesofront, due to amplification of convection and auxiliary factors (probably increased moisture content). The radio echo strip from the birds has practically coincided with a line of breeze mesofront. The level of zero isotherm, according to Beit Dagan radiosonde was little bit above 1700 meters that could promote the formation of fine drops here. Further, this cloud did not develop because of instability energy absence at these levels and low relative humidity (according to a radiosonde at 1800m, air relative humidity did not exceed 28%).

In such figure the narrow southern strip stands for birds, northern part of this radio echo transforms in one from weak overcast. As it was already shown in section 1.1, such circulating processes in conditions of Israel within this year period could not promote development of rain clouds without additional energy of large-scale circulating formations. However, they could create favorable conditions for the maximal display of regional seasonal and daily features of convective jets formation. In late autumn, in winter and in early spring the same conditions influence on sludging ability, aggravating or, on occasion, weaken-



**Figure 8.** Birds radioecho transformed in his northern part in one from weak clouds,  $\lambda = 3$  cm.

ing the large-scale circulating processes, including fronts. We can observe how the birds of passage use these local atmospheric processes.

For this purpose, we need to add the data on synoptic situation with some additional parameters of atmospheric condition in considered days.

In table 4, the data on surface air and seawater temperature are presented from observations at 8.00 AM, 12.00 AM, and 6.00PM on 10<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> of September according to Haifa and Ashdod stations.

From the table, it is visible, that on 10<sup>th</sup> of September the seawater at 8.00 AM at Haifa and Ashdod stations is warmer than surface air at the appropriate ground meteorological stations. Thus, already at 12.00 AM and 6.00 PM the difference between temperature of surface air and seawater water was changed with the mark and contrasts have made, accordingly, in Haifa +2.7 and + 4.9 degrees, in Ashdod +0.9 and +2.1 degrees. On September 11 – in Haifa – +2.9 and +4.5 degrees and in Ashdod – +1.3 and +3.1 degrees correspondingly. As it is stated in 1.1, such ratio of temperatures results in formation of breeze circulation that leads to convective jets development.

In tables 5 and 6, the data of Beit Dagan radiosonde from 12.00 AM (local time) taken on 10<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> of September are submitted. In table 7, the value of temperature gradient in the bottom layer of air is given according to this radiosonde.

Table 4. THE DATA ON AIR AND SEAWATER TEMPERATURE FROM HAIFA AND ASHDOD METEOROLOGICAL STATIONS, 10<sup>TH</sup> AND 11<sup>TH</sup> OF SEPTEMBER 2001

	September, 10	September, 10	September, 11	September, 11
Station of survey	Haifa	Ashdod	Haifa	Ashdod
Time of survey	08.00; 12.00; 18.00	08.00; 12.00; 18.00	08.00; 12.00; 18.00	08.00; 12.00; 18.00
Temperature in C°				
Air	26.4; 30.9; 31.4	26.6; 29.9; 29.4	26.3; 30.5; 30.2	26.7; 29.6; 29.6
Seawater	28.7; 28.2; 26.5	29.5; 29.0; 27.3	28.3; 27.6; 25.7	29.4; 28.3; 26.5
Difference of temperature of air and seawater	-2.3; +2.7; +4.9	-2.9; +0.9; +2.1	-2.0; +2.9; +4.5	-2.7; +1.3; +3.1

Here RH – air relative humidity air in %, DEWP C0 – dew point in Celsius degrees, W. D – wind direction in degrees, W. S – wind speed in meters per second.

From these tables follows, that in a layer from the surface up to 100 meters (above radiosonde point), where the gradient of temperature ( $3.8^{\circ}/100$  m on September, 10 and  $3.8^{\circ}/100$  m on September, 11) is exceeded considerably the dry-adiabatic gradient of  $0.98^{\circ}/100$  meters of height, the atmospheric stratification is strongly unstable and should conduct to convection creation. Above this layer the air temperature stratification is remain poorly unstable and indifferent up to height of 500 m on September 10 and up to height of 700 m on September 11 (above radiosonde point). On these data, the vertical currents of air at 12.00 AM on 10<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> of September can reach 500 and 700 m accordingly, concerning the level of radiosonde point that is equal to 100 m above sea level. Hence, concerning the sea level, the top layer of convection in these days could reach 600 and 800 m correspondingly. The actual height of birds' flight due to radar-tracking measurements (concerning a level of station) on September 10 at 1.00 PM made 700–800 m and 800–900 m at 2.00 PM on September 11. It is

Table 5. SONDE ID: 2466164 RADIOSONDE OBSERVATIONS  
Date: 10/09/2001, Time: 10:31 GMT (12:31),  
DATA FOR 100 meters LEVELS

PRES. mb	TIME HH: MM:SS	HEIGHT, m	TEMP., C°	RH, %	DEWP, C°	W.D., Deg	W.S Knots
1008	00:00:00	0	30.6	52	19.6	318	11
997	00:00:21	100	26.8	64	19.3	316	14
986	00:00:40	200	25.7	68	19.3	315	16
974	00:01:00	300	25.0	71	19.3	319	16
963	00:01:23	400	23.8	74	18.9	328	14
952	00:01:43	500	22.9	78	18.8	337	11
942	00:01:59	600	22.4	75	17.6	348	8
931	00:02:16	700	22.6	68	16.5	3	6
920	00:02:35	800	21.7	68	15.6	31	5
910	00:02:52	900	21.5	66	14.8	53	5
899	00:03:10	1000	20.7	66	14.1	71	6

possible to assume that heating of underlying surface has strengthened unstable making atmospheres for the period between measurements of temperature by radiosonde and time of radar-tracking measurement of bird flights' height. This time difference exceeded one hour. It is necessary to note that the direction of birds' flight practically coincided with steady northwest wind direction from the sea on 10<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> of September. Only at height of convection top level, this direction changed to northeast.

Thus, on September 10 in layer from surface up to height of convection top level the wind direction is within 315–348 degrees. At height of 700 m, this is equal to 3 degrees, being displaced by every 100 m more to the east (800 m – 31 degree, 900 m – 53 degrees, 1000 m – 71 degree, 1100 m – 86 degrees, 1200 m – 97 degrees, 1300 m – 109 degrees and so on). Very similar picture is observed on September 11.

This factor also specifies that in the bottom surface layer the local factors together with breeze and mountain-valley circulation influence the wind direction.

Table 6. SONDE ID: 2480357 RADIOSONDE OBSERVATIONS  
Date: 11/09/2001 Time: 10:35 GMT (12:35)  
DATA FOR 100 meters LEVELS

PRES. mb	TIME HH: MM:SS	HEIGHT, m	Temperature, C°	RH, %	DEWP, C°	W.D Deg	W.S Knots
1008	00:00:00	0	29.3	46	16.5	325	8
996	00:00:16	100	25.8	52	14.9	322	9
985	00:00:35	200	24.6	55	150	319	11
974	00:00:52	300	23.7	67	14.5	316	12
963	00:01:04	400	22.7	58	14.1	317	12
952	00:01:21	500	21.6	61	13.8	317	12
941	00:01:38	600	20.6	66	13.9	319	12
930	00:01:56	700	19.6	69	13.7	326	11
919	00:02:17	800	19.1	70	13.6	333	9
909	00:02:35	900	18.1	73	13.1	333	7
898	00:02:53	1000					

## 2.2. Radar-tracking surveys

According to visual surveys of ornithologists on September 9, 10 and 11 in territory of Israel the big number of birds of passage, Honey Buzzard, stopped for the night roosting.

The first radioechoes from groups of birds on wave band of 10 cm were found out at 9.10 AM in sector of 250–360 degrees on distance of 80–85 km from Latrun, on September 10 and 11. This zone is located on distance of 10–20 km from the sea in a shore which height above sea level does not exceed 100 m. Further, deep from the sea into the land increase of a relief begins.

On September 10, at the initial moment of survey, radio echo from birds looked as separate, chaotically located, several slowly moving dots and one strip with length about 5 km (at 10.00 AM the length of this strip already exceeded 30 km). The height of radio echo was about 700 meters.

On September 11, already at the first detection, the radio echo looked as several strips extended from the north to south, with length of 8–15 km every-

Table 7. CONDITION OF AIR TEMPERATURE STRATIFICATION UP TO 12.00 AM.

Height, m	Temperature gradient $\gamma$ °/100 m		Explanations to atmosphere condition (for convection occurrence the dry-adiabatic gradient of temperature $\gamma$ should be more than 0.980 per 100 m (6))
	September 10	September 11	
0–100	3.8	3.8	Strongly unstable stratification
100–200	1.1	1.2	Unstable stratification
200–300	0.7	0.9	Poorly steady stratification
300–400	1.2	1.0	Unstable stratification
400–500	0.9	1.1	Indifferent stratification – 10.09 Unstable stratification – 11.09
500–600	0.5	1.0	Steady stratification – 10.09 Indifferent stratification – 11.09
600–700	-0.2	1.0	Inversion layer – 10.09 Indifferent stratification – 11.09
700–800	0.9	0.5	Indifferent stratification – 10.09 Steady stratification – 11.09
800–900	0.2	1.0	Steady stratification – 10.09 Indifferent stratification – 11.09

one. The height of bird flights, according to radar made 800 m. Fluctuation of the reflected signals on oscilloscope was characteristic for fluctuation of radio echo from bird groups. The period of fluctuation of maximum of radio echo amplitude, as well as in the case with storks, made some seconds. A characteristic attribute of that dots of radio echo are reflections from birds, there was nothing but the moving. Radar-tracking reflectivity from these dots on both channels reached 25 dB on distance of 25 km (September 10,  $\eta_{k10} = 1.9 \times 10^{-11} \text{ cm}^{-1}$ ), 18 dB on distance of 43 km ( $1.2 \times 10^{-11} \text{ cm}^{-1}$ ), 6 dB on distance of 82 km ( $2.8 \times 10^{-12} \text{ cm}^{-1}$ ). On September 11, the reflectivity were equal to 8 db on the maximal distance of 82 km ( $5.8 \times 10^{-11} \text{ cm}^{-1}$ ) and 18 dB on distance of 27 km ( $4.5 \times 10^{-12} \text{ cm}^{-1}$ ).

As well as in case of survey over the storks flock, it is possible, that similar dots of radio echo were formed on the greater distance from station, however to observe them it was not possible because of earth's curvature and, accordingly, height of flight was insufficient for radar-tracking detection. In figures 9, 10, 11, 12, and 13 the evolution of radio echo strips from birds in time

and in space on 10 and 11 of September is submitted. Thus, as against the case of survey over storks, the part of figures is received by photographing the radar screen (11), and a part with the help of the computer-aided system (12, 13), allowing summarizing a signal from birds at all heights.

Let us consider these figures.

In figure 9, four pictures, from which two photos of the radar screen on wave band of 10 cm and two, appropriate to these photos on time are the listing of computer processing results of a radar-tracking signal. Time of the appropriate figures and photos differs a little, as technologically to extract information by photographing the radar screen and with the help of the computer cannot be made simultaneously. Photos are executed at one elevation angle of the aerial ( $0.5^\circ$ ), computer shooting is executed at all angles of possible birds detection. Time exposure of the radar screen is 10 sec and time of computer shooting and data processing is 2–3 minutes. In both figures, radio echo strips from birds on a background of reflections from local subjects (hills, constructions, planes etc.) are clearly visible. Nevertheless, the structure of radio echo from birds is much better visible on listings. Therefore, for example, on figure 9 central and southern part of birds radio echo are visible quite well, while in their photo it is not present. In computer figure, some strips from birds are visible good, while in the appropriate photo only one strip is visible well. Besides, in the same figure the lines of three planes, two in the south and one in the west are precisely visible. The radio echo from planes represents with dashed line. Moreover, the more speed of the plane, the far from each other dotted lines are situated. On distance between dashed lines, knowing the speed of aerial rotation, it is possible with sufficient speed to define the speed of the plane and to calculate the moment and time of crossing the line of the plane with birds. Having such operative information it is always possible to warn the pilots about possible crossing of the plane with the large birds flock. It is necessary to pay attention that in figure 9 the radio echo line from birds in northern part has coincided with zone of weak clouds formation. It is well visible both in photo and on computer printing. As it was already marked, this circumstance shows the presence of connection between the choices of flight line by the birds with areas of the most active convection.

On figure 10, on a background of reflections from ground clutter and other targets, computer printings of birds' radio echo are presented. They illustrate real picture regards two wave bands towards September 11 at 10.42 AM and September 10 at 3.09 PM. From the submitted figures, it is visible, that at com-

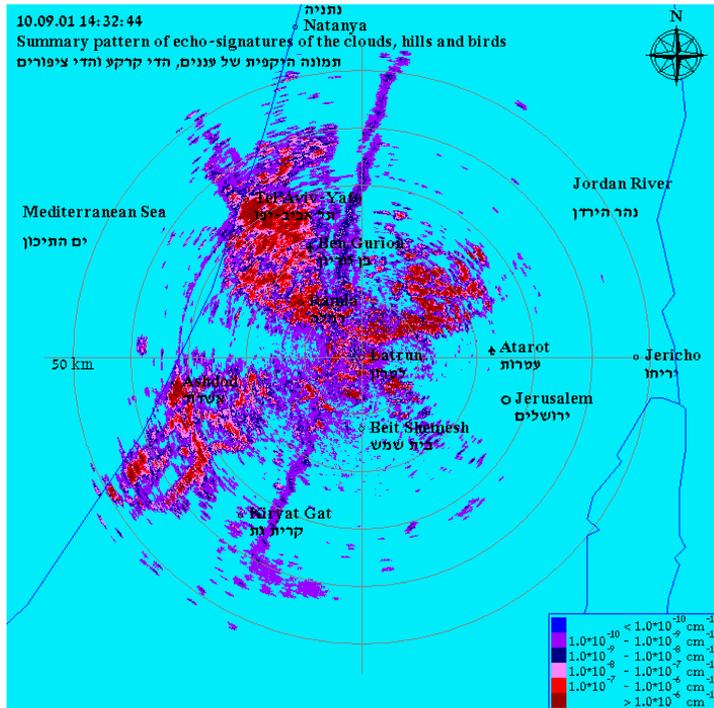
puter shootings the radio echo structure from diurnal birds is visible better on wave band of 3 cm, than on 10 cm. It is confirm, that wider diagram of the aerial on wave band of 10 cm increases the areas of radio echo from all targets including ground clutter and birds. Strips of radio echo from birds on wave band of 10cm are wider and better visible, however thus they on many sites merge with ones from ground clutter. At the same time, it is necessary to bear in mind, that such conclusion is fair only for a radar-location of the large birds migrating in the afternoon. Small birds, namely they mainly fly at night as it was shown in (5), are better registered on wave band of 10 cm as this channel has higher potential.

Let us look at figures 11 and 12.

In figures, the evolution of radio echo from Honey Buzzard is presented towards space and time on September 10 according to the data received with the help of photographing of radar screen on wave band of 10 cm and according to computer processing of radar-tracking signals. In figure 13, the similar computer data for September 11 are submitted.

Spatial and time evolution of radio echo strips from birds confirms its dependence from circulation processes that develop in region. In our real case, its dependence from breeze and mountain-valley processes is especially visible. In such figures the pictures of the beginning and end of flights are not submitted, however even for given time (4 hours for September 10 and 5 hours for September 11), the strips of radio echo focused from the north to the south, were displaced from initial position more than to 20–25 km eastward. In all ground layers from surface level up to the top border of radio echo from birds as it was shown in 2.1, the wind direction steadily coincides with a direction of flight. Drift of the line to the west in this case can only be explained only by displacement of maximal convection from coastal line deep into land that can be in turn explained by movement of breeze front and conditions of mountain-valley circulation. General moving speed of maximal convection line has made roughly 5–5.5 km/h on September 10 and 4–4.5 km/h on September 11.

Due to radar-tracking data, the maximal radio echo line length was 100km for the period of survey. However, it is possible, that its actual length was more because of ground curvature and low birds airspeed. Because of this, the radar was not able to register the continuation of these lines. In some cases the radar detected up to 4 parallel lines of birds radio echo, each of which was focused from the north to south and was of some tens kilometers length.

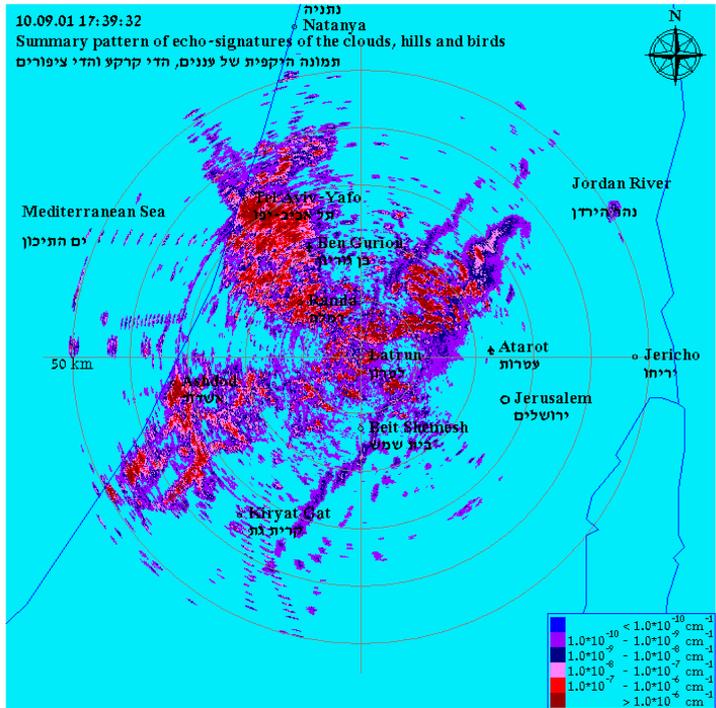


a

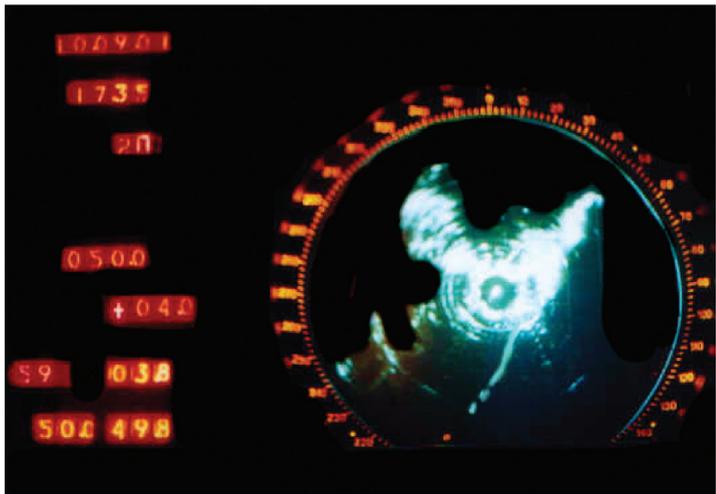


b

Figure 9. Comparative radioecho of migratory birds, obtained by photo registration of radar screen (b, d) and computer radar-tracking system (a, c), September 10.



c



d

a, b) 14.06 – 14.32

c, d) 17.35 – 17.39

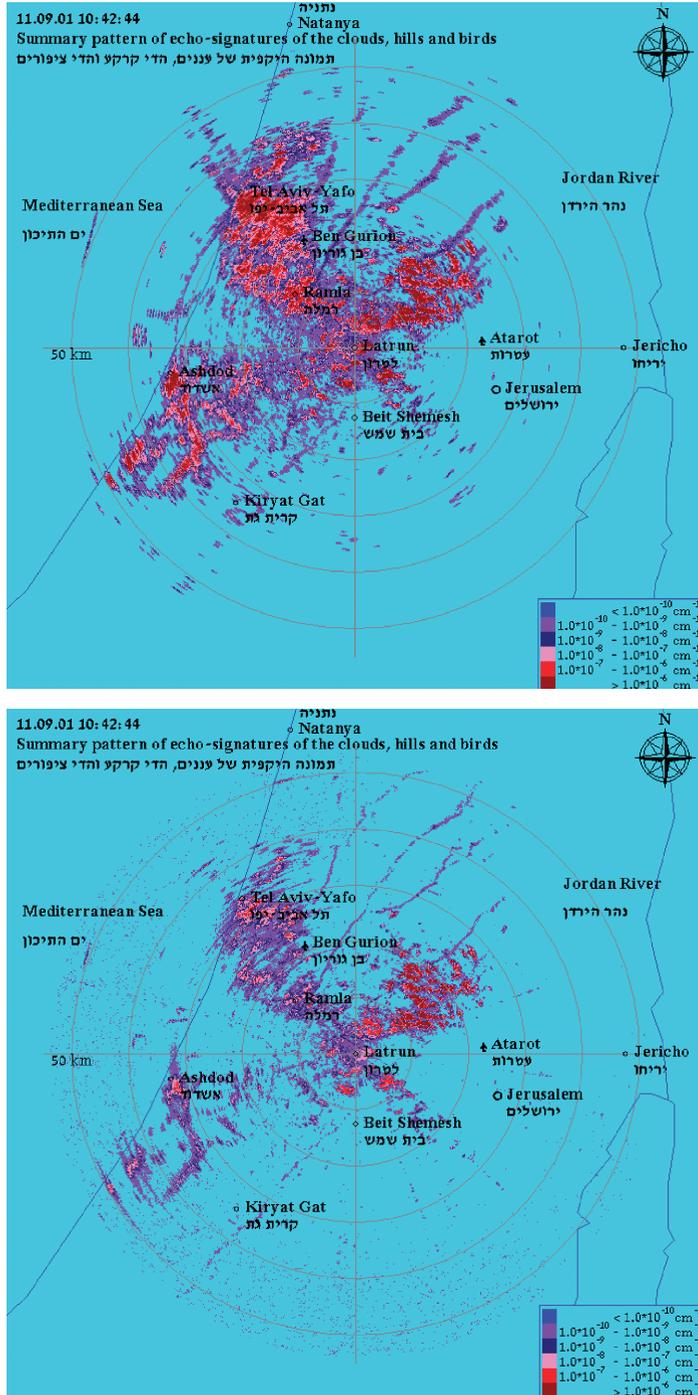
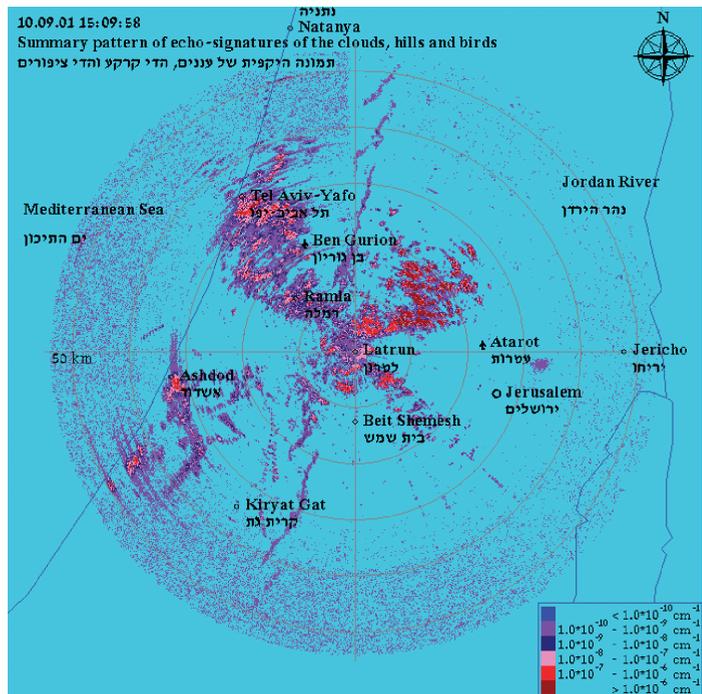
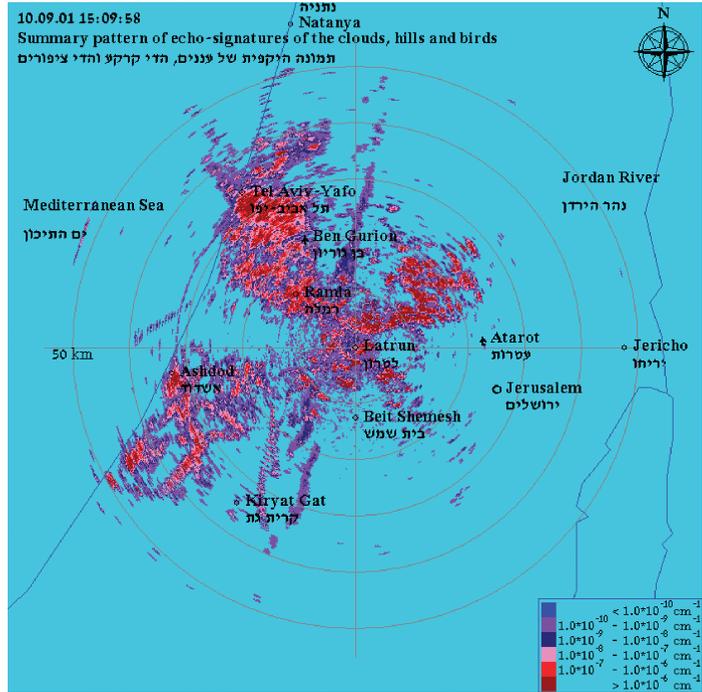


Figure 10 . Comparison of migratory birds' radioecho obtained by computer radar-tracking system on two wave bands (3 and 10 cm)



a) 11 September, 10.42,  $\lambda = 10$  cm; б) 11 September, 10.42,  $\lambda = 3$  cm  
 c) 10 September, 15.09,  $\lambda = 10$  cm; д) 10 September, 15.09,  $\lambda = 3$  cm

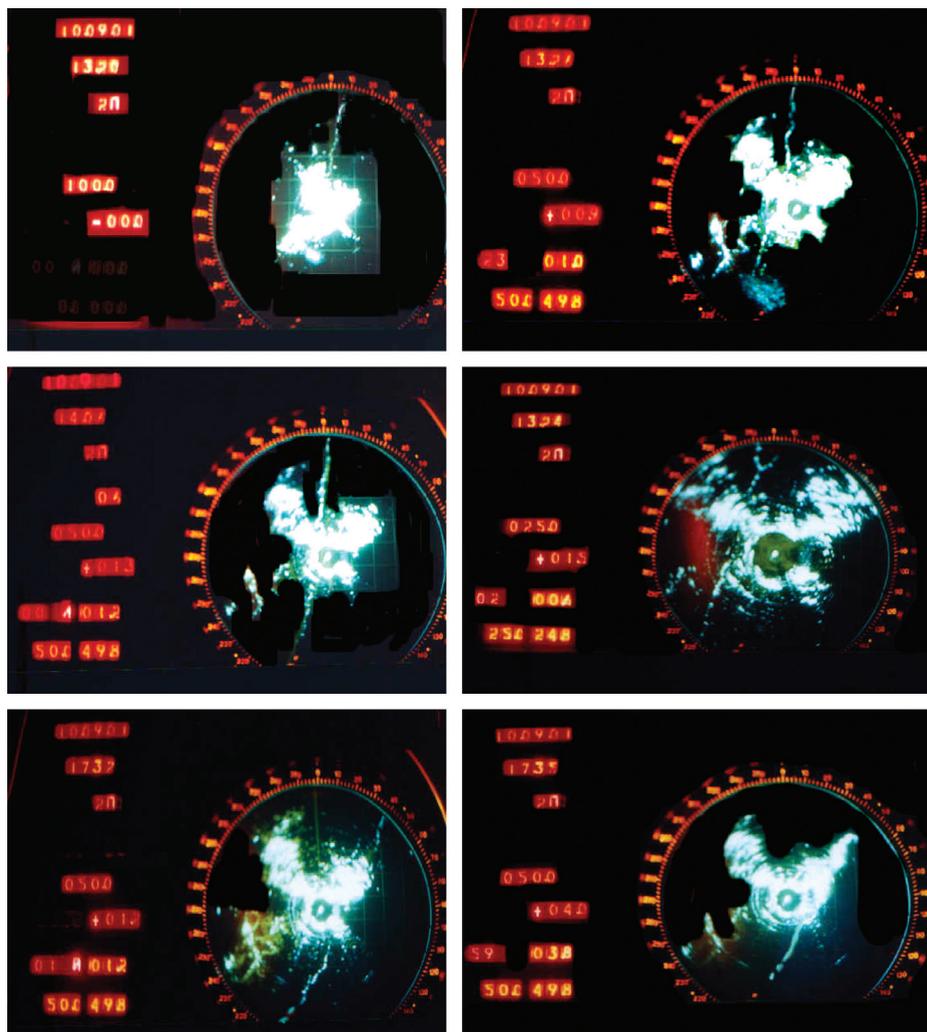
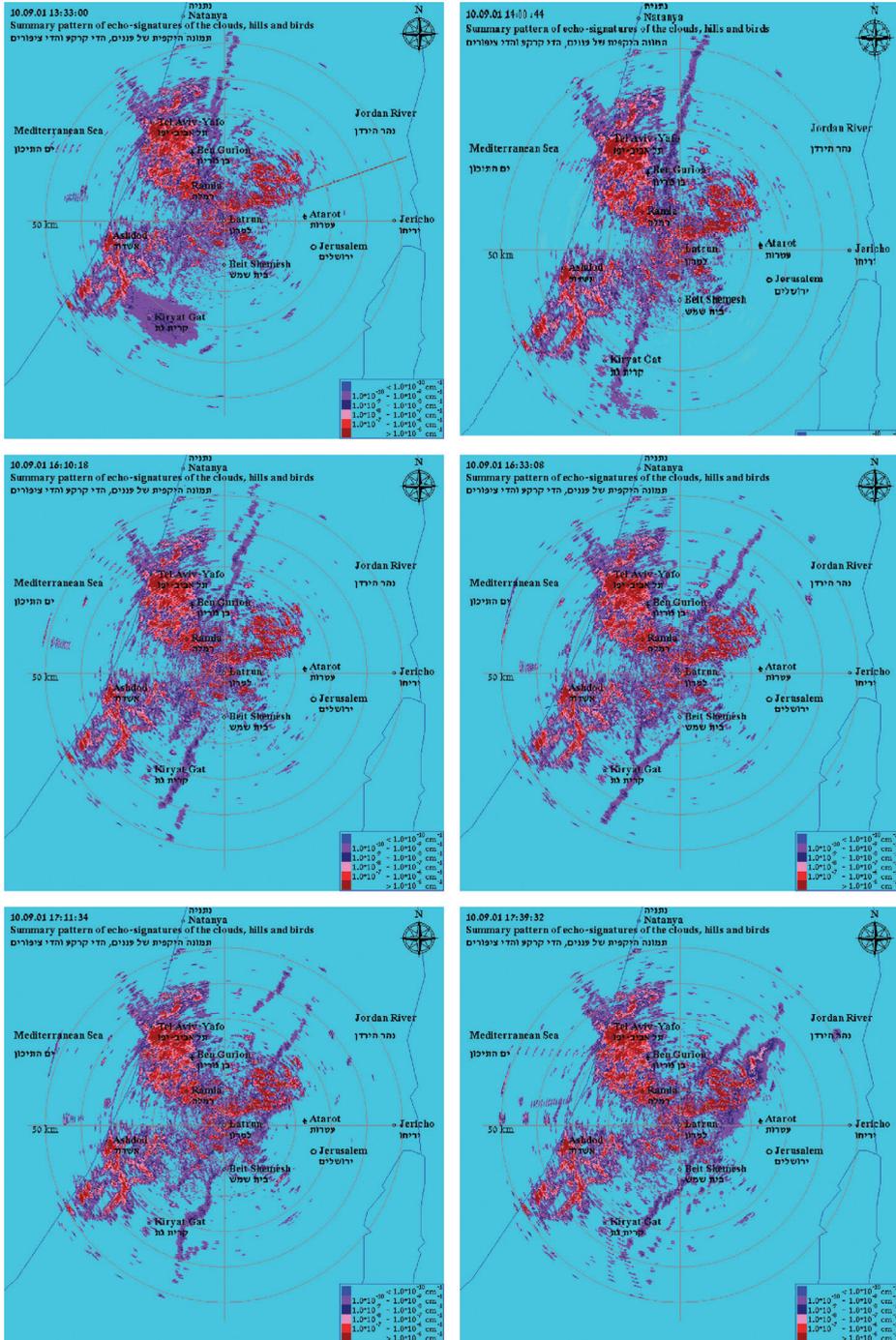


Figure 11 (a, b, c, d, e, g). Evolution of radioecho from migratory bird Honey Buzzard in space and time (according to photo registration data, September 10, 2001),  $\lambda = 10$  cm



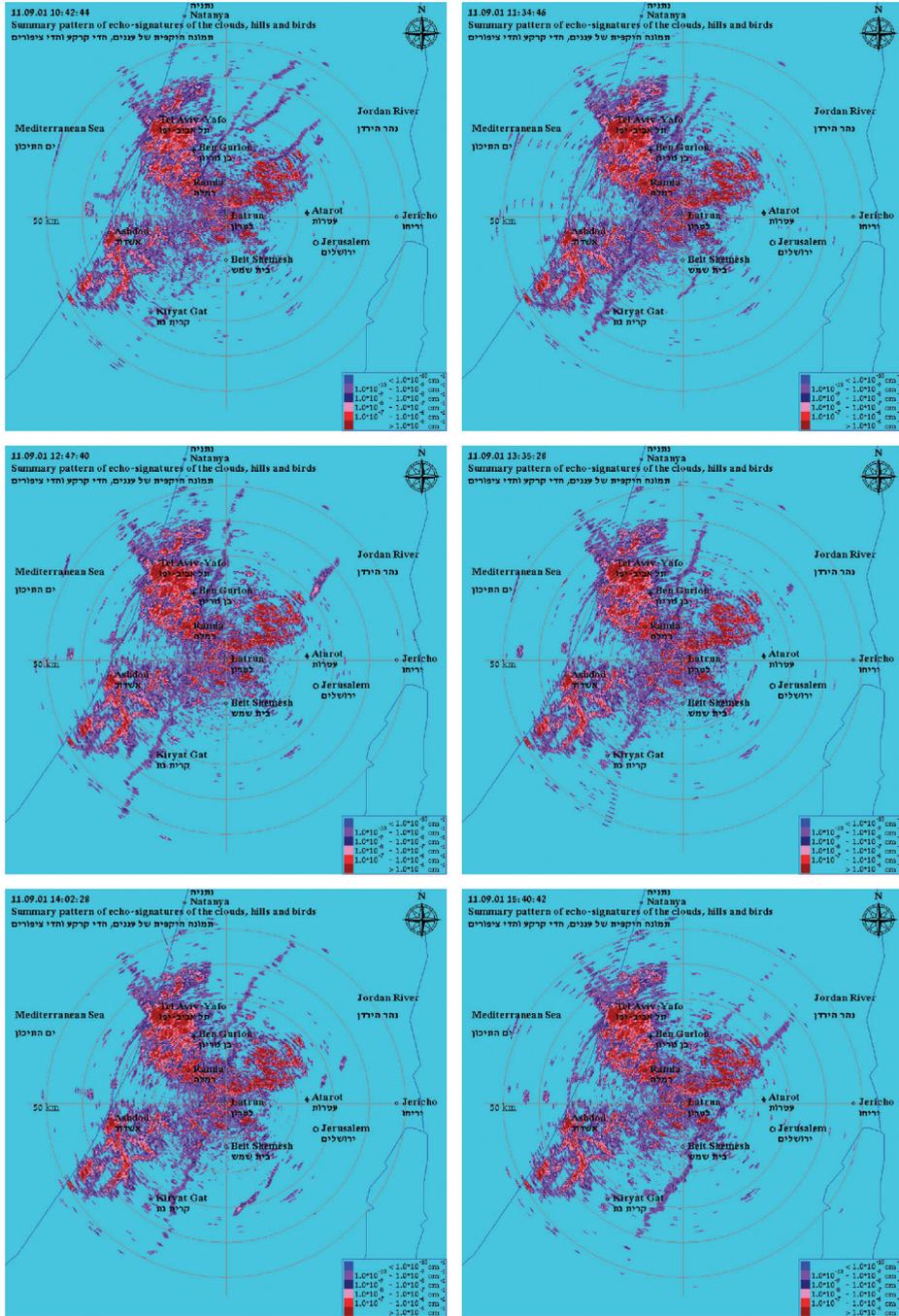


Figure 13 (a,b,c,d,e,g). Evolution of radioecho from Honey Buzzards in space and time (according to the data of computer radar-tracking system, September 11, 2001),  $\lambda = 10$  cm

### 3. DISCUSSION OF SURVEY RESULTS

The most interesting fact is that the beginning of grouping and bird's take-off in all three cases of survey has fallen to morning time when convective streams in ground layer of atmosphere were not generated yet. In the same time, the basic part of flight has fallen to the period of advanced convection.

This circumstance enables to assume, that birds do not choose weather and do not wait for formation of the convection for their seasonal flights, they use optimum structure of streams, that under influence of those or other weather processes are formed in flight region. The spectrum of weather conditions at which birds make the flights, is very wide. For this reason the seasonal «schedule» of flights is stable enough.

Conditions of weather influence, mainly, only the range of flight in time unit. If weather conditions are accompanied by presence of convective jets, birds spend less energy on flight and can move on the greater distance per time unit, otherwise this distance is decreases, due to weariness of wings.

Results of the given survey allow making the assumption, that the flock instinctively, by method of search for vertical jets with the help of own bodies and wings, has chosen a way and height of flight on which meteorological conditions in atmosphere have allowed it to spend a minimum of energy. Not casually, the line of flock flight only on separate sites is close to a direct line. As to all line, it in some cases branched and its structure quickly varies in time. In a way the convective jets acted as well as the strips formed under influence of coastal breeze and it mountain-valley circulating process during these days in this region. On these lines, it is possible to solve a feedback task, using characteristics of bird flight for definition of vertical movements structure in atmosphere.

The structure of birds' flight line depends on structure of vertical movements in surface air.

It is necessary to mention, that the computerized radar-tracking complex allows registering and giving the operative information on presence and character of massive flight lines with high reliability.

#### REFERENCES

1. Abshaev, I, Burtsev, I, Vaksenburg, C and Shevela, G. 1980. Manual on application of radars MRL-4, MRL-5, MRL-6 in anti-hail system. Leningrad, Hydrometeoizdat.

2. Burman, E. 1969. Local winds. Leningrad, Hydrometeoizdat, pp. 11–113.
3. Bjerkness, V. 1900. Das dynamische Prinzip der Zirkulationsbewegungen in der Atmosphäre. Met. Zs.
4. Vitvitski, G. 1960. Climates of foreign Asia. Geographgis., Moscow.
5. Dinevich, L., Leshem, Y., Kapitannikov, A. and Shupiatcky, A. 2000. Use of the MRL–5 Radar for Birds Migration Studies, «Scientific Cooperation Israel-the CIS and Baltic States».
6. Dinevich, L., Leshem, Y., Sikora, O. 2001. Radar Observations Analysis of Season Bird Migration in Israel at Night, «Scientific Israel-Technological Advantages», ISSN: 1565–1533, VOL. 3.
7. Chernikov, A., 1979. Radar-tracking reflections from the clear sky.
8. Khrgian, A., 1978. Physics of atmosphere, Leningrad, Hydrometeoizdat.

#### ОБ АВТОРАХ

**Диневич Леонид Абрамович**, доктор физико-математических наук, профессор, научный сотрудник Тель-Авивского университета (г. Тель-Авив, Израиль). E-mail: Dinevich@013.net.

**Лешем Ёси**, доктор наук (зоология), профессор, заведующий отделом орнитологии Тель Авивского университета. Телефон: 03-6406010. E-mail: yleshem@post.tau. ac.il.

**Dinevich Leonid Abramovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor at the Tel Aviv University (Tel Aviv, Israel). E-mail: Dinevich@013.net.

**Leshem Yossi**, Zoology Ph.D., Professor, Head of the Department of Ornithology Tel Aviv University.

Акбарзадех М. Дж. [Akbarzadeh M.J.],  
Молахосеини А. С. [Molahosseini A.S.]

## РАЗРАБОТКА СХЕМЫ УМНОЖИТЕЛЯ ПОЛЯ ГАЛУА, ИСПОЛЬЗУЯ КЛЕТОЧНЫЙ АВТОМАТ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК

### Design of a Galois Field Multiplier Circuit using Quantum-dot Cellular Automata

Клеточный автомат квантовых точек (QCA) возможно является будущим наноэлектронной вычислительной технологии, которая предполагает малые размеры, низкую потребляемую мощность и быструю производительность по сравнению с существующими устройствами на основе транзисторной технологии. В данной работе представлена разработка нового умножителя поля Галуа ( $GF(2^2)$ ) с использованием QCA. Это первая реализация QCA умножителя поля Галуа ( $GF(2^2)$ ), которая может быть использована в качестве одного из компонентов наноэлектронных криптографических систем, таких как улучшенный стандарт шифрования (AES). Представленный QCA контур проверен и промоделирован используя инструмент разработки QCA.

**Ключевые слова:** наноэлектроника, клеточный автомат квантовых точек, криптография, умножение поля Галуа.

The Quantum-dot Cellular Automata (QCA) is a possible future of nano-electronics computing technology, that promises small size, low power, and fast digital circuits compared to the existing transistor-based designs. In this paper, design of a novel Galois Field ( $GF(2^2)$ ) multiplier using QCA is presented. This is the first QCA implementation of multiplication  $GF(2^2)$ , which can be used as one of the components of nano-electronics cryptography circuits, such as advanced encryption standard (AES). The proposed QCA circuit is verified and simulated using QCA Designer tool.

**Key words:** Nano-electronics, Quantum-dot cellular automata (QCA), cryptography, Galois Field multiplication.

## 1 Introduction

Fundamental physical limitations of complementary-metal oxide semiconductor (CMOS) has been motivated researchers for studying about development and use of nanotechnology devices for future generation of integrated circuits [1]. The quantum dot cellular automata (QCA) is also one of the attractive alternatives to the CMOS. QCA is a system that use electrons and form of their position to encoding information within quantum dot cells [2]. Small circuit size and low power consumption are the most important advantages of QCA technology. On the other hand, Galois Field (GF) arithmetic GF multipliers are widely used for cryptography and coding theory, so that these are the most popular applications of GF multipliers [3].

In this paper, a novel implementation of multiplier in  $GF(2^2)$  is proposed. The presented multiplier designed based on bitwise XOR elements, and does not

require lookup tables. Use of XOR gate is particularly very suitable for designing QCA complex circuits [4]. The rest of the paper is organized as follows: Section 2 and 3 reviews the basics of QCA technology and Galois Field ( $2^2$ ) multiplication, respectively. In section 4 we describe design and layout of the proposed QCA multiplier, in details. Finally, section 5 concludes the paper.

## 2 Review of QCA technology

The structure of a QCA cell consists of four quantum dots that are arranged in a square as shown in Figure 1. Electrons can be situated in the quantum dots and are able to tunnel between them; so they cannot leave the cell. Every QCA cell has two possible polarization, that denoted as  $P = +1$  and  $P = -1$ . In fact, binary information encodes to the polarization of electrons of each QCA cell. Such that logic 0 and logic 1 are encoded in  $P = -1$  and  $P = +1$ , respectively.

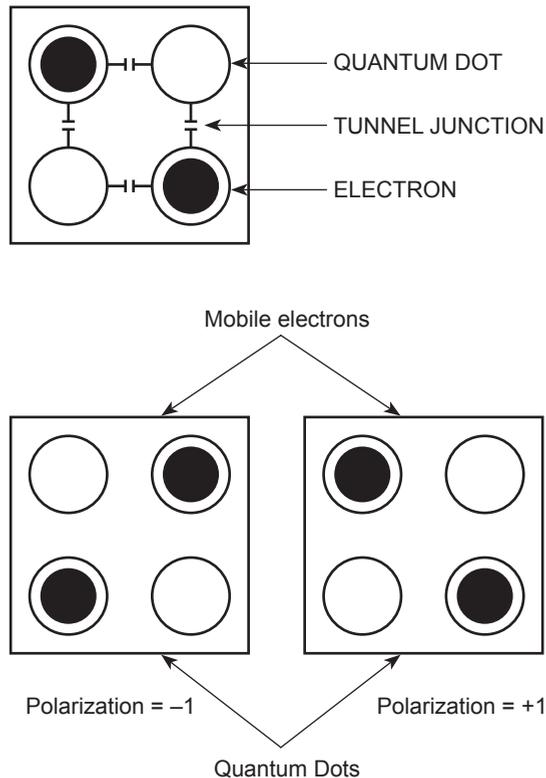


Figure 1. QCA cell and polarizations [5].

The binary signal propagates from input to output between two cells, in a QCA wire. There is two types of wire: 90° QCA wire and 45° QCA wire. They are illustrated in Figure 2. QCA wire crossing has two kinds: coplanar crossing and multilayer crossover. As shown in Figure 3, a multilayer crossover uses more than one layer of cells, while coplanar crossing [6], as a unique property of a QCA layout, only use of one layer for implementing the crossover. Three input majority gate is the fundamental QCA logical circuit. This gate is shown in Figure 4 and produces an output that reflects the majority of its three inputs. We use QCA majority gate to implement of AND and OR logic gates. The logic function of majority gate with assuming that A, B, and C are the three inputs is

$$M(A,B,C) = AB + BC + CA \tag{1}$$

Figure 5, illustrates the layouts of QCA And and OR Logic gates. An inverter in QCA circuits has two different structures as shown in Figure 6.

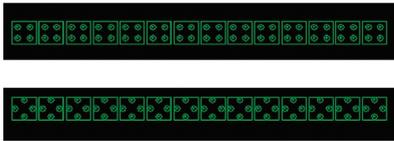


Figure 2. (a) QCA wire (90°);  
(b) QCA wire (45°).

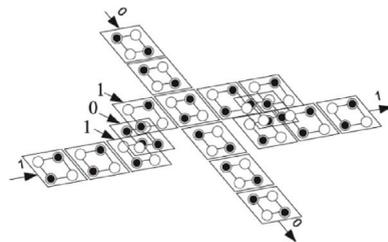


Figure 3. QCA Multilayer Crossover.

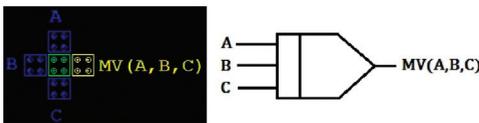


Figure 4. QCA majority gate  
and the schematic.

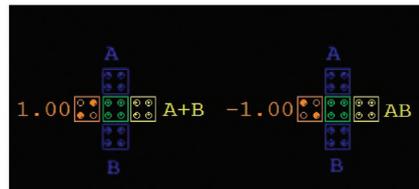


Figure 5. QCA layout of OR, AND gate.



Figure 6. QCA inverters.

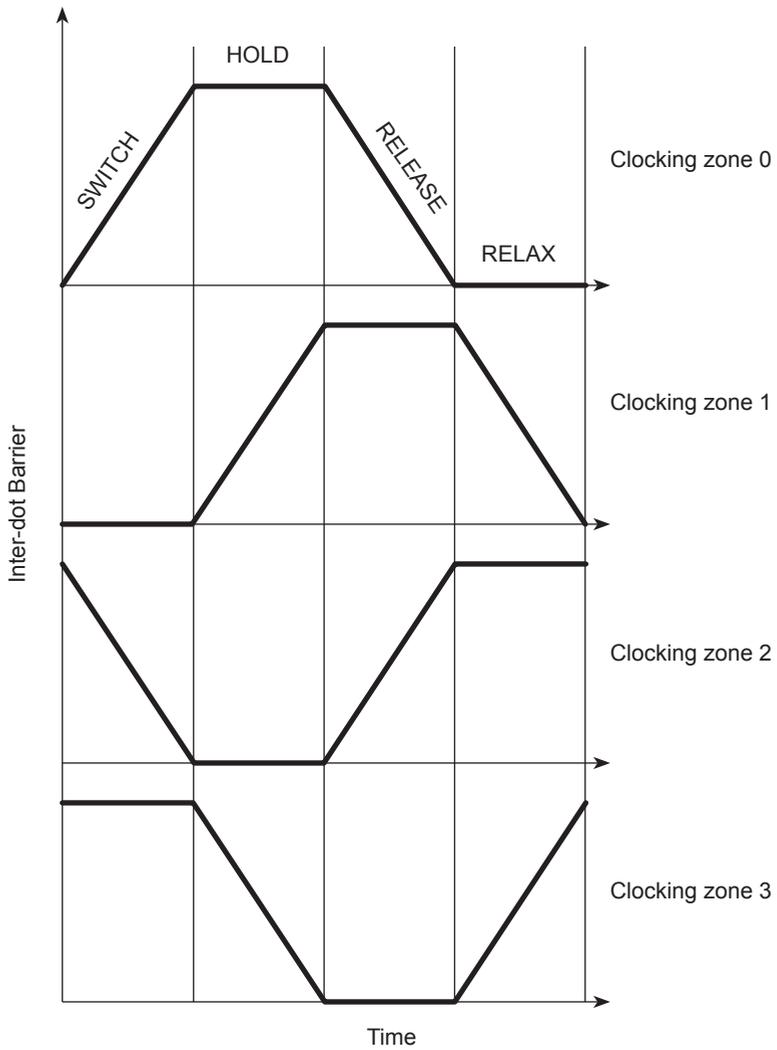


Figure 7. The four phases of the QCA clock.

QCA circuits need to be clocked to operate properly. Clocking is doing for two purposes: controlling data flow and providing power to run the circuit. Typically four-phase clocking is used in QCA circuits. As shown in Figure 7, these phases are named as Switch, Hold, Release and Relax. In the Switch phase, the tunneling barriers rise and transition of information occurs. The inter dot barrier is high in Hold phase and is low in Relax phase. When the barriers change from low to high or high to low, the cell is in the Switch or the Release phase, respectively.

### 3 GF (2<sup>2</sup>) multiplication

GF (2) Multiplier is the same bit-wise XOR gate. Since, GF (2<sup>2</sup>) is extension field of in GF (2), its multiplication will be the extension of GF (2) multiplier. So, If we assume that  $M = AB$  where  $A = \{A_1, A_0\}$ ,  $B = \{B_1, B_0\}$  and  $M = \{M_1, M_0\}$  are elements of GF (2<sup>2</sup>). The multiplication results of two elements in GF (2<sup>2</sup>) is shown in Table 1, and also figure 8 illustrates the hardware implementation for computing multiplication in GF (), and also its formulas are as follows [7]:

$$M_1 = A_1 B_1 \oplus A_0 B_0 \oplus A_1 B_0 \tag{2}$$

$$M_0 = A_1 B_1 \oplus A_0 B_0 \tag{3}$$

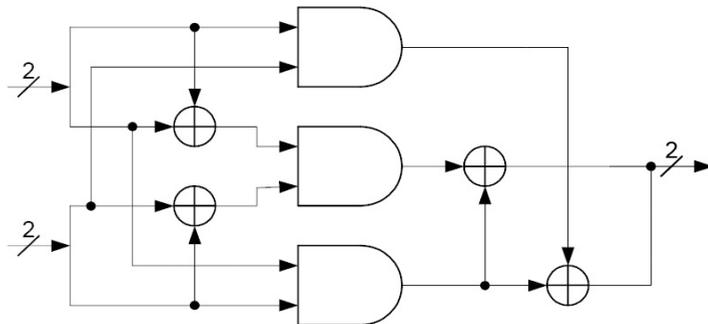


Figure 8. Hardware implementation of multiplication in GF (2) [8].

Table 1. PRE-COMPUTED GF (2<sup>2</sup>) MULTIPLICATION RESULTS

	0	1	2	3
0	0	0	0	0
1	0	1	2	3
2	0	2	3	1
3	0	3	1	2

#### 4 QCA GF(2<sup>2</sup>) Multiplier Implementation

In this section, we describe our novel QCA design of GF (2<sup>2</sup>) multiplier. We use a type of QCA XOR gate that does not have any crossover wire. To design large and complex QCA circuits, it is better to use components without any type of crossovers. Figure 9 illustrates the layout design of the XOR gate used in our multiplier design [4]. Considering the circuit of GF (2<sup>2</sup>) multiplier that is shown in Figure 8 and results of Table 1, the QCA design of our multiplier is designed and depicted in Figure 10. We used crossovers and three layers with total latency of 3 clocks. Besides, the multiplier design simulated using QCA Designer software version 2.0.3, and simulation results have shown in Figure 11.

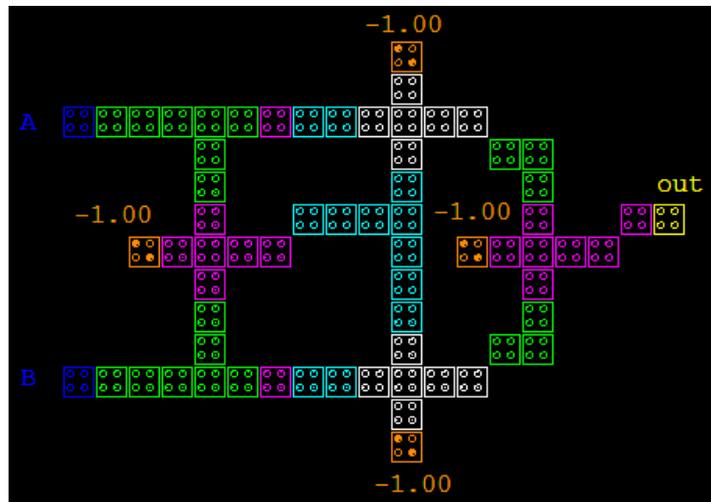


Figure 9. QCA layout of used XOR gate [4].

#### 5 Conclusion

Galois field ( $2^m$ ), an extension field of GF (2), plays an important role in many applications such as error detecting and cryptography systems, since each byte of data can be represent as a vector in a finite field, and then encryption and decryption using mathematical operations can be done very straightforward and fast. In this paper, we have proposed an efficient structure of Quantum-dot Cellular Automata based multiplier in GF (2<sup>2</sup>) that can be used easily, as a component of a complex cryptography circuit.

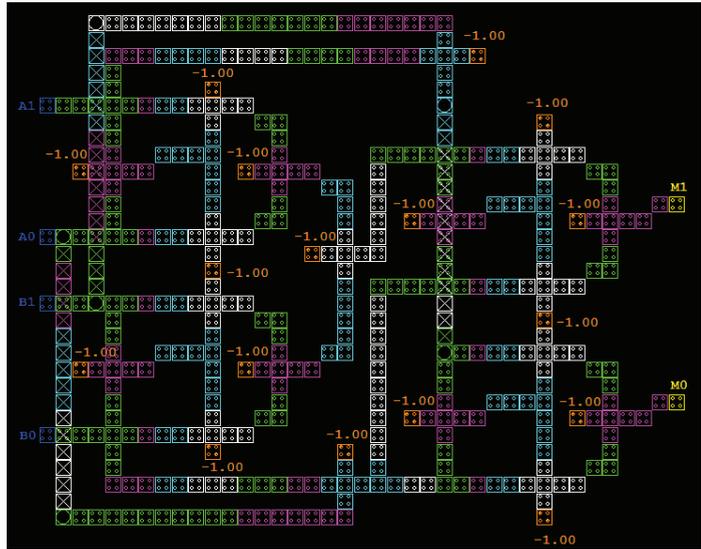


Figure 10. The proposed QCA GF (2<sup>2</sup>) multiplier circuit layout.

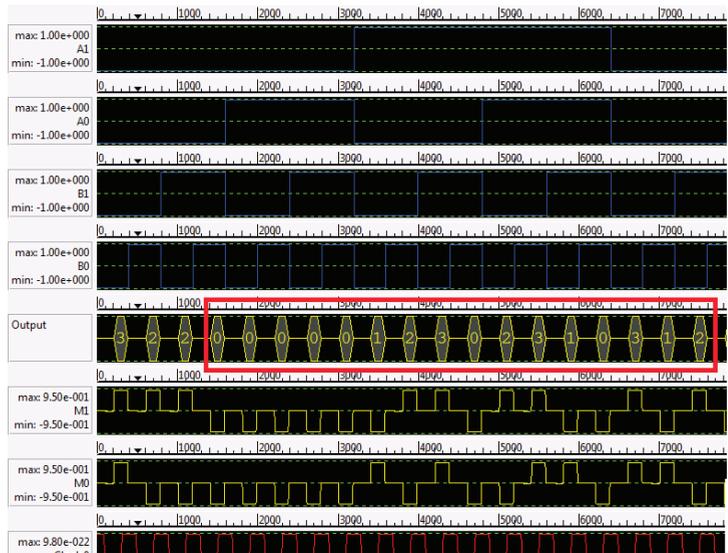


Figure 11. Simulation results of the proposed QCA multiplier.

## REFERENCES

1. M.M. Eshaghian-Wilner, Bio-inspired and Nanoscale Integrated Computing, Johan Wiley & Sons Publication, 2009.
2. C. S. Lent, P. D. Tougaw, W. Porod and G. H. Bernstein, «Quantum Cellular Automata», Nanotechnology, vol. 4, no. 1, pp. 49–57, 1993.
3. M. A. Garcia-Martinez, R. Posada-Gomez, G. Morales-Luna, and F. Rodriguez-Henriquez, «FPGA Implementation of an Efficient Multiplier over Finite Fields GF(2<sup>m</sup>)», In Proceedings of the International Conference on Reconfigurable Computing and FPGAs, 2005.
4. M. Mustafa, M. R. Beigh, «Design and implementation of quantum cellular automata based novel parity generator and checker circuits with minimum complexity and cell count», Indian Journal of Pure & Applied Physics, vol. 51, pp. 60–66, 2013.
5. M. R. Beigh, M. Mustafa, F. Ahmad, «Performance Evaluation of Efficient XOR Structures in Quantum-Dot Cellular Automata (QCA)», Circuits and Systems, Scientific Research Publishing, vol. 4, pp. 147–156, 2013.
6. Tougaw, P., and C. Lent, «Logical Devices Implemented Using Quantum Cellular Automata», Journal of Applied Physics, vol. 75, pp. 1818–1825, 1994.
7. E. N. Mui «Practical Implementation of Rijndael S-Box Using Combinational Logic», 2007, [http://www.xess.com/projects/Rijndael\\_SBox.pdf](http://www.xess.com/projects/Rijndael_SBox.pdf).
8. X. Zhang, K. K. Parhi, «High-Speed VLSI Architectures for the AES Algorithm», IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, vol. 12, no. 9, 2004.
9. Moghadam, M.Z. and Navi, K. «Ultra-Area-Efficient Reversible Multiplier», Elsevier Microelectronics Journal, vol. 43, no. 6, pp. 377–385, 2012.

## ОБ АВТОРАХ

**Молахосеини Амир Саббаг**, кандидат наук, доцент кафедры вычислительной инженерии, Исламский университет Азад, Керман, Иран. Телефон: 00989131403688. E-mail: sabbagh@iauk.ac.ir.

**Акбарзадех Марьям Джахантих**, магистр, Факультет электротехники и вычислительной техники, Университет передовых технологий, Керман, Иран. Телефон +989371794515.

E-почта: m.jahantighakbarzadeh@student.kgut.ac.ir.

**Molahosseini Amir Sabbagh**, PH.D, assistant professor, Faculty Member of Department of Computer Engineering Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran. Phone: 00989131403688.

E-mail: Sabbagh.iauk@gmail.com.

**Akbarzadeh Maryam Jahantigh**, MS, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran. Phone: +989371794515.

E-mail: m.jahantighakbarzadeh@student.kgut.ac.ir.

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

«НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ», №1, 2015

УДК 577.861:  
615.214/015.45

Манвелян Э. А. [Manveljan E. A.],  
Сыса В. Ю. [Sysa V. Yu.],  
Кодониди И. П. [Kodonidi I. P.],  
Оганесян Э. Т. [Oganesyanyan E. T.]

## ДЕЙСТВИЕ АМИДОВ ОРТО-БЕНЗОИЛАМИНОБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ, ПРОИЗВОДНЫХ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ ХИНАЗОЛИНОНА–4, НА ПОВЕДЕНИЕ САМЦОВ КРЫС В «ОТКРЫТОМ ПОЛЕ»

**Action of amides of ortho-benzoylaminobenzoic  
acid precursors quinazolinone – 4 on the behavior  
of male rats in the «open field»**

При тестировании в «открытом поле» исследован спектр действия (противотревожный, седативный, активирующий эффекты) биологически активных соединений – амидов о-бензоиламинобензойной кислоты, предшественников хиназолинона–4, использованных в дозе 50 мг/кг у самцов крыс.

**Ключевые слова:** амиды о-бензоиламинобензойной кислоты, предшественники хиназолинона–4; седативное, активирующее и противотревожное действие, «открытое поле», самцы.

Range of activity (anxiolytic, sedative, activating effects) of biologically active compounds – amides of ortho-benzoylaminobenzoic acid precursors quinazolinone–4, with administration of a dose 50 mg / kg on male rats was investigated in an open field.

**Key words:** amides of ortho-benzoylaminobenzoic acid precursors quinazolinone–4; sedative, activating and antianxiety action, “open field”, males.

## ВВЕДЕНИЕ

Поиск и создание новых высокоэффективных и безопасных лекарственных средств – приоритетная задача фармации и фармакологии. Исследование спектров фармакологической активности новых синтезированных веществ, оценка зависимости «структура-активность» открывает возможности конструирования новых эффективных препаратов. Варьирование различными гетероциклическими остатками, введенными в структуры предшественников хиназолинона–4, позволяет получить вещества с выраженной психотропной, в том числе, анксиолитической, антидепрессивной, ноотропной активностью [4, 5, 13, 17].

Выявление спектров активности, степени проявления действия изучаемых субстанций позволяет давать прогноз их дальнейшему использованию. В доклинических исследованиях при скрининге соединений с психотропным эффектом используются разные модельные ситуации, в том числе дискриминационные тесты, а также широко применяется методика «открытого поля» [2, 3, 15].

Цель исследования – изучение спектров поведенческой активности амидов *o*-бензоиламинобензойной кислоты, производных предшественников хиназолинона-4, у самцов крыс при тестировании в «открытом поле».

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты были проведены на белых половозрелых крысах – самцах линии Wistar массой 200–220 г. Оценивали поведение животных в тесте «открытое поле», в котором, согласно классическим представлениям, у животных проявляются ориентировочно-исследовательская, защитно-оборонительная поведенческие реакции [7, 15]. Ориентировочно-исследовательская реакция животных оценивается по горизонтальной и вертикальной двигательной активности, исследованию «норок»; эмоциональный статус оценивают по числу болюсов, наличия и частоты груминга.

В наших экспериментах тестирование животных проводили при электрическом освещении (360 Вт), нормальной температуре, отсутствии посторонних звуков, в фиксированное время. Крысу помещали в центр поля и далее в течение 2-х минут регистрировали: латентный период выхода животного из центрального квадрата (сек), число пересеченных линий, вертикальных стоек, обследованных отверстий («норок»), умываний, дефекаций. По совокупности повышения латентности выхода из центра поля, снижения вертикальной и горизонтальной активности судили о «седативном» действии вещества, а при повышении исследовательской активности, снижении частоты груминга и количества фекальных болюсов (вегетативная представленность эмоциональности) – «противотревожном» влиянии [7].

Амиды *o*-бензоиламинобензойной кислоты, производные предшественников хиназолинона-4, – 7 субстанций, синтезированы на кафедре органической химии Пятигорского медико-фармацевтического

института [6]. Вещества (лабораторные шифры: I – PDM2Taz1,3,4; II – ImPDM2Taz–1,3,4; III – PDM3Taz5SH; IV – ImPDM3Taz5SH; V – NsQPhS; VI – NsQPhSD; VII – NsQPhD) в дозе 50 мг/кг, препарат сравнения диазепам в дозах 0,1 и 0,5 мг/кг вводили внутривентриально однократно за 30 минут до исследования. Контрольные самцы получали соответственно твин 80 и физиологический раствор (0,4 мл внутривентриально) в аналогичных режимах. Учитывая большую чувствительность к веществам с психотропным влиянием преимущественно в вечернее часы (1, 8–11), каждое тестирование начинали проводить в 18 ч с продолжительностью процедуры изучения поведения для групп крыс 1,0–1,5 ч.

Животные содержались в стандартных условиях вивария. Во время проведения экспериментов полностью соблюдались принципы Хельсинкской Декларации о гуманном обращении с объектами исследования.

По итогам тестирования рассчитывались среднеарифметические значения показателей поведения. Результаты обрабатывали статистически с использованием пакета компьютерных программ «Excel» и «BIOSTAT». Выявление статистически значимых отличий проводили с помощью критериев Стьюдента, Вилкоксона–Манна–Уитни [14].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Опыты показали, что в условиях «открытого поля» при введении соединений IV, V, VI выявляется тенденция к увеличению латентности выхода из центра поля по сравнению с контрольными животными, получавшими растворитель (приняты за 100 %). Сдвиг при этом был статистически значим для вещества V (353 %,  $p < 0,001$ ) (рассчитывали в % по отношению к контрольной группе самцов). На фоне соединений I–III, VII, напротив, наблюдалось ограничение латентного периода выхода крыс из центра поля, при этом достоверное снижение было зарегистрировано на фоне соединений I (73 %,  $p < 0,05$ ), VII (38 %,  $p < 0,05$ ) (табл. 1).

Анализ локомоторной активности выявил достоверное увеличение числа вертикальных стоек у самцов, получавших вещество VII (203 %,  $p < 0,01$ ). Оценка горизонтальной активности животных показала тенденцию к увеличению количества пересеченных линий в «открытом поле» при введении веществ I, VI, VII.

Оценка исследовательского поведения проводилась по изменению числа обследованных отверстий. Сравнительный анализ показал отсут-

Таблица 1. ВЛИЯНИЕ АМИДОВ О-БЕНЗОЛАМИНОБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ, ПРОИЗВОДНЫХ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ ХИНАЗОЛИНОНА-4, НА ПОКАЗАТЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ (%) САМЦОВ КРЫС В «ОТКРЫТОМ ПОЛЕ»

Вещества	Время выхода из центра поля (с)	Двигательная активность		Исследовательская активность	Эмоциональность	
		вставание	перемещение		груминг	дефекация
I	73*	119	121	148	267*	39
II	93	113	102	93	0	77**
III	93	90	99,8	56	167	26**
IV	200	88	111	167	200	128
V	353***	121	108	222*	0	38**
VI	113	125	116	148*	0	64*
VII	38*	203**	122	0	166	38**

**Примечание:**

- 100 % — контрольный уровень соответственно самцов крыс, получавших растворитель.  
 \* — при  $p < 0,05$ ;  
 \*\* — при  $p < 0,01$ .

ствие указанной активности при использовании соединения VII и ограничение частоты обнюхиваний на фоне веществ II, III. Вместе с тем, при введении соединений V (222 %,  $p < 0,05$ ), VI (148 %,  $p < 0,05$ ) животные достоверно чаще исследовали «норки».

Наблюдения также выявили отсутствие груминга у самцов, получавших соединения II, V, VI. Впрочем, при введении субстанции I животные достоверно чаще умывались (267 %,  $p < 0,05$ ).

О снижении эмоциональности животных свидетельствовало урежение вегетативных реакций, определяемое по ограничению числа фекальных болюсов при использовании соединений II (77 %,  $p < 0,01$ ), III (26 %,  $p < 0,01$ ), V (38 %,  $p < 0,01$ ), VI (64 %,  $p < 0,05$ ), VII (38 %,  $p < 0,01$ ).

При введении диазепама в малой дозе (0,1 мг/кг) у самцов животных по сравнению с группой контрольных крыс отмечалась тенденция к увеличению числа обследованных «норок». На фоне препарата достоверно ниже была частота груминга, заметно меньше подсчитывалось фекальных боллусов. При использовании препарата сравнения в большей дозе (0,5 мг/кг) у животных не отмечали исследовательской активности, реже наблюдали акты груминга и вегетативные эмоциональные реакции.

Таким образом, выполненное исследование выявило «седативное» влияние соединения V и «активирующее» действие веществ I, VII при тестировании животных в «открытом поле». Также в результате экспериментов показано наличие «противотревожной» активности у соединений – амидов *o*-бензоиламинобензойной кислоты, производных предшественников хиназолинона-4, выявленные ранее по результатам тестирования производных 4-оксо-пиримидина в условиях конфликтной ситуации [5, 6, 12]. При этом «противотревожное» влияние субстанций II, III, V–VII отчетливее по сравнению с действием диазепама в исследованных дозах. Также по результатам наблюдений можно говорить о проявлении активирующего эффекта вещества VII, аналогично сочетающегося с антидепрессивным действием, установленным в плавательном тесте для биологически активных соединений – производных 4-оксо-пиримидина [16].

## ВЫВОДЫ

1. При однократном введении амидов *o*-бензоиламинобензойной кислоты, производных предшественников хиназолинона-4, установлено «седативное» влияние вещества V и «активирующее» действие соединений I, VII при тестировании самцов крыс в «открытом поле».
2. При однократном введении амидов *o*-бензоиламинобензойной кислоты, производных предшественников хиназолинона-4, показана «противотревожная» активность соединений II, III, V–VII у самцов крыс в «открытом поле».

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Батурин В.А., Манвелян Э.А., Булгакова М. Д. Влияние стресса на галоперидоловую каталепсию у интактных и овариозэктомированных самок крыс в разное время суток // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2012. Т. 75. №5. С. 3–6.
2. Иноземцев А. Н., Агапитова А. Е., Бокиева С. Б., Глазова Н. Ю., Левицкая Н. Г., Каменский А. А., Мясоедов Н. Ф. Разнонаправленное влияние семакса на формирование и функциональные нарушения реакции активного избегания у крыс // Журнал высшей нервной деятельности. 2013. Т. 63. №6. С. 711–718.
3. Иноземцев А. Н., Капица И. Г., Гарибова Т. Л., Бокиева С. Б., Воронина Т. А. Сопоставление влияния ноотропов и анксиолитиков на функциональные нарушения реакции избегания у крыс // Вестник московского университета. Серия 16. Биология. 2004. №3. С. 24–30.
4. Кодониди И.П., Оганесян Э.Т., Глушко А.А., Тюренков И.Н., Багметова В.В., Золотых Д.С., Погребняк А.В. Молекулярное конструирование и целенаправленный синтез N-замещенных производных 4-оксо-1,4-дигидропиримидина на основе тормозных медиаторов // Химико-фармацевтический журнал. 2009. Т. 43. № 10. С. 32–39.
5. Кодониди И.П., Бандура А.Ф., Манвелян Э.А., Сыса В.Ю., Сочнев В.С., Смирнова Л.П., Оганесян Э.Т., Савенко И.А., Сергиенко А.В., Арлыт А.В., Ивашев М.Н. Компьютерное прогнозирование биомолекул // International journal of experimental education. 2013. № 11. С. 153–154.
6. Кодониди И.П., Оганесян Э.Т., Жогло Е.Н., Сочнев В.С., Ивченко А.В., Манвелян Э.А., Сыса В.Ю. Целенаправленный синтез амидов о-бензоиламино-бензойной кислоты в качестве предшественников хиназолинонов-4, обладающих влиянием на ЦНС // Сборник материалов Третьей Международной научной конференции «Новые направления в химии гетероциклических соединений» (Пятигорск, 17–21 сентября 2013 г.). Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2013. С. 280.
7. Манвелян Э. А. Анисимова Н. А., Батурин В. А. Половая диссимилиация поведения при стресс-воздействии различной интенсивности и изменении функции надпочечников. Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2013. 107 с.
8. Манвелян Э. А. Булгакова М.Д., Батурин В. А. Роль яичников и надпочечников в реализации каталептогенной активности галоперидола. Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2014. 137 с.
9. Манвелян Э. А., Анисимова Н. А. Влияние диазепама на поведение самок и самцов крыс при многопараметрическом тестировании на протяжении суточного цикла // Биологические основы индивидуальной чувствительности к психотропным средствам: материалы конференции (1–4 июня 2010 г. Москва). М.: Фолиум, 2010. С. 60.
10. Манвелян Э. А., Батурин В. А. Половые и хронобиологические различия в активности диазепама у крыс в тесте конфликтной ситуации // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2008. №4. С. 11–13.

11. Манвелян Э. А., Батурин В.А., Анисимова Н. А. Изменение эффективности диазепама у адrenaлэктомированных самцов и самок крыс при многопараметрическом тестировании // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2013. №4. С. 7–10.
12. Манвелян Э. А., Сыса В.А., Кодониди И.П., Оганесян Э.Т. Влияние производных 4-оксо-пиримидина на поведение самцов крыс в условиях конфликтной ситуации // Материалы IV съезда фармакологов России «Инновации в современной фармакологии» (Казань, 18–21 сентября 2012). М.: Изд-во Фолиум, 2012. С. 220.
13. Погребняк А.В., Оганесян Э.Т., Кодониди И.П., Магонов М.М. Молекулярное дизайн производных оксопиримидина // Химико-фармацевтический журнал. 2003. Т. 37. №12. С. 5–10.
14. Реброва О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA, МедиаСФЕРА. М., 2002.
15. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / под ред. Р. У. Хабриева. М., 2005. 512 с.
16. Сыса В.Ю., Манвелян Э.А., Оганесян Э.Т., Кодониди И.П., Агаджанян А.М, Корсун Т.А., Макеева А. П. Оценка антидепрессивного действия биологически активных соединений – производных 4-оксо-пиримидина // Физиологические проблемы адаптации: сборник научных статей Всероссийской конференция с международным участием (Ставрополь, 9–11 апреля 2013 г). Ставрополь: СКФУ, 2013. С. 222–224.
17. Филимонов Д. А. Прогноз спектров биологической активности органических соединений // Российский химический журнал. 2006. Т. 50. №2. С. 66–75.

#### ОБ АВТОРАХ

**Манвелян Элеонора Аслибековна**, доктор фармацевтических наук, профессор кафедры медицинской биохимии, клинической лабораторной диагностики и фармации Северо-Кавказского федерального университета. Телефон: 35-50-68, 8-909-770-66-95. E-mail: manveljan@rambler.ru.

**Сыса Валерия Юрьевна**, соискатель кафедры медицинской биохимии, клинической лабораторной диагностики и фармации Северо-Кавказского федерального университета. Телефон 89187690521. E-mail: valerija-black@mail.ru.

**Кодониди Иван Панайотович**, доктор фармацевтических наук, доцент кафедры органической химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздравсоцразвития. Телефон 8-879-3-46-02-84. E-mail: maxkodonidi@yahoo.com.

**Оганесян Эдуард Тоникович**, доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий кафедрой органической химии Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России. Телефон 8-879-3-46-02-84.  
E-mail: edwardov@mail.ru.

**Manveljan Eleonora Aslibekovna**, Doctor of pharmaceutical sciences, professor of chair of medical biochemistry, clinical laboratory diagnostics and pharmacy North Caucasus Federal University. Phone: 35-50-68, 8-909-770-66-95. E-mail: manveljan@rambler.ru.

**Sysa Valeria Yryevna**, applicant of chair of medical biochemistry, clinical laboratory diagnostics and pharmacy North Caucasus Federal University. Phone 89187690521. E-mail: valerija-black@mail.ru.

**Kodonidi Ivan Panayotovitch**, doctor of pharmaceutical sciences, associate professor of Department of Organic Chemistry Piatigorsky Medical and Pharmaceutical Institute – Branch of Volgograd State Medical University Health Ministry. Phone 8-879-3-46-02-84.  
E-mail: maxkodonidi@yahoo.com.

**Oganesyan Edward Tonikovich**, doctor of pharmaceutical sciences, professor, head of the Department of Organic Chemistry Piatigorsky Medical and Pharmaceutical Institute – Branch of Volgograd State Medical University Health Ministry. Phone 8-879-3-46-02-84.  
E-mail: edwardov@mail.ru.

УДК: 616.12-007.61

**Боташева В. С. [Botasheva V. S.],  
Баротов Ф. А. [Barotov F. A.]**

## **ХАРАКТЕР СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В МИОКАРДЕ ПРИ ВНЕЗАПНОЙ СЕРДЕЧНОЙ СМЕРТИ**

**Character of structural changes  
in the myocardium in sudden cardiac death**

Работа выполнена на секционном материале 67 случаев внезапной сердечной смерти. Проведено гистологическое исследование миокарда. Выявлено, что при внезапной сердечной смерти в 61,2 % случаев имело место поражение коронарных артерий, в 38,8 % случаев некоронарные повреждения миокарда. В коронарных артериях обнаружены атеросклеротические изменения. В миокарде выявлена диффузная гипертрофия кардиомиоцитов, контрактурные нарушения, миоцитоллиз и некроз.

**Ключевые слова:** миокард, кардиомиоциты, коронарные артерии, дистрофия, инфаркт.

Work carried out on autopsy material of 67 cases of sudden cardiac death. A histological study of the myocardium. It was revealed that when sudden cardiac death in 61.2 % of cases occurred coronary artery in 38.8 % of cases, non-coronary myocardial damage. In atherosclerotic coronary arteries detected changes. In the myocardium revealed diffuse hypertrophy of cardiomyocytes, contracture disorders miotsitoliz and necrosis.

**Key words:** myocardium, cardiomyocytes, coronary artery dystrophy, heart attack.

### **Актуальность темы**

Внезапная сердечная смерть (ВСС) – групповое понятие, объединяющее ряд нозологических единиц, обуславливающих разные формы патологии сердца. По определению Рабочей группы экспертов Европейского кардиологического общества ВСС – это естественная смерть, неожиданная по характеру и времени даже в случае ранее установленно-го заболевания сердца, первым проявлением которой стала потеря сознания в пределах 1 часа с момента возникновения симптомов. Во всем мире ВСС составляет 50 % и более от всей сердечной летальности. Распространенность ВСС колеблется от 0,36 до 1,28 случая на 1000 населения в год. В России от ВСС ежегодно умирают около 200 тысяч человек [1].

80–90 % всех наблюдений ВСС обусловлено ишемической болезнью сердца (ИБС), остальные 10–20 % приходятся на кардиомиопатии, миокардиты, пороки развития сердца и сосудов и другие более редкие формы сердечных заболеваний: синдром удлинения интервала Q-T, пролапс митрального клапана, синдром Вольфа – Паркинсона – Уайта, синд-

ром Brugada и другие. Наибольшее значение в клиническом и социальном отношении имеют формы ВСС, связанные с ИБС и алкогольной кардиомиопатией (АКМП). Самой частой причиной ВСС, возникшей на фоне физической нагрузки у лиц молодого возраста, является гипертрофическая кардиомиопатия.

ИБС относится к наиболее массовым заболеваниям современности, имеющим в большинстве стран тенденцию к росту, омоложению, распространению на различные категории населения, ранее менее подверженные развитию этой патологии. ИБС в структуре судебно-медицинских исследований при внезапной сердечной смерти занимает первое место. В большинстве случаев внезапной смерти на ранних этапах этого заболевания могут возникнуть острые очаговые повреждения мышечных волокон, приводящие к остановке сердца при полном отсутствии клинических проявлений, что значительно затрудняет диагностику данного заболевания [3, 6, 9, 10].

Цель исследования: изучить характер структурных изменений в миокарде при внезапной сердечной смерти.

Материал и методы исследования. Проведена судебно-медицинская экспертиза 67 случаев внезапной сердечной смерти с гистологическим исследованием миокарда. Для гистологического исследования брали кусочки миокарда из левого желудочка: передней, задней и боковой стенок, верхушки и межжелудочковой перегородки. Кусочки фиксировали в 10 % нейтральном формалине. После стандартной проводки готовили срезы толщиной 5–6 микрон. Срезы окрашивали гематоксилином и эозином, пикрофуксином по Ван Гизон, толуидиновым синим, по Маллори.

Результаты исследования. Из 67 случаев внезапной сердечной смерти мужчины составили 44 случая (65,6 %), женщины 23 случая (34,4 %).

По возрасту материал распределился следующим образом:

Количество случаев	Возраст (в годах)						
	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	свыше 80 лет
—	3 (4,5%)	20 (29,9%)	23 (34,3%)	16 (23,8%)	5 (7,5%)	—	—

Анализ таблицы показал, что внезапная сердечная смерть чаще всего встречается в возрасте от 40 до 70 лет, пик летальных случаев приходится на 51–60 лет. В структуре внезапной сердечной смерти преобладают мужчины.

Результаты аутопсий и последующего гистологического исследования показали, что все случаи внезапной сердечной смерти можно разделить на 2 группы: в I группу (41 [61,2 %]) вошли случаи острой коронарной смерти, обусловленные поражением коронарных сосудов. Во II группу вошли (26 [38,8 %]) случаев некоронарогенной смерти, т. е. кардиомиопатии.

В I группе обнаружены признаки атеросклеротического поражения коронарных сосудов и признаки быстрого наступления смерти. Признаки хронической сердечной недостаточности не выявлены, т. к. смерть наступила быстро на фоне компенсации гемодинамики.

При гистологическом исследовании сердца отмечается диффузная гипертрофия миокарда, укрупнение и гиперхромия ядер, волнообразная деформация кардиомиоцитов, контрактурные нарушения. В небольшом количестве наблюдений обнаружен миоцитолиз.

В строме миокарда отмечается разрастание соединительной ткани вокруг сосудов и в межмышечных промежутках. В коронарных артериях выявлены склеротические изменения, сужение просвета, нарушение релогических признаков, сладж-феномен. В I группе наблюдений на фоне атеросклеротических изменений обнаружены эктазии коронарных артерий. Наибольшее количество эктазий выявлено в передней межжелудочковой ветви левой коронарной артерии, которые характеризовались максимальным диаметром и длиной, чаще всего мешковидной формы. Эктазии огибающей ветви левой коронарной артерии имели веретенообразную форму, меньшую длину и диаметр.

В I группе наблюдений из 41 случая в 18 (44 %) выявлен острый инфаркт миокарда. В 36 % случаев выявлен обтурирующий тромбоз коронарных артерий в основном нисходящей ветви левой коронарной артерии. Отмечалась гипертрофия сердца преимущественно левого желудочка.

При гистологическом исследовании в миокарде левого желудочка отмечается полная гибель кардиомиоцитов в центре очага. Некротизированные мышечные волокна фрагментированы, ядра их разрушены. По периферии зоны некроза выявлены дистрофические изменения кардиомиоцитов, отек стромы, полнокровие сосудов с явлениями стаза и сладжиро-

вания эритроцитов, лейкоцитарная инфильтрация. Наиболее выраженные изменения наблюдались при рецидивирующем инфаркте миокарда. При повторном инфаркте миокарда наряду с изменениями в мышечной ткани сердца наблюдаются нарушения в рубцовой ткани на месте бывшего инфаркта. Наблюдается полнокровие сосудов в рубце, явления стаза, плазморрагии, инфильтрация лимфоцитами и плазматическими клетками.

Таким образом, результаты гистологического исследования миокарда I группы наблюдений выявили патогистологические изменения кардиомиоцитов, межуточной ткани и коронарных артерий.

Во II группе наблюдений атеросклеротические изменения в коронарных артериях не выявлены, изменения в межуточной ткани незначительные. В кардиомиоцитах уменьшается содержание гликогена, развиваются дистрофические изменения по типу гидропической и жировой дистрофии, мелкие очажки плазмоллиза. Отмечается умеренная гипертрофия кардиомиоцитов. Описанные изменения в миокарде неравномерные, участки повреждения чередуются с нормальным миокардом. Местами встречаются группы атрофичных кардиомиоцитов, что создает мозаичность структуры миокарда.

Таким образом, во II группе наблюдений морфологические изменения коронарных сосудов и стромы миокарда не выявлены.

Выводы. Результаты проведенного исследования показали, что внезапная сердечная смерть чаще всего встречается у мужчин в возрасте 50–60 лет. Причиной внезапной сердечной смерти является поражение коронарных артерий (61,2%) и некоронарогенные процессы (кардиомиопатии) – 38,8%. При поражении коронарных артерий в миокарде развиваются дистрофические изменения и некроз кардиомиоцитов, контрактурные нарушения, гипертрофия миокарда. В коронарных артериях выявлены склеротические изменения, сужение просвета, эктазии, нарушение реологических свойств крови.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кактурский Л. В. Внезапная сердечная смерть: современное состояние проблемы // Архив патологии. 2005. Т. 67. №3. С. 8–11.
2. Мальцева О. В., Сафиуллина З. М., Рейтблат О. М. и др. Оценка риска при остром коронарном синдроме // Уральский медицинский журнал. 2012. №12(104). С. 14–19.

3. Мамараджапова Д. А., Мамутов Р. Ш. Смертность от инфаркта миокарда и ее связь с некоторыми факторами риска по данным проспективного исследования // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2009. 8(2). С. 52–55.
4. Пронина Е. Н., Тарасов Н. А. Внезапная сердечная смерть у молодых – случайность или закономерность? // Российский кардиологический журнал. 2010. №2 (82). С. 22–24.
5. Руксин В. В. Современные принципы сердечно-легочной реанимации и профилактики внезапной сердечной смерти // Кардиология. 2008. №5. С. 92–96.
6. Эрлих А. Д., Шевченко И. И., Алексеев Д. В. и др. Острый коронарный синдром в клинической практике: отличия в степени риска, лечении и исходах у мужчин и женщин (по результатам регистра «РЕКОРД») // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2011. 10(8). С. 45–51.
7. Dabhadkar Kaustubh C., Kulschreshtha Ambar, Ali Mohammed K. et al. Prospects for a cardiovascular disease prevention Polypill // Annual Review of Public Health. 2011. Vol. 32. P. 23–38.
8. Delija Ita, Vrdoljak Davorka, Bergman-Marcović Biserka. Koliko dobro liječnik obiteljske medicine bilježi čimbenike kardiovaskularnog rizika? // Med. jader. 2012. 42. №3–4. P. 129–137.
9. Luepker Russell V. Cardiovascular disease: Rise, fall, and future prospects // Annual Review of Public Health. 2011. Vol. 32. P. 1–3.
10. Vander Stichele C., De Henauw S., Vannoote P. et al. Acute myocardial infarct in Vlaanderen: Recente cijfers over het voorkomen van fatale en niet-fatale aanvallen // Tijdscher. geneesk. 2008. 64. №20. P. 1029–1035.

#### ОБ АВТОРАХ

**Боташева Валентина Салиховна**, доктор медицинских наук, профессор, завкафедрой патологической анатомии с курсом судебной медицины Ставропольского государственного медицинского университета. Телефон (8652) 71-34-67. E-mail: Enver-V@list.ru.

**Баратов Фариддун Абдулхакимович**, аспирант кафедры патологической анатомии Ставропольского государственного медицинского университета.

**Botasheva Valentina Salihovna**, Doctor of medical sciences, professor, head of the Department of Pathological Anatomy with the course of forensic medicine of the Stavropol State Medical University. Tel. (8652) 71-34-67. E-mail: Enver-V@list.ru.

**Baratov Faridun Abdulkhalimovich**, graduate student of the Department of Pathology anatomy of the Stavropol State Medical University.

УДК 581.93

Иванов А. Л. [Ivanov A. L.],  
Ковалева О. А. [Kovaleva O. A.]**КОМПЛЕКСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ЭНДЕМИЧНЫХ ВИДОВ ПЕТРОФИЛЬНОЙ  
ФЛОРЫ РОССИЙСКОГО КАВКАЗА****Comprehensive characterization  
of endemic species of petrophyte's flora  
of the russian Caucasus**

В статье приводятся сведения о результатах комплексного анализа эндемичных видов флоры петрофитов Российского Кавказа, включающие процентное соотношение видов в спектрах семейств и родов, приуроченности с различным типам субстрата, распределению по высотным растительным поясам, территориальной локализации.

**Ключевые слова:** петрофит, эндемик, локальный эндемик, скальный субстрат, высотный растительный пояс, видообразовательный центр.

The article details the results of a comprehensive analysis of endemic species Petrophyte's flora of the Russian Caucasus, including the percentage of species in the spectra of families and genera, the association with different types of substrate, the distribution of altitudinal vegetation zones, territorial localization.

**Key words:** petrophyte, endemic, local endemic, rocky substrate, tall vegetation zone, species-make center.

Кавказ является одной из горных стран умеренного пояса Евразии, флора которого отличается оригинальностью. По данным А.А. Гроссгейма [1] его флора насчитывает 5767 видов, из которых 1153 (20 %) являются эндемиками, причем под кавказским эндемизмом автор понимал только те эндемичные виды, которые в своем генезисе связаны с Главным Кавказским хребтом. Этот регион, расположенный на стыке Европы и Азии, является одним из проблемных в ботанико-географическом отношении, обладает богатейшей флорой, современный состав которой, несмотря на длительный период ее изучения и наличие огромного количества публикаций, остается до конца не изученным. Полной сводки по видам флоры Кавказа в настоящее время нет, и даже число видов, произрастающих здесь, достоверно не определено [2]. Также не установлено количество эндемиков.

Наличие в составе флоры эндемичных видов является абсолютным показателем оригинальности этой флоры. Явление эндемизма носит географический характер, и этот термин обычно применяется к видам с ограниченным ареалом, сосредоточенным в каком-либо определенном месте [3]. Степень оригинальности флоры определяется процентным содержанием эндемичных видов [4]. Результаты анализа филогенетических, хорологических, ценоэкологических особенностей эндемиков дают материал, позволяющий судить об особенностях и путях происхождения флоры, являются важнейшим фактором при проведении флористического районирования и разработки вопросов охраны видов растений [5, 6, 7, 8, 9].

Для территории Российского Кавказа имеется аннотированный список эндемиков, при составлении которого авторы исходили из того положения, что эндемиками следует считать виды, связанные со всей территорией Кавказского экорегиона, объединяющего Большой и Малый Кавказ, Талыш, Колхиду и близкие районы Турции и Ирана [10]. Этот список насчитывает 1 255 видов. Для выяснения процентного состава эндемичных видов нами использованы неопубликованные данные А. Л. Иванова, взятые из рукописи «Конспект флоры Российского Кавказа», куда включено 4 318 видов. Исходя из этих данных оригинальность флоры Российского Кавказа составляет 29 %. Эндемичные петрофиты по данным географического анализа насчитывают 617 видов, что составляет 14,2 % от всей флоры и 64,4 % от флоры петрофитов этой территории.

Нами эндемичные виды классифицируются в классическом понимании А. И. Толмачева [3], а именно исходя из размеров их ареала: локальные эндемики, ареалы которых ограничены иногда одним ущельем или горным массивом, реже участком хребта, прорезанного ущельями нескольких рек (стеноэндемики); виды с более обширными ареалами, охватывающие отдельные участки Восточного, Центрального или Западного Кавказа, реже всю территорию, но не выходящие за пределы Российского Кавказа (эвриэндемики); виды, ареалы которых выходят за пределы изучаемой территории на смежную территорию Закавказья, но не выходят за пределы Большого Кавказа (субэндемики).

Во флоре петрофитов Российского Кавказа насчитывается 470 эндемичных видов, из них 181 стеноэндемик, 104 эвриэндемик и 185 субэндемиков. Систематический спектр эндемиков приведен в таблице 1.

Из таблицы видно, что этот спектр несколько отличается от общего систематического спектра. На первом месте также находится крупнейшее

Таблица 1. СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ СПЕКТР ЭНДЕМИКОВ ФЛОРЫ  
ПЕТРОФИТОВ РОССИЙСКОГО КAVKAZA

Семейство	Количество видов		% участия эндемиков	
	всего	эндемиков	во флоре	в семействе
1. Asteraceae	131	76	7,9	58,0
2. Fabaceae	82	42	4,4	51,2
3. Poaceae	65	32	3,3	49,2
4. Caryophyllaceae	65	38	4,0	58,5
5. Lamiaceae	62	37	3,9	59,7
6. Rosaceae	58	25	2,6	43,1
7. Brassicaceae	53	30	3,1	56,6
8. Campanulaceae	48	44	4,6	91,7
9. Scrophulariaceae	32	18	1,9	56,3
10. Saxifragaceae	30	16	1,7	53,3
11. Apiaceae	27	15	1,6	55,6
12. Rubiaceae	26	11	1,1	42,3
13. Crassulaceae	23	9	0,9	39,1
14. Boraginaceae	22	8	0,8	36,4
15. Ranunculaceae	17	7	0,7	41,2
16. Primulaceae	15	8	0,8	53,3
17. Dipsacaceae	14	6	0,6	42,9
18. Euphorbiaceae	10	5	0,5	50,0
ВСЕГО	780	427	44,6	54,7

семейство *Asteraceae* с большим отрывом от следующих за ним семейств; на второе место выходит семейство *Campanulaceae*, находящееся в общем спектре в группе крупных семейств; третье место занимает крупнейшее семейство *Fabaceae*, за ним – крупнейшие *Caryophyllaceae* и *Lamiaceae*; семейство *Poaceae*, занимающее в общем спектре третье место, в спектре эндемиков находится на шестом.

В целом все эндемики крупнейших, крупных и средних семейств насчитывают 427 видов и составляют 44,6 % от общего количества видов флоры.

Иная последовательность и ранжирование семейств наблюдается при подсчете процента участия эндемичных видов в сложении каждого семейства. Здесь на первое место выходит семейство *Campanulaceae*, почти целиком состоящее из эндемичных видов (91,7 %). За ним следуют *Lamiaceae* (59,7%), *Caryophyllaceae* (58,5 %). Семейство *Asteraceae* занимает лишь четвертое место (58,0 %), рядом с ним находятся семейства *Brassicaceae* (56,6 %), *Scrophulariaceae* (56,3 %), *Apiaceae* (55,6 %). В целом 11 семейств имеют в своем составе половину и более эндемичных видов. Общий процент представительства эндемиков в сложении семейств систематического спектра составляет 54,7 %.

Соотношение эндемичных и неэндемичных видов в спектре крупнейших и крупных родов приведено в таблице 2.

Первую пятерку составляют такие рода, как *Psephellus* (95,5 % эндемиков), *Jurinea* (94,7 %), *Campanula* (90,9 %), *Pyrethrum* (90,9 %), *Thymus* (84,6 %). Из 22 родов 17 насчитывают 50 и более процентов эндемиков. В целом около 70 % видов, относящихся к крупнейшим и крупным родам, являются эндемиками.

подавляющее большинство эндемиков являются облигатными петрофитами, они насчитывают 416 видов, что составляет 88,5 % от общего числа эндемиков, остальные являются факультативными петрофитами (54 вида, 10,5 %).

Характер распределения эндемичных видов относительно химического состава субстрата приведен в таблице 3. Их ранжированное положение пропорционально общему спектру распределения петрофитов относительно этого фактора среды, наибольшую группу составляют оксилофиты как по отношению к общему числу видов и числу группы петрофитов, так и к общему числу эндемиков (соответственно 28,6/53,9 % и 58,3 %). Кальцефиты занимают второе место, виды, индифферентные к кислотности субстрата – третье, последние от общего числа эндемиков составляют всего 11,1 %.

Относительно строгой приуроченности к физическому составу субстрата большинство эндемичных видов являются рупестрофитами (36 %, таблица 4). Вторую позицию занимают лапишистофиты (28,5 %), третью – шистофиты (10,9 %). Среди эндемиков нет лапидофитов и гля-

Таблица 2. СООТНОШЕНИЕ ЭНДЕМИЧНЫХ И НЕЭНДЕМИЧНЫХ ВИДОВ  
В СПЕКТРЕ РОДОВ

	РОД	Кол-во видов	Кол-во эндемичных видов	%
1.	Campanula	44	40	90,9
2.	Saxifraga	30	16	53,3
3.	Astragalus	29	20	69,0
4.	Psephellus	22	21	95,5
5.	Jurinea	19	18	94,7
6.	Rosa	17	12	70,6
7.	Silene	16	10	62,5
8.	Scutellaria	14	9	64,3
9.	Minuartia	14	6	42,9
10.	Thymus	13	11	84,6
11.	Asperula	13	7	53,8
12.	Sedum	13	3	23,1
13.	Draba	13	8	61,5
14.	Potentilla	12	4	33,3
15.	Festuca	11	5	45,5
16.	Ranunculus	11	5	45,5
17.	Dianthus	11	8	72,7
18.	Pyrethrum	11	10	90,9
19.	Cirsium	11	7	63,6
20.	Tithymalus	10	5	50,0
21.	Scrophularia	10	5	50,0
22.	Primula	10	7	70,0
	Итого	354	237	66,9

Таблица 3. ПРИУРОЧЕННОСТЬ ЭНДЕМИЧНЫХ ВИДОВ ПЕТРОФИТОВ К ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ СУБСТРАТА

Группа петрофитов	Общее кол-во видов	Количество эндемичных видов	% от общего числа видов/от числа группы	% от общего числа эндемиков
Оксилофиты	508	274	28,6/53,9	58,3
Оксило-кальцефиты	130	52	5,4/40,0	11,1
Кальцефиты	320	144	15,0/45,0	30,6

Таблица 4. ПРИУРОЧЕННОСТЬ ЭНДЕМИЧНЫХ ВИДОВ ПЕТРОФИТОВ К ФИЗИЧЕСКОМУ СОСТАВУ СУБСТРАТА

Группа петрофитов	Общее кол-во видов	Кол-во эндемичных видов	% от кол-ва видов группы	% от кол-ва видов эндемиков
1. Rupestris	255	169	66,3	36,0
2. Lapidosis	11	0	—	—
3. Schistosis	77	51	66,2	10,9
4. Lapidoso-schistosis	347	134	38,6	28,5
5. Morenosis	3	2	66,7	0,4
6. Glareosis	2	0	—	—
ИТОГО	695	356	51,2	48,1

Таблица 5. ПРИУРОЧЕННОСТЬ ЭНДЕМИЧНЫХ ПЕТРОФИЛЬНЫХ ВИДОВ К ВЫСОТНЫМ РАСТИТЕЛЬНЫМ ПОЯСАМ

Пояс	Кол-во видов	Кол-во эндемиков	% эндемиков
Степной	242	78	32,2
Лесной	70	27	38,6
Нагорно-ксерофильный	82	43	52,4
Субальпийский	465	246	52,9
Альпийский	331	175	52,9
Субнивальный	101	63	62,4

реофитов, незначительную часть составляют моренофиты. В целом эндемичные виды по строгой приуроченности к определенному типу субстрата составляют почти половину (48,1%) от всех эндемиков.

Приуроченность эндемичных петрофильных видов к высотным растительным поясам представлена в таблице 5. В абсолютных цифрах наибольшее их количество сосредоточено в субальпийском поясе, несколько меньше в альпийском, степной пояс занимает третье место, за ним по убывающей идут субнивальный, нагорно-ксерофильный и лесной пояса.

Иная последовательность наблюдается, если вычислить процентное содержание эндемиков в каждом растительном поясе, где этот показатель последовательно уменьшается от высокогорий к низкогорьям: в субнивальном поясе эндемиков 62,4 % от общего числа обитающих здесь петрофитов, в альпийском и субальпийском – по 52,9 %, в нагорно-ксерофильном – 52,4. То есть в этих трех поясах половина и более видов петрофитов являются эндемиками. Несколько меньший процент (треть и более видов) эндемиков в лесном и степном поясах.

На территории Российского Кавказа выделено пять наиболее мощных видообразовательных центров, где в условиях обнаженных субстратов формировались узколокальные эндемики (в пределах северного макросклона Большого Кавказа), и эндемики с более широкими ареалами. Это Центрально-Эльбрусский район (163 вида), Осетинский (153 вида), Верхне-Сунженский (121 вид), Андийско-Самурский (120 видов) и Центрально-Дагестанский (152 вида). Установлено, что количество эндемичных видов в пределах Кавказской флористической провинции возрастает с запада на восток до Эльбрусского массива, где достигает максимума, несколько меньше в Осетинском районе, затем убывает в Верхне-Сунженском и Андийско-Самурском. Та же закономерность наблюдается и в среднегорных районах, наибольшее число эндемичных видов приходится на Кисловодский район, затем на восток происходит уменьшение количества видов, в Чеченском районе несколько возрастает, что может быть объяснено близостью к Дагестанскому видообразовательному центру [Иванов, Ковалева, 2011].

Что же касается локальных эндемиков, являющихся абсолютными показателями оригинальности не только флоры в целом, но и флоры определенного флористического района, то их общее количество составляет 142 вида (14,8 % от всех петрофитов Российского Кавказа и 30,2 % от эукавказских эндемиков), т. е. почти треть эндемичной флоры представлена локальными эндемиками. Распределение таких видов по территории Рос-

**Предкавказье**

ЗП: НД – Нижне-Донской; ЗПМ – Западно-Приманьчешский; АЕ – Азово-Егорлыкский; АК – Азово-Кубанский; КЕ – Кубано-Егорлыкский; Тем – Темрюкский; Т – Таманский. ЦП: МД – Манычско-Дадынский; АИ – Арзгиро-Ипатовский; НК – Нижнее-Кумский; Прик – Прикалаусский; ТБ – Тамузловско-Буйволинский; М – Моздокский. Куб: МА – Майкопско-Абинский; ЛН – Лабинско-Невинномысский. Ст: Ст – Ставропольский. П: П – Пятигорский. Тер: СК – Средне-Кумский; Каб – Кабардинский; ТС – Терско-Сунженский; ЧО – Чечено-Осетинский. ВП: КН – Кара-Ногайский; Кизл – Кизлярский.

**Большой Кавказ**

ЗК: КР – Крымский; Х – Ходыженский; ЧК – Чалмыкско-Кубанский; ВЛ – Верхне-Лабинский; ТЗ – Тебердино-Зеленчукский. Эвкс: Н – Новороссийский; ТА – Туапсинско-Адлеровский. ЦК: Кисл – Кисловодский; ЦЭ – Центрально-Эльбрусский. ВК: Л – Лескенский; Б – Балкарский; УН – Унальский; ОС – Осетинский; Ч – Чеченский; ВС – Верхне-Сунженский. Даг: БН – Брагуно-Новолакский; Касп – Каспийский; ЦД – Центрально-Дагестанский; АС – Андийско-Самурский.

**Рисунок 1.**

**Карта-схема распределения петрофильных локальных эндемиков по флористическим районам Российского Кавказа.**

сийского Кавказа приведено на рисунке 1, наиболее ярко выраженными центрами локальной оригинальности флоры петрофитов является Дагестан, (Центрально-Дагестанский район, 32 локальных эндемика) и Центральный Кавказ (Центрально-Эльбрусский – 27) [11].

Таким образом, в систематическом отношении большинство семейств головной части спектра имеют в своем составе половину и более эндемичных видов, это же положение относится к крупнейшим и круп-

ным родам, где около 70% видов являются эндемиками. Более трети эндемиков приурочены к скальным субстратам, а по строгой приуроченности к определенному типу субстрата составляют почти половину от всех эндемиков. Наибольшее число эндемичных петрофитов сосредоточено в субнивальном, альпийском и субальпийском поясах. Центрами ярко выраженного локального эндемизма являются Внутригорный Дагестан и Центрально-Эльбрусский район.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев В. Н. Реликты и эндемы Северо-Западной Европы // Материалы по истории флоры и растительности СССР. Вып. 4. 1963. С. 239–284.
2. Горчаковский П. Л. Эндемичные и реликтовые элементы во флоре Урала и их происхождение // Материалы по истории флоры и растительности СССР, 1963. Вып. 4. С. 285–375.
3. Гроссгейм А. А. Анализ флоры Кавказа. Труды Ботанического института Азерб. ФАН СССР. Вып. 1. Баку, 1936. 260 с.
4. Заверуха Б. В. Флора Волыно-Подольи и ее генезис. Киев: Наукова думка, 1985. 191 с.
5. Иванов А. Л., Ковалева О. А. О географическом распространении эукавказских геоэлементов петрофильной флоры Российского Кавказа // Вестник Ставропольского государственного университета. 2011. № 77(6). Ч. 2. С. 334–339.
6. Камелин Р. В. Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии. Л.: Наука, 1973. 355 с.
7. Конспект флоры Кавказа, Т. 1–3 / Под ред. А. Л. Тахтаджяна. Т. I. СПб: Изд-во СПбГУ, 2003. 204 с.
8. Литвинская С. А., Муртазалиев Р. А. Кавказский элемент во флоре Российского Кавказа: география, созология, экология. – Краснодар, 2009. 439 с.
9. Тахтаджян А. Л. Флористическое деление суши // Жизнь растений, Т. 1. М.: Просвещение, 1974. С. 117–153.
10. Тахтаджян А. Л. Флористические области Земли. Л.: Наука, 1978. 248 с.
11. Толмачев А. И. Введение в географию растений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1974. 244 с.

**ОБ АВТОРАХ**

**Иванов Александр Львович**, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники, зоологии и общей биологии Северо-Кавказского федерального университета. Телефон +7 (961) 443-07-66. E-mail: ali-ivanov@mail.ru

**Ковалева Ольга Александровна**, доцент кафедры ботаники, зоологии и общей биологии Северо-Кавказского федерального университета. Телефон +7(918) 881-10-86. E-mail: kraiovetovanny777@mail.ru.

**Ivanov Alexander Lvovich**, Sc.D., Professor, Head of the department of Botany, Zoology and General Biology of the North-Caucasus Federal University. Телефон +7 (961) 443-07-66. E-mail: ali-ivanov@mail.ru.

**Kovaleva Olga Alexandrovna**, lecturer of the Department of Botany, Zoology and General Biology of the North-Caucasus Federal University. Телефон +7(918)881-10-86. E-mail: kraiovetovanny777@mail.ru.

УДК 598.132.8:  
591.5 (470.63) Ильюх М. П. [Ilyukh M. P.]

## **КРАСНОУХАЯ ЧЕРЕПАХА *TRACHEMYS SCRIPTA* – НОВЫЙ ВИД ГЕРПЕТОФАУНЫ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ**

### **Red-eared slider *Trachemys scripta* – a new species of herpetofauna of Stavropol region**

Впервые в природных (естественных) условиях Ставропольского края и вероятно всей России встречен американский вид – красноухая черепаха *Trachemys scripta*, который попал сюда, скорее всего, из неволи и успешно прижился.

**Ключевые слова:** красноухая черепаха, Ставропольский край.

For the first time in natural conditions of Stavropol region and possibly all Russia the american species – red-eared slider *Trachemys scripta* which got here is met, most likely, from bondage and successfully got accustomed.

**Key words:** red-eared slider, Stavropol region.

Красноухая черепаха *Trachemys scripta* (Schoepff, 1792) является представителем семейства Американских пресноводных черепах Emydidae. Она имеет широкий ареал, охватывающий США от юга Вирджинии до севера Флориды и Канзаса, Оклахомы и Нью-Мексико на западе, Мексику, всю Центральную Америку, северо-запад Южной Америки (север Колумбии и Венесуэлы). Этот вид интродуцирован на юг Флориды, в Аризону, Гваделупу, Израиль, некоторые страны Европы (Испанию, Великобританию) и ЮАР. Данная черепаха проникла в Австралию, где официально признана вредителем, вытесняющим местную эндемичную герпетофауну. Обитает в мелких озерах, прудах и других водоемах с низкими, заболоченными берегами. Ведет относительно малоподвижный образ жизни [1].

В России, в частности на территории Ставропольского края, в естественных условиях красноухая черепаха до сих пор не встречалась [1–3]. В этой связи крайне интересной представляется встреча данного вида на прудах-отстойниках в рудеральной зоне на восточной окраине г. Ставрополя.

Эти старые ныне неиспользуемые отстойники располагаются среди естественных лугов на склоне (террасе) левого борта долины небольшой р. Мутнянки (левого притока р. Мамайки) на высоте около 400 м над уров-



**Рисунок 1.** Расположение прудов-отстойников с красноухой черепахой на восточной окраине г. Ставрополя (отмечено черным пунсоном).

нем моря. Они представляют собой 6 пресноводных неглубоких (до 1 м) прудов вытянутой прямоугольной формы (размером 100 × 30 м каждый) недалеко (в 300 м) от старой мусорной свалки (полигона ТБО) в 600 м от Старомарьевского шоссе г. Ставрополя. Рядом вдоль прудов проходят высоковольтные линии электропередачи. В настоящее время эти водоемы находятся в запущенном заболоченном состоянии и практически полностью заросли макрофитами, в первую очередь, тростником (рис. 1–4).

Наши регулярные систематические зоологические исследования в этом районе ведутся с 1989 г. по настоящее время. За данный период времени (25 лет) здесь произошли динамичные антропогенные изменения, как всей данной экосистемы, так и флоры и фауны в частности. Так, всего 5–6 лет назад открытая вода на прудах занимала площадь более 50%, и раньше тут водилась небольшая рыба (плотва *Rutilus rutilus*), которую нередко ловили местные рыболовы-любители. Также здесь была весьма обычна и болотная черепаха *Emys orbicularis* – представитель одного семейства с красноухой черепахой. В тростниковых крепях гнездились до 15 пар дроздовидной камышевки *Acrocephalus arundinaceus*, пара камышницы *Gallinula chloropus* и болотного луня *Circus aeruginosus*. В 300 м на лужах вблизи свалки существовала небольшая, но стабильная гнездо-



**Рисунок 2.** Расположение прудов-отстойников с красноухой черепахой в рудеральной зоне на восточной окраине г. Ставрополя.

вая колония ходулочника *Himantopus himantopus* из 4–8 пар. На ажурных металлических опорах ЛЭП регулярно гнездились серая ворона *Corvus cornix*, ворон *Corvus corax* и обыкновенная пустельга *Falco tinnunculus*.

Первые красноухие черепахи здесь обнаружены весной 2013 г. В апреле на берегу водоемов, преимущественно двух центральных прудов, всего было учтено более двух десятков особей. Черепахи грелись на солнце (баскинг) и, заметив приближающегося человека, быстро ушли в воду. При этом среди черепах были как молодые некрупные особи, так и взрослые экземпляры примерно в одинаковой пропорции. В 2014 г. этих черепах на прудах стало еще больше. Болотные черепахи в последние годы здесь перестали отмечаться, скорее всего, они были вытеснены этими экологически более пластичными близкородственными красноухими черепахами. Кроме того, как нам сообщил студент-биолог СКФУ С. Улановский (устн. сообщ.), с 2013 г. несколько особей красноухой черепахи регулярно отмечаются на Елагином (Свинячем) пруду по р. Гремучке возле Мамайского леса на южной окраине г. Ставрополя. К сожалению, сфотографировать этих черепах нам не удалось, поскольку они вели себя очень осторожно и близко к себе человека не подпускали.

Здесь возникает вопрос: откуда взялись на этих прудах красноухие черепахи? Ведь ближайшее жильё человека находится в 1 км от водо-



**Рисунок 3.** Пруды-отстойники с красноухой черепахой на восточной окраине г. Ставрополя.

емов, а соседние строения относятся к хозяйственным и промышленным объектам. И рыбаки тут уже давно не ловят рыбу из-за полного зарастания прудов.

Отметим, что красноухая черепаха в последние годы на Ставрополье стала весьма популярным питомцем у любителей домашних животных. Она неприхотлива в содержании и внешне выглядит весьма эстетично. Несколько особей (до 10–15) красноухой черепахи уже несколько лет содержатся совместно с болотными черепахами в пруду Центрального парка г. Ставрополя, которых на зиму переводят в местный зооэкзотариум. Все это косвенно увеличивает теоретические шансы красноухой черепахи оказаться в природных водных экосистемах региона, куда человек может ее выпустить в любой момент, дабы избавиться от ненужного (надоевшего) животного.

Кроме того, на пользу относительно теплолюбивой красноухой черепахе идет глобальное потепление климата, позволяющее ей в наших весьма мягких современных погодных условиях успешно приживаться и размножаться. Инкубационный период у данного вида продолжается 103–150 суток при температуре от 21 до 30 °С.

Пока вопрос появления этих черепах на прудах-отстойниках остается открытым. Но очевидно то, что буквально на глазах, за какие-то 1–2 года красноухая черепаха, оказавшись по неясным причинам на данных



**Рисунок 4.**        **Общий вид прудов-отстойников с красноухой черепахой в долине р. Мутнянки на восточной окраине г. Ставрополя.**

прудах и не встретив достойной конкуренции со стороны аборигенной болотной черепахи, моментально закрепилась в новой для себя экологической нише и создала здесь вполне устойчивую, динамично растущую изолированную микропопуляцию. Теперь это новый вид герпетофауны Ставропольского края, а, возможно, и всей России.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Ананьева Н. Б., Орлов Н. Л., Халиков Р. Г., Даревский И. С., Рябов С. А., Барабанов А. В. Атлас пресмыкающихся Северной Евразии (таксономическое разнообразие, географическое распространение и природоохранный статус). СПб., 2004. 232 с.
2. Тertyшников М. Ф. Пресмыкающиеся Центрального Предкавказья. Ставрополь, 2002. 240 с.
3. Тertyшников М. Ф., Горовая В. И. Пресмыкающиеся Ставропольского края. Сообщение 1 (черепаха, ящерицы) // Фауна Ставрополя. Ставрополь, 1984. Вып. 3. С. 48–91.

#### **ОБ АВТОРЕ**

**Илюх Михаил Павлович**, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры ботаники, зоологии и общей биологии института живых систем Северо-Кавказского федерального университета. Телефон 8-928-303-20-45. E-mail: [ilyukh@mail.ru](mailto:ilyukh@mail.ru).

**Ilyukh Mikhail Pavlovich**, doctor of biological science, docent, professor of department of botany, zoology and general biology of institute of living systems of North Caucasus federal university. Tel. 8-928-303-20-45. E-mail: [ilyukh@mail.ru](mailto:ilyukh@mail.ru).

УДК 379.85

Шальнев В. А. [Shalnev V. A.],  
Юрин Д. В. [Jurin D. V.]

## ДРЕВНИЕ ОЛЕДЕНЕНИЯ И ПАЛЕОГЛЯЦИАЛЬНЫЙ РЕЛЬЕФ АРХЫЗА

### Ancient glaciation and paleoglyatsialny relief of Arkhyz

В статье описаны этапы четвертичных оледенений региона, гляциальные и постгляциальные формы рельефа Архыза, их роль в организации ландшафтно-экологического туризма.

**Ключевые слова:** этапы оледенения, троговые долины, стадияльные морены, «озерные четки», морфоструктуры и морфоскульптуры.

In article described steps Quaternary glaciations in the region, glacial and postglacial landforms, their role in the organization of landscape – ecological tourism.

**Key words:** stages of glaciation, trough valleys, moraines stadial, «lake rosary», morphostructure, morphosculpture.

Территория Архыза занимает верховья бассейна реки Большой Зеленчук, где при слиянии истоков Кизгича и Псыша и рождается эта река. С юга район ограничивает Главный Кавказский хребет, с севера – хребет Абишира-Ахуба, являющийся частью Передового хребта. На западе и востоке водораздельные хребты Аркасара и Ужум определяют границы с бассейнами рек Большой Лабы и Малого Зеленчука. На северо-востоке озерная котловина древнего ледникового озера переходит в узкое ущелье Б. Зеленчука, разделяющего хребты Эхреску и Морг-Сырты. Особенности природных условий Архыза привлекают сюда большое количество отдыхающих выходного дня и туристов. Последних привлекает разнообразие форм рельефа и его расчленение.

Особенности геологического строения и рельефа Архыза описывали Б. А. Воронцов-Вильяминов [2], Г. А. Михеев, Е. А. Снежко,

И. Н. Сафронов [10], В. Г. Гниловской и В. В. Савельева [3]. Краткая характеристика среднегорного и высокогорного рельефа долины Софии дается в работе М. А. Козырева [8]. Геоморфологических исследований здесь не проводилось.

В рельефе Архыза преобладают палеогляциальные формы эпохи четвертичных оледенений. Первые работы по изучению оледенений Кавказа были проведены еще Г. В. Абихом, Н. Я. Динником, Н. А. Бушем, А. Л. Рейнгардом и др. Довольно полные данные по оледенению Западного Кавказа представлены в трудах Г. К. Тушинского, П. В. Ковалева, В. Д. Панова, И. Н. Сафронова и др. Однако вопрос о древнем оледенении Западного Кавказа остается до сих пор весьма дискуссионным как в отношении числа ледниковых эпох, так и особенностей оледенений и их размеров. Критический пересмотр данных, проведенный Л. А. Варданянцем [1], Л. И. Маруашвили [9], Н. В. Думитрашко [4, 5], И. Н. Сафроновым [12, 13] позволил выявить своеобразие древних оледенений Кавказа по сравнению с Альпами, и его локальные особенности. Своеобразие это было связано с особенностями климата региона, который уже в это время отличался от более влажного климата Альп, а также новейшими тектоническими движениями Б. Кавказа.

По мнению И. Н. Сафронова [12], на Западном Кавказе хорошо сохранились признаки трех этапов древнего оледенения – нижнечетвертичного, среднечетвертичного и верхнечетвертичного. Образование форм гляциального рельефа разделено перерывами, которые повсеместно выражены глубинной эрозией рек, связанной с межледниковым временем. Лучше всего гляциально-морфологические признаки этих оледенений сохранились в долине реки Теберды, левом притоке реки Кубани. Поэтому название этих оледенений и их стадий отступления автор дает на примерах этой реки.

Наиболее мощным было нижнечетвертичное оледенение, когда ледники, видимо, достигали по долине Теберды Северо-Юрской депрессии района г. Карачаевска, а по долине Б. Зеленчука – п. Даусуз. Это оледенение И. Н. Сафронов предлагает называть «Кубанским». Следы его сохранились плохо и прослеживаются, видимо, в виде плечей современных троговых речных долин и фрагментов IX речной террасы, расположенной на высоте 100–120 м над современным урезом русла реки Теберды.

Ледники следующего среднечетвертичного этапа оледенения были короче и назывались Тебердинским оледенением. Они достигали 44–

46 км длины и заканчивались перед эрозионными ущельями Передового хребта. Депрессия снеговой границы определялась в 1000–1200 м над у. м. (современная – более 3000 м). В районе Архыза стадияльные морены этого оледенения формировались в 5–7 км вниз по течению Б. Зеленчука от аула Архыз. Конечно-моренные этого оледенения также сохранились плохо и о нижних пределах его распространения можно судить только по различию в морфологии экзарационных и эрозионных участков долины (фрагментов VIII террасы высотой 40–45 м). Послесреднечетвертичное межледниковье было менее продолжительным и ледники полностью освободили троговые долины, а эрозия рек достигала их современного днища.

Конечно-моренные валы верхнечетвертичного (Каракельского) оледенения находятся внутри ясно выраженные трогов. Ледники достигали 30–32 км длиной и имели пять стадий отступления. Первая стадияльная морена (Джемагетская стадия) формировалась восточнее п. Архыз, что фиксируется «озерной четкой» древнего ледникового озера в виде Архызской котловины. Вторые стадияльные морены (Каракельская стадия) сохранились в нижнем течении реки Кизгич с остатками древнего озера, при впадении реки Софии в реку Псыш и, возможно, в районе Лунной поляны долины Архыза. Ледники имели длину 26–28 км, а депрессия снеговой границы не превышала 800 м над у. м. Третья стадия отступления связана с колебанием Каракельских ледников. Наблюдалась непродолжительная эпоха стаивания ледников с обратным их возвращением к конечному ледниковому валу второй стадии. В результате формировалась обширная котловина, получившая название Софийской поляны.

Стадияльные морены двух последних стадий сохранились лучше всего. Длина ледников Гоначхирских стадий достигала 12–14 км, Аманузской – 6–8 км. Депрессия снеговой границы здесь не превышала 550–600 м и 350–400 м соответственно. Морены Аманузской стадии обусловили формирование котловин «озерных четок» древних ледниковых озер на днище всех троговых долин Архыза. На склонах высокогорных хребтов встречаются еще от 3 до 5 небольших стадияльных морен постаманузских этапов отступления ледников, приуроченных к озерам цирков и висьячим долинам.

Современное оледенение Архыза распространено в основном в пределах Главного Кавказского хребта и входит в самый западный «узел» оледенения – Псышский [11]. Он включает в себя верховья Большого Зеленчука и Большой Лабы. Площадь оледенения здесь достигает 28,5 км<sup>2</sup>.

В этих узлах, по мнению С. В. Калесника, «рельеф по отношению к общим климатическим условиям играет как бы роль линзы, собирающей в один фокус все те элементы, которые способствуют возникновению ледников» [7]. К западу от этого узла оледенение представлено уже разрозненными группами небольших ледников.

Всего в верховья Большого Зеленчука находится 66 ледников. Их средняя толщина составляет 35 метров. Высота нижней границы не превышает 2730 м над у. м, верхней – 3180 м. Современные ледники – продукт прошлых климатических эпох четвертичного оледенения. Последнее похолодание, получившее название «Малой ледниковой эпохи», было в 1400–1800 гг. Понижение температуры к современным данным составило 2–3 °С, а количество осадков увеличивалось на 20–30 %. В результате население среднегорных долин Бокового и Главного Кавказского хребта покинуло населенные пункты. Ряд поселений в Архызе и Домбае были уничтожены снежными лавинами [14].

В настоящее время ледники отступают. Наиболее интенсивно этот процесс шел в период с 1881 по 1975 гг., когда площадь ледников Западного Кавказа уменьшилось на 159,5 км<sup>2</sup> (32,4 %). В период с 1975 по 2000 гг. скорость таяния ледников уменьшается, но площади оледенения сокращаются еще на 18,0 км<sup>2</sup> (7 %). Отступление ледников Архыза в современных климатических условиях происходит по-разному. Так, ледник Аманауз за 10 лет (1990–2000) отступил на 62 м (6,2 м в год). Ледник Токмак находится в состоянии покоя и не отступает. Софийский ледник за 8 лет отступил на 12 м (1,5 м в год) [6].

Преобладающими типами рельефа в Архызском районе являются морфоструктуры троговых долин и высокогорные хребты. Морфороструктуры троговых долин Дукки, Архыза, Псыша, Софии и Кизгича отделяют друг от друга горные массивы Бокового и Передового хребтов. Здесь отчетливо выражены два яруса рельефа: верхний древний трог сильно переработанный эрозионно-денудационными процессами и нижний более молодой и лучше сохранившийся. Днища верхних трогов вырисовываются от уровня плечей трогов и располагаются на высотах от 250–350 м до 550–600 м над современными руслами рек. Внутри нижних трогов прослеживаются второстепенные перегибы склонов, являющиеся границами сглаживания долинных ледников [12].

К морфоскульптурам эпохи оледенений, хорошо сохранившимся в современном рельефе, относятся стадильные морены разных этапов оле-

денения, «озерные четки» и цирки в районе плеч трогов. Стадиальные морены или их фрагменты встречаются в долине рек Кизгича, Софии и Псыша. В нижнем течении Дукки картируется стадияльная морена Гоначхирского оледенения (рис. 1).

«Озерные четки» формировались на месте древних ледниковых озер, возникших после отступления ледников у конечных стадияльных морен. С течением времени такие озера заполнялись флювиогляциальными и аллювиальными отложениями. Формировался расширенный участок днища долины (фрагмент мусульманской четки) типа небольшой котловины, где русло рек часто разделяется на несколько рукавов со спокойным течением воды. Местные жители называют их «мырды», что с карачаевского языка переводится как «болото». Туристы называют их полянами. Таких полян в Архызе много: Архызская (район а. Архыз), Мертвого озера и Бага-Тала на реке Кизгич, нижняя и верхняя Софийские, Псышская, Греческая, Дуккинская и др.

Первый уровень цирков формировался в районе плеч троговых долин, являющихся фрагментами днища древнего трога, или в конце висячих троговых долин притоков третьего порядка. Их типичные формы рельефа прослеживаются плохо, так как они заполнены моренными, коллювиальными и пролювиальными отложениями уже послеледникового времени.

Наибольшее распространение имеют морфоскульптуры, формирование которых шло в послеледниковую эпоху. Это суженные участки днища речных долин, конуса выноса, эрозионные ложбины склонов трогов и др. Вниз по течению рек за стадияльными моренами, имеющими высоту до 10–15 м, возрастают скорости течения и эрозионные процессы в русле рек. Как следствие, формировались суженные участки прирусловой части днища долин с фрагментами четвертичных террас. Поэтому продольный профиль большинства рек Архыза имеет ступенчатую форму. Выровненные участки «озерных четок» со стадияльными моренами сменяются более крутыми узкими участками долин. Там, где на поверхность выходят массивы серых гранитов, формируются ущелья (Кизгич-Баши, Белая и др.).

Нижнюю треть склонов троговых долин формируют конуса выноса, сложенные деллювиально-пролювиальными отложениями, которые перемещаются сюда водными и грязевыми потоками и лавинами по эрозионным ложбинам и речными притоками третьего порядка. В большей части речных долин конуса выноса часто соприкасаются друг с другом, форми-

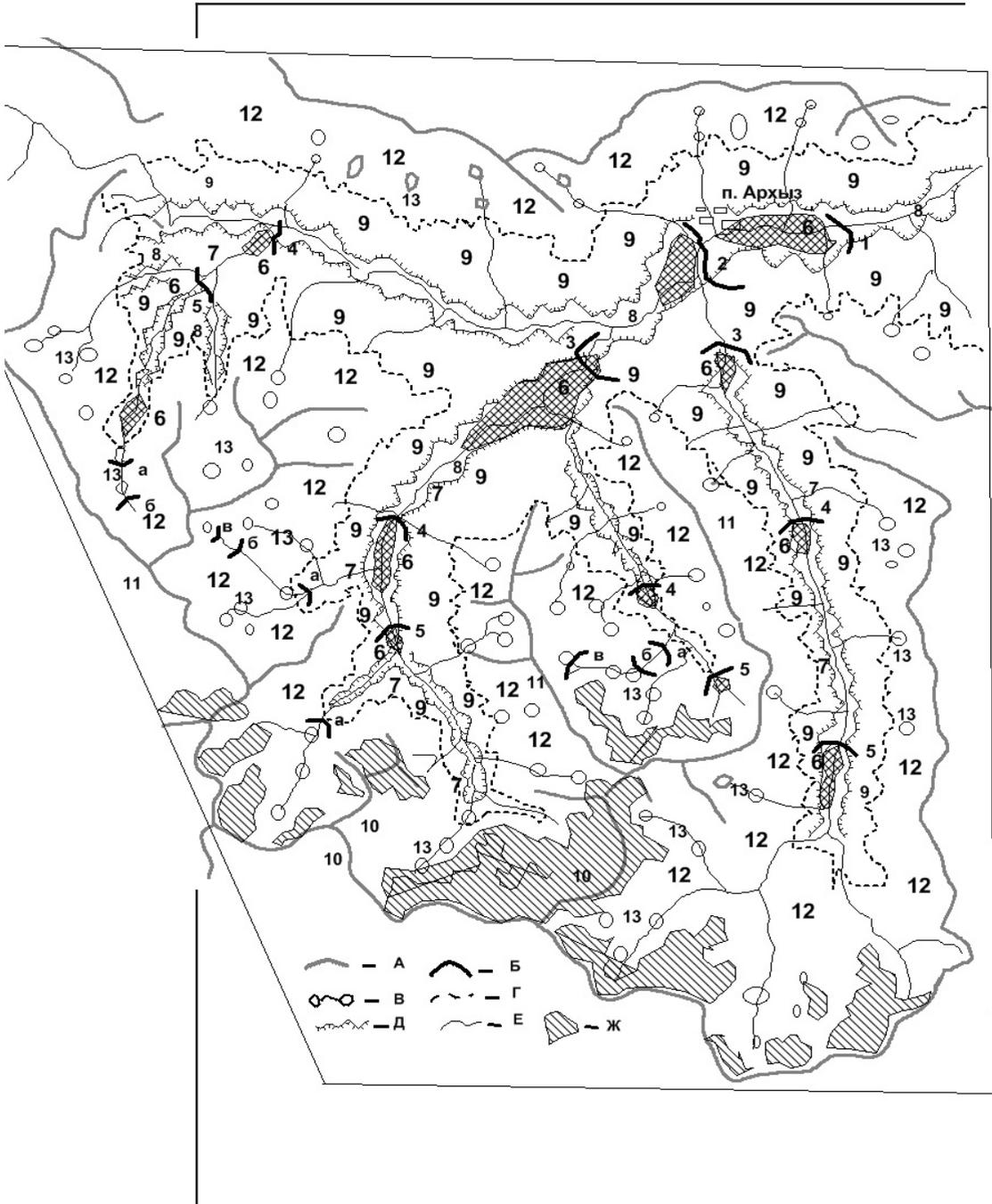


Рисунок 1. Геоморфологическая карта Архыза.

**УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ**

- А – границы водораздельных хребтов,
- Б – стадияльные морены древних оледенений;
- В – лестницы цирков и одиночные цирки;
- Г – «плечи» трогов верхней границы древних ледников;
- Д – шлейфы конусов выноса,
- Е – русла рек;
- Ж – современные ледники и снежники Главного Кавказского хребта и Софийского массива.

**ЛЕГЕНДА**

Типы морфоструктур.

- А. Троговые долины рек Дукки (I), Архыза (II), Псыша (IV), Софии (V) и Большой Лабы (VI).

**Морфоскульптуры днища троговых долин:**

- 1 – среднечетвертичные морены Тебердинского оледенения. Верхне-четвертичные стадияльные морены:
- 2 – Джемагатской стадии,
- 3 – Каракельской стадии,
- 4 – Гоначирской стадии,
- 5 – Аманаузской стадии;
- 6 – расширенные участки днища долин бывших моренных озер («озерные четки»),
- 7 – суженные и каньонообразные участки днища долины, местами типа ущелий с бурным течением реки.

**Морфоскульптуры склонов троговых долин:**

- 8 – присклоновые шлейфы конусов выноса;
- 9 – очень крутые и обрывистые коллювиальные склоны с выходами скальных пород (гранитоидов).

- Б. Водораздельные хребты

**Морфоскульптуры водораздельной части хребта:**

- 10 – массивы с карлингами Главного Кавказского хребта (Пшиш, Аманауз, Псыш, Чучхур, Кизгич-Баши, Бугой-Чат, Белая);
  - 11 – массивные гребневидные участки с обрывистыми склонами Боквого хребта;
  - 12 – вогнутые коллювиально-пролювиальные склоны водоразделов;
  - 13 – лестницы цирков и одиночные цирки и кары;
- а, б, в – морены цирков постаманаузской стадии оледенения.

руя целостные шлейфы присклоновых участков долин. В Архызско-Загеданской депрессии конуса выноса играют не столь заметную роль и приурочены в основном к подножью южных склонов Абишира-Ахуба.

Крутые участки средней части склонов троговых долин сложены коллювиальными и делювиальными отложениями. Они отражают более крутой изгиб склонов долины и их называют коллювиальными или коллювиально-делювиальными склонами. В верхней части склонов троговых долин наблюдаются выходы кристаллических пород, поэтому формируются очень крутые, местами обрывистые участки с открытыми осыпями. Эрозионные ложбины и речные притоки разделяют такие склоны на отдельные крупные массивы.

Высокогорный тип морфоструктур представлен водораздельными хребтами, имеющими свой набор морфоскульптур. В районе Главного Кавказского хребта типичны морфоскульптуры горных массивов (Амануз, 3 457 м; Пшиш, 3 790 м; Псыш, 3 489 м; Чучхур, 3 600 м; Кизгич-Баши, 3 443 м; Бугой-Чат, 3 542 м; Белая, 3 540 м). Их разделяют высокие перевалы. Горные массивы обычно венчают пирамидальные вершины или карлинги. Высшей точкой Архыза является гора Пшиш.

У горных массивов Бокового хребта водоразделы обычно имеют форму гребневидных участков с обрывистыми склонами. Над ними поднимаются одинокие вершины (София, 3 637 м; Кара-Джаш-Кая, 3 354 м; Орленок, 3 226 м; Скала Горячева, 3 138 м и др.). Подобный водораздел и у хребта Абишира-Ахуба. Однако у него обрывистым является лишь южный склон. Высшей точкой хребта является гора Речепста (3 241 м).

Морфоскульптурами склонов водораздельных хребтов являются цирки и кары, висячие боковые долины, каровые и подпрудные моренные озера цирков. Большинство цирков и каров Главного Кавказского хребта заняты ледниками и снежниками-перелетками. В пределах Бокового хребта в основном распространены снежники-перелетки. Ледники сохранились лишь на массиве София. Цирки располагаются на склонах на разных высотных уровнях, формируя обычно трехъярусные «лестницы» цирков. Наиболее часто они встречаются на восточных более длинных, но пологих склонах хребтов Софийского и Аркасара. В пределах хребтов Чегет-Чат, Ужум и Абишира-Ахуба типичны двухъярусные и одиночные цирки, а также небольшие кары.

Значительные площади в высокогорьях занимают крутые склоны, сложенные коллювиальными и коллювиально-пролювиальными отложениями.

ями. Они часто разделяются гребневидными отрогами, отходящими от водораздельной линии хребта. Здесь на поверхность выходят кристаллические породы гранитоидов.

В последние годы поток отдыхающих и туристов в район Архыза постоянно растет. Основная часть потока туристов носит традиционную форму. Это «дикие туристы», живущие в палаточных «городках», и экскурсанты выходного дня. В то же время открытие нового туристского комплекса гостиничного типа с высоким уровнем сервиса на Лунной поляне потребовал создания новой инженерной инфраструктуры: улучшения дорог, создания канализационных систем, газификации и электрификации, построения канатных дорог и лыжных трасс, сферы торгового обслуживания. Это должно внести соответствующие изменения в организацию ландшафтно-экологического туризма, разработку туристических ресурсов региона. Организация таких маршрутов в первую очередь требует детального изучения форм рельефа, влияющих на их категориальное разнообразие и учитывающих критические риски (обвалы, снежные лавины, селевые потоки и др.).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Варданянц Л. А. Постплиоценовая история Кавказско-Черноморско-Каспийской области. Ереван: Изд-во АН Арм. ССР, 1948.
2. Воронцов-Вельяминов Б. А. Отчет о поездке к верховьям Зеленчуков // Землеведение. Т. XXXI, 1929. Вып. 2–3.
3. Гниловской В. Г., Савельева В. В. Архыз (краткий физико-географический очерк). Тр. Тебердинского госзаповедника. Ставрополь, 1967. Вып. VII.
4. Думитрашко Н. В. и др. Древние оледенения Кавказа и их сопоставление с оледенениями Русской равнины / Тр. по изучению четвертич. периода. Т. 19. М.: Изд-во АН СССР, 1962.
5. Думитрашко Н. В., Лилиенбург Д. А., Муратов В. М. Поверхности выравнивания молодых горных стран на примере Кавказа / Поверхности выравнивания молодых горных стран на примере Кавказа: сб. М.: Изд-во Наука, 1964.
6. Ильичев Ю. Г., Салпагаров А. Д. Снежный покров, снежники, ледники, горные озера – холодное богатство Карачаево-Черкесии // Труды Тебердинского госзаповедника. Кисловодск: Изд-во МИЛ, 2009.
7. Калесник С. В. Горные ледниковые районы СССР. Л.; М.: Гидрометеоиздат, 1937.

8. Козырев М. А. Особенности среднегорного и высокогорного рельефа Софийской долины // Сб. трудов молодых ученых СКФУ. Ставрополь, 2013.
9. Маруашвили Л. И. Целесообразность пересмотра существующих представлений о палеогеографических условиях ледникового времени на Кавказе. Тбилиси, 1956.
10. Михеев Г. А., Снежко Е. А., Сафронов И. Н. Геологическое строение территории Архызского участка Тебердинского заповедника / Тр. Тебердинского госзаповедника. Ставрополь, 1962. Вып. IV.
11. Панов В. Д. Эволюция современного оледенения Кавказа. СПб.: Гидрометеиздат, 1993.
12. Сафронов И. Н. О древнем оледенении Северо-Западного Кавказа // Тр. Ставропольского госпединститута. Ставрополь, 1960. Вып. 18.
13. Сафронов И. Н. Геоморфология Северного Кавказа. Ростов н/Д.: Изд-во Ростовского университета, 1969.
14. Тушинский Г. К. Ледники, снежники и лавины Советского Союза. М., Географгиз, 1963.
15. Шальнев В. А., Юрин Д. В. Древние оледенения и палеогляциальный рельеф Архыза // Вестник. Инновации и новые технологии. Ставрополь: Изд-во СГУ. 1994. Вып. 7.

#### ОБ АВТОРАХ

**Шальнев Виктор Александрович**, доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и ландшафтоведения Северо-Кавказского федерального университета. Телефон 8-962-44705-24. E-mail: phisgeo@yandex.ru.

**Юрин Дмитрий Викторович**, доцент кафедры физической географии и ландшафтоведения Северо-Кавказского федерального университета. Телефон 8 (905) 415-56-23. E-mail: phisgeo@yandex.ru.

**Shalnev Viktor Aleksandrovich**, doctor of geographical Sciences, professor of the Department of physical geography and landscape, North Caucasus Federal University.

**Jurin Dmitry Viktorovich**, candidate of geographical sciences, assistant professor of Physical Geography and Landscape North Caucasus Federal University. Phone 8 (905) 415-56-23. E-mail: phisgeo@yandex.ru.

УДК 379.851

**Попова О. Б. [Popova O. B.],  
Подосенова И. А. [Podosenova I. A.]****ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ТУРИСТСКО-  
РЕКРЕАЦИОННАЯ СИСТЕМА  
КАК ФОРМА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ  
ОРГАНИЗАЦИИ ТУРИСТСКО-  
РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ\*****Territorial tourism and recreational system  
as a form of spatial organization of tourism  
and recreation**

В статье приведены определения основных понятий в туристской индустрии – туристско-рекреационного комплекса и кластер, излагаются взгляды ученых на исследуемый вопрос; рассматриваются в ретроспективе основные теоретические подходы к исследованию территориальных рекреационных систем.

**Ключевые слова:** территориальная туристско-рекреационная система, туристско-рекреационный кластер, туристско-рекреационный комплекс, Оренбургская область.

The article presents the basic concepts in the tourist industry – tourist and recreational complex and cluster, presents views of scientists on research question. The authors examine the major theoretical approaches to the study of territorial recreation systems in retrospect.

**Key words:** territorial and recreational system, tourism and recreation cluster, tourist and recreational complex, Orenburg region.

Под туристско-рекреационным комплексом предложено понимать целенаправленно формируемую совокупность предприятий (туристских и поставщиков услуг и товаров), функционирующих для удовлетворения потребностей туристов и сконцентрированных на ограниченной территории, обладающей определенными туристско-рекреационными ресурсами и снабженной туристской и обеспечивающей инфраструктурой.

Понятия «кластер» и «комплекс» имеют много общих признаков, так как для них родовым понятием выступает «система». Пространственная организация туристской деятельности в форме кластеров и ТПК имеет свои особенности (табл. 1).

---

\* Материал подготовлен при финансовой поддержке РФНФ и Правительства Оренбургской области (грант № 14–12–56002 а [р]).

Исходя из предпосылок сосредоточения специализированных по-разному предприятий туризма, территориальных сочетаний ресурсов рекреации, структура туристского регионального кластера в различных районах дифференцируется по составляющим (рис. 1). В зависимости от соединения составляющих туристского регионального кластера выделяется его сила, специализация, потенциал, устойчивость [1]. В числе хозяйствующих субъектов Митрофанова А.В. указывает природные объекты, к которым относит государственные организации и объекты рекреации [1]. Противоречия здесь нет, так как эти объекты рассматриваются не как природный ресурс, а как юридическое лицо, ведущее хозяйство, осуществляющее те или иные экономические (хозяйственные) операции от своего имени.

Рекреационный кластер представляет собой совокупность территориальных рекреационных систем (ТРС) разного функционального назначения. В.А. Шальнев представляет туристско-рекреационный кластер как трехуровневую модель, где верхний уровень представлен системой управления, средний туристической инфраструктурой и нижний природными условиями и рекреационными ресурсами [2].

Таблица 1. ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТУРИЗМА В ФОРМЕ ТПК И КЛАСТЕРА [1]

Характерные особенности	ТПК	Кластер
Синергетический эффект	За счет материальных и природных активов	За счет творческой и коммуникативной энергии, создающей инновации
Специализация	Узкая специализация, масштабность производства туристских услуг	Дифференцированность услуг, гибкость при производстве туристских услуг
Структура	Статические, неделимые структуры, состоят из крупных предприятий	Мобильные структуры, состоят из малых и средних предприятий
Характер внутренних связей	Вертикальные связи, взаимоподчиненность и иерархия элементов, отсутствие конкуренции между элементами	Горизонтальные связи, параллельная стадийность, автономность отдельных блоков, одновременные конкуренция и партнерство между элементами
Характер внешних связей	Закрытая система. Выполнение всего комплекса туристских услуг в рамках ТПК	Открытая система. Вынесение не основных производственных процессов сторонним фирмам



Рисунок 1. Компонентная структура регионального туристского кластера [1].

Туристские региональные кластеры по-разному специализирующиеся в пределах какого-либо региона могут развиваться несколькими путями. Некоторые из них в дальнейшем распадаются, другие укрупняются и разрастаются. Туристские кластеры на территории региона в условиях повышенной конкуренции склонны к объединению, организации комплементарного функционирования, взаимодействию с прочими отраслевыми кластерами. Все это говорит об образовании регионального туристского кластера.

Итак, кластер обладает такими характеристиками как тип географического каркаса, географические границы, структура.

В Оренбургской области туристско-рекреационные кластеры не получили такого бурного развития, как, скажем, на побережье Средиземного, Тирренского, Ионического, Адриатического, Лигурийского, Эгейского, Черного морей. Но можно говорить о формировании Соль-Илецкого туристско-рекреационного кластера «Соленые озера». В настоящее время он входит в областную целевую программу «Развитие туризма в Оренбургской области на 2011–2016 годы». В связи с этим ведется работа по включению кластера в федеральную целевую программу «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2011–2018 годы)». Проект включает следующую цель: построить туристско-оздоровительный комплекс (ТОК) на территории юго-восточной части Соль-Илецка (в 1 км от озер Донное и Развал), которая окружена сосновым бором. ТОК общей площадью в 318 га сможет вместить в себя одновременно более 2000 человек. Территория ТОКа будет включать в себя три участка [3].

Таким образом, пространственная организация туристско-рекреационной сферы представляет собой совокупность пространственных структур, функционирующих и развивающихся под влиянием территориальных предпосылок и интересов людей и образующих интегральную форму ее пространственно-временной организации. В качестве формы пространственной организации туристско-рекреационной сферы в работе рассматривается туристско-рекреационная система, которая является социальной географической системой, гетерогенной по своему составу, и состоит из взаимосвязанных подсистем: природных и культурных комплексов, группы отдыхающих, обслуживающего персонала, технических сооружений, органа управления.

В 60-х гг. XX в. учеными института географии АН СССР было разработано учение о рекреационных системах, которое было центральным в широком понятии рекреации. С 1970-х гг. территориальные рекреацион-

ные системы стали являться предметом изучения рекреационной географии. В коллективной монографии «Теоретические основы рекреационной географии» дается следующее определение территориальной рекреационной системы [4]: ТРС является социальной географической системой, которая гетерогенна по своему составу, и состоит из взаимосвязанных подсистем: природных и культурных комплексов, группы отдыхающих, обслуживающего персонала, технических сооружений, органа управления. ТРС характеризуется территориальной и функциональной целостностью.

Определение, данное Т.В. Николаенко, несколько отличается от предыдущего. Он трактует ТРС как форму организации рекреационной деятельности на конкретной территории. В ее рамках происходит предельное взаимодействие, функциональное и пространственное регулирование разных подсистем, которые принимают участие в осуществлении на конкретной территории рекреационной функции. В связи с этим ТРС можно определить высшей формой организации рекреационной деятельности, явлением исключительно важным для значительного и предельно высокого рекреационного изучения определенной территории в наименьшие сроки и редко встречающимся [5, 6].

В. А. Квартальнов и И. В. Зорин под рекреационной системой (РС) понимают многокомпонентную социально управляемую (частично самоуправляемую) систему, главной подсистемой которой являются субъекты туризма, а более полное удовлетворение их рекреационных потребностей – целевой функцией [7].

Рекреационная система представляет собой комплексное понятие, которое существует исходя из общественных потребностей [7]. Она включает в себя следующие подсистемы:

- 1) отдыхающие;
- 2) природные рекреационные комплексы;
- 3) культурно-исторические и архитектурные рекреационные комплексы;
- 4) курортно-рекреационное хозяйство;
- 5) управление;
- 6) обслуживающие отрасли и персонал.

Перечисленным подсистемам характерны свои свойства. В первой подсистеме совершается разделение в зависимости от возрастной, социальной, национальной, религиозной и других видов селек-

тивности. Отдыхающие могут выступать не только в качестве субъекта рекреационной деятельности, но и в качестве объекта. Такая двойственная позиция свойственна второй и третьей подсистеме, когда подсистемы выступают как критерии удовлетворения потребностей и в качестве ресурсов. Четвертая подсистема обладает комфортностью, емкостью, надежностью, устойчивостью инженерно-строительных сооружений. Пятая подсистема ведет прогнозирование и планирование системы, производит мониторинг среды для ее дальнейшего стабильного развития. Шестая подсистема должна собирать, сохранять, производить, доставлять отдыхающему населению все необходимое. Эти подсистемы в совокупности дают целостное, функционально разнообразное, образование. Как и всякая система она имеет территориальный характер, ей свойственна динамичность, устойчивость, управляемость. Исходя из этого, ТРС может быть исследована в виде территориальной и отраслевой модели.

Большая часть свойств территориальных рекреационных систем, которые являются объектом рекреационной географии, обуславливается территориальной привязанностью, поэтому ТРС исследовать уместно.

В ходе развития концепции в исследовании территориальных рекреационных систем выделились следующие научные подходы: геосистемный, гуманитарный, социально-географический, пространственно-временной.

Суть социально-географического подхода заключается в изучении пространственных процессов и форм организации жизни людей в рамках территориальной рекреационной системы с точки зрения условия быта, отдыха, труда и др. Данный подход рассматривает рекреационные системы как крупное образование социальных систем, которые носят территориальный характер. Более того, этот подход определяет территориальную рекреационную систему как своеобразную часть территориальной хозяйственной системы и системы расселения, включая ее тем самым в предмет исследования социально-экономической географии.

В 1980-е гг. значительным достижением являлось создание пространственно-временного подхода к изучению территориальных рекреационных систем, которое позволило преодолеть статичность в представлениях о них. В структуре системы использование времени помогло решить задачи, которые связаны с рациональным использованием рекреационных ресурсов и оптимизацией среды рекреационной деятельности. Временная организация рекреационной деятельности стала важным на-

правлением научных исследований. При этом рассматривается не только сезонность функционирования территориальных рекреационных систем, но и многолетняя динамика их развития. Представления о субъектно- и объектно-центрированных моделях территориальных рекреационных систем были сформированы в рамках пространственно-временного подхода. Общим в этих моделях стала основа формирования – человеческие потребности в отдыхе. Разница заключалась лишь в том, что в формировании демогеографических территориальных рекреационных систем доминирующую роль играет человек, и они образуются и формируются независимо от качества и наличия рекреационных ресурсов (ярким примером подобных территориальных рекреационных систем являются пригородные зоны отдыха). Ведущим фактором возникновения и развития ресурсно-географических территориальных рекреационных систем являются количество и качество рекреационных ресурсов [9].

В конце XX в. советские географы предприняли попытки дополнить и обогатить социально-географический подход гуманитарным. В. С. Преображенский сформулировал в концепции территориальных рекреационных систем понятие «узкие места», что послужило основными причинами введения социально-географического подхода в рекреационные исследования: слабая гуманизация, недостаточная практическая изученность проблем самоорганизации рекреационной деятельности, неоконченность образования проблемного рекреологического (междисциплинарного) подхода. Поэтому вместе с тем появилась необходимость создания вспомогательных гипотез, исследовательских подходов и моделей. Например, на географическом факультете МГУ была создана адаптационная (средовая) модель рекреационной системы, в которой и был применен гуманитарный подход.

В рамках данного подхода человек в структуре рекреационной системы выделяется как «основное действующее лицо, организатор и ведущий субъект туристской практики». Рекреационная деятельность включает в себя три стадии:

- 1) преддеятельность;
- 2) деятельность;
- 3) последеятельность.

Первая фаза показывает структуру и характер потребностей в рекреации, создающуюся ими избирательность к содержанию,

местам, видам проведения рекреационной деятельности. Вторая фаза рассматривает процесс реализации данных занятий как форм связи людей с зонами отдыха. Третья фаза выявляет действенность рекреации и эмоциональную, и экономическую и социальную.

В разработанной модели рассматривается не только отраслевая территориальная рекреационная система в определенном пространстве, а все пространство, в котором совершается рекреационная деятельность. Эта черта достаточно важна, поскольку в любом рекреационном районе происходит столкновение интересов «гостей» и «хозяев» по использованию ресурсов среды.

В последние годы в исследованиях рекреационных систем стал применяться геосистемный подход, суть которого сводится к тому, что изучаемая территория рассматривается как совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных геосистем различных иерархических уровней.

Термин «геосистема» был введен в 1963 г. академиком В. Б. Сочавой, определившим ее как «целое, состоящее из взаимосвязанных компонентов природы, подчиняющихся закономерностям, действующим в географической оболочке или ландшафтной сфере». В дальнейшем учение о геосистемах получило развитие в работах многих известных географов: А. Г. Исаченко; В. С. Преображенского, Т. Д. Александровой, Т. П. Куприяновой, Б. И. Кочурова и др.

Применение геосистемного подхода в исследованиях рекреационных систем привело к формированию понятия «ландшафтно-рекреационная система», под которой понимается «современный ландшафт в свете туристическо-рекреационных исследований». Основными свойствами таких систем признаются геоцентричность (выдвижение на первый план ландшафтов), иерархичность и информационность (связь с пейзажным разнообразием). Предложены также различные классификации ландшафтно-рекреационных систем: иерархическая, по особенностям функционирования (стационарные, «маятниковые», стихийные, «спящие» и скрытые), по типу рекреационных занятий (санаторно-курортные, туристские и пр.).

Рассмотренные выше подходы к исследованию территориальных рекреационных систем (ТРС) так или иначе базируются на антропоцентрическом характере систем рекреации и туризма, что означает прежде всего замыкание всех системных связей на удовлетворении рекреационных потребностей людей. Развитие систем рекреационного природопользования на

данной методологической основе может привести к разрушению их природной составляющей и функциональному прекращению развития. В связи с этим в настоящее время появилась необходимость применения новых подходов в исследованиях территориальной организации рекреации [9].

С позиций функционального подхода структура территориальной организационной системы (ТОС) включает подсистемы: природно-ресурсную, производственную, населения и расселения, социальную и инфраструктурную [10]. Территориальная туристско-рекреационная система (ТТРС), являясь частью ТОС, представляет собой сложное и многоаспектное явление, которое может включать в себя составляющие всех функциональных подсистем ТОС, исходя из этого функциональную структуру ТТРС можно представить в следующем виде (рис. 2) [11]. Исходя из этого, ТТРС включает следующие функциональные подсистемы:

- 1) потребители (туристы) – главная составляющая ТТРС. Именно они являются системообразующим толчком к формированию ТТРС вместе со своими желаниями, потребностями и деятельностью. Потребители есть основа ее развития и функционирования;
- 2) природно-ресурсная подсистема ТТРС включает в себя те составляющие природы, которые задействуются или могут быть задействованы для организации общественной туристско-рекреационной деятельности;
- 3) подсистема населения отвечает не только за воспроизводство населения, но и за воспроизводство трудовых ресурсов и потенциальных туристов;
- 4) социальная подсистема отвечает за появление на территории совокупности общественных отношений, таких как производственные, национальные, конфессиональные, экологические, моральные и другие, создавая главные черты социума;
- 5) производственная подсистема «объединяет все виды экономической деятельности на территории, совокупность предприятий и производств первичной и вторичной (материальной) сфер» [10];
- 6) инфраструктурная подсистема ТТРС включает в себя совокупность учреждений сферы услуг и организаций, которые обеспечивают условия функционирования ТТРС.

М. Д. Шарьгин и В. А. Столбов [10] подразделили инфраструктуру ТОС на производственную (коммуникационную), социальную, духовную, природно-экологическую, рыночную, управленческую и институциональную.

Именно туристская инфраструктура подразделяется на основную, дополнительную, сопутствующую и поддерживающую. Основная инфраструктура предоставляет основные туристские услуги, такие как питание, размещение, транспортные услуги, экскурсионные, услуги туристских фирм. Дополнительная инфраструктура расширяет основные туристские услуги, дает разнообразие туристской деятельности, улучшает качество всей совокупности туристских услуг: анимационных, информационных, продажи сувенирной продукции и проч. Сопутствующая инфраструктура в основном ориентируется на сервис для местного населения, но туристы способствуют увеличению количества потребителей и расширению ее функции. Вместе с тем возникают условия в границах дестинации для нахождения в ней туристов: торговые, страховые, банковские, телекоммуникационные, медицинские и другие учреждения. Поддерживающая инфраструктура обеспечивает работу основной и дополнительной туристской инфраструктуры, например, органов управления туристской сферой, образовательных и научных учреждений, органов безопасности и правопорядка, транспорта, предприятия и сети коммунального обслуживания, дорожного хозяйства и проч.

- 7) Базовой подсистемой ТТРС являются аттракции, привлекающие туриста на определенную территорию. Аттракциями могут быть любые явления, представляющие интерес для туриста и привлекающие его в дестинацию (поэтому, эту подсистема является субъективной). Потребители (туристы) также могут играть роль аттракций [11].

М. М. Амирханов выделял факторы различия, которые определяют рамки туристических региональных рынков и факторы вовлечения, побуждающие общество к рекреационной деятельности [11]. Данный подход используется при исследовании спроса на уровне региона. П. Мариот выделил локализирующие, реализующие, селективные фак-

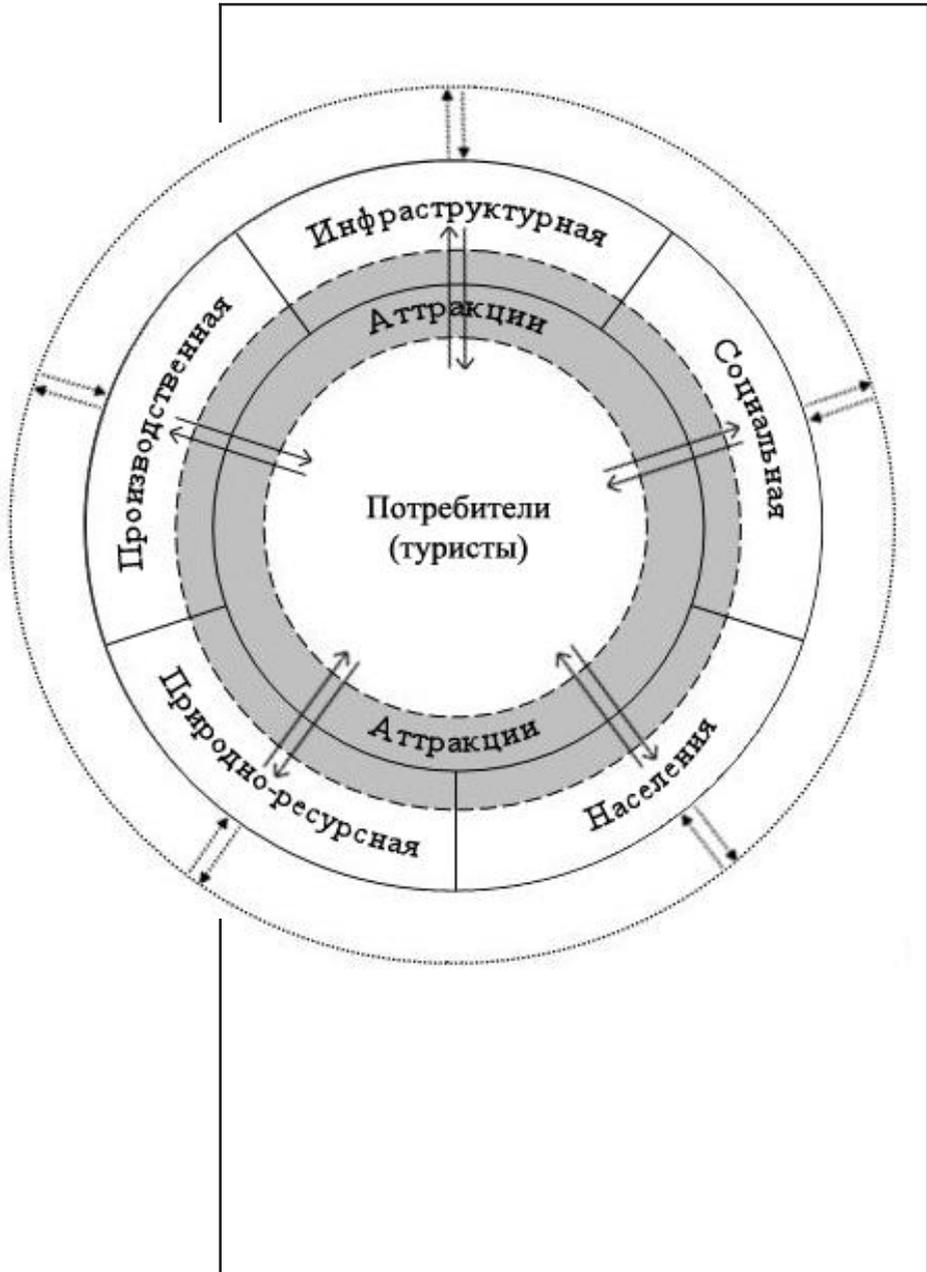


Рисунок 2.

Функциональная структура территориальной туристско-рекреационной системы (составлено М. А. Саранча на основе функциональной модели ТОС М. Д. Шарьгина и В. А. Столбова [10]).

торы. Локализирующие (культурно-исторические и природные) ограничивают систему в рамках, селективные (расселение, хозяйство, политические и социальные причины) определяют уместность и необходимость формирования системы; реализующие (материально-технические и коммуникационные) способствуют связи системы и суперсистем [13].

Уместно дифференцировать факторы на две группы: факторы, которые формируют потребность в образовании рекреационной системы и факторы, которые реализуют эту потребность. Первая группа характеризуется следующими важными свойствами ТРС, такими как: разнообразие, целостность, надежность, динамичность. Вторая группа связана с процессами и свойствами, которые происходят в системе (производство, расселение, транспорт и др.). А. Ю. Шайдаров заметил, что возникновение региональных туристско-рекреационных систем (РТРС) (разнообразных моделей построения на территории региона туристского пространства, которые исходят из возможности оптимального применения региональных туристских культурно-исторических и природных ресурсов) является наиглавнейшим условием создания в регионе конкурентоспособной и высокоэффективной индустрии туризма, которая удовлетворяет в разнообразных туристских услугах потребности не только российского, но и иностранного населения [14].

Итак, ТТРС – это сложное образование геосистемы, которое характеризуется общественно-естественной сущностью, направлено на удовлетворение туристско-рекреационных потребностей и вместе с тем получения социальных, политических, экономических, экологических, культурных, и других необходимых результатов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Митрофанова А.В. Региональный туристский кластер как форма пространственной организации туризма (на примере Калининградской области): автореф. дис. ... канд. экон. наук. Калининград, 2010. 24 с.
2. Шальнев В.А., Ляшенко Е.А., Нефедова М.В. Учение о территориальной рекреационной системе: утраченные иллюзии или новые возможности // Вестник Кемеровского государственного университета, 2014. № 3(59). Т. 1. С. 51–54.
3. Министерство физической культуры, спорта и туризма Оренбургской области [Электронный ресурс]. URL: <http://minsportturizm.orb.ru/>.

4. Теоретические основы рекреационной географии / Под ред. В.С. Преображенского. М.: Наука, 1975. 222 с.
5. Николаенко Т.В. Процесс рекреационного освоения региона (на примере Крыма). Симферополь: ТНУ, 1998. 116 с.
6. Николаенко Д.В. Рекреационная география. М.: Владос, 2003. 224 с.
7. Зорин И.В., Квартальнов В.А. Энциклопедия туризма. М.: Финансы и статистика, 2003. 320 с.
8. Мироненко Н.С., Бочава М. Рекреационные системы. М.: Изд-во МГУ, 1986. 136 с.
9. Мироненко Н.С., Пирожник И.И., Твердохлебова И.Т. Теоретические основы рекреационного районирования // Теоретические проблемы рекреационной географии. М.: Изд-во МГУ, 1989. 224 с.
10. Шарыгин М.Д., Столбов В.А. Введение в экономическую и социальную географию. М.: Дрофа, 2007. 253 с.
11. Саранча М.А. Территориальная туристско-рекреационная система как комплексное общественно-природное образование // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о земле». – 2010. Выпуск 3. С. 58–68.
12. Амирханов М.М., Татаринев А.А., Трусов А.Д. Экономические проблемы развития рекреационных ресурсов // Рос. АН. Сочин. науч.-исслед. центр // Науч. ред. В.Л. Макаров. М.: Экономика, 2002. 142 с.
13. Mariot P. Funkcne hodnotenie predprecladov cestovneho ruchu ako podklad pre mнемщкутшу priestoroveho modelu cestovneho ruchu. Geografiky cosopis, 1971. Гос. 23, № 3.
14. Шайдаров А.Ю. Экономический механизм формирования, функционирования и развития региональной туристско-рекреационной системы: На примере Северо-западного региона: автореф. дис. ... канд. экон. наук. СПб., 2006. 23 с.

#### ОБ АВТОРАХ

**Попова Ольга Борисовна**, кандидат географических наук, доцент кафедры географии и регионоведения Оренбургского государственного университета. Телефон 8 (3532) 37-25-42.

E-mail: [aviso1@yandex.ru](mailto:aviso1@yandex.ru).

**Подосенова Ирина Александровна**, кандидат географических наук, доцент Оренбургского государственного университета.

Телефон +79033672988. E-mail: [irina\\_essina@mail.ru](mailto:irina_essina@mail.ru).

**Popova Olga Borisovna**, Ph.D., Associate Professor, Department of Geography and Regional Studies Orenburg State University. Phone: 8 (3532) 37-25-42. E-mail: [aviso1@yandex.ru](mailto:aviso1@yandex.ru).

**Podosenova Irina Aleksandrovna**, PhD in Geography, docent Orenburg State University. Phone: +79033672988.

E-mail: [irina\\_essina@mail.ru](mailto:irina_essina@mail.ru).

УДК 911.37

Тикунов В. С. [Tikunov V. S.],  
Попков А. В. [Popkov A. V.]**МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖИЛИЩНОЙ СФЕРЫ  
В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ****Mathematical-cartographic modeling  
of the housing sector in the GIS environment**

Среди основополагающих задач жилищного строительства наиболее значимыми являются задачи активного освоения территорий под различные виды жилищного строительства и создание в каждом муниципальном образовании жилищного фонда социального использования в пропорциях, соответствующих потребностям очередников муниципального образования. Применение современных научных и практических методик в жилищной сфере территориального планирования позволяет произвести исследования имеющихся проблем, более эффективно и точно спланировать пути их решения, а также спрогнозировать ситуацию в обозримом будущем. По нашему мнению, методы математико-картографического моделирования в недостаточной мере используются в целях планирования территорий и в жилищной сфере в частности. Впервые данный классический метод используется для моделирования жилищной сферы муниципального района и составляются авторские карто-схемы, отражающие показатели расчета на примере муниципального района Раменки г. Москвы. В математико-картографическом моделировании всегда довольно остро стоит проблема автоматизации вычислений. При довольно большом количестве узлов регулярной решетки, по которой ведутся вычисления формулы, на первый план выходит проблема многократного расчета значений по одной и той же формуле, что требует большое количество вычислительных ресурсов. Математико-картографическое обеспечение с использованием «гравитационных» моделей позволяет прогнозировать развитие ситуации и помогает в принятии управленческих решений в планировании территорий, предсказать возможное появление проблем и выбор корректных путей их решения.

**Ключевые слова:** Жилищное строительство, муниципальные образования, методы математико-картографического моделирования, планирование территорий, автоматизация вычислений, потенциал поля расселения.

Among the fundamental objectives of the housing construction, the most significant are the task of active development of territories for different types of housing construction and the establishment in each municipality housing stock of social usage in proportions corresponding to the needs of the staff of the municipality. Application of modern scientific and practical methodologies in the sphere of housing spatial planning allows to study the existing problems more effectively and precisely plan the ways of their solution, as well as to predict the situation in the foreseeable future. According to the authors, methods of mathematical-cartographic modeling in insufficiently utilized for planning and housing in particular. For the first time this classic method is used for simulation of the housing sector of the municipal district and are copyrighted card-schemes reflecting the indicators based on the example of municipal district Ramenki of Moscow. In mathematical-cartographic modelling always problem is quite acute automate calculations. At the very large number of nodes a regular lattice, which are of a formula, the problem of repeated calculation values according to the same formula that requires a large amount of computing resources. Mathematical-cartographic support using the «gravity» of models allows to predict devel-

opment of the situation and helps in decision making in the planning of territories, to predict the possible problems and selection of the correct ways of their solution.

**Key words:** Housing, municipalities, methods of mathematical and cartographic modeling, spatial planning, automation of computing field potential settlement.

### **Введение**

Среди основополагающих задач жилищного строительства наиболее значимыми являются задачи активного освоения территорий под различные виды жилищного строительства и создание в каждом муниципальном образовании жилищного фонда социального использования в пропорциях, соответствующих потребностям очередников муниципального образования.

Это включает в себя снос ветхого, морально и физически устаревшего жилья и полное обеспечение существующих площадок объектами инженерно-транспортной и социальной инфраструктуры. Должно быть уделено внимание осуществлению комплексной реконструкции жилых зданий, а также развитию малоэтажного строительства в двух перспективных направлениях – малоэтажной высокоплотной застройки и строительства развивающихся многоквартирных жилых домов.

Сложившиеся эффективный рынок жилья и финансовые механизмы, обеспечивающие доступность приобретения жилья для граждан, и обеспеченность комплексной застройки и реконструкции г. Москвы инженерной и социальной инфраструктурой создают экономические, социальные и организационные предпосылки для решения жилищной проблемы в Московской области.

Применение современных научных и практических методик в жилищной сфере территориального планирования позволяет произвести исследования вышеперечисленных проблем, более эффективно и точно спланировать пути их решения, а также спрогнозировать ситуацию в обозримом будущем.

### **Новизна, задачи и цель работы**

По мнению авторов, методы математико-картографического моделирования в недостаточной мере используются в целях планирования территорий и в жилищной сфере в частности. Целью работы мы обозначили описание применения и реализацию метода матема-

тико-картографического моделирования с использованием «гравитационной» модели структуры явлений.

Впервые данный классический метод используется для моделирования жилищной сферы муниципального района и составляются авторские карто-схемы, отражающие показатели расчета на примере муниципального района Раменки г. Москвы.

Для достижения цели работы последовательно ставились и достигались следующие задачи:

1. Сбор необходимых данных для расчета и картографирования результатов
2. Модификация и реализация алгоритма расчета, произведение вычислений
3. Картографирование и анализ полученных результатов

### **Исходные данные**

В качестве картоосновы брались исходные данные открытого проекта OpenStreetMap [2, 3], которые включают в себя информацию об основных объектах жилищной сферы муниципального района Раменки г. Москвы. Динамичное обновление данных OpenStreetMap участниками данного проекта позволяет достигать требуемого уровня актуальности информации, что является важным критерием приемлемости данного типа ресурса данных для картографирования такой динамично развивающейся сферы, как жилищное строительство в г. Москве.

Тем не менее, многие объекты жилищной сферы находятся еще в статусе только запланированных, либо строящихся. Информация о них еще отсутствует в базе OpenStreetMap, но уже доступна на официальных веб-ресурсах застройщиков. К необходимой для расчета информации мы отнесли пространственное расположение строящихся или запланированных к постройке объектов и их планируемую суммарную жилую площадь. Полученные данные были добавлены вручную и впоследствии использовались нами для расчета и построения математико-картографической модели.

### **Математико-картографическое моделирование**

Существующий метод математико-картографического моделирования, использующий «гравитационные» модели структуры явлений имеет множество вариаций и наиболее эффективно применим в за-

висимости от объекта картографирования и области применения модели [1]. Кроме того, область картографирования не всегда целесообразно совмещать с областью расчета, так как это обусловлено целью, для которой выполняется расчет. Также особенности работы алгоритма моделирования еще больше накладывают ограничения на области картографирования и расчета.

С учетом вышеперечисленных обстоятельств был выбран традиционный метод расчета потенциала поля расселения по регулярной решетке. Значение потенциала выражается степенью взаимодействия  $V$  любой точки территории  $j$  со всеми жилыми объектами и вычисляется по формуле:

$$V_{ij} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{P_i}{D_{ij}} \right),$$

где  $P_i$  – суммарная жилая площадь объекта,  
 $D_{ij}$  – расстояние до объекта.

Расчет по данной формуле производился в трех вариантах: для существующих жилых объектов муниципального района Раменки, для только строящихся / запланированных к постройке объектов и для двух типов вместе взятых. В качестве области расчета была выбрана область, ограниченная муниципальным районом, так как цель построения соответствующих карто-схем – оценка существующей сети жилых объектов (строящихся, комбинированная сеть) с точки зрения их взаимного влияния друг на друга, удобства их размещения по отношению к населению именно данного муниципального района – территориальной единицы организации жилищного обслуживания. В качестве области картографирования была взята область, немного большая области муниципального района для более наглядной визуализации.

### Реализация алгоритма

В математико-картографическом моделировании всегда довольно остро стоит проблема автоматизации вычислений. При довольно большом количестве узлов регулярной решетки, по которой ведутся вычисления формулы, на первый план выходит проблема многократного расчета значений по одной и той же формуле, что требует большое количество вычислительных ресурсов.

Многие исследователи в своих работах для вычисления потенциала поля расселения прибегали к различным методам (расчет матрицы расстояний, с последующим оверлеем растровых слоев). По нашему мнению, такой способ не является эффективным инструментом в исследованиях, так как требует множество нетривиальных операций и не соответствует понятию автоматизации в вычислениях.

Нами был выбран следующий способ расчета. Вычисление значений по вышеприведенной формуле выполнялось с помощью написания программного модуля, реализующего имеющийся алгоритм расчета потенциала поля расселения.

Схема алгоритма расчета приведена на рисунке 1.

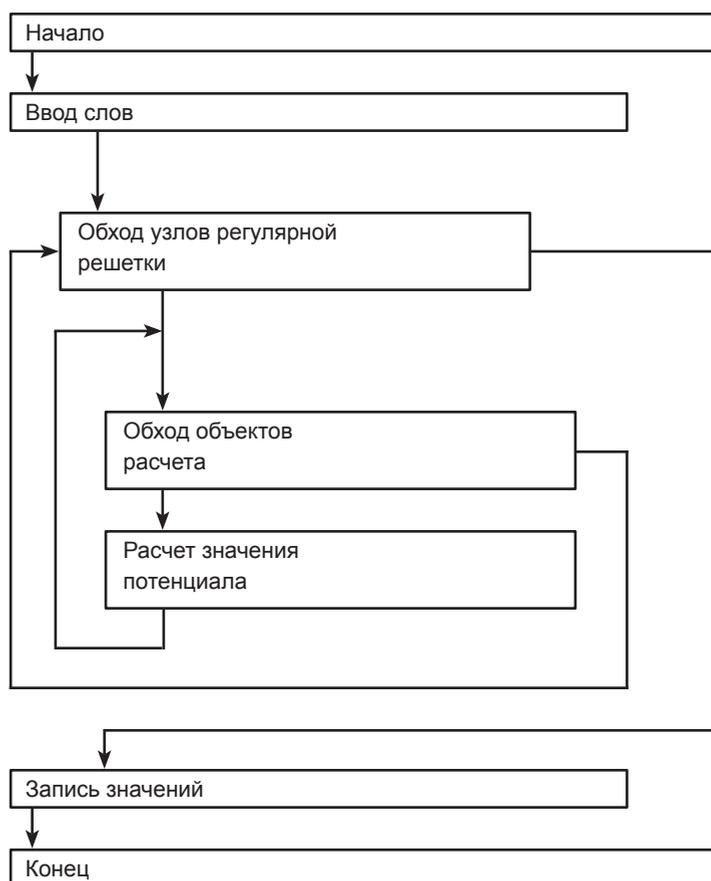


Рисунок 1. Схема алгоритма расчета.

Далее алгоритм реализовывался с помощью языка программирования Python. Код программного модуля приведен в приложении. Данный модуль может быть использован в свободно распространяемой и популярной настольной среде QGIS для расчета значений потенциала.

### Визуализация, карто-схемы

В качестве инструментов для визуализации в статье был использован свободно распространяемый и широко известный программный продукт QGIS [5]. Именно в среде QGIS разрабатывался и использовался программный модуль, написанный на языке Python [4] в Приложении.

Прежде всего осуществился импорт пространственных и атрибутивных данных OpenStreetMap, которые отразились в виде слоев. Именно с использованием этих слоев далее производился расчет и запись полученных результатов в отдельно созданное поле слоя регулярной решетки. На основе полученного параметра в узлах регулярной решетки, отражающего значение потенциала производилась дальнейшая визуализация.

В связи с тем, что расчет потенциала довольно требователен к вычислительным ресурсам, регулярная сетка, покрывающая район Раменки, подбиралась всего с 100 000 узлами. После выполнения расчетов полу-

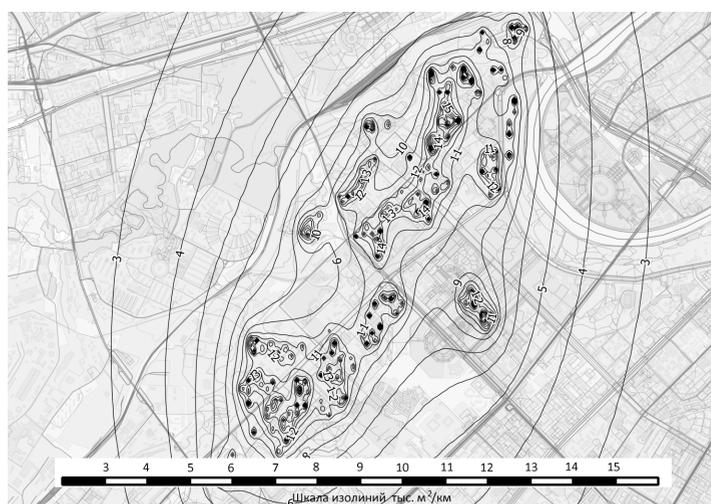


Рисунок 2.

Потенциал поля существующих жилых объектов.

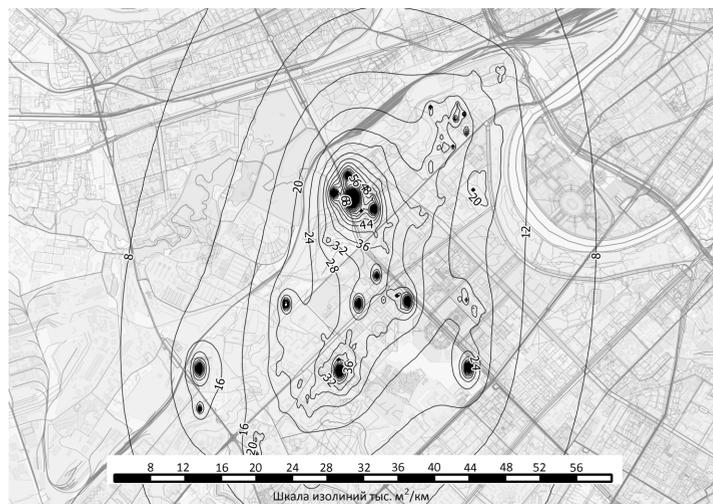


Рисунок 3. Потенциал поля планируемых жилых объектов

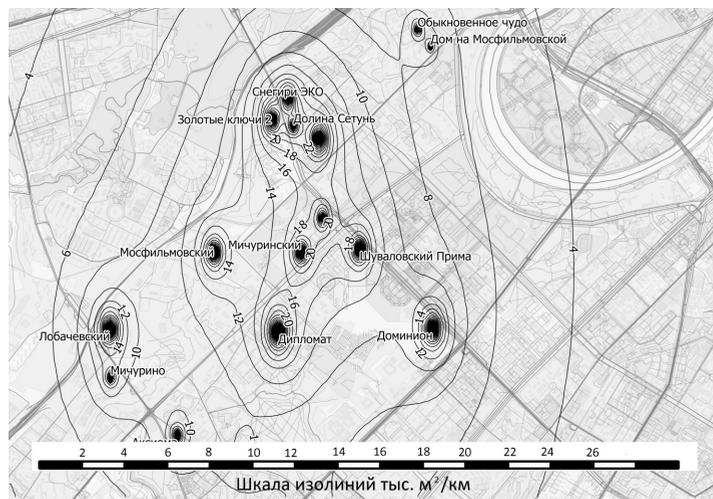


Рисунок 4. Комбинированная модель потенциала поля жилых объектов.

ченные данные интерполировались до непрерывного растрового покрытия и только после этого этапа строились изолинии с помощью встроенного модуля QGIS.

### Анализ полученных результатов

Проанализировав полученные после визуализации карто-схемы, можно сделать некоторые выводы относительно жилищной сферы выбранного района.

На первой карто-схеме отражена текущая ситуация и взаимное влияние существующих жилых объектов в пределах района Раменки. Здесь наиболее высокие показатели потенциала достигаются вдоль Мичуринского проспекта и Мосфильмовской улицы, значения как бы равномерно вытянуты вдоль транспортных магистралей. Несколько обособленно выглядят показатели потенциала для территории МГУ, влияние этой территории присутствует безусловно, но в сравнении с территориями Мичуринского проспекта и Минской улицы оно заметно слабее.

Вторая карто-схема отражает только отдельный потенциал новостроя, планируемых и уже строящихся объектов. Большая площадь новостроя в квадратных метрах обеспечивает довольно высокие значения потенциала в области улицы Минской (комплексы «Снегири ЭКО», «Долина Сетунь» и «Золотые ключи 2»), улицы Лобачевского (обособленный комплекс «Лобачевский») и на Ломоносовском проспекте возле м. Университет (комплекс «Доминион»). С одной стороны, большой прирост жилых зданий увеличивает и без того уже имеющийся высокий потенциал в областях улиц Мосфильмовской, Минской и Мичуринского проспекта. С другой стороны, довольно равномерно покрывает территорию района за исключением территории при МГУ. Интересно также то, что влияние новых жилых построек умеренно распространится на территорию университета, об этом можно судить по значению потенциала около 70.

Завершающая модель рассчитывалась с учетом всех жилых объектов: запланированных, строящихся и существующих. Стоит отметить, что учет запланированных построек заметно увеличивает имеющийся потенциал жилых построек, а также расширяет область влияния улиц Мосфильмовской, Минской, Мичуринского и Ломоносовского проспектов. Появляются ярко выраженные дискретные участки с сильными полями потенциала и влияние жилых корпусов МГУ не так заметно на их фоне.

В заключение можно сказать, что поле значений потенциала ориентировано в большей мере к центру столицы и вдоль транспортных магистралей на всех трех карто-схемах. Появление новых многоэтажных жилых зданий практически не влияет на ориентацию поля, которое имеет правильную овальную форму. Соответственно, наибольшее влияние комп-

лексное поле будет оказывать прежде всего на центр столицы. По всей вероятности, такая ориентация поля и следующее из него влияние на центр города обусловлены сложившейся исторически транспортной системой. В сравнении, намного меньше влияния оказывается на соседние районы (ЮЗАО, ЗАО).

Следует отметить, что цены на жилье варьируются на довольно высоком уровне и практически все застройки относятся к элитному типу жилья. Из равномерности цен на жилье в данном районе следует, что в практическом плане показателю цены при расчете потенциала можно отдать второстепенную роль и вести расчет можно по показателю жилой площади.

Наконец, полученные данные и информация о таком распределении показателя потенциала жилых объектов имеют большую практическую значимость в планировании территорий, ведь смежные сферы (такие, как сфера обслуживания, производства, рекреации) напрямую связаны с жилищным сектором. Так, исходя из полученных карто-схем можно сделать выводы о предпочтительном размещении объектов других сфер по отношению к жилищной.

### **Выводы**

Обобщив полученные результаты, можно сказать, что в ходе исследования был успешно применен «гравитационный» метод математико-картографического моделирования для исследования жилищной сферы муниципального района «Раменки».

Был описан процесс реализации классического алгоритма расчета и написан на современном языке программирования программный модуль, который может быть очень полезен для расчета потенциалов полей расселения в различных исследованиях и для объектов разного рода. Продемонстрирована работа программного модуля в исследовании жилищной сферы района и получены удовлетворительные результаты, которые были визуализированы в виде карто-схем.

Проанализировав полученные карто-схемы, мы пришли к следующим выводам: введение в эксплуатацию большого количества строящегося и запланированного к постройке жилья существенно изменит картину района и потребует также развития транспортной и инженерной инфраструктуры, сферы обслуживания и т.п. Особенно остро данная проблема

будет выражена на ул. Мосфильмовской и Минской, а также юго-западе Мичуринского проспекта.

Также было выяснено, что довольно сильную нагрузку получит и центр города, намного большую, чем соседние районы, что довольно критично в условиях мегаполиса.

Математико-картографическое обеспечение с использованием «гравитационных» моделей позволяет прогнозировать развитие ситуации и помогает в принятии управленческих решений в планировании территорий, предсказать возможное появление проблем и выбор корректных путей их решения.

## Приложение

Код программного модуля:

```
from qgis.core import *
import qgis.utils
#layer load
layer1 = QgsVectorLayer(«C:/Users/popkov/Desktop/New folder/ramenki_shape/regular.shp»,»reg», «ogr»)
layer2 = QgsVectorLayer(«C:/Users/popkov/Desktop/New folder/ramenki_shape/centroids.shp»,»centroids», «ogr»)
#double iteration over 2 layers
iter1 = list(layer1.getFeatures())
iter2 = list(layer2.getFeatures())
i=0

for feature1 in iter1:
    v=0
    for feature2 in iter2:
        d = QgsDistanceArea()
        v+= feature2.attributes()[1]/d.measureLine(feature1.geometry().asPoint(),feature2.geometry().asPoint())
        attrs = { 1 : v }
        layer1.dataProvider().changeAttributeValues( {i: attrs} )
    print v
    i+=1
```

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тикунов В.С. Моделирование в картографии: учебник. М.: Изд-во МГУ, 1997. 405 с.
2. Open Standards requirement for software [Electronic resource]. URL: <http://opensource.org/osr>.
3. Open street map project [Electronic resource]. URL: <http://www.openstreetmap.org>.
4. Python documentation [Electronic resource]. URL: <http://www.python.org/doc/>.
5. QGIS documentation [Electronic resource]. URL: <http://www.qgis.org/en/documentation.html>.

### ОБ АВТОРАХ

**Тикунов Владимир Сергеевич**, доктор географических наук, профессор географического ф-та Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, директор Мирового центра данных по географии. Телефон (495) 9391339.

E-mail: [tikunov@geogr.msu.su](mailto:tikunov@geogr.msu.su).

**Попков Алексей Владимирович**, аспирант географического ф-та Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Тел. 89651766136. E-mail: [popkov@geoalex.ru](mailto:popkov@geoalex.ru).

**Tikunov Vladimir Sergeevich**, professor, Dr. of Science, Head of World Data Center for Geography, Geographical Faculty of M.V. Lomonosov Moscow State University. Phone (495)9391339. E-mail: [tikunov@geogr.msu.su](mailto:tikunov@geogr.msu.su).

**Popkov Alexey Vladimirovich**, PhD student, Geographical Faculty of M.V. Lomonosov Moscow State University. Phone 89651766136. E-mail: [popkov@geoalex.ru](mailto:popkov@geoalex.ru).

УДК 796.5

Тикунова И. Н. [Tikunova I. N.],  
Крапивина М. Г. [Krapivina M. G.]

## КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНОЛЫЖНЫХ КУРОРТОВ ЕВРОПЫ

### Classification of ski resorts in Europe

Применение метода многомерных классификаций позволило определить две группы показателей («основные» и «сопутствующие»), сумма которых может быть представлена как критерий уровня привлекательности горнолыжных курортов для туристов («индекс туристской привлекательности горнолыжных курортов»). Использование данного формального метода выявило территориальную дифференциацию внутренних и международных горнолыжных курортов. Анализ разнообразия горнолыжных курортов Европейского туристского региона выявил различия между ними не только по уровню развития горнолыжной инфраструктуры и масштабам производства горнолыжных туристских услуг, но и по их специализации. Обозначились основные типы специализации горнолыжных курортов Европейского туристского региона по видам оказываемых ими горнолыжных услуг: классические горнолыжные, семейные, сноубордические и экстремальные.

**Ключевые слова:** горнолыжные курорты; Европа; формальные классификации.

The use of the multivariate classification method allowed defining two groups of parameters («primary» and «auxiliary»), whose sum is a criterion for the attractiveness of ski resorts for tourists (the «index of tourist attractiveness of ski resorts»). This formal method revealed territorial differentiation of domestic and international ski resorts. Analysis of characteristics of ski resorts in the European tourist region showed differences not only in the level of infrastructure and scale of services, but also in their specialty. The main types of ski resorts considering all provided services are classic skiing, family, snowboarding, and extreme.

**Key words:** ski resorts; Europe; formal classification.

Горнолыжная индустрия, оказывающая услуги туристам, становится глобальной. Она включает в себя и производство горнолыжного и сноубордического инвентаря, и специфическую горнолыжную инфраструктуру с входящими в нее гостиничным сектором, горнолыжными подъемниками и трассами. Курорты создаются не только в тех местах, где для этого есть естественные условия, но и искусственно: при помощи инновационных технологий строятся искусственно оснеженные крытые горнолыжные трассы. С одной стороны, в производстве горнолыжных туристских услуг участвуют страны-поставщики, в которых горнолыжная индустрия наиболее развита: Австрия, Франция, Швейцария, Италия; с другой – регионы, в которых наиболее выражен выездной горнолыжный туризм: Азиатско-Тихоокеанский, Восточно-Европейский и Центрально-

Азиатский регионы. Горнолыжная инфраструктура наиболее развита в странах Европы, в частности, в Альпийском регионе, на который приходится 40 % всех горнолыжных курортов мира.

Одним из главных показателей уровня развитости горнолыжного комплекса региона может служить поток как внутренних, так и международных туристов-горнолыжников, пользующихся услугами горнолыжной инфраструктуры стран, входящих в этот регион. Поэтому в работе проанализированы туристские потоки, их динамика, структура туристского спроса.

### Методы классификации горнолыжных курортов

В социально-экономической географии для изучения классификации географических комплексов существует ряд математических методов. Они основаны на построении определенных формальных алгоритмов, отражающих специфические географические задачи. К таким задачам относится взаимосвязь статистических показателей каких-либо географических явлений с их местоположением, т.е. выявление пространственной дифференциации территории по заданным показателям. Для составления классификации горнолыжных курортов, выявления уровня развитости их горнолыжной инфраструктуры, и характеристики степени их туристской привлекательности, в рамках данного исследования был выбран метод оценочных классификаций, разработанный профессором В. С. Тикуновым [14, 15]. Алгоритм позволяет получать синтетические характеристики оценочного положения территориальных единиц по единой шкале и ранжировать данные территориальные единицы на основе этих оценок. Все территориальные единицы характеризуются наборами показателей, которые, прежде всего, нормировались, для чего, удобно использовать формулу:

$$\widehat{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - \widetilde{x}_j}{x_j^{max} - \widetilde{x}_j}; i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, m;$$

где  $n$  – количество территориальных единиц;  
 $m$  – количество показателей;  
 $x_j^{max}$  – наихудшее для каждого показателя оценочное значение;  
 $\widetilde{x}_j$  – наиболее отличающееся от (наилучшее для каждого показателя оценочное значение).

Рассматривая нормированные показатели, как приведенные к своеобразной соизмеримой форме возможно найти их суммарные значения:

$$S_i = \sum_{j=1}^m \widehat{x}_{ij};$$

Такие величины приближено характеризуют оценочное положение территориальных единиц. Чем больше величина  $S_i$ , тем лучше синтетическая оценочная характеристика у соответствующей территориальной единицы.

Данный агрегированный показатель ( $S_i$ ) для создания классификации горнолыжных курортов Европы рассчитывался нами на страновом и региональном уровнях. Данная схема расчета позволяет выявить присутствие территориальной дифференциации и различий в уровне развитости горнолыжной инфраструктуры курортов внутри каждой европейской страны отдельно, и среди всех горнолыжных курортов Европы совокупно. Среди показателей, характеризующих местоположение горнолыжных курортов и степень развитости их инфраструктуры, были обозначены две группы.

Первая – «основные показатели», из этих показателей формируется туристское предложение курорта. К ним относятся такие показатели как:

1. Продолжительность горнолыжного сезона – данная величина отражает тип высотной поясности территории, на которой расположен горнолыжный курорт, и связанные с ней факторы, влияющие на его функционирование (географическое положение горной системы, рельеф, климат, экспозиция склонов).
2. Общая длина горнолыжных трасс курорта – эта величина характеризует степень освоенности территории, с целью привлечения большего числа туристов. Так как к категории горнолыжных главным образом относят те трассы, которые создаются искусственно, постоянно обрабатываются специализированной техникой и имеют определенные параметры в соответствии с принятой в стране маркировкой, то чем больше их совокупная длина, тем разнообразнее горнолыжное туристское предложение которым располагает курорт.

3. Общая пропускная способность всех горнолыжных подъемников курорта – эта величина, отражающая максимально возможное количество горнолыжников, которых одновременно может принять на своих склонах и трассах курорт. Так же данная величина является статистическим пределом посещаемости курорта, что коррелирует с его величиной и отражает степень развитости его горнолыжной инфраструктуры. Для того чтобы сузить круг исследуемых курортов, для расчетов были взяты только те курорты, совокупная пропускная способность которых превышает две тысячи горнолыжников в час.

Вторая группа – «сопутствующие показатели», отражают степень развитости горнолыжной инфраструктуры курорта и ее социально-экономическую специализацию; к ним относятся такие показатели как:

1. Стоимость абонеента на горнолыжные подъемники курорта – данная величина позволяет выявить ценовую дифференциацию между горнолыжными курортами как внутри одной страны, так и всего региона. В рамках исследования наилучшим значением считается наименьшая стоимость.
2. Наличие или отсутствие сноуборд-парка – этот критерий отражает, насколько курорт вовлечен в привлечение более молодой категории туристов. Чем больше количество сноуборд-парков на территории курорта, тем его конкурентоспособность в борьбе за обозначенную категорию потребителей выше.
3. Наличие или отсутствие зоны для катания фрирайд – данный критерий обозначает, насколько развит сегмент услуг у курорта, связанных с экстремальным горнолыжным туризмом, и насколько курорт вовлечен в новые тенденции развития горнолыжного туризма.
4. Искусственное освещение горнолыжных трасс в ночное время – позволяет оценить полноту использования инновационных технологий, и выделить курорты привлекающие услугой ночного катания дополнительных пот-

ребителей. Это могут быть туристы, которые посещают курорт из-за данной услуги, или те, кто таким образом реализуют возможность более частого катания, в связи с возможностью пользоваться услугами курорта в свободное от работы время.

5. Искусственное оснежение склонов – демонстрирует желание курортов продлить горнолыжный сезон и снизить негативное воздействие климата, в связи с изменениями в котором количество снежных дней на курортах, расположенных ниже отметки 1 300 м над уровнем моря, постепенно уменьшается. Также данный показатель отражает насколько курорты, обладающие таким ресурсом, продвигают идею гарантированного катания на своих склонах, акцентируя на снижении своей зависимости в осадках от климатических условий. У категории потребителей, заранее планирующих поездки в горы, формируется доверие к курорту, что обеспечивает более стабильный приезд туристов.

Сумма агрегированных показателей на региональном уровне дает нам новый, комплексный показатель – «индекс туристской привлекательности горнолыжных курортов». Этот индекс в полной мере отражает уровень туристской привлекательности курорта, так как он учитывает, какой набор гарантированных горнолыжных услуг, входящих в стоимость дневного горнолыжного абонемена, предоставляет курорт. Индекс отражает, как соотносятся цена, разнообразие и качество горнолыжных услуг.

### **Индекс привлекательности горнолыжных курортов**

На страновом уровне агрегированный показатель, рассчитанный по первой группе критериев («основных показателей») отражает территориальное расположение курортов на горных массивах. В связи с тем, что в центре Европы границы между странами проходят по горным хребтам и их наивысшим пикам, районирование курортов внутри стран выявило следующую зависимость – чем больше значение агрегированного показателя тем, больше вероятность, что курорт расположен в приграничной зоне. Это трансграничные курорты, нацеленные на меж-

дународного потребителя. Такие трансграничные курорты в результате договоренностей между правительствами европейских стран оказывают услуги не только международным туристам горнолыжникам, остановившимся в отелях на своей территории, но и тем, которые пользуются услугами курортов, будучи гостями других стран, имеют доступ к курортам нескольких стран благодаря единым зонам катания (единый горнолыжный абонемент). Данная политика увеличивает число туристов, особенно это характерно для стран, где туристские, визовые и таможенные формальности пройти проще, цены на проживание дешевле, а горнолыжное катание можно осуществлять на территории другой страны. Те же курорты, у которых агрегированный показатель ниже, расположены на более низких высотах, и в большей своей части на тех массивах, которые находятся в глубине страны. Это внутренние курорты, обособленные и нацеленные на национального потребителя.

На региональном уровне в Европе подтверждается лидирующее место за странами Альпийского региона Францией, Австрией, Швейцарией и Италией.

На страновом и региональном уровнях агрегированный показатель, рассчитанный по второй группе критериев («сопутствующие показатели»), выявил, что большинство европейских курортов за счет развитости этих критериев компенсируют менее развитую первую группу. То есть фактически страны учитывают менее привлекательные природные ресурсы своих курортов, и компенсируют эти недостатки за счет искусственного развития инфраструктуры, увеличивая ее и дополняя. Такая ситуация сложилась по всей Европе. Для Западных стран Европы такая компенсация производится за счет строительства искусственного оснежения и сноуборд-парков (Австрия, Швейцария, Италия), для стран Скандинавии больше развито строительство искусственного освещения и сноуборд-парков (Финляндия, Норвегия).

Суммарный комплексный показатель – «индекс туристской привлекательности горнолыжных курортов», был рассчитан по всем горнолыжным курортам относящейся к Европейскому туристскому региону. Для расчетов были отобраны наиболее крупные курорты, с пропускной способностью горнолыжных подъемников более 2 000 чел. в час. После чего для каждой страны было найдено среднее арифметическое значение индекса по показателям ее курортов. Далее учитывая средние значения, был произведен выделение таксонов методом деления на однородные

группы, по возрастанию значения [14]. Сформировались 5 наиболее выраженных групп, в которые вошли страны в соответствии с показателем «индекса туристской привлекательности горнолыжных курортов».

Первая группа стран с «наименее привлекательными» горнолыжными курортами, с показателем индекса в диапазоне от 0,8 по 1. К этой группе относятся: Узбекистан, Черногория, Турция, Греция, Словения, Словакия, Болгария, Украина, Испания, Белоруссия, Лихтенштейн, Латвия (в порядке возрастания значения индекса). Испания, Словения, Турция, Греция и Черногория – южно-европейские страны, и попали в данную группу из-за короткого горнолыжного сезона (2,5–3 месяца). Словакия, Болгария, Белоруссия, Украина, Лихтенштейн и Латвия из-за мало развитой горнолыжной инфраструктуры.

Вторая группа стран с «не привлекательными» горнолыжными курортами с показателем индекса в диапазоне от 1,005 по 1,144. К этой группе стран относятся: Норвегия, Швеция, Румыния, Казахстан, Грузия, Хорватия, Российская Федерация. Эти страны объединяет долгий горнолыжный сезон (от 3-х месяцев) и малая развитость «сопутствующих показателей», – отсутствие искусственного освещения и оснежения, сноуборд-парков, патрулируемых фрирайд зон.

Третья группа стран с «привлекательными» горнолыжными курортами с показателем индекса в диапазоне от 1,205 по 1,226. К этой группе относятся такие страны как: Франция, Чехия, Польша, Армения. У этой группы стран общее свойство – продолжительный горнолыжный сезон (от 4-х месяцев). В данной группе оказались страны, у которых сопоставима цена и разнообразие горнолыжных услуг. Исключение составляет Франция, которая попала в данную группу из-за отсутствия искусственного освещения и оснежения, но имеет большое разнообразие других услуг, и высокие цены на дневные абонементы (что в рамках данной группировки было заложено как фактор снижающий привлекательность горнолыжных курортов).

Четвертая группа стран с «высокой привлекательностью» горнолыжных курортов с показателем индекса в диапазоне от 1,371 по 1,412. К этой группе относятся: Швейцария, Италия, Финляндия, Босния и Герцеговина, Германия. Общее у этих стран, это разнообразие горнолыжных услуг, высокая развитость горнолыжной инфраструктуры, продолжительным горнолыжным сезоном (от 4,5 месяцев и больше). Швейцария отличается более высоким уровнем цен на дневные абонементы на горнолыжные подъемники.

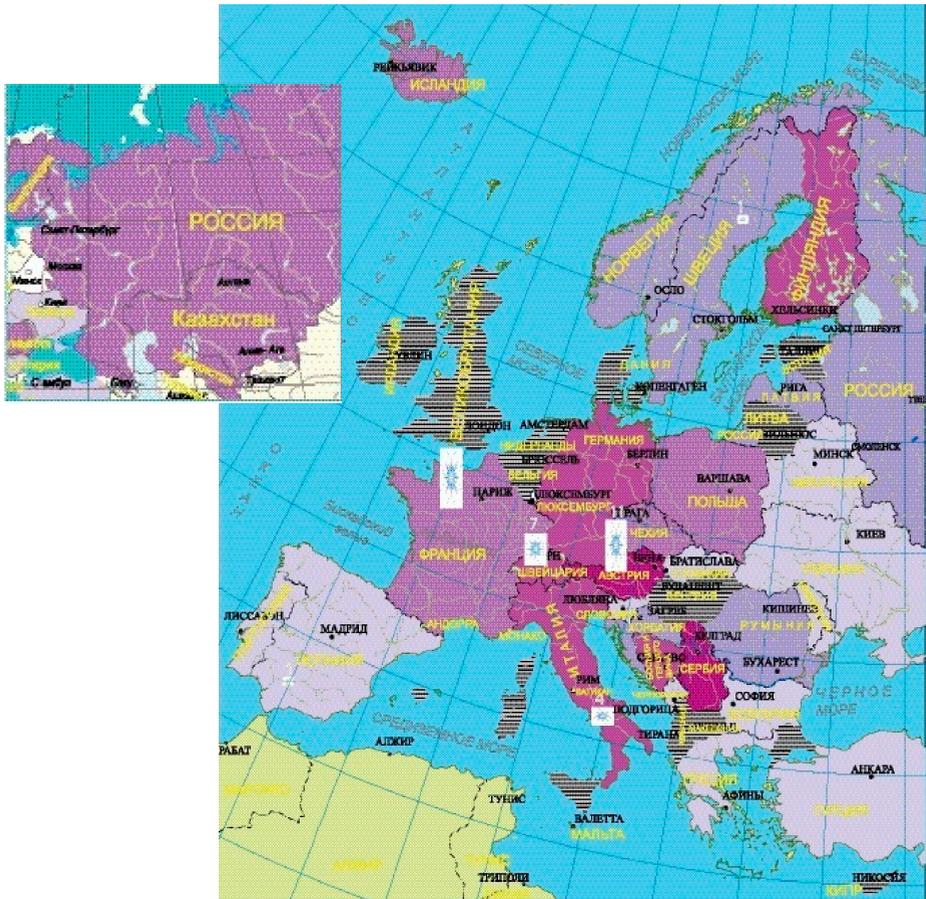
Пятая группа стран с «самыми привлекательными» горнолыжными курортами с показателем индекса в диапазоне от 1,579 по 1,927. К этой группе относятся: Австрия, Сербия, Андорра. Эти страны воплощают идеальное соотношение стоимости дневных абонементов на горнолыжные подъемники и разнообразием предоставляемых по ним услуг. Формальный математический метод выявил, что наиболее привлекательными странами для туризма являются Австрия и Андорра, что отражает действительно высокоразвитую горнолыжную инфраструктуру этих стран, разнообразие услуг, и демократичность цен в сравнении с другими странами Европы. Сербия так же относится к категории стран, в которых сбалансированы показатели: цена и качество.

Обобщая вышеизложенное, можно сделать вывод, что учитывая значения «индекса туристской привлекательности горнолыжных курортов», стоит воспринимать его не с точки зрения развитости горнолыжного туризма и горнолыжной инфраструктуры в странах Европы, а учитывая соотношение между ценами на горнолыжные услуги и их разнообразием (рис.).

Классификация горнолыжных курортов Европейских стран по специализации горнолыжных услуг.

Для того чтобы создать классификацию горнолыжных курортов Европы по их специализации, был использован метод группировки. После анализа предложений туристских горнолыжных услуг курортами были выделены следующие виды специализации горнолыжных курортов:

1. Классические – к такому типу курортов относятся горнолыжные курорты, где есть все условия для катания на горных лыжах для лыжников всех уровней подготовки;
2. Семейные – это курорты с трассами разного уровня сложности, но все же больше нацеленные на начинающих лыжников, с большим количеством горнолыжных школ, и обязательным наличием детских горнолыжных садов, школ, городков;
3. Сноубордические – курорты нового типа, обязательно располагающие всеми условиями для катания на сноуборде, сноуборд-парками, школами сноубординга, хаф-пайпами и др.;
4. Экстремальные – такие курорты обязательно организуют на своей территории более одной патрулируемой спасате-



**Индекс туристской привлекательности горнолыжных курортов\***



Андора



Лихтенштейн



Количество региональных горнолыжных комплексов (с посещением от 1 млн туристов за горнолыжный сезон)

\* Суммарный индекс, определенный методом многомерных математических классификаций посредством нормирования комплекса тематических показателей и отражающий сбалансированность между ценой на горнолыжные абонементы и разнообразием горнолыжных услуг, оказываемых курортом.

Рисунок.

Туристская привлекательность горнолыжных курортов.

лями зоны катания фрирайд, имеют службу гидов-инструкторов по фрирайду, а так же оказывают услуги хели-ски.

Стоит учесть, что многие горнолыжные курорты с высокоразвитой горнолыжной инфраструктурой воплощают смешанный тип курортов, располагая всеми перечисленными выше направлениями в классификации одновременно. Чтобы обозначить дифференциацию в туристском горнолыжном спросе, для создания типологии учитываются наиболее яркие проявления специализации горнолыжных курортов. Так нагляднее отражается сегмент спроса, на который рассчитано туристское предложение европейских стран.

К «классическим» относятся все курорты Армении, Боснии и Герцеговины, Лихтенштейна, Румынии и Черногории; большая часть курортов Грузии, Казахстана, Словении и Украины; ровно половина курортов Белоруссии, Греции, Польши, Словакии и Хорватии; менее половины курортов Болгарии, Греции, России и Чехии. И наименьшее число узкоспециализированных курортов на территории таких стран, как Австрия, Италия, Швейцария, Швеция и Франция. Не обладают курортами с такой специализацией Андорра, Германия, Испания, Латвия, Норвегия, Сербия и Финляндия.

К «семейным» относится большая часть курортов Белоруссии, Болгарии и Латвии. Страны, у которых более половины горнолыжных курортов имеют такую специализацию, – это Болгария, Испания, Норвегия. Страны, у которых с такой специализацией меньше половины курортов, – это Австрия, Андорра, Италия, Россия, Турция, Финляндия, Хорватия, Чехия, Швейцария, Швеция. Страны, у которых таких курортов нет: Армения, Белоруссия, Босния и Герцеговина, Германия, Грузия, Казахстан, Лихтенштейн, Польша, Румыния, Сербия, Словакия, Словения, Узбекистан, Финляндия, Франция и Черногория.

К «сноубордическим» относится большая часть курортов таких стран, как Андорра, Германия, Швейцария, Сербия, Финляндия, Норвегия, Латвия, Испания. Страны у которых более половины Австрия, Италия, Франция, Швеция. Половина курортов таких стран как: Белоруссия, Польша, Россия и Хорватия. Менее половины курортов Греции, Казахстана, Словакии, Словении, Турции, Украины и Чехии. Нет курортов с такой специализацией у курортов Армении, Боснии и Герцеговины, Грузии, Лихтенштейна, Румынии, Узбекистана и Черногории.

К «экстремальным» относятся более половины курортов таких стран, как Австрия, Андорра, Узбекистан и Швейцария. Менее половины курортов Германии, Грузии, Испании, Италии, Словении, Турции, Франции и Швеции. Минимальная доля таких курортов у России (менее 5%). Вообще не обладают такой специализацией горнолыжные курорты: Армении, Белоруссии, Болгарии, Боснии и Герцеговины, Греции, Казахстана, Латвии, Лихтенштейна, Норвегии, Польши, Румынии, Сербии, Словении, Украины, Финляндии, Хорватии, Чехии и Черногории.

Горнолыжная специализация курортов позволяет им привлекать дополнительных потребителей, конкурировать на рынке горнолыжных услуг. Появляется возможность искусственно создавать спрос, ориентируясь на определенную категорию туристов горнолыжников, удовлетворяя их потребности. Разнообразие горнолыжных услуг позволяет выявлять категории туристов, потребителей (горнолыжники, сноубордисты, экстремалы, туристы путешествующие семьями). Соотношение между курортами с разной специализацией характеризует общую направленность страны в привлечении туристов горнолыжников.

## ВЫВОДЫ

Применение метода многомерных классификаций определило две группы показателей («основные» и «сопутствующие»), сумма которых может быть представлена как критерий уровня привлекательности горнолыжных курортов для туристов («индекс туристской привлекательности горнолыжных курортов»). К данным показателям относят: продолжительность горнолыжного катания, общую длину горнолыжных трасс курорта, общую пропускную способность всех горнолыжных подъемников курорта, стоимость абонеента на горнолыжные подъемники курорта, наличие или отсутствие сноуборд-парка и патрулируемой спасательными службами зоны для катания, наличие или отсутствие услуг ночного катания и искусственного оснежения горнолыжных трасс. Использование данного формального метода выявило территориальную дифференциацию внутренних и международных горнолыжных курортов. Так, наибольшему значению агрегированного показателя соответствует расположение курорта в приграничной зоне. «Индекс туристской привлекательности горнолыжных курортов» так же отображает, насколько сбалансировано установилось соотношение между ценой на дневной горно-

лыжный абонемент на подъемники и разнообразием включенных в его стоимость гарантированных горнолыжных услуг. Его значения подтверждаются статистическими данными. Андорра занимает лидирующее место среди европейских стран по количеству международных прибытий туристов-горнолыжников (95 % туристского потока).

Анализ разнообразия горнолыжных курортов Европейского туристского региона выявил различия между ними не только по уровню развития горнолыжной инфраструктуры и масштабам производства горнолыжных туристских услуг, но и по их специализации. Обозначились основные типы специализации горнолыжных курортов Европейского туристского региона по видам оказываемых ими горнолыжных услуг: классические горнолыжные, семейные, сноубордические и экстремальные.

Территориальное расположение региональных горнолыжных комплексов Европы, их взаимосвязь на экономическом и транспортном уровнях, общие туристские потоки и производство взаимодополняющих горнолыжных туристских услуг, позволяет говорить об общеевропейской, взаимосвязанной и взаимовыгодной горнолыжной индустрии как экономико-географическом феномене, который мы предлагаем назвать «Горнолыжный комплекс Европы».

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александрова А. Ю. География туризма. 2-е изд. М.: КНОРУС, 2009. 592 с.
2. Афанасьева О. В. Турция. М.: АСТ, 2008. 125 с.
3. Генш К. Курорты мира. М.: АСТ, 2007. 358 с.
4. Горнолыжный курорт Хлидарфьяль. URL: [www.hlidarfjall.is](http://www.hlidarfjall.is)
5. Горнолыжные курорты Швейцарии. Справочная информация для профессионалов и любителей. 2009. 157 с.
6. Жданова М., Буга Н., Аверин Д., Горнолыжные курорты Европы: путеводитель. М., 2005. 276 с.
7. Калькаев А. М. Горнолыжные курорты Восточной Европы: Польша, Чехия, Словакия, Румыния, Болгария, Сербия, Черногория, Хорватия. М.: Вокруг света, 2007. 192 с.
8. Калькаев А. М., Шамшадинова А. Р. Горнолыжные курорты Западной Европы: Австрия, Германия, Италия, Словения, Франция, Швейцария, Андорра // Вокруг света. 2006. 288 с.
9. Перевозчиков А. Ski-Гид–2012. Т. 1. Горнолыжные курорты мира. М.: Ред. журн. «Техника – молодежи», 2012. 247 с.

10. Перевозчиков А. Ski-Гид–2012. Т. 2. Горнолыжные курорты России и ближнего зарубежья. М.: Ред. журн. «Техника – молодежи», 2012. 239 с.
11. Сайт новостей в сфере туризма: Global Travel Industry News: URL: [www.eturbonews.com/22081/unwto-congress-debate-future-snow-and-mountain-tourism](http://www.eturbonews.com/22081/unwto-congress-debate-future-snow-and-mountain-tourism), свободный
12. Самойленко А. А. География туризма. М.: Феникс, 2006. 140 с.
13. Терентьев И. А. Управление развитием горнолыжного туризма: дис. ... канд. экон. наук. Сочи, 2006. 166 с.
14. Тикунов В. С. Классификации в географии: ренессанс или увядание? (Опыт формальных классификаций). Москва; Смоленск: Изд-во СГУ, 1997. 367 с.
15. Тикунов В. С. Метод классификации географических комплексов для создания оценочных карт // Вестн. Моск. ун-та, сер. геогр. 1985, №4. С. 28–36.
16. Трофимова А. Горные лыжи. Западная Европа и Словения: курорты и трассы, скипассы: цены и скидки, аргес-ски и экскурсии, лучшие спа-центры, фондю и глинтвейн : путеводитель. М.: Вокруг света, 2011. 413 с.
17. Уилсон А. Мировой атлас горнолыжных курортов / пер. с англ. Ткаченко К. М.: ФАИР, 2010. 270 с.
18. Ski Ru горные лыжи: URL: [www.ski.ru/static/361/2\\_23249.html](http://www.ski.ru/static/361/2_23249.html).

#### ОБ АВТОРАХ

**Тикунова Ирина Николаевна**, кандидат географических наук, научный сотрудник кафедры географии мирового хозяйства географического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. E-mail: [tikunov@geogr.msu.su](mailto:tikunov@geogr.msu.su).

**Крапивина Марина Георгиевна**, магистр кафедры географии мирового хозяйства географического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. E-mail: [mari.n14@mail.ru](mailto:mari.n14@mail.ru)

**Tikunova Irina Nikolayevna**, PhD, scientific researcher of Department of Geography of World Economy, Moscow State University M. V. Lomonosov. E-mail: [tikunov@geogr.msu.su](mailto:tikunov@geogr.msu.su).

**Krapivina Marina Georgigevna**, magistrate of Department of Geography of World Economy, Moscow State University M. V. Lomonosov. E-mail: [mari.n14@mail.ru](mailto:mari.n14@mail.ru).

УДК 332.12

Щитова Н. А. [N. A. Shitova]  
Чихичин В. В. [V. V. Chihichin]

## **СРАВНИТЕЛЬНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УРОВНЯ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ\***

**Comparative geographical analysis of the level  
of socio-economic development of the regions  
in European Russia**

В статье на примере Смоленской, Белгородской областей и Ставропольского края показана неоднородность социально-экономического развития регионов европейской России. Обозначены общие и частные проблемные точки социально-экономических процессов, определена степень влияния на них того или иного фактора.

**Ключевые слова:** европейская Россия, Смоленская область, Белгородская область, Ставропольский край, социально-экономическое развитие, географическое положение, демографические и миграционные процессы.

In this paper an example of Smolensk region, Belgorod region and Stavropol region is shown heterogeneity of socio-economic development of the regions of European Russia. Marked general and specific problem areas of socio-economic processes, the degree of influence of a factor.

**Key words:** European Russia, Smolensk region, Belgorod region, Stavropol region, socio-economic development, geographical location, demographic and migration processes.

Социально-экономический ландшафт России неоднороден. На нем выделяются горы благополучия и кризисные впадины. Регионы европейской России, несмотря на свои в целом благоприятные природные условия, географическое положение и исторические предпосылки, также разительно различаются по уровню развития. Покажем это на примере Смоленской, Белгородской областей и Ставропольского края.

Смоленская область входит в состав крайне разноплановой Центральной России (в рамках экономико-географического района) с общероссийскими лидерами (Москва и Московская область) и аутсайдерами (Ива-

---

\* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 12-06-00241-а).

новская и Костромская области). Сама она в рейтинге социально-экономического развития российских регионов находится на 60-м месте [18]. Белгородская же область в Центральном Черноземье занимает ведущие позиции, входит в первую двадцатку регионов России [18]. У нее высокая инвестиционная привлекательность [15], а у населения, проживающего здесь, очень высокий уровень социального самочувствия [17]. Ставропольский край, расположившись на 41-м месте [18], испытывает значительное влияние республик Северного Кавказа на ход экономических и общественных процессов. Он тем самым представляет в нашем исследовании самую депрессивную часть страны. Инвестиционная привлекательность Ставрополя умеренная [15], уровень социального самочувствия населения здесь высокий, как и у жителей Смоленской области [17].

За этими весьма общими и дискуссионными позициями (например, высокий уровень социального самочувствия при среднем уровне развития) в общероссийских рейтингах скрываются более частные нюансы, учитывать которые важно в процессе принятия управленческих решений. При этом необходимо понимать, что шаблонные решения несут возрастающие риски продолжения нарастания территориального неравенства и так неоднородного внутреннего пространства России [1]. Для выявления некоторых особенностей социально-экономических процессов выбранных нами регионов проведем их сравнительно-географический анализ<sup>1</sup>.

### **Географическое положение и территория как фактор социально-экономического развития**

Географическое положение (ГП) относится к факторам «первой природы», влияющим на конкурентные преимущества территории [21]. Оно у Смоленской, Белгородской областей и Ставропольского края имеет немало общих черт. Все три региона являются (Ставрополье – условно) приграничными. Для первых двух граница с Белоруссией и Украиной – это новый рубеж со славянскими государствами, взаимодей-

---

1 Многие сведения взяты с сайтов администрации Смоленской области (<http://www.admin-smolensk.ru>), Департамента экономического развития Смоленской области (<http://econsmolensk.ru>), Губернатора и Правительства Белгородской области (<http://www.belregion.ru>), Министерства экономического развития Ставропольского края (<http://www.stavinvest.ru/index.php>).

ствие с которыми все постсоветское время либо официально, либо неофициально (на межличностном уровне) не прекращалось. Ставропольский край, не находясь непосредственно на границе (но она расположена всего в 100 км.), является своеобразной буферной зоной между республиками Северного Кавказа и остальной Россией, разными по культуре и менталитету, этническому и конфессиональному составу населения.

Соседство со «строящимися государствами» может приводить к постоянной нестабильности в пограничных областях. Близость к очагам этнотерриториальных конфликтов и, в частности, к самопровозглашенным государствам связана с неизбежной причастностью к ним. Только границы с устойчивыми и мирными странами действительно надежны [9]. Это как нельзя лучше демонстрирует весь Северный Кавказ (и в частности Ставропольский край), испытывая все постсоветское время негативное влияние нестабильного Закавказья. К сожалению, в 2014 году приграничность совершенно неожиданно оказалась для Белгородской области только отрицательным фактором развития в связи с кризисными событиями в соседней Украине.

К настоящему времени (к 2014 г.) из трех рассматриваемых нами пограничных территорий только Смоленская область демонстрирует вполне цивилизованные отношения со своим зарубежным соседом. Да, появившаяся граница разорвала часть прежних экономических и социальных связей, стала сдерживать потоки товаров, информации, капиталов, препятствовать трансграничным учебным, социальным и трудовым миграциям. Она все отчетливее стала выполнять барьерную функцию [8]. Но граница не только разделяет экономики и культуры, но и имеет потенциал для позитивного взаимодействия.

Отмеченная приграничность напрямую влияет на миграционные, демографические и этнические процессы. Все три рассматриваемых субъекта РФ в постсоветское время приняли десятки тысяч мигрантов из государств – бывших советских республик: Смоленщина – из Белоруссии, Белгородчина – из Украины, Ставрополье – в основном из Армении. Ежегодно здесь находили новое место жительства от 5 до 10 % въезжающих в Россию выходцев из соседних стран [4].

Миграционная активность населения этих регионов характеризуется еще и тем, что они являются перевалочным пунктом, из которых приехавшие недавно мигранты, переезжают на другие, более благоприятные в социально-экономическом плане территории. Местное население Смо-

ленской области и Ставропольского края довольно активно мигрирует туда же. Это хорошо видно из показателей общего миграционного прироста населения и миграционного прироста с зарубежными странами. Так, в 2005 г. в Смоленской области отмечалась миграционная убыль населения (–36 человек), но миграционный обмен с зарубежными странами дал прирост в 1442 человека, в 2012 году – 825 и 5318 человека соответственно [4]. Для Ставрополя такое характерно последние годы: в 2012 году общий миграционный прирост составил 2269 человек, а с зарубежными странами – 5871 человек [4].

Миграционная ситуация в Белгородской области характеризуется высокими показателями как общего прироста, так и прироста с зарубежными странами, что лишний раз свидетельствует о ее привлекательности как стабильного региона. Серьезным испытанием может стать новый поток стрессовых мигрантов из Украины. По данным областного управления МЧС на конец июля 2014 года здесь находились около 60 тыс. украинских граждан<sup>2</sup>.

Вторая общая особенность ГП трех регионов – транспортная транзитность. Еще Н. Н. Баранский писал, что «положение по отношению к путям сообщения приходится учитывать чаще всего, оно имеет большое и в то же время наглядное значение» [2]. Через Смоленскую область проходят автомобильная и железнодорожная трассы, соединяющие Россию с Республикой Беларусь, через Белгородский регион – с Украиной (кроме этой трассы здесь не менее активна магистраль, соединяющая Воронеж и Белгород), через Ставропольский край – с Закавказьем.

Транзитность всегда являлась выгодным фактором для развития. Но в случае с приграничными регионами необходимо иметь в виду, что транспортная система Советского Союза была уникальным интегрированным механизмом, созданным в ходе длительного исторического развития. Ее внезапное рассечение границами, превратившимися в серьезные барьеры, вызвало быстрый распад и радикальную трансформацию транспортных систем по обе стороны новых разделительных линий [9], что, безусловно, значительно снижает эффективность социально-экономического взаимодействия соседних территорий. Кроме того, в пределах

---

2 <http://www.bel.ru/news/region/2014/07/30/899048.html> (дата обращения 31.07.2014 г.).

отдельно взятого региона наличие крупных транспортных артерий приводит к обострению территориальных диспропорций. Так, в муниципальных районах и городах Смоленской области, расположенных вдоль федеральной трассы, на 28 % территории проживает 65 % населения, в Белгородской области – на 30 % территории 64 % населения, в Ставропольском крае – 12 % и 22 % соответственно.

Немаловажная черта трех рассматриваемых регионов, влияющая на территориальную дифференциацию социально-экономических процессов, – «нецентральность» главных городов. И Смоленск, и Белгород, и Ставрополь расположены ближе к западной границе своих субъектов, что значительно снижает их закономерные функции по охвату жителей наиболее полным перечнем услуг. Заметная особенность системы расселения Белгородской области и Ставропольского края – наличие мощных полицентричных агломераций, которые по своему влиянию и выполнению некоторых функций превосходят столичные, но также не охватывают услугами наиболее отдаленные территории, так как находятся на окраинах своих регионов: Старооскольско-Губкинская (330 тыс. чел.) и Кавминводская (600 тыс. чел.) соответственно.

И транспортная транзитность, и нецентральность главных городов, и неравномерное влияние агломераций – все это способствовало и продолжает способствовать формированию так называемой внутренней периферии. Особенно ярко она проявляется в Смоленской области. Есть мнение, что в разреженном социально-экономическом пространстве Нечерноземья уже вокруг городов с населением от 100 тыс. жителей и более как минимум один административный район демонстрирует лучшие показатели плотности сельского населения и эффективности сельского хозяйства [11]. В Смоленской области такой город всего один (Смоленск), четыре – имеют численность населения от 40 до 55 тыс. жителей (Вязьма, Рославль, Ярцево, Сафоново), в остальных десяти проживает менее 30 тыс. чел., а в самом маленьком – Духовщине – и вовсе около 4 тыс. Более того, в Нечерноземье (без Московской области) среднее расстояние между большими городами составляет около 190 км. Очевидно, что огромные внегородские пространства становятся социально-демографической «пустыней», для которой характерна не только депопуляция, но и бездорожье, замкнутость связей, социальная апатия и часто экономическая депрессия [12].

Одновременно положительной и отрицательной чертой ГП Смоленской области является ее нахождение в зоне непосредственного влияния

Московской агломерации. Жители Смоленщины имеют прямую возможность приобщаться к столичным социальным, духовным и материальным ценностям. Но в тоже время Московия давно и интенсивно перетягивает смоленское население, причем самое активное. Например, ее Гагаринский район в 1990-е годы принимал много мигрантов из стран СНГ, которые оседали в местах с более дешевым жильем, а теперь он интенсивней других районов «отдает» мигрантов соседней Московской области [20].

Таким образом, даже беглый анализ особенностей географического положения показал, что у «наших» регионов оно формально выгодное. У всех ГП транзитное, пограничное, у Смоленской области – пристольное. Для Белгородской области оно характеризуется непосредственным размещением в солидном бассейне минеральных ресурсов (более 40% разведанных запасов российских железных руд), для Ставропольского края – наличием и близостью крупнейших природных туристско-рекреационных ресурсов России. Ставрополье и Белгородщина расположены в зоне самого эффективного земледелия в стране. Но бывают случаи, когда, казалось бы, блестящее ЭГП сулит месту громадные преимущества, а они практически не реализуются [19]. В достаточно большой мере это демонстрирует Смоленская область и отчасти – Ставропольский край. И только Белгородская область «выжала» максимум пользы из географического положения и наличия природных ресурсов, подтверждая, что для России все еще повышена значимость факторов «первой природы», особенно обеспеченности минеральным сырьем, наиболее востребованными глобальным рынком (нефть, газ, металлы) [5].

### **Демографические процессы и социальная инфраструктура как индикатор уровня социально-экономического развития**

Описанные выше тенденции миграционных процессов, обусловленные географическим положением, благотворно отразилась на общей динамике численности населения трех рассматриваемых регионов, особенно Ставропольского края, численность населения которого увеличилась к 2014 году по сравнению с 1990 годом на 15 %, Белгородской области – на 11 %. В Смоленской области она хоть и уменьшилась на 16 %, но это все же меньше, чем в некоторых других регионах Центральной России: Костромской (на 18 %), Ивановской (на 19 %) и Тверской (на 20 %) областях.

Естественная убыль населения в Смоленской области, как и почти во всей Центральной России, началась раньше общероссийского демографического кризиса. Наибольший обвал отмечался на рубеже веков, как собственно в Белгородской области и в Ставропольском крае. Естественный прирост населения в настоящее время отмечается только на Ставрополье. Серьезной подпиткой численности населения трех регионов в 1990-е годы были миграции: в Смоленской области – внешние, в Белгородской области и Ставропольском крае – как внешние, так и внутренние. С 2000-х гг., после завершения стрессового периода, поток мигрантов значительно уменьшился. В Белгородской области положительный миграционный баланс сохранился. В Ставропольском крае его величина колеблется и устойчиво сокращается. Причина такой тенденции – снижение миграционного потенциала на всем постсоветском пространстве, в том числе и в российских регионах, соседних со Ставропольем (республики Северного Кавказа) [3].

Среди тех, кто переселялся в Белгородскую и Смоленскую области подавляющее большинство составляли славяне, поэтому в этих регионах сохранился мононациональный состав населения: доля русских 94 % и 95 % соответственно. На Ставрополье активные миграционные процессы отразились на изменении этнической структуры населения. По данным ВПН 2010 года русские составляют 80 % населения края (в 2002 г. – 82 %), армяне – 5,7% (5,5 %), даргинцы – 1,7 % (1,5 %), греки – 1,2 % (1,3 %), проживают здесь также цыгане, ногайцы, азербайджанцы, карачаевцы, туркмены и другие народы [13].

У кавказских и тюркских этносов все еще сильны традиции многодетной семьи, поэтому рождаемость у них выше, чем у славян, что делает ощутимым их вклад в положительную динамику численности населения. Подрастающая молодежь, родившаяся уже в Ставропольском крае, мигрирует в его пределах с целью получения профессионального образования и поиска работы. Тем самым активно меняется этническая карта региона, усиливается полиэтничность отдельных городов и районов. Это, к сожалению, порождает проблемы межэтнического и межконфессионального взаимодействия, что в целом влияет на социальные процессы.

Территориальные и природные факторы, исторические предпосылки, воспроизводственные процессы повлияли на особенности региональных систем расселения, от специфики которых во многом зависит развитость социальной инфраструктуры. В городах Смоленской области проживает 73 % населения, Белгородской области – 66 %, Ставропольского

края – 57 %. Регионы отличаются друг от друга и самим характером сельского расселения. На Смоленщине средняя людность сельского населенного пункта составляет 70 чел., на Белгородщине – 345 чел., на Ставрополье – 1,7 тыс. чел.

В регионах степного «русского» Юга и Черноземного Центра в 1990-е годы сельское население увеличивалось из-за большого потока возвратных миграций из СНГ. В 2000-х поток иссяк, и его сокращение возобновилось, крупно- и среднеселенное расселение стало мельчать, особенно быстро – в Черноземье. В мелкоселенном Нечерноземье процесс деградации и сжатия сельского расселения стал необратимым [6]. Это обусловлено общим коллапсом сельского хозяйства в этой части страны [11]. Более того, глобализация и информационная открытость усугубляют негативную ситуацию, особенно сильно оттеняя несоответствие сельской социальной среды запросам молодежи, которую способны притягивать лишь пригородные районы региональных столиц [7].

Исходя из вышеуказанных фактов, можно сделать вывод о том, что доступность объектов социального обслуживания на селе должна быть выше в Ставропольском крае и ниже – в Смоленской области. Например, в Смоленском регионе общий уровень газификации составляет почти 67%, а сельской местности – всего 32 %, в то время как на Ставрополье, будь то городская или сельская местность, он более 95 %.

С советских лет сельские населенные пункты с числом жителей даже от 201 до 500 человек выполняли функцию низовых центров социальных услуг. При устойчивом сокращении численности населения и доли таких сел им все сложнее выполнять данные функции даже в среднесрочной перспективе [6]. В нашем случае это особенно касается Смоленской области, 85 % сельских населенных пунктов которой имеют численность жителей менее 100 чел., в Белгородской области таких сел 43 %, в Ставропольском крае – 10 %. Такая ситуация превратилась в замкнутый круг. Отсутствие дорог и распад сельской инфраструктуры усиливали деградацию нежизнеспособных поселений в глубинке и давали дополнительные стимулы оттока населения. В то же время уменьшение населения отбивало (и отбивает) у властей всякое желание обустройства местности [12].

Но ввиду того, что общая численность населения Смоленской области сокращается, относительные показатели обеспеченности социальными услугами здесь увеличиваются. В Ставропольском крае же сеть учреждений социальной сферы, пострадавшая в 1990-е годы, не успевает

восстанавливаться и удовлетворять потребности возрастающего населения. Что касается Белгородской области, то здесь налицо экономические успехи, которые позволили достичь относительно благоприятных социальных показателей.

### **Экономическое развитие и общие выводы**

Основой социально-экономического благополучия является производство, которое развивается благодаря природным и человеческим ресурсам. Из трех рассматриваемых нами регионов явным экономическим лидером является Белгородская область, при этом в России по общему производству товаров и услуг она находится на 22-м месте (на душу населения – на 14-м), Ставропольский край – на 32-м месте (68), Смоленская область – на 52-м (47) [18].

Ставропольский край и Смоленская область отличаются крайне неравной траекторией экономического развития, но чаще ежегодный индекс производства, особенно сельскохозяйственной продукции, оказывается ниже 100 % все же на Смоленщине [14]. Индекс физического объема инвестиций в основной капитал с начала XXI века высок, за исключением, двух лет, в Белгородской области, положителен и почти стабилен в Ставропольском крае и крайне неровен в Смоленской области [14].

Наиболее впечатляют успехи Белгородской области в сельскохозяйственном производстве, которые солиднее, чем на Ставрополье, считающимся одной из житниц России. Смоленская область расположена в Нечерноземье и ее сельское хозяйство было неэффективным уже в советское время, оно превышало свои природные и демографические ограничения и сейчас сокращается [11]. Вообще, в нечерноземных регионах повышенная доля агросектора в ВРП (на Смоленщине – 7 %) свидетельствует, как правило, о слабом развитии остальных секторов экономики [20].

Приближаясь к заключению, отметим, что Белгородская область, обладая мощными минеральными и агроклиматическими ресурсами, сохранила индустрию при сбалансированном развитии третичного сектора, смогла адаптировать и интегрировать десятки тысяч мигрантов и обеспечить достаточно комфортную социальную среду – 13-е место в России по отношению доходов населения к стоимости фиксированного набора товаров и услуг [18].

Ставропольский край очень противоречив в социально-экономическом плане. С одной стороны – значительные ресурсы, а с другой яв-

ные провалы и в сельском хозяйстве, и особенно в социальной сфере: 51-е место в стране по отношению доходов населения к стоимости товаров и услуг [18]. Небольшим оправданием может служить большая численность его жителей (15-е место при 45-м по площади), сложное геополитическое положение (Кавказ и бывшие «горячие точки»), большой миграционный поток, в том числе усиливающий полиэтничность населения. Но в той же Белгородской области мигрантов было и есть гораздо больше. Дело скорее в субъективных факторах, в том числе административно-политических. Так, Ставропольский край явно не входит в лидеры по качеству стратегий социально-экономического развития, а Белгородская область занимает в нем 6-е место [16].

Смоленская область – регион слабый и в демографическом, и в миграционном, и в экономическом, и в социальном плане. Как бы это не звучало кощунственно, но именно демографический кризис позволяет удерживать здесь на достаточно высоком уровне многие подушевые показатели. Будущее нечерноземной внутренней периферии неоднозначно. Применительно к ней необходимо говорить не об экономике развития, а об экономике «хозяйственного сжатия» [10]. Это, собственно, и подтверждается современными документами территориального планирования. Все промышленные и даже почти все сельскохозяйственные потенциальные кластеры Смоленской области расположены вдоль межгосударственной федеральной трассы<sup>3</sup>. Кстати, тоже самое можно сказать и о Белгородской области<sup>4</sup>. В Ставропольском крае инвестиционные планы несколько отличаются, затрагивая не только территории вдоль федеральной трассы, но и пристоличные районы<sup>5</sup>.

Итак, нет сомнений, что от успешности развития каждого из трех регионов зависит не только их внутреннее социальное благополучие, но и ситуация в целых макрорегионах. Белгородская область должна показать пример социально-экономической стойкости в новых для России негативных геополитических условиях. От успехов Ставропольского края во многом зависит улучшение ситуации на проблемном Северном Кавказе. Смоленская область типична по кризисности для Центральной и Северо-Западной России. И это – ближайшее окружение Москвы, историчес-

---

3 <http://www.smolinvest.com>.

4 <http://www.derbo.ru/other/reestr-investicziornyix-ploshhadok-oblasti>.

5 [http://www.stavinvest.ru/upload/file/investicionnyy\\_memorandum.pdf](http://www.stavinvest.ru/upload/file/investicionnyy_memorandum.pdf).

кое ядро страны, основа российской культуры и идентичности. Необходимо добиваться на государственном уровне, чтобы Москва и Московская область не только стягивали ресурсы с близлежащих территорий, но и стали центром диффузии социально-экономического благополучия.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабурин В. Л. Географические аспекты современных экономических проблем // Региональные исследования. 2011. №2 (32). С. 49–55.
2. Баранский Н. Н. Становление советской экономической географии. М., 1980.
3. Белозеров В. С., Панин А. Н., Чихичин В. В. Этнический атлас Ставропольского края. Ставрополь, 2008. 208 с.
4. Демографический ежегодник России. 2013: Стат. сб. / Росстат. М., 2013. 543 с.
5. Зубаревич Н. В., Сафронов С. Г. Неравенство социально-экономического развития регионов и городов России 2000-х годов: рост или снижение? // Общественные науки и современность. 2013. №6. С. 15–26.
6. Зубаревич Н. В. Трансформация сельского расселения и сети услуг в сельской местности // Известия РАН. Серия географическая. 2013. №3. С. 26–38.
7. Карачурина Л. Б., Мкртчян Н. В. Миграционная подвижность молодежи и сдвиги в возрастной структуре населения городов и районов России (1989–2002) // Географическое положение и территориальные структуры: Памяти И. М. Майергойза / Составители П. М. Полян, А. И. Трейвиш. М., 2012. С. 688–707.
8. Катровский А. П. Смоленское приграничье: от депрессии и стагнации к устойчивому развитию // Региональные исследования. 2010. №4 (30). С. 70–75.
9. Колосов В. А. Постсоветские границы: своеобразие, трансграничные взаимодействия и безопасность // Географическое положение и территориальные структуры: Памяти И. М. Майергойза / Сост.: П. М. Полян, А. И. Трейвиш. М., 2012. С. 601–630.
10. Нефедова Т. Г. Поляризация пространства России: ареалы роста и «черные дыры» // Экономическая наука современной России. 2009. №1 (44). С. 62–77.
11. Нефедова Т. Г. Пространственные контрасты сельской местности // Отечественные записки. 2012. №6. С. 21–40.
12. Нефедова Т. Г. Российская периферия как социально-экономический феномен // Региональные исследования. 2008. №5 (20). С. 14–30.
13. Основные итоги Всероссийской переписи населения 2010 года на территории Ставропольского края [Электронный ресурс]. URL:

- [http://stavstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/stavstat/ru/census\\_and\\_researching/census/national\\_census\\_2010/score\\_2010](http://stavstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/stavstat/ru/census_and_researching/census/national_census_2010/score_2010).
14. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2013: Стат. сб. М., 2013. 990 с.
  15. Рейтинг инвестиционной привлекательности регионов России 2013 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.ra-national.ru/uploads/rus/files/analytic/file\\_review/16.pdf](http://www.ra-national.ru/uploads/rus/files/analytic/file_review/16.pdf).
  16. Рейтинг качества стратегий социально-экономического развития регионов России на апрель 2013 года: лидеры планирования [Электронный ресурс]. URL: [http://raexpert.ru/researches/regions/soc\\_eco\\_regions\\_04\\_2013](http://raexpert.ru/researches/regions/soc_eco_regions_04_2013).
  17. Рейтинг социального самочувствия регионов России. Третий выпуск [Электронный ресурс]. URL: <http://civilfund.ru/mat/view/63>.
  18. Рейтинг социально-экономического положения субъектов РФ. Итоги 2013 года [Электронный ресурс]. URL: [http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating\\_regions\\_2014.pdf](http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating_regions_2014.pdf).
  19. Смирнягин Л. В. Место вместо местоположения? (О сдвигах в фундаментальных понятиях географии // Географическое положение и территориальные структуры: Памяти И. М. Майергойза / Сост.: П. М. Полян, А. И. Трейвиш. М., 2012. С. 421–456.
  20. Смоленская область // Социальный атлас российских регионов [Электронный ресурс]. URL: <http://atlas.socpol.ru/portraits/smol.shtml>.
  21. Krugman P. R. Geography and Trade. The MIT Press, 1991. 142 p.

#### ОБ АВТОРАХ

**Щитова Наталия Александровна**, доктор географических наук, профессор кафедры экономической и социальной географии Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон 8 (905) 466-91-20. E-mail: [stavgeo@mail.ru](mailto:stavgeo@mail.ru).

**Чихичин Василий Васильевич**, кандидат географических наук, доцент кафедры экономической и социальной географии Северо-Кавказского федерального университета. Тел. 8 (905) 496-26-10. E-mail: [wawachi@yandex.ru](mailto:wawachi@yandex.ru).

**Shchitova Natalia Aleksandrovna**, Doctor of Geographical Sciences, professor of Department economic and social geography North Caucasus Federal University. Phone: 8 (905) 466-91-20.

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

**Chihichin Vasily Vasil'yevich**, candidate of Geographical Sciences, associate professor of Department economic and social geography North Caucasus Federal University. Phone: 8 (905) 496-26-10.

E-mail: [wawachi@yandex.ru](mailto:wawachi@yandex.ru).

УДК 57.044;  
504.05; 631.46

**Акименко Ю. В. [Akimenko Yu. V.],  
Казеев К. Ш. [Kazeev K. Sh.],  
Колесников С. И. [Kolesnikov S. I.],  
Одабашян М. Ю. [Odabashyan M. Yu.],  
Николаева К. Н. [Nikolaeva K. N.]**

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ АНТИБИОТИКА ТИЛОЗИНА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО\***

### **Environmental assessment effects of the antibiotic tylosin on biological properties of the chernozem ordinary**

В модельных экспериментах показан пролонгированный характер действия ветеринарного антибиотика тилозина (100, 300, 450, 600 мг/кг) и его комплекса с фунгицидным антибиотиком нистатином на микробиоценоз и ферментативную активность чернозема обыкновенного. Полное восстановление биологических свойств чернозема не происходит и через 120 суток.

**Ключевые слова:** загрязнение, антибиотики, тилозин, микроорганизмы, ферментативная активность, чернозем обыкновенный.

In model experiments the prolonged nature of action of a veterinary antibiotic tylosin (100, 300, 450, 600 mg/kg) and its complex with a fungicide antibiotic nystatin on micro-biocenosis and enzymatic activity of the chernozem ordinary is shown. The complete recovery of biological properties of the chernozem doesn't occur and in 120 days.

**Key words:** pollution, antibiotics, tylosin, microorganisms, enzymatic activity, chernozem ordinary.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время проблеме загрязнения окружающей среды ветеринарными антибиотиками и приобретения к ним устойчивости патогенных микроорганизмов уделяется особое внимание. По

---

\* Исследование выполнено в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки РФ №6.345.2014/К и государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ–2449.2014.4).

данным исследовательской компании *Research Techart*, в животноводстве России ежегодно используется около 3,5 тыс. т антибиотиков. Из них 23 % – для лечения и профилактики, 19 % – в качестве стимуляторов роста, 36 % – как противопаразитарные препараты, 22 % – как профилактические средства [5]. Так как многие антибиотики водорастворимы, вплоть до 90 % одной дозы может выделяться с мочой и 75 % с экскрементами животных [21].

В основном антибиотики попадают в почву благодаря применению навоза [24] и сточных вод [26] на сельскохозяйственных землях в качестве удобрения. В настоящее время антибиотики все чаще обнаруживаются в грунтовой и питьевой воде, сточных водах и сельскохозяйственных почвах [29]. Антибиотики из класса тетрациклинов обнаруживаются в почвах в концентрациях 100–900 мг/кг [25], из класса макролидов до 50–800 мг/кг [23].

Сейчас работников сельскохозяйственной сферы обвиняют в том, что антибиотики из сельхозугодий попадают в окружающие водоемы. Муниципальные системы очистки воды не в состоянии отфильтровывать антибиотики, и потому сейчас очень важно изучить, как такое загрязнение влияет на состояние экосистем.

Целью настоящего исследования являлась экологическая оценка воздействия ветеринарного антибиотика тилозина и его комплекса с фунгицидным антибиотиком нистатином на биологические свойства чернозема обыкновенного.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Тилозин – антибиотик макролидного ряда, продуцируемый *Streptomyces fradiae*, широко применяемый в животноводстве в качестве лечебно–профилактического средства и стимулятора роста. В России зарегистрирован ряд пероральных препаратов тилозина: Тилан («Эланко», США); Тиланик® водорастворимый порошок («ВИК – здоровье животных», Россия); Фармазин («Балканфарма», Болгария), который был использован в нашем исследовании, содержащий в качестве активно действующего вещества тилозина тартрат. Активен в отношении большинства грамположительных и некоторых грамотрицательных бактерий. Нистатин – полиеновый противогрибковый антибиотик. Действует на патогенные грибы и особенно на дрожжеподобные грибы *p. Candida*, а также на аспергиллы, в отношении бактерий неактивен.

Для экологической оценки последствий попадания тилозина в почву был исследован микробоценоз и ферментативная активность чернозема обыкновенного карбонатного южно-европейской фации Ботанического сада Южного федерального университета. Данный тип почв был выбран в связи с тем, что черноземы составляют большую часть почвенного покрова юга России и являются главным земельным ресурсом сельскохозяйственного производства [6].

Почва для модельных экспериментов была отобрана из пахотного слоя (0–25 см). Свежевысушенные образцы почвы обрабатывали раствором тилозина и его комплекса с фунгицидным антибиотиком нистатином в различных концентрациях: 100, 300, 450 и 600 мг/кг почвы. Данные концентрации были выбраны исходя из литературных данных по остаточным количествам антибиотиков в окружающей среде [27], а также благодаря результатам ранее проведенных рекогносцировочных исследований [3]. Все образцы инкубировали в вегетационных сосудах при температуре 20–25°C в темном месте, во избежание быстрого разложения антибиотиков, оптимальном увлажнении (60 % от полевой влагоемкости). Контролем служила почва, не подвергавшаяся обработке антибиотиками. Изменение динамики биологических свойств чернозема изучали через 10, 60, 120 суток.

Для оценки воздействия тилозина на чернозем изучали биологическую активность по 10 показателям. В качестве показателей биологической активности были исследованы: численность бактерий-аммонификаторов, амилолитических бактерий, микромицетов, обилие бактерий *p. Azotobacter*; активность ферментов класса оксидоредуктаз (каталаза, дегидрогеназа), гидролаз (фосфатаза, инвертаза), интегральный показатель биологического состояния почв (ИПБС), а также условия среды (рН). Для расчета ИПБС почвы значение каждого из указанных выше показателей принимали за 10% (в контрольном, незагрязненном образце почвы) и по отношению к нему выражали в процентах значения в остальных вариантах (в загрязненной почве). После чего определяли среднее значение восьми выбранных показателей для каждого варианта. Используемая методика позволяет объединить относительные значения разных показателей, абсолютные значения которых не могут суммироваться, по той причине, что они имеют разные единицы измерения [11].

Модельные опыты выполняли в 3-кратной повторности. Аналитические определения биологических свойств почвы выполняли в 3-крат-

ной повторности для изучения микробоценоза и в 6-кратной повторности для изучения биохимических свойств почв.

Лабораторно-аналитические исследования выполнены с использованием общепринятых в экологии и биологии почв методов [12, 18]. Комплексное исследование микробоценоза чернозема включало определение численности микроорганизмов методом глубинного посева соответствующих разведений на плотные питательные среды: аммонифицирующих бактерий – на МПА, амилолитических бактерий – на КАА, микромицетов – на подкисленной среде Чапека, бактерий *p. Azotobacter* – на среде Эшби (метод комочков обрастания). Активность каталазы измеряли методом Галстяна, дегидрогеназы – методом Галстяна в модификации Хазиева, фосфатазы – модифицированным методом Галстяна и Арутюнян, активность инвертазы с помощью модифицированного колориметрического метода Хазиева. Статистическая обработка данных проведена с использованием пакета *Statistica 6.0*.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Внесение в почву ветеринарного антибиотика тилозина и его комплекса с фунгицидным препаратом нистатином приводило к ухудшению биологических свойств чернозема (табл. 1, 2). Степень снижения зависела от концентрации антибиотика, подобные результаты получены и с другими антибиотиками [2, 4].

Реакция среды (рН) является важным химическим показателем почв, с одной стороны из-за его влияния на содержание гумусовых компонентов, а с другой стороны из-за его влияния на активность почвенной микробиоты [19]. При исследовании рН чернозема наблюдается тенденция снижения рН в кислую сторону, особенно в вариантах с комбинацией антибиотиков (7,58 – контроль, 7,30 – тилозин, 7,18–тилозин+нистатин). Данная тенденция сохраняется на всех сроках исследования. Скорее всего, данный тренд наблюдается, т.к., остаются устойчивые группы, продуктами жизнедеятельности которых, являются соединения содержащие Н+. Ранее нами при исследовании медицинских препаратов (бензилпенициллина, ампициллина) показано изменение рН с течением срока экспозиции в щелочную сторону [4], следовательно, изменение рН зависит от химической природы антибиотика. Таким образом, антибиотики нарушают естественную среду почвенных микроорганизмов, что является

причиной изменения их численности и структуры микробоценоза в целом.

Корреляционный анализ данных позволил сделать вывод о тесной связи между концентрацией антибиотиков и изменением численности почвенных микроорганизмов ( $r = -0,80 - 0,86$ ). В других исследованиях получены аналогичные результаты [28].

Наибольший подавляющий эффект, в концентрации 100 мг/кг на численность аммонифицирующих бактерий, оказывает комплекс тилозина и нистатина. Напротив, при более высоких концентрациях (600 мг/кг) антибиотик приводит к наибольшему снижению численности аммонификаторов, нежели его комплекс с фунгицидным препаратом. По-видимому, нистатин блокирует действие тилозина и снижает эффект его воздействия. Другие исследователи, так же отмечали снижение эффекта подавления в присутствии фунгицидных препаратов и проявлении синергетических эффектов смесей антибиотиков. Причины таких эффектов все еще остаются невыясненными [20].

На 60 и 120 сут. опыта во всех исследуемых концентрациях наблюдается восстановление численности аммонифицирующих бактерий, в минимальной концентрации происходит практически полное восстановление, а в максимальной до 75–85 % от контроля для комплекса тилозин–нистатин ( $p < 0,05$ ,  $n = 3$ ) и 45–58 % ( $p < 0,001$ ,  $n = 3$ ) для тилозина. Аналогичные данные по динамике численности бактерий–аммонификаторов были получены в модельных экспериментах с переменным магнитным полем [9]. При загрязнении тяжелыми металлами [16], нефтью и нефтепродуктами [14] относительно небольшими дозами (до 1 ПДК) и в первые сроки от момента загрязнения (до 1 месяца) численность микроорганизмов в почве в ряде случаев увеличивается, затем снижается и даже через 360 дней не восстанавливается полностью. Однако в сравнении с эффектом стерилизации высокими температурами [3] и действием пестицидов [12] действие антибиотиков на почвенные микроорганизмы носит более пролонгированный характер, так как, например, при стерилизации почв высокими температурами численность микроорганизмов восстанавливалась до контрольных значений уже на 60-е сутки эксперимента.

Внесение в почву тилозина приводит к снижению численности амилитических бактерий во всех исследуемых концентрациях, причем наиболее эффективным в отношении амилитиков оказался комплекс ти-

лозина с нистатином. Однако наблюдается тенденция резкого восстановления численности амилолитиков на протяжении экспозиции, в отличие от аммонифицирующих бактерий. В других исследованиях показано, что такие антибиотики как сульфонамид [27], тетрациклин, триметоприм [20] оказывают подавляющее воздействие на численность амилолитиков. В целом, амилолитические бактерии оказались более устойчивы к действию антибиотиков.

Тилозин не оказывает достоверного воздействия на почвенные микромицеты, в отличие от его комплекса с нистатином. Благодаря ранее проведенным рекогносцировочным исследованиям [17] установлено, что фунгицидный антибиотик нистатин не оказывает влияния на бактерии, однако закономерно подавляет численность микромицетов в прямой зависимости от концентрации (100–600 мг/кг). На 10-е сутки опыта численность микромицетов, при действии комплекса антибиотиков, снижается на 45–55 % ( $p < 0,001$ ,  $n = 3$ ), однако затем наблюдается тенденция восстановления численности до 70–80 % от контроля на 120-е сутки опыта, но полного восстановления численности не происходит.

В вариантах с тилозином (концентрация 600 мг/кг) происходит постепенное увеличение численности микромицетов по сравнению с контролем, на 120-е сутки опыта численность микромицетов превышает контроль на 10–18 % ( $p < 0,05$ ,  $n = 3$ ) соответственно. Это можно объяснить устранением конкуренции со стороны бактерий и активным заселением микромицетами экологической ниши.

Бактерии р. *Azotobacter* оказались менее чувствительными к вносимым антибиотикам. Изменение в обилии бактерий наблюдалось только на 10 сут. инкубации (снижение на 10 % от контроля при воздействии тилозина и на 20 % при воздействии комплекса тилозин–нистатин), на остальных сроках не наблюдали никаких изменений. При этом азотфиксирующие бактерии были чувствительнее к загрязнению тяжелыми металлами, нефтью, ионизирующему излучению, чем другие группы бактерий [13, 15]. Таким образом, внесение ветеринарного антибиотика тилозина и его комплекса с фунгицидным антибиотиком нистатином приводит к изменению, как численности основных групп почвенных микроорганизмов, так и к изменению структуры микробоценоза в целом. Кроме того, наблюдаемое восстановление численности микроорганизмов свидетельствует о приобретении устойчивости к вносимым антибиотикам.

Таблица 1. ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ  
МИКРООРГАНИЗМОВ ЧЕРНОЗЕМА ПРИ ВНЕСЕНИИ АНТИБИОТИКОВ  
(ТИЛОЗИНА, НИСТАТИНА)

Сроки экспозиции (сут.)	Контроль	Тилозин (мг/кг)			
		100	300	450	
<b>Численность аммонифицирующих бактерий, млн/г</b>					
10	3,01 ± 0,10	1,62 ± 0,26**	1,30 ± 0,03**	0,90 ± 0,14	
60	2,96 ± 0,06	2,32 ± 0,05*	2,18 ± 0,01*	2,06 ± 0,02**	
120	2,94 ± 0,06	2,23 ± 0,02	2,17 ± 0,01**	2,03 ± 0,01**	
<b>Численность амилотических бактерий, млн/г</b>					
10	2,96 ± 0,06	1,76 ± 0,07**	1,71 ± 0,07**	1,43 ± 0,02***	
60	2,93 ± 0,08	2,72 ± 0,05	2,69 ± 0,01	2,69 ± 0,02	
120	2,93 ± 0,08	2,88 ± 0,07	2,78 ± 0,04	2,76 ± 0,02*	
<b>Численность микромицетов, тыс./г</b>					
10	19,8 ± 0,08	17,5 ± 0,07**	17,1 ± 0,07**	16,9 ± 0,19**	
60	18,4 ± 0,02	17,7 ± 0,07*	17,7 ± 0,07*	16,1 ± 0,06**	
120	18,4 ± 0,02	17,7 ± 0,07*	18,1 ± 0,04	16,1 ± 0,06**	

**Примечание.** Достоверные отличия по отношению к контролю:

- \*  $p < 0,05$ ;
- \*\*  $p < 0,01$ ;
- \*\*\*  $p < 0,001$  при  $n = 3$ .

		Тилозин + Нистатин, (мг/кг)			
600		100	300	450	600
	0,88 ± 0,05***	0,88 ± 0,04***	1,09 ± 0,06**	1,20 ± 0,17**	1,27 ± 0,14**
	2,66 ± 0,03	2,62 ± 0,04*	2,60 ± 0,03*	2,54 ± 0,02*	2,37 ± 0,01*
	2,72 ± 0,08	2,56 ± 0,01*	2,50 ± 0,04*	2,47 ± 0,03*	2,29 ± 0,03**
	1,36 ± 0,01***	1,31 ± 0,01***	1,28 ± 0,03***	1,22 ± 0,02***	1,18 ± 0,04***
	2,66 ± 0,01*	2,60 ± 0,02*	2,49 ± 0,01*	2,38 ± 0,01*	2,37 ± 0,01*
	2,72 ± 0,02*	2,59 ± 0,07*	2,41 ± 0,02*	2,33 ± 0,02*	2,29 ± 0,03*
	19,6 ± 0,10	7,2 ± 0,03***	6,2 ± 0,07***	4,2 ± 0,01***	2,8 ± 0,01***
	19,6 ± 0,10	13,6 ± 0,02**	13,0 ± 0,02**	12,6 ± 0,02**	11,5 ± 0,02***
	21,2 ± 0,01	13,4 ± 0,01**	12,8 ± 0,01	12,3 ± 0,01***	11,3 ± 0,01***

Многолетними исследованиями показана высокая эффективность диагностики и мониторинга почвенного покрова с помощью показателей ферментативной активности почв. Доказана ведущая роль показателей ферментативной активности при оценке влияния химического и электромагнитного загрязнения на состояние почв [8, 9, 10, 12, 16]. В настоящей работе исследовано влияние антибиотиков на активность ферментов класса гидролаз (фосфатаза, инвертаза) и оксидоредуктаз (каталаза, дегидрогеназа). Результаты, полученные при исследовании влияния антибиотиков на почвенные ферменты, представлены в таблице 2.

Комплекс тилозин-нистатин на 10 сутки опыта вызывал наиболее сильное подавление активности каталазы ( $p < 0,001$ ,  $n = 6$ ), нежели тилозин. В течение периода инкубации наблюдалось восстановление активности каталазы, дегидрогеназы, инвертазы практически до контрольных значений, что нельзя сказать об активности фосфатазы.

Концентрация 600 мг/кг приводит к снижению активности ферментов практически в 2–3 раза по сравнению с контролем. Например, комплекс тилозина и нистатина снижает активность каталазы, дегидрогеназы, фосфатазы более чем на 50 % ( $p < 0,001$ ,  $n = 6$ ) на 10 сут. опыта. Другими исследованиями, было показано, что антибиотики из группы тетрациклинов в концентрации 300 мг/кг снижают активность каталазы и фосфатазы в почвах на 35–55 % от контрольных значений. Максимальное снижение активности всех исследуемых ферментов установлено на 10 сут. опыта, в дальнейшем, наблюдается незначительная тенденция к восстановлению их активности. Корреляционный анализ полученных данных выявил положительную корреляцию ферментов двух исследуемых классов (дегидрогеназы, инвертазы) с численностью микромицетов ( $r = 0,63$ ,  $r = 0,65$ , соответственно), каталазы с аммонифицирующими бактериями ( $r = 0,73$ ) и обратную корреляцию фосфатазы с амилитическими бактериями ( $r = -0,80$ ). Это дает возможность судить о вкладе той или иной группы микроорганизмов в ферментативный пул почв.

Для выявления общих закономерностей влияния антибиотиков на биологическое состояние чернозема был использован ИПБС (интегральный показатель биологического состояния) почв, который определяли с помощью следующих показателей: численность аммонификаторов, амилитиков, микромицетов, обилие бактерий р. *Azotobacter*, активность ферментов класса оксидоредуктаз (каталаза, дегидрогеназа) и гидролаз

(инвертаза и фосфатаза). По степени снижения ИПБС можно судить о степени нарушения экологических функций почвы [15].

Полученные результаты показали что, внесение антибиотиков приводит к снижению ИПБС чернозема (рис). Наибольшее снижение наблюдается на 10 сутки эксперимента в концентрации 600 мг/кг (на 44% в вариантах с тилозином, на 53 % с комплексом антибиотиков, соответственно), что говорит о существенном нарушении экологических функций почвы. Построенные логарифмические линии тренда свидетельствуют о росте ИПБС чернозема с увеличением срока экспозиции образцов. Несмотря на наблюдаемую тенденцию восстановления биологических свойств чернозема, полученные данные свидетельствуют о значительном нарушении экологических функций почвы и через 120 сутки после загрязнения.

Таким образом, при исследовании влияния ветеринарного антибиотика тилозина и его комплекса с фунгицидным антибиотиком нистатином на биологические свойства чернозема обыкновенного установлены следующие закономерности. Антибиотики оказали подавляющее воздействие на биологические свойства чернозема, в особенности на микроорганизмы.

По степени устойчивости к тилозину, исследованные микроорганизмы образовали ряд (концентрация 600 мг/кг): микромицеты > бактерии р. *Azotobacter* > бактерии–амилолитики > бактерии–аммонификаторы; к комплексу тилозина с нистатином: бактерии р. *Azotobacter* > бактерии–амилолитики > бактерии–аммонификаторы > микромицеты. Ферменты чернозема в целом более устойчивы к антибиотикам, чем почвенные микроорганизмы.

Различные ферменты отличаются по резистентности к антибиотикам: из оксидоредуктаз дегидрогеназа чувствительнее, чем каталаза, из класса гидролаз фосфатаза чувствительнее, чем инвертаза. В целом оксидоредуктазы более устойчивы к антибиотикам, нежели гидролазы. По степени устойчивости к антибиотикам ферменты образовали ряд (концентрация 600 мг/кг): каталаза > дегидрогеназа > инвертаза > фосфатаза. Подобный тренд наблюдается как в вариантах с тилозином, так и его комплексе с нистатином.

При исследовании восстановления биологических свойств установлено, что восстановление, как микробиологических показателей, так и показателей ферментативной активности носит не прямолинейный характер, т.е. нельзя сказать, что с увеличением времени инкубации про-

Таблица 2. ДИНАМИКА ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ПРИ ВНЕСЕНИИ АНТИБИОТИКОВ (ТИЛОЗИНА, НИСТАТИНА)

Сроки экспозиции (сут.)	Контроль	Тилозин (мг/кг)			
		100	300	450	
<b>Активность каталазы (мл O<sub>2</sub>/г)</b>					
10	16,43 ± 0,03	12,10 ± 0,04*	12,00 ± 0,22**	12,00 ± 0,17*	
60	12,26 ± 0,08	11,30 ± 0,05	11,17 ± 0,07	11,07 ± 0,05	
120	11,59 ± 0,13	10,23 ± 0,06**	9,43 ± 0,03*	9,20 ± 0,08*	
<b>Активность дегидрогеназы (мг ТФФ/г/24 ч)</b>					
10	31,34 ± 0,32	24,00 ± 0,47**	16,79 ± 0,73**	16,73 ± 0,20***	
60	33,65 ± 0,27	31,50 ± 0,15	30,79 ± 0,29	29,48 ± 0,29	
120	26,30 ± 0,02	22,19 ± 0,01*	21,78 ± 0,03*	21,49 ± 0,04**	
<b>Активность фосфатазы (мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/г/ч)</b>					
10	0,36 ± 0,01	0,25 ± 0,01*	0,15 ± 0,01**	0,15 ± 0,01**	
60	0,31 ± 0,02	0,27 ± 0,03*	0,21 ± 0,01*	0,19 ± 0,01*	
120	0,32 ± 0,01	0,24 ± 0,02**	0,17 ± 0,01**	0,14 ± 0,01***	
<b>Активность инвертазы (мг глюкозы/г/24 ч)</b>					
10	30,06 ± 1,4	22,60 ± 0,06**	20,6 ± 0,1***	9,23 ± 0,1***	
60	30,96 ± 0,08	24,70 ± 0,2*	23,44 ± 0,1**	22,98 ± 0,2**	
120	25,34 ± 0,04	23,69 ± 0,4	23,00 ± 0,1*	22,51 ± 0,1*	

**Примечание.** Достоверные отличия по отношению к контролю:

- \* p < 0,05;
- \*\* p < 0,01;
- \*\*\* p < 0,001 при n = 6.

		Тилозин+Нистатин (мг/кг)			
600	100	300	450	600	
11,73 ± 0,04*	8,80 ± 0,08***	8,43 ± 0,14**	7,00 ± 0,71***	5,77 ± 0,08***	
10,85 ± 0,01	10,47 ± 0,09*	10,28 ± 0,01	10,20 ± 0,02*	10,16 ± 0,02*	
8,50 ± 0,05**	9,77 ± 0,04*	9,13 ± 0,01*	8,90 ± 0,02**	9,07 ± 0,11*	
16,47 ± 0,19***	21,90 ± 0,85**	16,62 ± 0,60***	14,75 ± 0,88***	9,65 ± 0,33***	
28,66 ± 0,13	27,40 ± 0,30*	27,35 ± 0,08*	26,88 ± 0,25*	23,56 ± 0,26**	
21,37 ± 0,01*	24,050 ± 0,01	23,70 ± 0,07	23,41 ± 0,06*	24,29 ± 0,02	
0,11 ± 0,01***	0,28 ± 0,01*	0,23 ± 0,01*	0,20 ± 0,02*	0,19 ± 0,01***	
0,17 ± 0,02***	0,28 ± 0,01*	0,23 ± 0,01*	0,20 ± 0,01*	0,19 ± 0,02***	
13,62 ± 0,01***	0,22 ± 0,01**	0,22 ± 0,01*	0,18 ± 0,01**	0,16 ± 0,02***	
8,26 ± 0,1***	29,80 ± 1,2	29,50 ± 1,5	25,90 ± 0,5*	23,50 ± 0,4*	
22,73 ± 0,08*	29,80 ± 1,2	27,13 ± 1,4*	25,90 ± 0,5*	23,50 ± 0,08*	
21,46 ± 0,3*	24,35 ± 0,2	22,95 ± 0,2*	23,14 ± 0,3*	22,29 ± 0,2*	

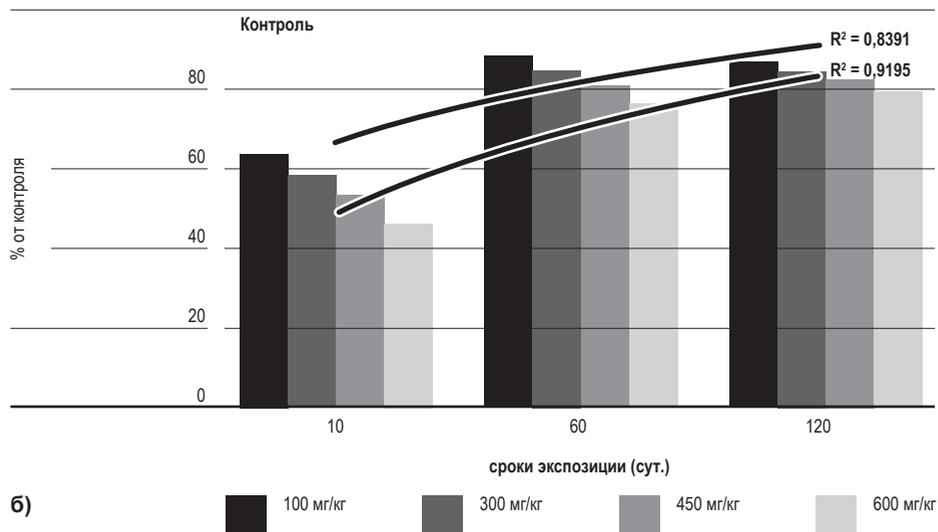
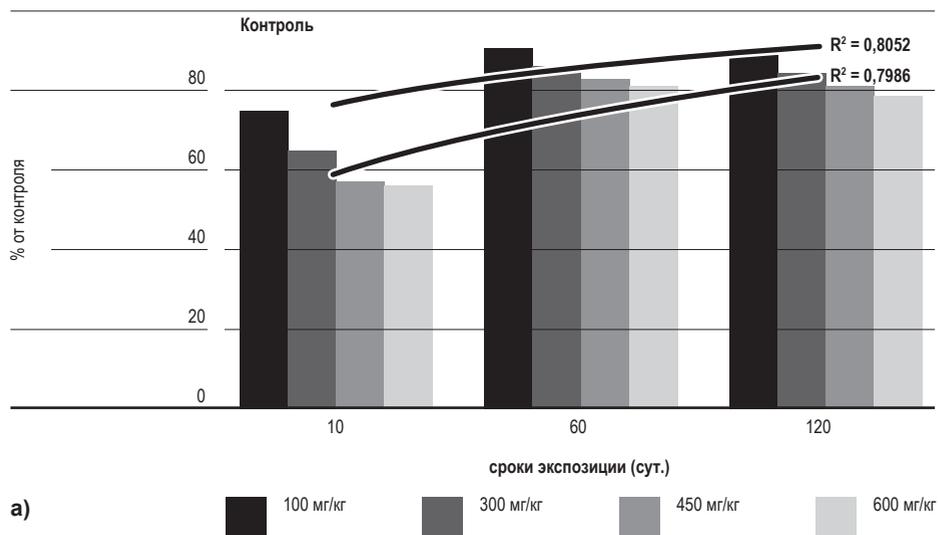


Рисунок. Динамика изменения интегрального показателя биологического состояния чернозема обыкновенного при загрязнении тилозином (а) и комплексом тилозина с нистатином (б), % от контроля.

исходит все большее восстановление биологических свойств чернозема. По скорости восстановления микробиологические показатели чернозема обыкновенного образовали следующий ряд (концентрация 600 мг/кг): бактерии р. *Azotobacter* > бактерии-амилолитики > бактерии-аммонификаторы > микромицеты. По скорости восстановления показатели ферментативной активности образовали ряд: дегидрогеназа > инвертаза > каталаза > фосфатаза. Можно констатировать тенденцию восстановления биологических свойств чернозема обыкновенного с течением времени после воздействия антибиотиков. При высоких концентрациях (600 мг/кг), отдельные параметры биологических свойств не восстанавливаются и спустя 120 суток. Несмотря на наблюдаемую тенденцию восстановления биологических свойств чернозема, данные, полученные при расчете ИПБС почвы, свидетельствуют о значительном нарушении экологических функций почвы и через 120 сут. после загрязнения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акименко Ю. В., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Влияние антибиотиков (бензилпенициллина, фармазина, нистатина) на численность микроорганизмов в черноземе обыкновенном // Сибирский экологический журнал. 2014. №2. С 253–258.
2. Акименко Ю. В., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Влияние антибиотиков (бензилпенициллина, фармазина, нистатина) на биологические свойства чернозема обыкновенного // Почвоведение. 2014. №9. С. 1095–1101.
3. Акименко Ю. В., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Влияние разных способов стерилизации на биологические свойства чернозема обыкновенного // Современные проблемы науки и образования. 2013. №6. С. 721.
4. Акименко Ю. В., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Экологические последствия загрязнения чернозема антибиотиками. Ростов н/Д.: Издательство Южного федерального университета, 2013. 120 с.
5. Алексеев Н. Р., Шелепов И. А. Антибиотики и корма // Современный фермер. №4. 2013. С. 48–51.
6. Вальков В. Ф., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Почвы юга России. Ростов н/Д.: Эверест, 2008. 276 с.
7. Васенев В. И., Ананьева Н. Д., Иващенко К. В. Влияние поллютантов (тяжелые металлы, дизельное топливо) на дыхательную активность конструкторов // Экология. 2013. №6. С. 436.

8. Даденко Е. В., Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Изменение ферментативной активности почвенных образцов при их хранении // Почвоведение. 2009. № 12. С. 1481–1486.
9. Мазанко М. С., Акименко Ю. В., Денисова Т. В., Колесников С. И. Устойчивость аммонифицирующих бактерий различных типов почв юга России к сочетанному загрязнению свинцом и переменным магнитным полем // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3. С. 1359.
10. Звягинцев Д. Г. Микроорганизмы и охрана почв. М.: Изд. МГУ, 1989. 204 с.
11. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д.: Изд-во Южного федерального ун-та, 2012. 260 с.
12. Казеев К. Ш., Лосева Е. С., Боровикова Л. Г., Колесников С. И. Влияние загрязнения современными пестицидами на биологическую активность чернозема обыкновенного // Агрехимия. 2010. № 11. С. 39–44.
13. Колесников С. И., Азнаурьян Д. К., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф. Устойчивость биологических свойств почв Юга России к нефтяному загрязнению // Экология. 2010. № 5. С. 357–364.
14. Колесников С. И., Гайворонский В. Г., Ротина Е. Н., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф. Оценка устойчивости почв Юга России к загрязнению мазутом по биологическим показателям (в условиях модельного эксперимента) // Почвоведение. 2010. № 8. С. 995–1000.
15. Колесников С.И., Жаркова М. Г., Казеев К.Ш., Кутузова И.В., Самохвалова Л.С., Налета Е.В., Зубков Д.А. Оценка экотоксичности тяжелых металлов и нефти по биологическим показателям чернозема // Экология. 2014. № 3. С. 163.
16. Колесников С.И., Ярославцев М.В., Спивакова Н.А., Казеев К.Ш. Сравнительная оценка устойчивости биологических свойств черноземов юга России к загрязнению Cr, Cu, Ni, Pb в модельном эксперименте // Почвоведение. 2013. № 2. С. 195.
17. Малыгина Ю. В., Казеев К. Ш. Влияние антибиотиков на микрофлору и ферментативную активность чернозема обыкновенного // Актуальные вопросы экологии и природопользования / «Неделя науки–2011: материалы научной конф. / отв. ред. К.Ш. Казеев. Ростов н/Д: Ростиздат, 2011. С. 68–72.
18. Методы почвенной микробиологии и биохимии // Под ред. Д. Г. Звягинцева. М.; Изд-во МГУ. 1991. 304 с.
19. Andersson S., Nilsson S. Influence of pH and temperature on microbial activity, substrate availability of soil-solution bacteria and leaching of dissolved organic carbon in a humus // Soil Biology & Biochemistry. 2001. V. 33. P. 1181–1191.
20. David B. Wunder, David T. Tan, Timothy M. La Para, Raymond M. Hozalski. The effects of antibiotic cocktails at environmentally relevant concentrations on the community composition and acetate biodegradation kinetics of bacterial biofilms // Chemosphere. 2013. V. 90. P. 2261–2266.

21. Halling-Sørensen B. Inhibition of aerobic growth and nitrification of bacteria in sewage sludge by antibacterial agents // Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2001. V. 40. P. 451–460.
22. Heike Schmitt, Heidi Haapakangasa, Patrick van Beelen. Effects of antibiotics on soil microorganisms: time and nutrients influence pollution-induced community tolerance // Soil Biology & Biochemistry. 2005. V. 37. P.1882–1892.
23. Höper H., Kues J., Nau H., Hamscher G. Eintrag und Berbleib von Tierarzneimittelwirkstoffen in Boden // Bodenschutz. 2002. V. 4. P. 141–148.
24. Kemper N. Veterinary antibiotics in the aquatic and terrestrial environment a review // Ecological Indicators. 2008. V. 8. P. 1–13.
25. Pawelzick H.T., Höper H., Nau H., Hamscher G., 2004. A survey of the occurrence of various tetracyclines and sulfamethazine in sandy soils in northwestern Germany fertilized with liquid manure. In: SETAC Euro 14th Annual Meeting, Prague, Czech Republic, 18–22 April 2004.
26. Thiele-Bruhn S. Pharmaceutical antibiotic compounds in soils – a review // Plant Nutr. Soil Sci. 2003. V. 66. P.145–167.
27. Thiele-Bruhn S., Seibicke T., Schulten H.-R., Leinweber P. Sorption of sulfonamide pharmaceutical antibiotics on whole soils and particle-size fractions // J. Environ. Qual. 2004. V.33. P. 1331–1342.
28. Westergaard K., Muller A.K., Christensen S., Bloem J., Sørensen S.J. Effects of tylosin as a disturbance on the soil microbial community // Soil Biology & Biochemistry. 2001. V.33. P. 2061–2071.
29. Zhou L-J, Ying G-G, Zhao J-L, Yang J-F, Wang L, Yang B, et al. Trends in the occurrence of human and veterinary antibiotics in the sediments of the Yellow River, Hoi River and Liao River in northern China // Environ. Pollut. V. 2011. V. 159. P. 1877.

#### ОБ АВТОРАХ

**Колесников Сергей Ильич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий каф. экологии и природопользования, Южный федеральный университет. Телефон 8 (863) 218-40-35. E-mail: Kolesnikov@sfnedu.ru.

**Казеев Камиль Шагидуллович**, доктор географических наук, профессор, Южный федеральный университет. Телефон 8 (863) 218-40-35. E-mail: Kamil\_kazeev@mail.ru.

**Акименко Юлия Викторовна**, ассистент кафедры экологии и природопользования, Южный федеральный университет. Телефон 8-909-404-49-51. E-mail: akimenkojuliya@mail.ru.

**Одабашян Мери Юрьевна**, магистрант, Южный федеральный университет. Телефон: 8 (863) 218-40-35. E-mail: meri10000@yandex.ru.

**Николаева Ксения Николаевна**, магистрант, Южный федеральный университет. Телефон 8 (863) 218-40-35. E-mail: nkn91@mail.ru.

**Kolesnikov Sergey Ilich**, Dr. Sc. (Agr.), Professor, Southern Federal University, Head of Ecology Department. Phone 8 (863) 218-40-35. E-mail: Kolesnikov@sfedu.ru.

**Kazeev Kamil Shagidullovich**, Dr.Sc. (Geogr.), Professor, Southern Federal University. Phone 8 (863) 218-40-35. E-mail: Kamil\_kazeev@mail.ru.

**Akimenko Yuliya Viktorovna**, Assistant of Ecology Department, Southern Federal University. Phone: 8-909-404-49-51. E-mail: akimenkojuliya@mail.ru.

**Odabashyan Mary Yurevna**, Master's Degree Student Southern Federal University. Phone: 8 (863) 218-40-35. E-mail: meri10000@yandex.ru.

**Nikolaeva Ksenia Nikolaevna**, Master's Degree Student Southern Federal University. Phone: 8 (863) 218-40-35. E-mail: nkn91@mail.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»;**
- **«Науки о Земле»;**
- **«Биологические науки».**

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 другой кафедры либо организации;
4. Экспертное заключение (для физико-математических наук);
5. Лицензионный договор на право использования научного произведения в журнале;
6. Лицензионный договор на право размещения научного произведения в сети Интернет.

### **МАТЕРИАЛЫ ДОЛЖНЫ СООТВЕТСТВОВАТЬ СЛЕДУЮЩИМ ТРЕБОВАНИЯМ:**

#### **1. РУКОПИСЬ**

- Объем: 6–15 страниц (допускается превышение объема по согласованию с редакцией),
- Формат бумаги: А4;
- Поля: все по 2 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 (-) (на пример, 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].

**Рисунок 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 (Рисунок 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 узоры, в графиках – различные типы линий, разное оформление точек, по которым строится график). Цветные и полутоновые 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 (Таблица 1), выравниваются по правому краю и выполняются 14 кеглем, полужирным шриф-

том. 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 развития 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](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.

Электронный экземпляр рукописи статьи предоставляется в формате \*.doc, \*.docx. Название файла оформляется по форме: «Фамилия\_И.О.\_Название статьи» (предпочтительнее на эл. почту редакции).

## 2. ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

Подписывается научным руководителем собственноручно. Подпись должна быть заверена соответствующей кадровой структурой.

## 3. РЕЦЕНЗИЯ

Рукопись рецензируется специалистом в данной научной сфере, имеющим ученую степень. В рецензии необходимо отметить актуальность проблематики, рассматриваемой в представленной статье, оригинальность, научную новизну исследования; оценить научно-методический уровень исследования; дать оценку результатам исследования; оценить достоверность представленных в статье научных результатов; оценить практическую значимость и важность результатов исследования для науки и практики. В заключении, отмечая актуальность, научную новизну и практическую значимость, сделать вывод о целесообразности публикации статьи (Приложение 1). Рецензия должна быть внешней по отношению к кафедре или другому структурному подразделению, в котором работает автор. Подпись рецензента должна быть заверена соответствующей кадровой структурой.

## 4. ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

(для физико-математических наук)

Предоставляется экспертной комиссией, созданной при институте (университете). Содержит заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати.

## 5. ЛИЦЕНЗИОННЫЕ ДОГОВОРЫ

Лицензионный договор на право использования научного произведения в журнале оформляется в соответствии с приложением 2 в 2 экземплярах, по одному для каждой из сторон.

Лицензионный договор на право использования научного произведения в сети «Интернет» оформляется в соответствии с приложением 3 в 2 экземплярах, по одному для каждой из сторон.

### Приложения:

- Приложение 1. Образец рецензии.
- Приложение 2. Образец лицензионного договора на право использования научного произведения в журнале.
- Приложение 3. Образец лицензионного договора на право использования научного произведения в сети «Интернет».

СТАТЬИ С КОМПЛЕКТОМ ДОКУМЕНТОВ В ЖУРНАЛ  
«НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ» СДАВАТЬ:

**Ответственному секретарю Лилии Корневой.**

**Контакты:** Адрес редакции: 355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, уч. корпус №2, каб. 117.  
Телефон: 8-918-807-59-40.  
Email: liliya.cstp@gmail.com.

# CONTENTS

## PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

- Ryapolov P. A., Orlov E. Y., Storozhenko A. M., Chekadanov A. S., Kuzmenko A. P., Polunin V. M., Platonov V. B.**  
Research particles of magnetic fluid by small-angle x-ray scattering and thereby magnetic measurements . . . . . 7
- Streblyanskaya N. V.** Analysis and forecasting of precipitation levels in monitoring systems and laboratory control . . . . . 16
- Pesoshin V. A., Galanina N. A., Ivanova N. N.**  
Markov filtration of digital signals in residue number system . . . . . 27
- Amerbaev V. M., Balaka E. S., Telpuhov D. V., Solovyov R.A.**  
Application information redundancy to improve reliability the arithmetic unit computing elements bimodule arithmetic . . . . . 36
- Rassomahin S.G., Malofey O.P., Malofey A.O.**  
Optimization of algorithms transferring numeric positional codes for discrete channels with the fluctuation noise . . . . . 51
- Dinevich L.A., Leshem Y.**  
Opportunities of radar tracking way towards research of breeze and mountain-valley air circulation influence on diurnal bird migration . . . . . 60
- Akbarzadeh M. J., Molahosseini A. S.**  
Design of a Galois Field Multiplier Circuit using Quantum-dot Cellular Automata . . . . . 91

**BIOLOGICAL SCIENCES****Manveljan E. A., Sysa V. Yu., Kodonidi I. P., Oganesyanyan E. T.**

Action of amides of ortho-benzoylamino-benzoic acid precursors quinazolinone – 4 on the behavior of male rats in the «open field» . . . . . 99

**Botasheva V. S., Barotov F. A.**

Character of structural changes in the myocardium in sudden cardiac death . . . . . 107

**Ivanov A. L., Kovaleva O. A.**

Comprehensive characterization of endemic species of petrophyte's flora of the Russian Caucasus . . . . . 112

**Ilyukh M. P.**Red-eared slider *Trachemys scripta* – a new species of herpetofauna of Stavropol region. . . . . 122**EARTH SCIENCES****Shalnev V. A., Jurin D. V.**

Ancient glaciation and paleogeographic relief of Arkhyz . . . . . 127

**Popova O. B., Podosenova I. A.**

Territorial tourism and recreational system as a form of spatial organization of tourism and recreation . . . . . 137

**Tikunov V. S., Popkov A. V.**

Mathematical-cartographic modeling of the housing sector in the GIS environment . . . . . 150

**Tikunova I. N., Krapivina M. G.**

Classification of ski resorts in Europe . . . . . 161

**Shitova N.A., Chihichin V.V.**

Comparative geographical analysis of the level  
of socio-economic development of the regions in  
European Russia . . . . . 174

**Akimenko Yu. V., Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I.,****Odabashyan M. Yu., Nikolaeva K. N.**

Environmental assessment effects of the antibiotic  
tylosin on biological properties of the chernozem  
ordinary . . . . . 186

Научное издание

НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ

2015

Выпуск 1

Редактор М. И. Толмачев.

Корректор К. В. Ларенюк.

Подписано в печать 10.03.2015. Формат 70 × 108 1/16.  
Гарнитура Times New Roman. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 18,37.  
Тираж 1000 экз.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе  
ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет».  
355029, г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2.