

Министерство образования и науки
Российской Федерации

НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал
Северо-Кавказского федерального
университета

ISSN 2308–4758



Выпуск № 4, 2014 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. Балега, д-р физ.-мат. наук, член-корр. РАН (САО РАН, п. Нижний Архыз); С.В. Рязанцев, д-р экон. наук, член-корр. РАН (ИСПИ РАН, г. Москва); И. М. Агибова, д-р пед. наук, профессор; Т.П. Бондарь, д-р мед. наук, профессор; 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», 2014

	«Science. Innovations. Technologies» North Caucasus Federal University
Founder	Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «North Caucasus Federal University»
Editor in chief	V. S. Belozеров, Doctor of Geographical Sciences, professor
Editorial Council	A.A. Levitskaya, chairman, Rector SKFU, PhD. Philology Sciences, Associate Professor; I.A. Evdokimov, Vice Chairman, Dr. Technical Sciences, Professor; V.S. Belozеров, Chief Editor, Doctor of Geographical Sciences, professor; M.Ch. Zalikhanov, 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).
Editorial Board	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); Polyana P.M., Dr. of Geographical Sciences, Leading Researcher, Russian Academy of Sciences (IG RAS, Moscow); Razumov V.V., Dr. of Geographical Sciences, Professor; Timchenko L.D., Dr. of Veterinary Sciences, Professor; Tsaturyan L.D., MD, Professor (Stavropol State Med. University, Stavropol); N.I. Chervyakov, Dr. of Technical Sciences, professor; V.A. Shalnev, Dr. of Geographical Sciences, Professor; N.A. Shitova, Dr. of Geographical Sciences, Professor; A.S. Molahosseini, assistant professor, PH.D (Islamic Azad University, Kerman).
Certificate	ПИ № ФС77–52723 dated February 8th 2013.
The Index	The Journal is included in the DB «Russian index of the scientist quoting». The journal «Bulletin of the Stavropol state University» renamed in the journal «Science. Innovations. Technologies» due to renaming of the founder.
Address Phone Site E-mail	355009, Stavropol, Pushkin street, 1 (8652) 35-85-10 www.ncfu.ru vsbelozеров@yandex.ru
ISSN	2308–4758
©	FGAOU VPO «North Caucasus Federal University», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО–МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Батырев А.С., Бисенгалиев Р.А., Шивидов Н.К., Тагиров М.О.

Исследование зависимости спектров фото-
проводимости CdS от направления сканирова-
ния спектра 7

Гезалов С.К., Гасумов Р.А.

Применение метода критического пути к пост-
роению кратчайшего по времени пути в транс-
портной сети в условиях интервальной неоп-
ределенности 13

Диканский Ю. И., Борисенко О. В., Беджаниян М. А.,

Коробов М. И. Эффект синхронизации вращений намагни-
ченных агрегатов в магнитной жидкости в пе-
ременном магнитном поле. 34

Жиляков Е.Г., Белов С.П.

Методы оптимальной субполосной обработки
сигналов 42

Коляда А.А., Кучинский П.В., Чернявский А.Ф.

Интервально-индексная технология синтеза
параллельных алгоритмов модулярно-позици-
онного кодового преобразования с таблично-
сумматорной конфигурацией. 52

Наац И.Э., Наац В.И., Рыскаленко Р.А.

Расчетно-аналитические модели для диффе-
ренциальных уравнений с приближенными
данными на основе представления решения
интегралами 60

Попов И. П.	Реальные и виртуальные гармоники волновой функции свободной частицы	72
--------------------	---	----

Смирнов А. А., Бондарь В. В., Сахнюк П. А.	Модулярное интегрирование класса показательных функций	76
---	--	----

Молахосеини А. С., Заранди А. А.	К быстрому выполнению комплексных компонентов системы остаточных классов на программируемых вентильных матрицах	86
---	---	----

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Белозеров В. С., Панин А. Н., Приходько Р. А., Чихичин В. В.	Миграционные процессы на Ставрополье: тенденции и современная ситуация	96
---	--	----

Герасименко Т. И.	Влияние новой государственной границы на развитие этнокультурного пространства (пример Оренбургско-Казахстанского порубежья)	109
--------------------------	--	-----

Мишвелов Е. Г., Гранкина А. А.	Состояние и динамика лесных фитоценозов особо охраняемых природных территорий Кавказских Минеральных Вод в условиях рекреационного воздействия	121
---------------------------------------	--	-----

Налета Е. В., Капралова О. А., Колесников С. И., Казеев К. Ш.	Влияние загрязнения тяжёлыми металлами на биологические свойства почв городов Ростовской области	130
--	--	-----

Родоман Б. Б.	Российская внутренняя периферия	139
----------------------	---	-----

Тикунов В. С., Белоусов С. К.	Оценка динамики социальной устойчивости регионов Российской Федерации за 2001–2012 гг.	148
--------------------------------------	--	-----

Цховребов В. С., Новиков А. А., Калугин Д. В.

Основные экологические проблемы почв Ставропольского края 167

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Бутова О. А., Чурсина А. В.

Контуры управления кардиоритмом организма
девушек г. Ставрополя при atopическом дер-
матите 178

Дементьев М. С. Биоразнообразие слепней (diptera, tabanidae)

Центрального Предкавказья и прилегающих
горных территорий 184

Котти Б. К., Кот Л. А.

Обзор изучения блох (siphonaptera) млекопи-
тающих и птиц в Предкавказье 191

Муратова А. Ю., Бондарь Т. П., Мельченко Е. А.

Применение сканирующей зондовой микро-
скопии при исследовании спонтанной агрегации
тромбоцитов у пациенток с мутацией в гене
гликопротеина рецептора тромбоцитов IIb/IIIa. 199

Траутвайн С. А., Друп В. Д.

Оценка природоохранной ценности расти-
тельных сообществ памятника природы реги-
онального значения «гора городище» (Ростов-
ская область) 208

Харин К. В.

Кадастр наземных позвоночных животных
территории Александровского района Ставро-
польского края 218

УДК 535.343.2

Батырев А. С. [Batyrev A. S.],
Бисенгалиев Р. А. [Bisengaliev R. A.],
Шивидов Н. К. [Shividov N. K.],
Тагиров М. О. [Tagirov M. O.]

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СПЕКТРОВ ФОТОПРОВОДИМОСТИ CdS ОТ НАПРАВЛЕНИЯ СКАНИРОВАНИЯ СПЕКТРА*

**Investigation of cds photoconductivity spectra
dependence from the direction
of spectrum scanning**

Исследованы спектры низкотемпературной (77К) фотопроводимости кристаллов CdS в области края поглощения в зависимости от направления сканирования длины волны возбуждающего света. Показано, что наблюдаемый гистерезис спектральной зависимости фотопроводимости полупроводника может быть обусловлен оптической перезарядкой г-центра – глубокого компенсированного собственно-дефектного акцептора, ассоциированного с мелким донором.

Ключевые слова: фотопроводимость, кристаллы CdS, направление сканирования, гистерезис, инфракрасная подсветка, собственные дефекты.

The low-temperature (77 K) photoconductivity spectra of CdS crystals has been investigated in the absorption edge region vs the scanning direction of the excitation light wavelength. It is shown that the observed hysteresis of semiconductor photoconductivity spectral dependence can be due to the optical recharge of r-center – the deep compensated acceptor associated with the shallow donor.

Key words: photoconductivity, CdS crystals, scanning direction, hysteresis, infrared illumination, own defects.

Согласно литературным данным форма спектральной кривой краевой фотопроводимости (ФП) полупроводника может зависеть от направления измерения спектра в шкале длин волн (см., например, [1–3]), однако детальная интерпретация этого явления в настоящее время отсутствует. В связи с этим мы предприняли исследование его природы в «чистых» (специально не легированных) кристаллах CdS, спектры ФП которых при $T = 77$ К обнаруживали тонкую (экситонную) структуру в виде

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 14-02-31807) и Минобрнауки РФ (проект № 2642 государственного задания вузам в сфере научной деятельности).

максимумов (кристаллы 1-й группы [4]) или минимумов (кристаллы 2-й группы [4]) фототока на резонансных частотах возбуждения экситонов.

Исследовались спектры краевой ФП CdS при температуре кипения жидкого азота в отсутствие и при наличии подсветки инфракрасным (ИК) светом в зависимости от направления сканирования длины волны возбуждающего света λ_v . Спектры ФП регистрировались в режиме непрерывного фотовозбуждения в геометрии $E \perp C$, $k \perp C$ (E – электрический, k – волновой вектор световой волны, C – гексагональная ось кристалла) на установке, собранной на базе монохроматора МДР – 3. В ряде случаев регистрация спектров ФП осуществлялась на автоматизированной (управляемой компьютером) установке на базе монохроматора МДР – 41 с дискретной разверткой спектра. Исследованные образцы представляли собой тонкие (толщиной 10–200 мкм) монокристаллические пластинки CdS, выращенные из газовой фазы методом Фрерихса, либо методом пересублимации в потоке инертного газа, с площадью больших граней пластинок порядка нескольких мм². Электрические контакты к образцам были получены путем нанесения на поверхность образца In – Ga пасты. Во всех опытах спектральное разрешение было не хуже 8 Å, при этом величина приложенного к образцу тянущего (измерительного) напряжения не превышала 100 В. В качестве источника тянущего поля использовался источник питания постоянного тока типа Б5 – 50, а в качестве усилителей фототока – электрометрические усилители У5 – 9 и В7 – 30.

На рис. 1 приведены спектры ФП кристалла CdS 1-й группы, а на рис. 2 – 2-й группы, снятые при сканировании спектра сначала от длинных волн к коротким (сплошные кривые), а затем от коротких волн к длинным (пунктирные кривые) в отсутствие (а) и при наличии (б) подсветки кристалла инфракрасным излучением, выделяемым светофильтром ИКС–1 из сплошного спектра излучения лампы накаливания. Из рисунков 1а и 2а видно, что форма спектра ФП полупроводника в значительной мере определяется направлением сканирования λ_v . Эффект зависимости спектра ФП от направления сканирования λ_v практически полностью пропадает при ИК подсветке кристалла (рис. 1б и рис. 2б).

Анализ полученных экспериментальных данных дает основание заключить, что наблюдаемый в CdS гистерезис спектральной зависимости фототока (спектральный гистерезис) связан с существенным вкладом в краевую ФП полупроводника оптических переходов с участием собственно-дефектных центров.

Действительно, ИК подсветка кристалла CdS приводит к «выключению» так называемых г-центров фоточувствительности, представляющих

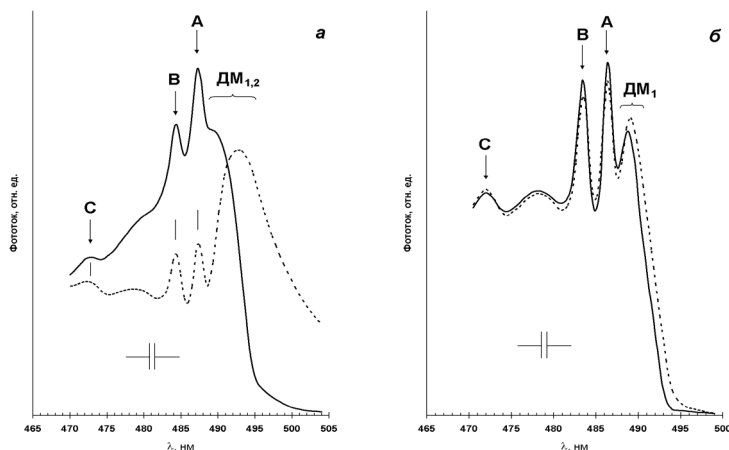


Рисунок 1. Спектры краевой фотопроводимости кристалла CdS 1-й группы (образец К-68-75-3М) в отсутствие (а) и при наличии (б) подсветки инфракрасным светом, снятые при сканировании спектра в направлении убывания (сплошные кривые), а затем возрастания (пунктирные кривые) длины волны возбуждающего света. $T = 77\text{ K}$, $E \perp C$, $k \perp C$. Тянущее напряжение $UT = 20\text{ В}$. Здесь и на рис. 2 А, В, С – экситонная структура, соответствующая трем подзонам валентной зоны, расщепленной кристаллическим полем и спин-орбитальным взаимодействием; ДМ_{1,2}, ДМ₁ – область «примесных» максимумов ДМ₁ и ДМ₂ [4].

собой двукратно ионизованные вакансии кадмия (V_{Cd}^{2-}), и, как следствие, к сильному сокращению времени жизни свободных электронов, генерируемых за счет фототермических и термооптических переходов электронов из валентной зоны в зону проводимости с участием мелких доноров и акцепторов, соответственно [4, 5]. В результате при ИК подсветке резко уменьшается парциальный вклад мелких «примесных» центров в краевую ФП полупроводника [5].

Подавление вклада мелких центров в ФП полупроводника под действием ИК подсветки и одновременное с этим исчезновение спектрального гистерезиса (рис. 1, б и рис. 2, б) приводят к однозначному выводу о связи последнего с мелкими «примесными» состояниями. Поскольку спектральный гистерезис в той или иной мере наблюдается практически во всех исследованных «чистых» образцах CdS, полученных из разных источников, можно предположить, что мелкими «примесными» состояниями, ответственными за этот эффект, являются собственные дефекты кристаллической решетки типа межузельных атомов и вакансий кадмия и серы (Cd_i , S_i , V_{Cd} , V_S).

Мы полагаем, что зависимость формы спектра ФП CdS от направления сканирования I_B может быть обусловлена перезарядкой нейтраль-

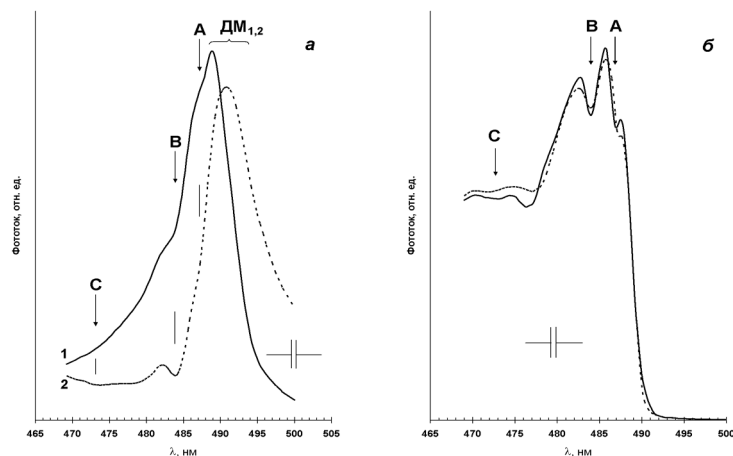


Рисунок 2. Спектры краевой фотопроводимости кристалла CdS 2-й группы (образец К-Е-1) в отсутствие (а) и при наличии (б) подсветки инфракрасным светом, снятые при сканировании спектра в направлении убывания (сплошные кривые), а затем возрастания (пунктирные кривые) длины волны возбуждающего света. $T = 77\text{ K}$, $E \perp C$, $k \perp C$. Тянущее напряжение $UT = 2\text{ В}$.

ных донорно-акцепторных пар $(V_s^{2+} - V_{cd}^{2-})^0$ и/или $(Cd_i^{2+} - V_{cd}^{2-})^0$ в процессе записи спектра (наличие таких донорно-акцепторных пар характерно для кристаллов CdS [6]). При этом мы предполагаем, что в формирование спектра краевой ФП CdS дают вклад фототермические переходы с участием донорных компонентов пар – двукратно ионизованных вакансий серы (V_s^{2+}) и/или межузельных атомов кадмия (Cd_i^{2+}) .

При записи спектра ФП в направлении от длинных волн к коротким фототермический переход осуществляется через уровень основного состояния двукратно ионизованного донора D^{2+} (V_s^{2+} , Cd_i^{2+}), сильно возмущенный полем акцепторного компонента пары A^{2-} (V_{cd}^{2-}) и вследствие этого лежащий непосредственно вблизи дна зоны проводимости. Запись спектра ФП приводит к перезарядке V_{cd}^{2-} в результате захвата дырок, возникающих при фототермических переходах электронов из валентной зоны в зону проводимости через уровни D^{2+} (рис. 3б).

Из сказанного следует, что изменение направления сканирования спектра с убывающей λ_v на возрастающую приведет к уменьшению фоточувствительности в области экситонных и межзонных переходов и ее возрастанию в «примесной» близкраевой области спектра, что и наблюдается в эксперименте (рис. 1а и рис. 2а). Таким образом, причиной гистерезиса спектральной зависимости ФП CdS может быть эффект перезарядки

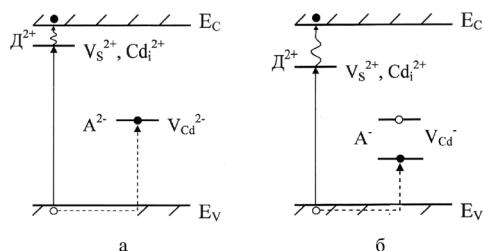


Рисунок 3. Схема уровней энергии собственно-дефектной донорно-акцепторной пары и фототермических переходов в CdS до (а) и после (б) перезарядки акцепторного компонента пары в результате захвата неравновесной дырки (обозначения см. в тексте).

собственно-дефектных донорно-акцепторных пар в процессе регистрации спектра ФП, приводящий к изменениям в системе мелких донорных уровней в запрещенной зоне полупроводника.

Следует отметить, что существенный вклад мелких «примесных» состояний в краевую ФП кристаллов CdS, приводящий к спектральному гистерезису, обусловлен большим временем жизни электронов, рожденных с участием этих состояний. Оно существенно превышает время жизни неравновесных электронов, генерируемых посредством экситонных и межзонных переходов. Это обстоятельство позволяет дискриминировать вклад мелких «примесных» центров в краевую ФП полупроводника путем модуляции фотовозбуждения с достаточно высокой частотой $f > 1/\tau$, где τ — время жизни «примесных» электронов [7]. Проведенные нами измерения спектров модулированного возбуждения ФП CdS подтвердили связь наблюдаемого спектрального гистерезиса с вкладом в краевую ФП полупроводника мелких «примесных» состояний: при переходе от стационарного возбуждения к модулированному эффект исчезает.

В заключение заметим, что обесструктурирование спектра низкотемпературной краевой ФП CdS может происходить не только в результате экранирования электрон-дырочного взаимодействия [8], но и за счет вклада в его формирование переходов с участием «мелких» центров (ср. сплошные кривые на рис. 2).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гаплевская С.П., Завертанная Л.С., Рвачев А.Л., Тищенко Е.И. ФТП 6, 2, 385 (1969).

2. Агекян В. Ф., Погарев С. В. // ФТП 18, 6, 1000 (1984).
3. Батырев А.С., Бисенгалиев Р.А., Лиджиев Б.С., Новиков Б.В., Сумьянова Е.В., Алжеев В.М. // Тр. V междунар. конференции «Оптика, оптоэлектроника и технологии». Ульяновск, УлГУ, 2003, с. 118.
4. Киселев В.А., Новиков Б.В., Чередниченко А.Е. Экситонная спектроскопия приповерхностной области полупроводников. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003, 244 с.
5. Батырев А.С., Батырев Э.Д., Бисенгалиев Р.А., Новиков Б.В., Анбушинов В.С. ФТТ 41, 7, 1181 (1999).
6. Ермолович И.Б., Матвиевская Г.И., Пекарь Г.С., Шейнкман М.К. УФЖ 18, 5, 732 (1973).
7. Батырев А.С., Бисенгалиев Р.А., Новиков Б.В., Тагиров М.О. ФТП 47, 9, 1165 (2013).
8. Батырев А.С., Бисенгалиев Р.А., Новиков Б.В. ФТТ 55, 4, 639 (2013).

ОБ АВТОРАХ

Батырев Александр Сергеевич, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой экспериментальной и общей физики Калмыцкого государственного университета. Телефон: 8 (4722) 38-99-2. E-mail: asbatyrev@mail.ru.

Бисенгалиев Рустем Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры экспериментальной и общей физики Калмыцкого государственного университета. Телефон: 8 (4722) 38-99-2. E-mail: task99@mail.ru

Шивидов Николай Климович, инженер кафедры экспериментальной и общей физики Калмыцкого государственного университета. Телефон: 8 (4722) 38-99-2.

Тагиров Михаил Окаевич, ассистент кафедры экспериментальной и общей физики Калмыцкого государственного университета. Телефон: 8 (4722) 38-99-2. E-mail: ic14@bk.ru

Batirev Aleksandr Sergeyevich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Experimental and General Physics Kalmyk State University. Phone: 8 (4722) 38-99-2. E-mail: asbatyrev@mail.ru

Bisengaliev Rustem Aleksandrovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Experimental and General Physics Kalmyk State University. Phone: 8 (4722) 38-99-2. E-mail: task99@mail.ru

Shividov Nikolay Klimovich, engineer of the Department of Experimental and General Physics Kalmyk State University. Phone: 8 (4722) 38-99-2.

Tahirov Mikhail Okayevich, Assistant of the Department of Experimental and General Physics Kalmyk State University. Phone: 8 (4722) 38992. E-mail: ic14@bk.ru

УДК 519.6: 681.3

Гезалов С. К. [Gezalov S. K.],
Гасумов Р. А. [Gasumov R. A.]

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КРИТИЧЕСКОГО ПУТИ К ПОСТРОЕНИЮ КРАТЧАЙШЕГО ПО ВРЕМЕНИ ПУТИ В ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ В УСЛОВИЯХ ИНТЕРВАЛЬНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Application of critical way to time constructing the shortest paths in the transport network in the conditions of interval uncertainty

Для задачи маршрутизации на транспортной сети на основе метода критического пути разработаны алгоритмы построения кратчайшего по времени пути для четкого и интервального задания продолжительности операций.

Ключевые слова: задача маршрутизации, сетевой граф, критический путь, метод критического пути.

For the problem of routing on the transport network on the basis of the critical path, we have developed algorithms for constructing the shortest time path for the sound and setting the duration of the interval operations.

Key words: routing problem, a network graph, the critical path, critical path method.

Введение

Одним из важных направлений исследований в области совершенствования транспортных процессов, является решение вопроса организации планирования перевозок – разработка рациональных маршрутов и эффективного распределения транспортных средств по ним.

Разработка рациональных маршрутов сводится к задаче нахождения кратчайших цепей на графах, узлы которого представляют собой пункты, в которых происходит обработка грузопотока, а ребра – дорожную сеть, по которой грузопоток перемещается [1].

При решении задачи выбора кратчайшего по времени маршрута на транспортной сети будем считать заданным множество P допустимых путей доставки груза из начального пункта i_1 в конечный пункт i_n через те или иные вершины – узлы и дуги сетевого графа. Прибытие в пункт i (вершину – узел $i, j \neq i_1$) назовем событием i . Каждая из дуг (i, j) (условно называемая работой) соединяет два возможных (допустимых с точки зрения состояния дорог) последовательных пункта i и j определенных (одного

или нескольких) маршрутов (путей) $p \in P$. Длина всего пути равна сумме длин (продолжительностей) составляющих дуг-работ. Выполнение последующей работы j на некотором фиксированном пути p не обязательно должно начинаться сразу после завершения непосредственно предшествующей ей на этом пути работе i , однако, не может начинаться пока не будет завершена работа i . При этом событие i предшествует событию j , если $l_p(i) < l_p(j)$, где $l_p(i)$ и $l_p(j)$ – длина пути из i_1 в пункты i и j при следовании по маршруту $p \in P$.

Для решения сформулированной выше задачи маршрутизации рассмотрим на сетевом графе, представленном транспортной сетью, задачу управления разработкой сложного комплекса [2]. Под вершинами графа понимаются события – начало и конец определенных работ, а под дугами графа – различные работы, в процессе выполнения которых возникают указанные события. Каждой дуге ставится в соответствие время выполнения соответствующей работы называемое длиной дуги. В отличие от задачи маршрутизации на транспортной сети, здесь полагается, что событие j возникает после окончания всех входящих работ, лежащих как одним так и на различных путях из P . Очевидно, промежуток времени между начальным событием i_1 и событием, представленным вершиной i_n , определяет путь наибольшей длины, ведущий из i_1 в i_n . Этот путь выявляет наиболее напряженные участки работ и называется критическим.

Методами решения задач управления проектами в классическом случае (т. е. при точном задании продолжительности каждой работы) являются методы сетевого планирования и управления (СПУ) [2–4], при этом решение задачи календарного планирования осуществляется методом критического пути (МКП).

В случае, когда оценки продолжительностей работ несут вероятностный характер, для решения задачи календарного планирования разработки проекта используют статистические методы сетевого планирования [5, 6]. В частности, в предположении, что действительный наиболее ранний срок окончания проекта является нормальной случайной величиной, для учета неопределенности длительности выполнения операций был разработан метод, известный под названием PERT (Program Evolution and Review Technique) [7]. Метод PERT в сущности повторяет метод критического пути с той разницей, что детерминированные длительности выполнения операций заменяются на ожидаемые.

При использовании метода PERT необходимо помнить, что теоре-

тическое обоснование выражений для ожидаемого времени выполнения операций и дисперсии времени выполнения операции опирается на весьма сомнительное предположение о бета-распределении продолжительности выполнения операций (см. [4]).

Однако эти недостатки компенсируются простотой алгоритма расчета, что обусловило разработку различных модификаций этого метода. Например, метод Фалкерсона [8] применим для любого ограниченного дискретного распределения вероятностей работ и улучшает оценки, получаемые методом PERT, но это достигается за счет роста объема вычислений в связи с необходимостью перебора всех возможных сочетаний длительностей работ, предшествующих каждому событию.

Критическим временем проекта называют минимальное время наступления последнего (завершающего) события проекта i_n . Другими словами, критическое время – это минимальное количество времени, необходимое для выполнения всего комплекса работ. По указанному выше, критическое время равно максимальной длины (т.е. продолжительности, равную критическому времени), называют критическим путем.

С помощью метода критического пути можно построить наикратчайший по времени путь, отсеивая по одному критическому пути путем вычеркивания его дуг, не входящих в оставшиеся пути и получая при этом новый сетевой граф. На конечном шаге такой процедуры получается путь из i_1 в i_n с однозначно определенными дугами между каждой парой его вершин, имеющий минимальную продолжительность.

Поскольку в момент планирования достаточно сложно иметь точную информацию о будущих длительностях работ на основе их предыстории, очень важно учесть нечеткую неопределенность исходных данных.

1. Временные характеристики путей при четком задании продолжительностей операций

Рассмотрим проект, состоящий из набора операций (работ). Зависимость между операциями задается в виде сети (сетевого графика), представляющей собой ориентированный граф (U, D) без петель (U и-множество вершин и дуг соответственно). Среди множества вершин U выделим вход сети i_1 и выход сети i_n .

Опишем сначала классической (четкий) метод критического пути (МКП). Будем считать, что события в рассматриваемой сети занумерованы таким образом, что их нумерация является правильной. Для установ-

ления правильной нумерации вершин сети пользуются методом вычеркивания дуг [2].

Напомним, что событие i соответствует некоторому узлу (вершине сетевого графа) и представляет собой момент начала одной или большего числа работ-дуг (i, j) , выходящих из узла i . Введем обозначения из [9].

Пусть $T_j(E)$ – наиболее ранний (early) возможный срок наступления j -го события, $j = 1, \dots, n$, где n – число событий (узлов) в сети. Поскольку основной задачей в МКП является отыскание критического пути, $T_j(E)$ вычисляется как продолжительность самого длинного пути от начального до данного события.

Допустим, что от начального события (события 1) к j -му событию ведут r путей: $p_1, p_2, \dots, p_r$. Каждому пути соответствует длина (время), равная сумме продолжительностей всех работ (i, j) на данном пути:

$$T_j(p_k) = \sum_m \sum_{m'} t_{m, m'}, \quad m, m' \in p_k, \quad k = 1, \dots, r, \quad j = 1, \dots, n, \quad (1.1)$$

где $t_{m, m'}$ – продолжительность работы (m, m') , принадлежащей пути p_k .

Таким образом, самый длинный путь от начального узла (узел 1) до i -го узла определяется как

$$T_i(E) = \max_k [T_i(p_k)], \quad i = 1, \dots, n, \quad (1.2)$$

где максимум берется по всем путям p_k , соединяющим узлы 1 и i . Удобно принять $T_1(E) = 0$ (самый длинный путь к первому узлу равен нулю).

Рассмотрим теперь все работы, ведущие к последующему событию. Самый ранний возможный срок наступления i -го события определяется как

$$T_i(E) = \begin{cases} 0, & \text{если } i = 1 \text{ (начальное событие)}; \\ \max_{j < i} [T_j + t_{ji}], & 2 \leq i \leq n. \end{cases} \quad (1.3)$$

Для сети с n событиями, $i = 1, 2, \dots, n$, вычисления по формуле (1.3) продолжаются до тех пор, пока не будет определен наиболее ранний возможный срок наступления завершающего n – события.

Пример 1.1. [9].

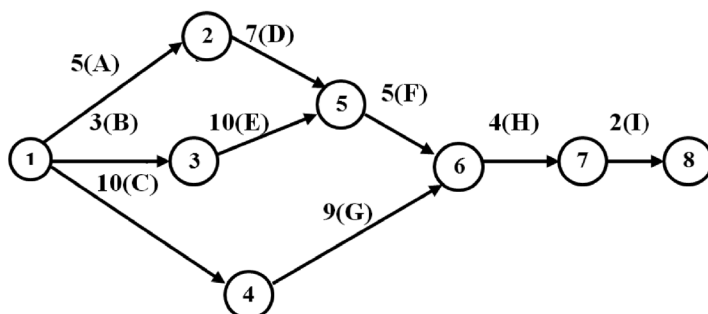


Рисунок 1.1. Пример сети в виде модели узел-событие.

На рис. 1.1. указаны узлы-события $1, 2, \dots, 8$ (узел 1-начальный, узел 8-завершающий) и работы $A, B, C, D, E, F, G, H, I$ с указанием их продолжительностей 5, 3, 10, 7, 10, 5, 9, 4, 2 соответственно.

В данном примере:

$$T_1(E) = 0, \quad T_2(E) = T_1(E) + t_{12} = 0 + 5 = 5, \quad T_3(E) = T_1(E) + t_{13} = 0 + 3 = 3,$$

$$T_4(E) = T_1(E) + t_{14} = 0 + 10 = 10, \quad T_5(E) = 13, \quad T_6(E) = 19, \quad T_7(E) = 23, \quad T_8(E) = 25.$$

Перейдем к определению наиболее позднего допустимого срока наступления каждого события.

Пусть $T_i(L)$ – наиболее поздний (*late*) срок наступления i -го события, не влияющий на завершение всего проекта. Начиная с n -го (завершающего) события, будем двигаться в обратном направлении через каждое предшествующее событие. Чтобы гарантировать, что продолжительность критического (самого длинного по времени) пути не будет превышена, необходимо положить

$$T_n(L) = T_n(E) = T \quad (1.4)$$

Наиболее поздний допустимый срок наступления любого i -го события определяется как

$$T_i(L) = \begin{cases} T_n(E), & i = n; \\ \min_{j>i} [T_j(L) - t_{ij}], & 1 \leq i \leq n - 1. \end{cases} \quad (1.5)$$

Минимум берется по всем j -м событиям, соединенным с i -м событием работой (i, j) . Вычисления по формуле (1.5) ведутся до тех пор, пока не будет определен наиболее поздний срок наступления начального события (событие 1).

Для примера 1 имеем:

$$T_9(L) = T_8(L) = 25 \text{ (длина критического пути);}$$

$$T_7(L) = T_8(L) - t_{78} = 26 - 2 = 23; \quad T_6(L) = T_7(L) - t_{67} = 23 - 4 = 19,$$

$$T_5(L) = T_6(L) - t_{56} = 19 - 5 = 14; \quad T_4(L) = T_6(L) - 9 = 19 - 9 = 10,$$

$$T_3(L) = T_5(L) - 10 = 14 - 10 = 4; \quad T_2(L) = T_5(L) - 7 = 14 - 7 = 7, T_1(L) = 0.$$

В некоторых работах (например [10,11]) ранний и поздний моменты свершения события i обозначают через t_i^+ и t_i^- , при этом поздний момент свершения события определяется через длину l_i максимального пути от этой вершины до выхода сети (для выхода сети соответствующая величина считается равной нулю):

$$l_n = 0, \quad l_i = \max_{j \in R_i} (l_j + t_{ij}), \quad i \leq n - 1, \quad (1.6)$$

где R_i – множество событий, непосредственно следующих за событием i , т. е. множество вершин j сети, для которых существует дуга (i, j) .

$$\text{Тогда} \quad t_i^+ = T - l_i, \quad i = 1, \dots, n, \quad (1.7)$$

где T – длина критического пути (т.е. критическое время). Очевидно, что формулы (1.4) и (1.6) дают один и тот же результат.

Полным резервом Δt_i события i называется [10] разность между его поздним и ранним моментом свершения, т. е.

$$\Delta t_i = t_i^+ - t_i^-, \quad (1.8)$$

Формулу (1.8) можно также записать в виде

$$\Delta t_i = T_i(E) - T_i(L) \quad (1.9)$$

где $T_i(E)$ и $T_i(L)$ определяются по формулам (1.3) и (1.5).

Таблица 1.1. ПАРАМЕТРЫ СОБЫТИЙ В ПРИМЕРЕ 1.1

Событие	t^-	t^+	Δt
1	0	0	0
2	5	7	2
3	3	4	1
4	10	10	0
5	13	14	1
6	19	19	0
7	23	23	0
8	25	25	0

Для примера 1.1 значения величин t_i^- , t_i^+ и Δt_i приведены в таблице 1.1.

Из таблицы 1.1 следует, что события 4, 6, 7 являются критическими (начальное и конечное событие заведомо являются критическими), поскольку их полные резервы равны 0. Следовательно, путь 1-4-6-7-8 является критическим и критическое время $T = 25$.

Введем далее понятия наиболее ранних возможных и наиболее поздних допустимых сроков начала и окончания работ.

Наиболее ранний возможный срок начала работы представляет собой самое раннее время начала работы при допущении, что все предшествующие работы будут завершены как можно раньше. Пусть ES_{ij} – наиболее ранний (early) возможный срок начала (*start*) работы (i, j). Поскольку работа не может начинаться раньше наступления предшествующего события, имеем

$$ES_{ij} = T_i(E) \quad (1.10)$$

где индекс i обозначает событие, предшествующее работе (i, j). Отсюда следует формула для определения наиболее раннего возможного срока окончания (*conclusion*) работы [9].

$$EC_{ij} = T_i(E) + t_{ij} = ES_{ij} + t_{ij}, \quad (1.11)$$

Наиболее поздний (*late*) допустимый срок окончания работы представляет собой самое позднее время завершения работы без задержки срока окончания всего проекта (т.е. критического времени T). Поскольку работа может быть закончена не позднее наибольшего допустимого срока наступления последующего события j , имеем

$$LC_{ij} = T_l(L) \quad (1.12)$$

Наиболее поздний допустимый срок начала работы (i, j) можно выписать следующим образом:

$$LS_{ij} = LC_{ij} - t_{ij}. \quad (1.13)$$

Полный резерв работы (i, j) вычисляется по формуле

$$\Delta t_{ij} = LC_{ij} - EC_{ij}. \quad (1.14)$$

В таблице 1.2 приводятся результаты вычислений для каждой работы (i, j) в примере 1.1. Критический путь 1-4-6-7-8 состоит из работ (1, 4), (4, 6), (6, 7), (7, 8), (обозначаемых *), имеющих нулевой резерв времени.

Таким образом, критический путь можно определять как путь, удовлетворяющий следующим двум условиям

- 1) проходит только через критические (с нулевым резервом времени) события-вершины или критические работы-дуги сетевого графа;
- 2) длина (длительность) пути равна критическому времени T , определяемому по формуле (1.3).

Примечания

1. Критических путей может быть как один, так и несколько.
2. Расчет критического пути на практике удобно вести по критическим вершинам, поскольку на практике вершин сетевого графа оказывается значительно меньше, чем дуг, составляющих любой допустимый путь из начальной вершины в конечную.

Таблица 1.2 НАИБОЛЕЕ РАННИЕ И НАИБОЛЕЕ ПОЗДНИЕ СРОКИ НАЧАЛА И ОКОНЧАНИЯ РАБОТ В ПРИМЕРЕ 1.1

Работа	Предшествующее событие i	Последующее событие j	Продолжительность t_{ij}	Наиболее ранний возможный срок		Наиболее поздний допустимый срок		Резерв времени	Критический путь
				начала ES_{ij}	окончания EC_{ij}	начала LS_{ij}	окончания LC_{ij}		
A	1	2	5	0	5	2	7	2	
B	1	3	3	0	3	1	4	1	
C	1	4	10	0	10	0	10	0	*
D	2	5	7	5	12	7	14	2	
E	3	5	10	3	13	4	14	1	
G	4	6	9	10	19	10	19	0	*
F	5	6	5	13	18	14	19	1	
H	6	7	4	19	23	19	23	0	*
I	7	8	2	23	25	23	25	0	*

Алгоритм 1.1 (построения критического пути)

1. Вычислим по формуле (1.8) для каждой вершины i полный резерв Δt_i и обозначим через $U_{кр}$ множество всех критических вершин (т.е. вершин с $\Delta t_i = 0$).
2. Построим множество всех путей, проходящих только через вершины из $U_{кр}$ и обозначим его через $P_{под.кр}$ (подозрительных на критичность). Пути, входящие в $P_{под.кр}$, обозначим через $p_j = 1, \dots, j_0$.
3. Вычислим по формуле (4) критическое время T .
4. Для каждого пути $p_j \in P_{под.кр}$ вычислим соответствующую длину T_j , равную (с учетом нулевых значений Δt_i для критических вершин) сумме длин составляющих дуг-работ.
5. Вычислим $\max_{j=1, j_0} T_j$. Пусть этот максимум достигается при некотором $j = j^*$, тогда путь P_{j^*} будет критическим.

Для нахождения путей на сетевом графе $\Gamma^{(0)} = (U, D, \text{удовлетворяющих директивному сроку } T_{дир} \text{ продолжительности проекта (в на-})$

шем случае – это доставка груза из пункта i_1 в пункт i_n) предлагается следующий алгоритм.

Алгоритм 1.2

(нахождения допустимых по длительности путей).

1. Пусть на шаге k ($k = 0, 1, \dots$) по алгоритму 1.1 найден некоторый критический путь $p_i^{(k)}$ на графе $\Gamma^{(k)} = (U^{(k)}, D^{(k)})$ $U^{(0)} = U$, $D^{(0)} = D$. Если этот путь будет иметь длину пути $T^{(k)}$, превышающую T_g , то рассмотрим новый сетевой граф $\Gamma^{(k+1)} = (U^{(k+1)}, D^{(k+1)})$, полученный вычеркиванием из графа $\Gamma^{(k)}$ дуг найденного критического пути, не входящих в оставшиеся пути. Если после такой операции множество вершин $\tilde{D}^{(k+1)} = D^{(k+1)} \setminus \{i_1, i_n\}$ не будет пустым, то после установления в $\Gamma^{(k+1)}$ правильной нумерации полагаем $k := k + 1$ и идем на п. 1.

В противном случае задача не имеет решения, выдается сообщение: «на графе $\Gamma^{(0)}$ нет пути p с длиной $T \leq T_{\text{дир}}$ и идем на п. 3.

2. При $T^{(k)} \leq T_{\text{дир}}$ любой путь из множества допустимых путей из i_1 в i_n на графе $\Gamma^{(k)}$ может быть принят за решение задачи.
3. Конец.

Если же директивный срок выполнения проекта не задан и требуется найти на графе $\Gamma^{(0)}$ кратчайший по времени путь из i_1 в i_n , будем пользоваться упрощенным вариантом алгоритма 1.1.

Алгоритм 1.3

(нахождения кратчайшего по времени пути).

1. На шаге k ($k = 0, 1, 2, \dots$) рассматривается граф $\Gamma^{(k+1)}$, полученный из графа $\Gamma^{(k)}$ тем же способом, что и в алгоритме 1.2. Если множество вершин $\tilde{D}^{(k+1)} = D^{(k+1)} \setminus \{i_1, i_n\}$ не является пустым, то после установления в графе $\Gamma^{(k+1)}$ правильной нумерации полагаем $k := k + 1$ и идем на п. 1.
2. Если $\tilde{D}^{(k+1)} = \varnothing$, то путь $p^{*(k)}$ будет кратчайшим путем на графе $\Gamma^{(0)}$.
3. Конец.

Во многих реальных ситуациях полная и точная информация о продолжительностях операций отсутствует, т. е. имеет место неопределенность. В зависимости от имеющейся информации различают интервальную (известен диапазон значений продолжительностей операций), вероятностную (известно распределение вероятностей продолжительностей операций) и расчетную (имеется нечеткая информация относительно продолжительностей операций) неопределенность.

При вероятностной неопределенности [5, 6] в общем случае невозможно (исключение составляют операции, выполняемые последовательно или параллельно) получение аналитических выражений для распределений вероятностей и других характеристик событий проекта.

2. Временные характеристики путей в случае интервального задания продолжительностей операций

Рассмотрим случай интервальной неопределенности относительно продолжительности операций, а именно, будем считать, что

$$t_{ij} \in [t_{ij}^-, t_{ij}^+], \quad i, j \in U$$

Наряду с обозначениями $T_i(E)$ и $T_i(L)$ для ранних и поздних сроков события i будем также пользоваться соответственно обозначениями t_i^- и t_i^+ из [10].

Тогда ранние моменты t_i^- свершения события i принадлежат (см. [10]) отрезку $\Delta_i^- = [t_i^{--}, t_i^{-+}]$, где

$$\begin{aligned} t_i^{--} &= t_i^{-+} = 0, \quad i = 1; \\ t_i^{--} &= \max_{j \in Q_i} (t_j^{--} + t_{ji}^-), \\ t_i^{-+} &= \max_{j \in Q_i} (t_j^{-+} + t_{ji}^+), \quad i \in U \setminus \{1\}. \end{aligned} \quad (2.1)$$

где Q_i — множество событий, непосредственно предшествующих событию i .

Длина критического пути принадлежит отрезку

$$\Delta_i^- = [T^-, T^+],$$

$$\text{где} \quad T^- = \max_{i \in U} t_i^{--}, \quad T^+ = \max_{i \in U} t_i^{-+}. \quad (2.2)$$

По аналогии с (1.6), вычислим для каждой вершины-события i оценку $\Delta_i^- = [t_i^-, t_i^+]$ длины максимального пути от этой вершины

до выхода сети i_n (для выхода сети i_n считаем соответствующие величины равными нулю):

$$l_i^- = \max_{j \in R_i} (l_j^- + t_{ij}^-), \quad l_i^+ = \max_{j \in R_i} (l_j^+ + t_{ij}^+), \quad i \in U, \quad (2.3)$$

где R_{i-} — то же, что и в (1.6).

Положим, что $t_i^{+-} = T^- - l_i^-$,

$$t_i^{+-} = T^- - l_i^-, \quad t_i^{++} = T^+ - l_i^+, \quad i \in U. \quad (2.4)$$

Получим следующую оценку границ отрезков, которым принадлежат полные резервы времени события i :

$$\Delta t_i^- = t_i^{+-} - t_i^{--}, \quad \Delta t_i^+ = t_i^{++} - t_i^{+-}, \quad i \in U. \quad (2.5)$$

В предельном случае интервальной неопределенности, т. е. при полной информированности, когда отрезки $[t_{ij}^-, t_{ij}^+]$ сжимаются в точки t_{ij} , $i, j \in U$, выражения (2.1)–(2.5) переходят в соответствующие выражения (1.2), (1.4)–(1.8) для четкого случая.

В интервальной модели, в отличие от «классической», нельзя однозначно сказать является ли событие критическим. Все события могут быть разделены на три класса. В первый класс попадают события, для которых имеет место полная определенность, т. е. события, для которых обе границы (2.4) равны между собой и равны нулю. Эти события можно с полным основанием называть критическими.

Путь из начальной вершины в конечную, проходящий только через критические события-вершины, будет критическим путем.

Во второй (промежуточный по степени «критичности») класс попадают события, для которых $\Delta t_i^- = 0$, а $\Delta t_i^+ > 0$. Такие события в рамках существующей (интервальной) неопределенности могут оказаться критическими. Условно их можно назвать полукритическими [10].

И, наконец, третий класс составляют события, для которых $\Delta t_i^- > 0$, такие события можно с полной определенностью отнести к не критическим.

Для нахождения критических путей при интервальном задании продолжительностей работ нужно уметь сравнивать два интервальных числа $\tilde{a} = [a_1, a_2]$ и $\tilde{b} = [b_1, b_2]$ по отношению $>$ (больше). Воспользуемся предложенным в [12] решением задачи сравнения интервальных чисел.

Определим меру удаленности двух интервалов $\tilde{a}$ и $\tilde{b}$ как суммарную длину всех подинтервалов, которыми различаются $\tilde{a}$ и $\tilde{b}$, включая подинтервал $\tilde{P}$ между $\tilde{a}$ и $\tilde{b}$, в случаях, когда $\tilde{a}$ и $\tilde{b}$ не пересекаются. Таким образом

$$U = |\tilde{a} \setminus \tilde{b}| + |\tilde{b} \setminus \tilde{a}| + |\tilde{P}| \quad (2.6)$$

Здесь символ $|\tilde{c}|$ означает длину интервала $\tilde{c}$.

Операция $\tilde{a} \setminus \tilde{b}$ определяется как разность двух множеств. В соответствии с (2.6) удаленность совпадающих интервалов (случай 5) равна нулю, удаленность интервалов $\tilde{a}$ и $\tilde{b}$ на рис. 2.1, случаи 1–4, составляет:

$$1) U = a_1 - b_1; \quad 2) U = a_2 - b_2; \quad 3) U = a_1 - b_1 + a_2 - b_2;$$

$$4) U = b_2 - b_1 + a_1 - b_2 + a_2 - a_1 = a_2 - b_1,$$

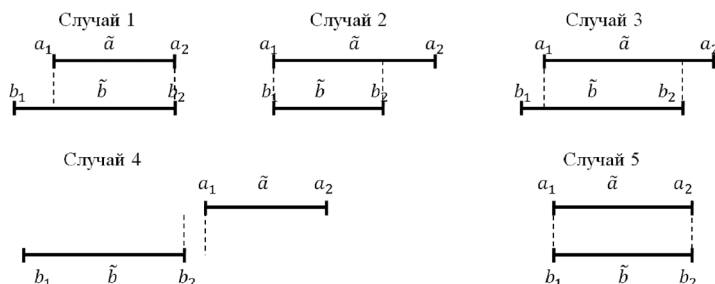
а удаленность интервалов $\tilde{a}$ и $\tilde{b}$ на рис.2.2 равна

$$U = b_1 - a_1 + a_2 - b_2$$

Операции $\vee = \max$ и $\wedge = \min$ над интервалами $\tilde{a}$ и $\tilde{b}$ определяются как теоретико-множественные обобщения соответствующих операций над вещественными числами:

$$\tilde{a} \vee \tilde{b} = \{a \vee b | a \in \tilde{a}, b \in \tilde{b}\}, \quad \tilde{a} \wedge \tilde{b} = \{a \wedge b | a \in \tilde{a}, b \in \tilde{b}\}. \quad (2.7)$$

Рисунок 2.1.



Результаты операций $\vee$ и $\wedge$ над интервалами всегда существуют в виде соответствующих интервалов и определяются по формулам

$$\begin{aligned}\tilde{a} \vee \tilde{b} &= [a_1, a_2] \vee [b_1, b_2] = [a_1 \vee b_1, a_2 \vee b_2], \\ \tilde{a} \wedge \tilde{b} &= [a_1, a_2] \wedge [b_1, b_2] = [a_1 \wedge b_1, a_2 \wedge b_2]\end{aligned}\quad (2.8)$$

Мера близости B двух интервалов $\tilde{a}$ и $\tilde{b}$ определяется как величина, дополнительная к мере их удаленности U , т.е. чем больше (меньше) U ,

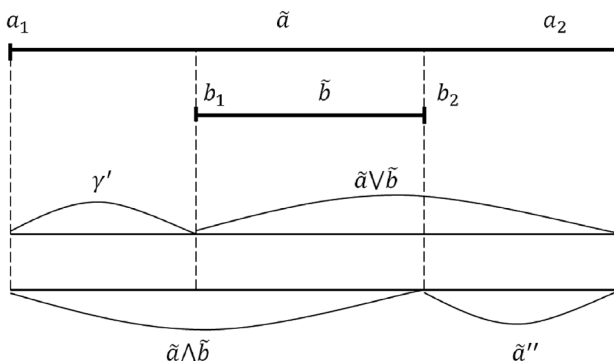


Рисунок 2.2.

тем меньше (больше) B . Конкретная форма математического соотношения между U и B может быть различной, например такой

$$B = 1/U. \quad (2.9)$$

Согласно (2.9) при увеличении удаленности интервалов U от $U_{min} = 0$ (удаленность совпадающих интервалов) до $U_{max} = \infty$ (удаленность бесконечно разнесенных интервалов) их близость B уменьшается от $B_{max} = \infty$ до $B_{min} = 0$.

Для произвольных интервалов, независимо от их расположения друг относительно друга, различные возможные отношения между интервалами определяются в виде:

$$\begin{aligned}(\tilde{a} \geq \tilde{b}) &\Leftrightarrow [U(\tilde{a}, \tilde{a} \vee \tilde{b}) \leq U(\tilde{b}, \tilde{a} \vee \tilde{b}), \quad U(\tilde{a}, \tilde{a} \wedge \tilde{b}) \geq U(\tilde{b}, \tilde{a} \wedge \tilde{b})], \\ (\tilde{a} > \tilde{b}) &\Leftrightarrow [U(\tilde{a}, \tilde{a} \vee \tilde{b}) < U(\tilde{b}, \tilde{a} \vee \tilde{b}), \quad U(\tilde{a}, \tilde{a} \wedge \tilde{b}) > U(\tilde{b}, \tilde{a} \wedge \tilde{b})], \\ (\tilde{a} = \tilde{b}) &\Leftrightarrow [U(\tilde{a}, \tilde{a} \vee \tilde{b}) = U(\tilde{b}, \tilde{a} \vee \tilde{b}), \quad U(\tilde{a}, \tilde{a} \wedge \tilde{b}) = U(\tilde{b}, \tilde{a} \wedge \tilde{b})].\end{aligned}\quad (2.10)$$

Как видно из (2.10), для того чтобы некоторый интервал $\tilde{a}$ был большим (большим или равным) из двух интервалов $\tilde{a}$ и $\tilde{b}$, нужно чтобы интервал $\tilde{a}$ был ближе (ближе или равноудален) к результату операции $\vee = \max$ над $\tilde{a}$ и $\tilde{b}$ и дальше (дальше или равноудален) от результата $\wedge = \min$ над $\tilde{a}$ и $\tilde{b}$, чем интервал $\tilde{b}$. Из (2.10) также видно, что для равенства двух интервалов $\tilde{a}$ и $\tilde{b}$ нужно, чтобы они были равноудалены от результата операции $\vee$ над $\tilde{a}$ и $\tilde{b}$ и равноудалены от результата операции $\wedge$ над $\tilde{a}$ и $\tilde{b}$.

Критический путь при интервально заданных продолжительностях работ будем определять по следующему алгоритму.

Алгоритм 2.1.

1. Вычислим по формуле (2.5) интервальные числа $[\Delta t_i^-, t_i^+]$ для всех вершин сетевого графа и выделим среди них множество критических вершин $U_{\text{кр}}$.
2. Вычислим по формуле (2.2) интервальное число $T = [T^-, T^+]$ для критического времени.
3. Построим множество путей, проходящих только через критические вершины и обозначим его $P_{\text{под.кр}}$ (подозрительных на критичность). Пусть мощность множества $P_{\text{под.кр}}$ равно j_0 , т. е. в $P_{\text{под.кр}}$ входят j_0 различных путей $p_j (j = 1, \dots, j_0)$.
4. Для каждого пути P_j вычислим соответствующую длину $T_j = [T_j^-, T_j^+]$, которая равна сумме интервальных чисел, представляющих длины составляющих дуг-работ.

Сумма двух интервальных чисел $A = [a_1, a_2]$ и $B = [b_1, b_2]$ определяется по правилу (см. [13,14]):

$$A = [a_1, a_2] \text{ и } B = [b_1, b_2] \quad (2.11)$$

5. По формуле (20) вычислим меру удаленности U_j интервального числа $T_j = (T_j^-, T_j^+)$ от $T = (T^-, T^+)$. Тогда

$$A + B = [a_1 + b_1, a_2 + b_2]. \quad (2.12)$$

будет являться мерой близости наиболее близкого к T интервального числа из множества $\{T_i\}$ ($j = 1, \dots, j_0$). Пусть минимум в (2.12) (не обязательно равный нулю) достигается при $j = j^*$, тогда путь p_{j^*} из $P_{\text{под.кр}}$ будет критическим.

Очевидно, что критический путь имеет меру удаленности от T , равную нулю, так что наименьшее среди чисел $\{U_j\}_{j=1, \dots, j_0}$ будет соответствовать критическому пути. Пусть

$$\min_{j=1, j_0} U_j \quad (2.13)$$

достигается при некотором $j^* \in [1, \dots, j_0]$. Тогда p_{j^*} является критическим путем.

В случае интервально заданных продолжительностей работ в алгоритме 1.2 при заданной допустимой длительности пути в виде интервального числа $T_{\text{дир}} = [T_{\text{дир}}^-, T_{\text{дир}}^+]$ сравнение длины критического пути $T_{j^*} = [T_{j^*}^-, T_{j^*}^+]$ с $T_{\text{дир}}$ производится по второй из формул (2.10).

Алгоритм 1.3 остается без изменений.

Пример 2.1 [10]. Пусть имеется сеть, изображенная на рис. 2.3 с продолжительностями работ, приведенными в таблице 2.1. В таблице 2.2 приведены параметры событий, рассчитанные в соответствии с формулами (2.1) – (2.4).

Из таблицы 2.2 видно, что при использовании нижних границ интервалов продолжительности работ все вершины будут критическими, критическое время $T = 6$, критическими путями будут 0-1-4, 0-1-3-4, 0-2-4 (путь 0-3-4 не критический, его длина равна 5). При использовании верхних границ критическими будут все вершины кроме вершины 2, критическое время $T = 12$, критическим будут только путь 0-1-3-4, а пути 0-1-4 и 0-3-4 не являются критическими, хотя и проходят через критические вершины. Таким образом, событие 2 является полукритическим, что подтверждается оценками $\Delta t_2^- = 0$ и $\Delta t_2^+ = 1 > 0$. Критическими при заданных интервальных продолжительностях работ (t_{ij}^-, t_{ij}^+) будут события 0, 1, 3, 4. Это следует из оценок $\Delta t_0 = \Delta t_0^+ = 0$, $\Delta t_1 = \Delta t_1^+ = 0$, $\Delta t_3 = \Delta t_3^+ = 0$, $\Delta t_4 = \Delta t_4^+ = 0$, причем на основании оценок (16) длина критического пути представляется интервальным числом $T = (6, 12)$.

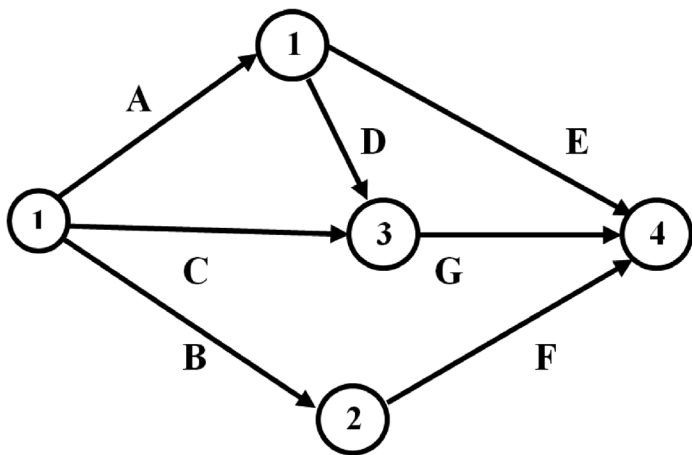


Рисунок 2.3. Сеть в примере 2.1.

Таблица 2.1. ПАРАМЕТРЫ РАБОТ В ПРИМЕРЕ 2.1

Работы	Минимальная продолжительность	Максимальная продолжительность
A	1	3
B	4	7
C	1	3
D	1	3
E	5	6
F	2	4
G	4	6

Таблица 2.2. ПАРАМЕТРЫ СОБЫТИЙ В ПРИМЕРЕ 2.1

Событие	t^-	t^+	I^-	I^+	t^{*-}	t^{**}	Δt^-	Δt^+
0	0	0	6	12	0	0	0	0
1	1	3	5	9	1	3	0	0
2	4	7	2	4	4	8	0	1
3	2	6	4	6	2	6	0	0
4	6	12	0	0	6	12	0	0

Для сравнения отметим, что задачу нахождения кратчайшего по времени пути можно свести к целочисленной задаче дискретной оптимизации в условиях интервальной неопределенности. Обозначим через $(i, j)_k$ – k -й возможный вариант дорог, соединяющих пункт i с пунктом j , и пронумеруем эти варианты в любом порядке $1, \dots, k_{ij}$ (k_{ij} – общее число вариантов дорог, соединяющих i с j). Тогда рассматриваемая задача запишется в виде линейной целевой функции

$$Z = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=2}^n \sum_{k=1}^{k_{ij}} a_{ij}^k x_{ij}^k \rightarrow \min \quad (2.14)$$

с ограничениями

$$\sum_{k=1}^{k_{ij}} x_{ij}^k = 1 \quad (i = 1, \dots, n-1; j = 2, \dots, n) \quad (2.15)$$

$$x_{ij}^k \in \{0, 1\} \quad (i = 1, \dots, n-1; j = 2, \dots, n; k = 1, \dots, k_{ij}) \quad (2.16)$$

Здесь $x_{ij}^k = 1$, если из i приходим в j по k -му варианту и $x_{ij}^k = 0$ – в противном случае; a_{ij}^k – длина отрезка пути (в нашем случае это длительность) следования из i в j по k -му варианту.

Ограничения (2.15) являются условиями прибытия в пункт j из пункта i только по одному варианту.

Пусть (i_1, j_1^*) , (j_1^*, j_2^*) , (j_2^*, j_3^*) , $\dots$, (j_m^*, i_n) дуги, которым в оптимальном решении задачи (2.14) – (2.16) соответствуют единичные значения переменных, и этим дугам соответствуют варианты $k_1, \dots, k_m$ их прохождения $(i_1, j_1^*)^{k_1} (j_1^*, j_2^*)^{k_2}, \dots, (j_m^*, i_n)^{k_m}$, где $k_s \in \{1, 2, \dots, k_{ij}\}$ ($i = 1, \dots, n-1; j = 2, \dots, n; s = 1, \dots, m$). Тогда путь, составленный из дуг $(i_1, j_1^*)^{k_1}, (j_1^*, j_2^*)^{k_2}, \dots, (j_m^*, i_n)^{k_m}$, будет кратчайшим по времени путем из начального пункта i_1 в конечный пункт i_n .

В работах [15–17] ранее был предложен общий подход к оптимизации систем с интервально заданными параметрами, основанный на принципах сравнения интервальных чисел, вытекающих из общих принципов интервальной математики [13]. Однако предложенный в [15–17] подход имел ограничение, связанное с невозможностью сравнения интервалов, один из которых накрывает другой.

Применение метода критического пути предусматривает расчеты временных характеристик только для вершин – событий, приводя к значительному сокращению объема вычислений по сравнению с алгоритмами

дискретной интервальной оптимизации [12, 15–17], особенно при сильно разветвленном сетевом графе с большим числом дуг-работ.

ВЫВОДЫ

1. Метод критического пути дает возможность существенно упростить алгоритм расчета кратчайшего пути (особенно при сильной разветвленности транспортной сети) по сравнению с известными методами дискретной интервальной оптимизации [12, 15–18].
2. Под «длиной пути» в широком смысле можно понимать веса составляющих дуг, представляющие любую аддитивную меру дуг, например, расстояние, время, или стоимость дуги-работы сетевого графа.
3. Предложенные алгоритмы расчета кратчайших путей будут использованы при разработке программного инструментария «TRANZIT», ориентированного на моделирование транспортных систем сообщения, проходящих через сеть терминалов республики и функционирующих в условиях интервально неопределенных воздействий. Использование данного инструментария позволит автоматизировать наиболее трудоемкие этапы исследования реальной транспортной сети, что обеспечивается наличием непрерывной связи с расположенными в регионах республики логистическими центрами и возможностью оперативной корректировки параметров моделирования, сокращая время и стоимость решения проекта при изменении структурной организации сети и управлении транзитными транспортными потоками с учетом имеющегося зарубежного опыта [19].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корчагин В. А., Ляпин С. А., Корчагин Д. И. Методические подходы эффективного и экологически безопасного автотранспортного обслуживания металлургического комбината // Грузовое и пассажирское автохозяйство. М., 2007. № 2.
2. Зуховицкий С. И., Радчик И. А. Математические методы сетевого планирования. М.: Наука, 1965. 296 с.
3. Ермольев Ю. М., Мельник И. М. Экстремальные задачи на графах. Киев: Наукова думка, 1968. 176 с.
4. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах / пер. с англ. М.: Мир, 1981. 323 с.
5. Голенко Д. И. Статистические методы сетевого планирования и управления. М.: Наука, 1968. 400 с.
6. Голенко Д. И., Лившиц С. Е., Кеслер С. Ш. Статистическое моделирование в технико-экономических системах (управление разработками). Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1977. 264 с.
7. Clark G.F. The PERT model for the distribution of an activity time// Operation Research, 1965, 13, 1/
8. Форд Л. Р., Фалкерсон Д. Р. / L. R. Ford, D. R. Fulkerson – Потоки в Сетях / Flows in networks / пер. с англ. М.: Мир, 1966. 276 с.
9. Филлипс Д., Гарсия-Диас А. / Fillips D., Garsia-Dias A. Методы анализа сетей / Methods of networks' analysis / пер. с англ. М.: Мир, 1984.– 496 с.
10. Акимов В. А., Балашов В. Г., Заложнев А. Ю. Метод нечеткого критического пути // Управление большими системами. М.: Институт проблем управления, 2003. С. 5–10.
11. Врублевская С. С., Федорова И. В., Шиянов Б. А. Алгоритм вычисления нечеткого критического пути // Вестник Воронежского гос. технического ун-та. 2007. Т. 3. № 7. С. 93–100.
12. Левин В. И. Сравнение интервальных чисел и оптимизация систем с интервальными параметрами // Автоматика и телемеханика. 2004. № 4. С. 133–142.
13. Алефельд Г., Херцбергер Ю./ G. Alefeld, J. Herzberger – Введение в интервальные вычисления / Introduction to Interval Computations / пер. с англ. М.: Мир, 1987. 356 с.
14. Шокин Ю.И. Интервальный анализ. Новосибирск: Наука, 1981. 112 с.
15. Левин В. И. Дискретная оптимизация в условиях интервальной неопределенности // Автоматика и телемеханика. 1992. № 7. С. 97–107.
16. Левин В. И. Булево линейное программирование с интервальными коэффициентами // Автоматика и телемеханика. 1994. № 7. С. 111–122.
17. Левин В. И. Интервальное дискретное программирование // Кибернетика и системный анализ, 1994. № 6. С. 91–103.
18. Gen M., Cheng R. Interval programing using genetic algorithms // Intelligent automation and control. V.4. Proceeding of the World

- Automation Congress (WAC 96). May 28–30, 1996. Montpellier, France.
19. Максимей И. В., Сукач Е. И., Еськова О. И. Сравнительный анализ вариантов организации транспортной сети сообщения с использованием программного инструментария «TRANZIT» // Математичні машини і системи. 2012. № 1. С. 98–105.

ОБ АВТОРАХ:

Гасумов Рамиз Алиевич, доктор технических наук, профессор. ОАО СевКавНИПИгаз. Телефон: 8 (8652) 35-08-35. E-mail: sevkavnipigaz@mail.ru.

Гезалов Сулхаддин Камал оглы, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры Автомобильные транспортные средства Азербайджанского Технического Университета. Телефон: (012) 539 14 43. E-mail: ssszaz@gmail.com.

Gasumov Ramiz Aliyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor. SevKavNIPigaz. Phone: 8 (8652) 35-08-35. E-mail: sevkavnipigaz@mail.ru.

Gezalov Sulhaddin Kamal ogli, Ph.D., Associate Professor, Head of the Department Automotive vehicles Azerbaijan Technical University. Phone: (012) 539 14 43. E-mail: ssszaz@gmail.com.

УДК: 532.522.2

Диканский Ю. И. [Dikansky Yu. I.],
Борисенко О. В. [Borisenko O. V.],
Беджаниян М. А. [Bedzhanyan M. A.],
Коробов М. И. [Korobov M. I.]

ЭФФЕКТ СИНХРОНИЗАЦИИ ВРАЩЕНИЙ НАМАГНИЧЕННЫХ АГРЕГАТОВ В МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ В ПЕРЕМЕННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ*

**Synchronization effect of magnetized aggregates
rotations in the magnetic fluid under the action of
alternating magnetic field**

В работе исследовано поведение плоских капель магнитной жидкости со спонтанно намагниченными агрегатами в переменном магнитном поле. Обнаружено, что в определенном диапазоне частот внешнего магнитного поля капля приходит во вращательное движение вследствие эффекта синхронизации вращений намагниченных агрегатов.

Ключевые слова: магнитная жидкость, струя, неустойчивость, магнитное поле.

In this paper we investigate the behavior of the plane drops a magnetic fluid with spontaneous magnetization units in an alternating magnetic field. It was found that in a certain frequency range of the external magnetic field drop comes into rotational motion due to rotation of the magnetization effect synchronization units.

Key words: magnetic fluid, jet, instability, magnetic field.

Магнитные жидкости [1, 2], синтезированные более полувека назад, до сих пор представляют интерес для исследователей, как в научном, так и в прикладном аспекте.

При определенных условиях в таких коллоидных системах возникают структурные упорядоченные образования – спонтанно намагниченные агрегаты. Ранее, результаты исследования процессов структурной организации в системе таких агрегатов представлялись нами в [3]. В статье рассмотрены особенности поведения плоских капель магнитной жидкости в переменном магнитном поле, обусловленные возникающей при определенных условиях синхронизацией внутренних вращений содержащихся в них намагниченных агрегатов.

*

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 14–03–00312_a), а также Министерства образования и науки РФ в рамках задания на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания (№ 2479).

Исследовалось поведение капель дискообразной формы магнитной жидкости (МЖ), расположенных на поверхности воды при воздействии однородных переменных магнитных полей. Для получения капель использовалась магнитная жидкость на основе керосина с магнетитовыми частицами со средним размером частиц около 13,4 нм, стабилизированная олеиновой кислотой, содержащая хорошо развитую систему намагниченных агрегатов. Процесс образования намагниченных агрегатов предварительно инициировался разбавлением сильноконцентрированной МЖ 2%-ным раствором олеиновой кислоты в керосине. Для сравнения проводились также исследования капель, полученных из однородной (неагрегированной) магнитной жидкости на той же основе, обладающей такой же намагниченностью в исследованном диапазоне полей ($H = 0,3\text{--}0,7$ кА/м).

Для проведения экспериментов использовалась установка, схема которой представлена на рисунке 1. Она представляла собой пару катушек Гельмгольца 1, в области однородности поля которых располагалась стеклянная кювета 2 с плоскопараллельными стенками, наполненная водой. На поверхность воды с помощью медицинского шприца вводилась капля

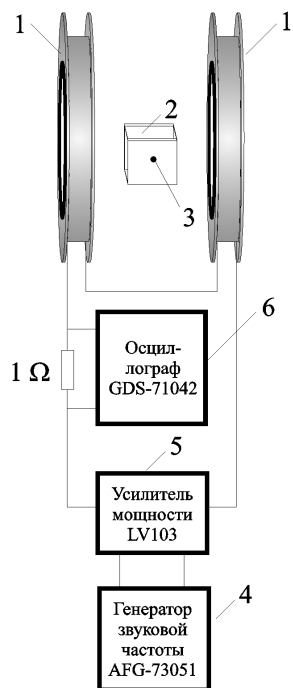


Рисунок 1.

Схема экспериментальной установки.

3 магнитной жидкости, плотность которой меньше плотности воды. Для придания капле МЖ дискообразной формы в воду добавлялось небольшое количество поверхностно-активного вещества. По обмоткам катушек пропускался переменный ток регулируемой частоты в диапазоне 0,5–5 Гц от генератора 4 AFG–73051 с использованием усилителя мощности 5 LV103.

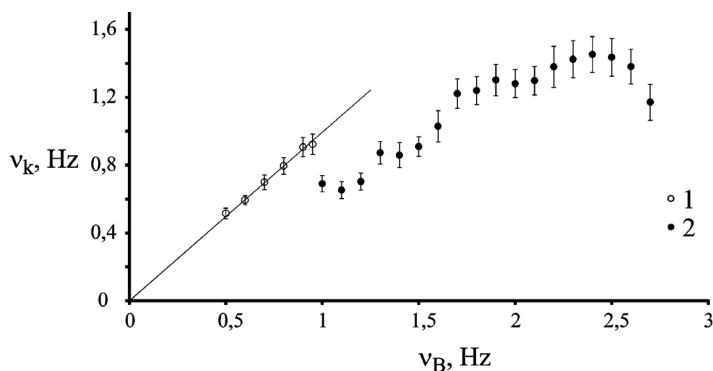
Измерение амплитудных значений напряженности магнитного поля осуществлялось путем измерения амплитудных значений напряжения на резисторе сопротивлением 1 Ом и мощностью 10 Вт при помощи цифрового осциллографа 6, что позволяло определять амплитуду силы тока в обмотках катушек, после чего на основании аппроксимационного уравнения $H = f(I)$, полученного в ходе градуировки катушек, определять результирующую величину напряженности магнитного поля.

Наблюдение за поведением капли осуществлялось с помощью цифровой видеокамеры при частоте съемки 300 кадров в секунду, в последующем полученные видеозаписи воспроизводились на мониторе компьютера в замедленном режиме с целью анализа поведения капли.

Анализ полученных видеозаписей показал, что при воздействии на каплю однородной МЖ, не содержащей намагниченных агрегатов, переменного поля происходит пульсация ее формы, обусловленная переменным характером напряженности магнитного поля. При увеличении частоты до 1,5–2 Гц наблюдается уменьшение амплитуды колебаний формы капли, которые при достижении частоты поля 5 Гц полностью прекращались, и капля покоилась, сохраняя эллиптическую форму, характеризующуюся некоторым значением эксцентриситета.

Напротив, форма капли со спонтанно намагниченными агрегатами в тех же полях изменялась незначительно, но при этом наблюдались вращательные колебания капли относительно направления магнитного поля, амплитуда которых возрастала с ростом частоты поля. Вблизи некоторой критической частоты (для исследованных капель около 1 Гц), капля начинала вращаться, при этом скорость вращения первоначально увеличивалась пропорционально росту частоты поля. При достижении некоторого значения частоты поля (~2,4 Гц) частота вращения капли начинала уменьшаться, а при частотах выше 2,8 Гц происходил переход от вращения к слабо выраженному колебательному движению, которое прекращалось при дальнейшем увеличении частоты поля.

В качестве примера, на рисунке 2 представлен один из экспериментально полученных графиков зависимости частоты вращения капли МЖ



- 1 – частота колебаний капли в колебательном режиме,
2 – частота вращения капли во вращательном режиме

Рисунок 2. Зависимость частоты движения капли МЖ со спонтанно намагниченными агрегатами от частоты внешнего поля.

с намагниченными агрегатами от частоты внешнего магнитного поля. Отметим, что для разных капель переход от колебательно-вращательного к вращательному движению может происходить при различных значениях частоты поля при сохранении общего характера зависимости частоты вращения капли от частоты переменного поля.

Очевидно, возникновение процесса вращения капли обусловлено внутренними вращениями содержащихся в МЖ агрегатов, обладающих магнитными моментами. Действительно, наблюдения в оптический микроскоп показали, что воздействие на тонкий слой используемого образца переменного магнитного поля, направленного вдоль плоскости слоя, приводит к колебательному и вращательному движению содержащихся в нем намагниченных агрегатов. При этом, часть агрегатов могут вращаться по часовой стрелки, другая часть – против нее. Можно заключить, что по мере приближения частоты поля к критической наблюдается эффект синхронизации колебательно-вращательного процесса, в результате чего большинство агрегатов, содержащихся в капле приходят в состояние стабильного вращения в одну и ту же сторону, что и приводит к вращению та-

ких капель как единого целого в переменном магнитном поле. Подобные эффекты синхронизации были описаны в работе [4], где исследовалась синхронизация фаз вращений и колебаний жестких магнитных диполей, плавающих на поверхности жидкости в переменном магнитном поле.

Для подтверждения сделанного заключения о возможности объяснения полученных экспериментальных результатов на основе эффекта синхронизации вращения намагниченных агрегатов, была разработана математическая модель поведения ансамбля одинаковых магнитных диполей (намагниченных агрегатов), помещенных в жидкую среду. Ориентация агрегата определяется основным уравнением вращательного движения:

$$\ddot{\varphi}_i = -\gamma(\dot{\varphi}_i - \Omega) + |\mathbf{n}_i \times (\xi \mathbf{e}_B \sin \omega_B t + \xi_m \mathbf{e}_n)|, \quad (1)$$

- где φ_i – угол поворота i -го агрегата,
 $\gamma = \alpha / J$ – коэффициент диссипации, связанный с вязким трением при вращении,
 Ω – частота вращения капли,
 $\mathbf{n}_i$ – единичный вектор направления магнитного момента агрегата,
 $\xi = mB_0/J$ – коэффициент взаимодействия магнитного момента агрегата с магнитным полем,
 $\mathbf{e}_B$ – единичный вектор направления внешнего магнитного поля,
 α – коэффициент вязкого трения вращения агрегата,
 J – момент инерции агрегата,
 m – магнитный момент агрегата,
 B_0 – амплитуда внешнего переменного поля,
 $\xi_m = \mu_0 m^2 / J$ – коэффициент взаимодействия диполей,
 $\mathbf{e}_n$ – вектор магнитного поля, наведенного другими диполями, который определяется выражением:

$$\mathbf{e}_n = \sum_{j(j \neq i)} \left(\frac{3(\mathbf{r}_{ij} \cdot \mathbf{n}_i) \mathbf{r}_{ij}}{r_{ij}^5} - \frac{\mathbf{n}_i}{r_{ij}^3} \right). \quad (2)$$

Как показывает численный эксперимент для свободного ($\Omega = 0$, $\xi_m = 0$) диполя в переменном поле согласно уравнению (1), в некотором диапазоне частот наблюдается его вращение со средней частотой, равной частоте внешнего поля.

Для рассмотрения поведения ансамбля диполей, между которыми

возможно диполь-дипольное взаимодействие, проводилось численное решение уравнения (1) с нулевой частотой вращения капли ($\Omega = 0$). Это показало, что одно лишь диполь-дипольное взаимодействие не способно обеспечить синхронизацию вращений агрегатов, а соответственно и обеспечить вращение капли как целого.

Синхронизация обеспечивается за счет введения гидродинамического взаимодействия агрегатов. По закону сохранения момента импульса, угловая частота капли Ω изменяется по закону:

$$\dot{\Omega} = \gamma_m \sum_i (\dot{\phi}_i - \Omega) - \gamma_k \Omega, \quad (3)$$

где $\gamma_m = \alpha / J_k$ – коэффициент передачи вращения от агрегата к капле,
 $\gamma_k = \alpha_k / J_k$ – коэффициент диссипации капли как целого,
 α_k – коэффициент трения вращения капли о внешнюю среду,
 J_k – момент инерции капли.

Моделирование поведения ансамбля диполей на основе уравнений (1) и (3) показывает, что введение гидродинамического взаимодействия за счет обмена механическим моментом между жидкостью и агрегатами обеспечивает синхронизацию их вращений. На рисунке 3 изображены ориентации агрегатов в различные моменты времени после включения переменного поля. Из рисунка видно, что по истечении некоторого времени магнитные моменты агрегатов выстраиваются в одном направлении и вращаются со средней частотой, равной частоте внешнего поля. Отметим, что подобный подход, связанный с учетом гидродинамического взаимодействия осуществлялся ранее в работе [5], где исследовалось поведение диэлектрических цилиндрических частиц в переменном электрическом поле.

Предполагая, что в диапазоне частот, близких к критической, все диполи в установившемся режиме вращаются с частотой внешнего поля, можно получить зависимость для частоты вращения капли:

$$\omega_k = \frac{N\gamma_m}{N\gamma_m + \gamma_k} \omega_B, \quad (4)$$

где ω_k – частота вращения капли,
 N – количество агрегатов в капле,
 ω_B – частота внешнего поля.

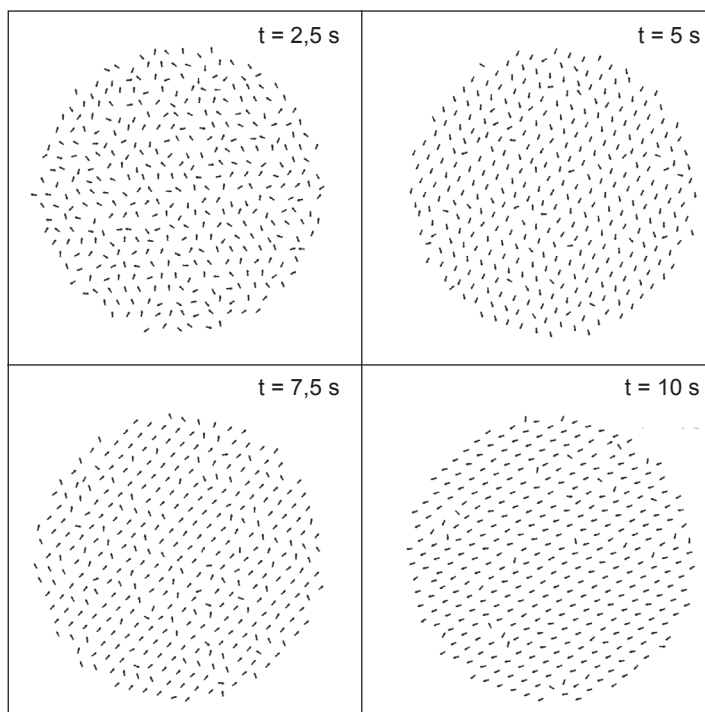


Рисунок 3.

Результаты моделирования ансамбля диполей в плоской капле ($\gamma = 5$, $\xi = 50$, $\omega_B = 4$, $\delta = 0,01$, $\xi_m = 1$, $\gamma_m = 5 \cdot 10^{-4}$, $\gamma_k = 0 = 0,1$).

Анализ экспериментально полученных результатов показал, что в диапазоне частот внешнего поля 1,0–2,5 Гц наблюдается их качественное соответствие с зависимостью (4), полученной аналитически.

Таким образом, анализ экспериментальных данных и результатов проведенного компьютерного моделирования, позволяет заключить, что в определенном диапазоне частот переменного магнитного поля наблюдается синхронизация вращений намагниченных агрегатов за счет гидродинамического взаимодействия, что приводит к вращательному движению капли МЖ, содержащей развитую систему таких агрегатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фертман Е. Е. Магнитные жидкости. Минск: Вышейшая школа, 1988.
2. Блум Э. Я., Майоров М. М., Цеберс А. О. Магнитные жидкости. Рига: Зинатне, 1986.
3. Dikansky Yu. I., Gladkikh D. V., Kunikin S. A., Zolotukhin A. A. Magnetic ordering in colloidal systems of single-domain particles. Vol. 48, № 3, 493–502, 2012.
4. Belovs M., Cebers A. Synchronization of magnetic dipole rotation in an ace magnetic field. J. Phys. A: Math. Theor. 44 (2011) 295101 (16 pp).
5. Belovs M., Cebers A. Relaxation of polar order in suspensions with Quincke effect. PHYSICAL REVIEW E 89, 052310 (2014).

ОБ АВТОРАХ

Диканский Юрий Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой общей физики, Северо-Кавказский федеральный университет. E-mail: Dikansky@mail.ru.

Беджанян Марита Альбертовна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики, Северо-Кавказский федеральный университет. E-mail: maritabedzhanyan@mail.ru.

Борисенко Олег Васильевич, инженер кафедры общей физики, Северо-Кавказский федеральный университет. E-mail: borsgu@gmail.com.

Коробов Максим Игоревич, магистр кафедры общей физики, Северо-Кавказский федеральный университет.

Dikansky Yuri Ivanovich, Doctor of physical and mathematical sciences, professor, Head of General Physics Department North-Caucasian Federal University. E-mail: Dikansky@mail.ru.

Bedzhanyan Marita Albertovna, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of the Department of General Physics North-Caucasian Federal University. E-mail: maritabedzhanyan@mail.ru.

Borisenko Oleg Vasil'evich, engineer, Department of General Physics, North-Caucasian Federal University. E-mail: borsgu@gmail.com.

Korobov Maksim Igor'yevich, MA, Department of General Physics North-Caucasian Federal University.

УДК 621.391.1:
621.396

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

МЕТОДЫ ОПТИМАЛЬНОЙ СУБПОЛОСНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ*

Methods of optimal subbands signal processing

Разработан подход к анализу и синтезу сигналов на основе вариационных принципов, сформированных на языке частотных представлений, что позволяет достичь адекватности с точки зрения отражения физической сущности решаемых задач: определение точных значений долей энергий анализируемых сигналов в заданных частотных интервалах; в результате оптимальной фильтрации векторов получаемые компоненты определяются только энергией сигнала в соответствующем частотном интервале; формирование сигналов с минимальной долей просачивания энергии за пределы выделенной частотной полосы.

Ключевые слова: частотные представления, анализ распределения энергии в частотной области, собственные числа субполосных матриц, метод оптимальной фильтрации, сигналы с высокой спектральной эффективностью.

The approach has been developed for analysis and synthesis of signals based on variational principles, formed in the language of the frequency representation, which allows for adequacy in terms of reflecting the physical nature of tasks: determining the exact proportion of the energy values of the analyzed signal at predetermined frequency intervals; optimal filtering resulting vectors derived components are determined only by the energy of the signal in the relevant frequency interval; generation of signals with a minimum of leakage of energy outside the selected frequency band.

Key words: frequency representation, analysis of the energy distribution in the frequency domain, the eigenvalues of the matrix of subband, optimal filtering method, signals with high spectral efficiency.

Субполосная обработка сигналов предполагает отражение их свойств в соответствии с некоторым разбиением частотной полосы на подобласти (интервалы).

Разбиение на интервалы осуществляется в рамках конкретной решаемой задачи и определяется ее целью. Вместе с тем можно указать некоторые достаточно общие аспекты анализа и синтеза сигналов, для которых естественно использовать субполосные представления.

* Исследование финансировалось в рамках Федеральной целевой программы (ФЦП) «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы», соглашение 14.575.21.0020

Исследование распределения энергии в частотной области

Пусть
$$F(\omega) = \sum_{k=1}^N f_k \exp(-j\omega(k-1)). \quad (1)$$

является трансформантой Фурье (спектром) сигнала конечной длительности $f(t)$, где ω – нормированная круговая частота (предполагается эквидистантная дискретизация).

Тогда справедливо равенство Парсеваля

$$\|\vec{f}\|^2 = \sum_{k=1}^T f_k^2 = \int_{-\pi}^{\pi} |F(\omega)|^2 d\omega / 2\pi, \quad (2)$$

которое нетрудно преобразовать к виду

$$\|\vec{f}\|^2 = \sum_{r=1}^R \int_{\omega \in V_r} |F(\omega)|^2 d\omega / 2\pi, \quad (3)$$

где интервалы Dk определяют разбиение оси частот вида

$$V_r = [-V_{r2}, -V_{r1}) \cup [V_{r1}, V_{r2}), \quad V_{r-1,2} = V_{r1}, \quad V_{11} = 0, \quad V_{R2} = \pi. \quad (4)$$

Таким образом, оказывается возможным осуществить частотный анализ энергетических характеристик исследуемой функции, так как интегралы

$$P_r = \int_{\omega \in V_r} |F(\omega)|^2 d\omega / 2\pi \quad (5)$$

определяют доли энергии, попадающие в выбранные частотные интервалы. В частности можно выделить частотные интервалы, в которых сосредоточена подавляющая доля энергии, либо почти периодические компоненты исходной функции, энергии которых сосредоточены в разных интервалах, если последние достаточно узкие по сравнению со значением $D = 2\pi$.

Подынтегральная функция в правой части соотношения (2) часто называется спектральной плотностью мощности, что подчеркивает «физический» смысл этой характеристики. Вместе с тем представляется более обоснованно в качестве физической характеристики сигналов использовать интегралы вида (5).

Компьютерная обработка сигналов приводит к необходимости дискретизации областей определения исследуемых функций. В дальнейшем

предполагается применение эквидистантной дискретизации с постоянным шагом. Таким образом, одной из важнейших задач анализа сигналов является определение точных значений долей их энергий в заданных частотных интервалах на основе вариационного принципа минимизации погрешностей.

Эту характеристику можно вычислить на основе соотношения

$$P_r = \int_{\omega \in V_r} |F(\omega)|^2 d\omega / 2\pi = \vec{f}' A_r \vec{f}, \quad (6)$$

где A_r – субполосная матрица,

$$A_r = \{a_{ik}^r\}; \quad (7)$$

$$a_{ik}^r = (\sin(V_{r2}(i-r)) - \sin(V_{r1}(i-k)))/(\pi(i-k)); i, k = 1, \dots, N$$

Некоторые свойства субполосных матриц A_r .

Очевидно, что субполосная матрица является симметричной и неотрицательно определенной. Поэтому [1] она обладает полной системой ортонормальных собственных векторов, соответствующих неотрицательным собственным числам и удовлетворяющих соотношениям

$$\begin{aligned} \lambda_{kr} \vec{q}_{kr} &= A_r \vec{q}_{kr}; \\ (\vec{q}_{kr}, \vec{q}_{ir}) &= \sum_{m=1}^N q_{mk}^r * q_{mi}^r = 1, i = k; \\ (\vec{q}_{kr}, \vec{q}_{ir}) &= 0, i \neq k; \\ \lambda_{1r} &> \lambda_{2r} > \dots > \lambda_{Nr} \geq 0; \\ A_r &= \sum_{k=1}^N \lambda_{kr} \vec{q}_{kr} \vec{q}_{kr}' = GLG'; \\ G &= \{\vec{q}_{kr}\}, k = 1, \dots, N; \\ L &= \text{diag}(\lambda_{1r}, \lambda_{2r}, \dots, \lambda_{Nr}). \end{aligned}$$

Кроме того, трансформанты Фурье собственных векторов обладают двойной ортогональностью

$$\begin{aligned}
\int_{\omega \in V_r} Q_{kr}(\omega) Q_{ir}(\omega) d\omega &= 0, i \neq k, \\
\int_{-\pi}^{\pi} Q_{kr}(\omega) Q_{ir}(\omega) d\omega &= 0, i \neq k; \\
\int_{-\pi}^{\pi} |Q_{kr}(\omega)|^2 d\omega / 2\pi &= 1, k = 1, 2, \dots, N, \\
\lambda_{kr} &= \int_{\omega \in V_r} |Q_{kr}(\omega)|^2 d\omega / 2\pi.
\end{aligned} \tag{8}$$

Таким образом, и в дискретном случае собственные числа количественно равны сосредоточенным в выбранных частотных интервалах долям энергий соответствующих собственным векторов, что важно для синтеза сигналов.

Как следствие получаем неравенство, которое определяет диапазон изменений значений собственных чисел:

$$0 < \lambda_{kr} \leq 1, k = 1, \dots, N.$$

Из соотношений (7) нетрудно получить важное равенство

$$\text{tr} A_r = \sum_{k=1}^N \lambda_{kr} = N / D_r,$$

где $D_r = \pi / (\nu_{r+1} - \nu_r).$

В силу свойств субполосной матрицы выполняется неравенство

$$\det A_r = \prod_{k=1}^N \lambda_{kr} \leq 1 / R_r^N,$$

из которого и неравенства (8) следует, что некоторые из собственных чисел будут очень малыми.

Вычисления показывают, что величина собственных чисел, индексы которых превосходят значение

$$J_r = 2[N / 2D_r] + 4 = M + 4,$$

пренебрежимо мала по сравнению с единицей (квадратные скобки означают целую часть числа). Поэтому представление субпо-

лосной матрицы с достаточной степенью точности можно заменить следующей аппроксимацией

$$A_r \approx \sum_{l=1}^{J_r} \lambda_{kr} \vec{q}_{kr} \vec{q}_{kr}' = G_{1r} L_{1r} G_{1r}'.$$

$$\text{Поэтому } P_r \approx P_{J_r} = \sum_{k=1}^{J_r} \lambda_{kr} \alpha_{kr}^2,$$

$$\text{где } \alpha_{kr} = (\vec{q}_{kr}, \vec{f}).$$

Относительная погрешность вычислений долей энергий определяется выражением

$$\delta_r = 1 - P_{J_r} / P_r = \sum_{k=J_r+1}^N \lambda_{kr} \alpha_{kr}^2 / \sum_{i=1}^N \lambda_{ir} \alpha_{ir}^2 \leq N / R \sum_{k=J_r+1}^N \lambda_{kr}.$$

Для иллюстрации теоретических выводов были проведены некоторые вычислительные эксперименты по анализу свойств собственных значений субполосных матриц (таблица). Эта таблица содержат выборочные значения собственных чисел. Строки, соответствующие единичным значениям собственных чисел (кроме первой и последней) для краткости представления данных исключены.

Данные таблицы подтверждают факт того, что начиная со значения индекса J_r упорядоченные по убыванию собственные числа субполосных матриц пренебрежимо малы по сравнению с единицей. При этом значения первых $J_r - 2$ собственных чисел весьма близки к единице.

Оптимальная фильтрация

Другим примером даже более часто применяемой процедуры служит разделение (фильтрация) сигнала $f(t)$ на аддитивные компоненты $\vec{f} = \vec{f}_1 + \vec{f}_2$, которые определяются с использованием частотных представлений.

Первая из этих компонент обладает трансформантой Фурье, которая удовлетворяет условиям

$$F_{d1}(\omega) = F_d(\omega), \omega \in V_k;$$

$$F_{d1}(\omega) \equiv 0, \omega \notin V_k;$$

$$\vec{f}_1 = (f_{11}, \dots, f_{N1}).$$

Таблица. ЗНАЧЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ ЧИСЕЛ ЛК СУБПОЛОСНЫХ МАТРИЦ ДЛЯ $N = 512$, $R = 16$, $J = 32$ И СООТВЕТСТВУЮЩИХ ЧАСТОТНЫХ ИНТЕРВАЛОВ

k	λ_k		
	$u1 = 0, u2 = \pi/16$	$u1 = 7\pi/16, u2 = 8\pi/16$	$u1 = 15\pi/16, u2 = \pi$
1	1	1	1
26	0,99999	0,99805	0,99999
27	0,9999	0,98513	0,9999
28	0,99931	0,98511	0,99931
29	0,9956	0,91419	0,9956
30	0,97569	0,91413	0,97569
31	0,89221	0,68006	0,89221
32	0,66413	0,68001	0,66413
33	0,33546	0,31913	0,33546
34	0,10787	0,31909	0,10787
35	0,024506	0,086159	0,024506
36	0,0044981	0,086097	0,0044981
37	0,00072021	0,01528	0,00072021
38	0,00010401	0,015256	0,00010401
39	1,3762e-005	0,0020964	1,3762e-005
40	1,6837e-006	0,0020909	1,6837e-006

Эти требования в реальных условиях можно аппроксимировать условием минимизации погрешности приближения к ним

$$S^2(\vec{f}, \vec{f}_1) = \int_{\omega \in V_r} |F_d(\omega) - F_{d1}(\omega)|^2 d\omega + \int_{\omega \notin V_r} |F_{d1}(\omega)|^2 d\omega = \min,$$

где
$$F_{d1}(\omega) = \sum_{k=1}^N f_{k1} \exp(-j(k-1)\omega).$$

Используя выражения трансформант Фурье, данный функционал можно преобразовать к виду

$$S^2(\vec{f}, \vec{f}_1) = \vec{f}' A_r \vec{f} - 2 \vec{f}_1' A_r \vec{f} + \| \vec{f}_1 \|^2.$$

Решение сформулированной выше вариационной задачи

фильтрации (оптимальная фильтрация) определяется выражением

$$\vec{f}_1' = A_r \vec{f}. \quad (9)$$

Решение (9) обладает важным свойством

$$f_{il} = \int_{\omega \in V_r} F(\omega) \exp(-j(i-1)\omega) d\omega / 2\pi, i = 1, \dots, N. \quad (10)$$

Таким образом, компоненты получаемых в результате оптимальной фильтрации векторов определяются только энергией сигнала в соответствующем частотном интервале. В противоположность этому отклик (выходной вектор) КИХ-фильтра

$$f_{k1} = \sum_{i=-M}^M p_i f_{k-i} \quad (11)$$

в виду неизбежного наличия переходных областей между областями пропускания и подавления будет определяться и энергией сигнала в соседних частотных интервалах.

Для иллюстрации основных теоретических выводов о свойствах получаемых в результате предложенного метода оптимальной фильтрации векторов были проведены вычислительные эксперименты по обработке модельных отрезков сигналов.

В ходе вычислительных экспериментов определялись величины относительной доли «просачивания» энергии результатов фильтрации на основе соотношения (9) за пределы выбранных частотных интервалов.

Указанные характеристики результатов фильтрации на основе соотношения (9) целесообразно сравнить со значениями аналогичных характеристик результатов КИХ-фильтрации [2] тех же входных данных.

Генерирование значений модельного сигнала осуществлялось на основе соотношения

$$x(k) = 0.8 \sin(\omega_1 k) + \sin(\omega_2 k) + 0.5 \sin(\omega_3 k),$$

где $\omega_1 = 0.3461; \omega_2 = 0.3682; \omega_3 = 0.4418.$

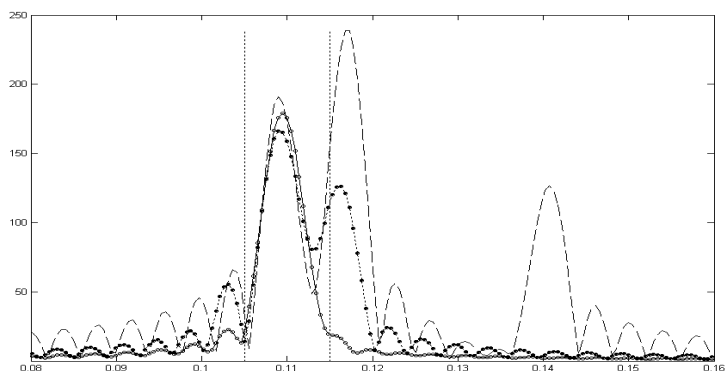


Рисунок 1.

Модули трансформант Фурье: исходного сигнала (пунктир); выходных последовательностей КИХ-фильтра (линия с маркером «точка») и оптимального фильтра (линия с маркером «кружок») в частотном диапазоне ($\omega_1 = 0,105 \pi$; $\omega_2 = 0,115 \pi$) (вертикальные пунктирные линии).

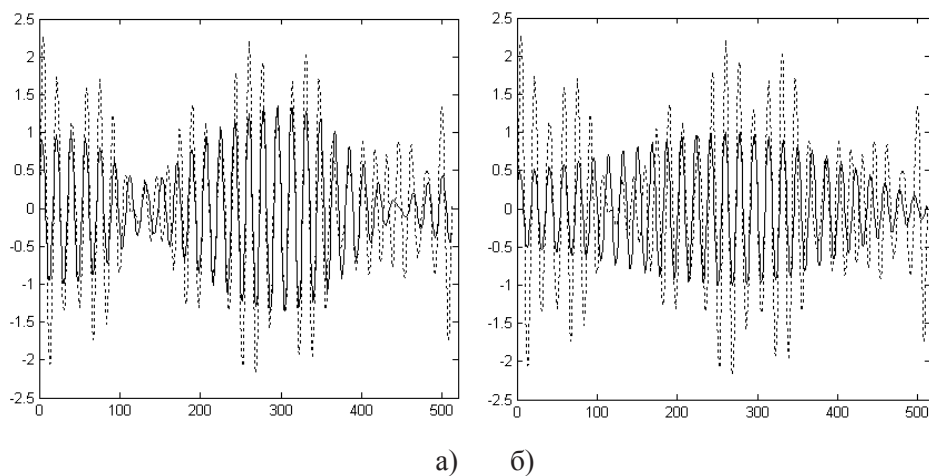


Рисунок 2.

Исходный сигнал (пунктирная линия) и выходные последовательности фильтров (сплошная линия): а) КИХ-фильтра; б) оптимального фильтра (границы частотного интервала $\omega_1 = 0,105\pi$; $\omega_2 = 0,115\pi$).

Легко понять, что рисунки 1 и 2 иллюстрируют справедливость вывода о независимости левой части (9) от энергии сигнала в соседней частотной полосе, тогда как выходная последовательность КИХ-фильтра реагирует на ее повышенное значение.

Синтез оптимальных сигналов

Одной из важнейших задач обработки сигналов в связи и управлении является синтез сигналов и, в частности, формирование сигналов с минимальной долей энергии за пределами выделенной частотной полосы, что можно отобразить с помощью следующего вариационного принципа:

$$\|f\|^2 - \int_{\omega \in V_r} |F(\omega)|^2 d\omega / 2\pi = \min, \quad (12)$$

где $V_r = [-v_{r+1}, -v_r) \cup [v_r, v_{r+1}), v_0 = 0$ – заданная частотная полоса.

Использование субполосных матриц позволяет преобразовать левую часть выражения (12) к виду

$$\|f\|^2 - \int_{\omega \in V_r} |F(\omega)|^2 d\omega / 2\pi = \vec{f}'(I - A_r)\vec{f} = \sum_{k=1}^{N_1} (1 - \lambda_{kr})\alpha_{kr}^2,$$

где α_{kr} – коэффициенты разложения искомого сигнала по базису собственных векторов субполосной матрицы

$$\alpha_{kr} = (\vec{q}_{kr}, \vec{f}),$$

так что, представление для оптимального в смысле (12) вектора имеет вид

$$\vec{f}_{opt} = \sum_{k=1}^{N_1} \alpha_{kr} \vec{q}_{kr}, \quad (13)$$

где количество слагаемых может быть согласовано с допустимой долей просачивания δ_0

$$\delta_{N_1} = \sum_{k=1}^{N_1} (1 - \lambda_{kr})\alpha_{kr}^2 / \sum_{k=1}^{N_1} \alpha_{kr}^2 \leq \delta_0. \quad (14)$$

Коэффициенты суммы в (13) определяются исходя из конкретной задачи передачи сообщений, например, являются отсчетами

передаваемого сигнала. Тогда количество слагаемых равно количеству передаваемых параллельно отсчетов.

Уровень просачивания будет определяться близостью к единице значений собственных чисел субполосной матрицы, которые соответствуют используемым в (13) собственным векторам. Используя соотношения

$$J_r = 2[N / 2R_r],$$

$$R_r = \pi / (v_{r+1} - v_r),$$

для заданной ширины частотной полосы $v_{r+1} - v_r$ можно подобрать такую длительность передаваемого сигнала, чтобы все собственные числа в (14) были практически равны единице, что позволит полностью исключить просачивание энергии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. М.: Физматлит, 2004. 560 с.
2. Рабинер Л., Голд Б.. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М.: Мир, 1978.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Жилияков Евгений Георгиевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.

Телефон: 8-915-562-34-68. E-mail: zhilyakov@bsu.edu.ru

Белов Сергей Павлович, доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры Информационно-телекоммуникационных систем и технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.

Телефон: 8-980-323-61-04. E-mail: belov@bsu.edu.ru

Zhilyakov Eugene Georgiyevich, Ph.D., professor, Head of the Department of Information and Telecommunication systems and technologies Belgorod State University. Phone: 8 (4722) 30-13-92. E-mail: zhilyakov@bsu.edu.ru.

Belov Sergey Pavlovich, Ph.D., Senior Research Fellow, professor of the Department of Information and telecommunication systems and technologies Belgorod State University. E-mail: Belov@bsu.edu.ru.

УДК 004.9, 004.94,
004.56

**Коляда А. А. [Kolyada A. A.],
Кучинский П. В. [Kuczynski P. V.],
Чернявский А. Ф. [Chernyavskii A. F.]**

ИНТЕРВАЛЬНО-ИНДЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ МОДУЛЯРНО-ПОЗИЦИОННОГО КОДОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ С ТАБЛИЧНО- СУММАТОРНОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ

**Interval-index technology of synthesis
of the parallel algorithms for modular-point
code conversion
with the table-summation configuration**

Изложены базовые принципы интервально-индексной технологии синтеза алгоритмов преобразования минимально избыточного модулярного кода в позиционный код. Предлагаемые алгоритмы основаны на прямой реализации интервально-модулярной формы чисел с применением интервального индекса, который имеет предельно простую вычислительную структуру. Приведена новая параллельная процедура модулярно-позиционного кодового преобразования. Получены оценки эффективности представленной разработки.

Ключевые слова: обратное преобразование, китайская теорема об остатках, модулярная арифметика.

The article describes the basic principles of interval-index technology of synthesis transformation algorithms minimally redundant modular code in the position code. The proposed algorithms are based on the direct implementation of interval- modular form of interval numbers using an index that has a very simple computational structure. Shows the new modular parallel procedure-point code conversion. Estimates are obtained for the development of effective representation.

Key words: reverse conversion, Chinese Remainder Theorem, modular arithmetic.

Введение

Неотъемлемой составной частью математического обеспечения инфокоммуникационных систем (ИКС), которые содержат как модулярные, так и позиционные компоненты, являются средства их сопряжения. Эффективность конфигураций арифметики модулярных систем счисления (МСС) – модулярной арифметики (МА), в решающей мере определяется оптимальностью применяемых немодульных процедур. Главным фактором, оказывающим наибольшее влияние на качественные показатели алгоритмов немодульных операций, является уровень вычислительной сложности расчетных соотношений для базовых интегральных

характеристик модулярного кода (МК) и связанных с ними форм представления целых чисел (ЦЧ) [1–4]. Приоритетные позиции в этом отношении принадлежат интервально-индексным характеристикам [1], а также приближенным аналогам интегральных характеристик МК (ИХМК) [3, 4].

Представляемые исследования относятся к проблематике оптимизации немодульных процедур с помощью интервально-индексной технологии. Фундаментальные преимущества данной технологии далее демонстрируются на примере разработки параллельных алгоритмов модулярно-позиционного кодового преобразования. Предлагаемая методология базируется на принципах минимально избыточного модулярного кодирования [1] и таблично-сумматорных вычислений [5]. При синтезе алгоритмических структур особое внимание уделяется оптимизационным аспектам, охватывающим приложения МА на диапазонах больших чисел (ДБЧ) и прежде всего криптографические МА-приложения.

Принципиальные основы интервально-индексных технологий синтеза немодульных процедур

На множестве Z ЦЧ МСС определяется набором попарно простых модулей – оснований $m_1, m_2, \dots, m_k$ ($k > 1$). При этом $X \in Z$ в данной ММС представляется кодом

$$(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_k) (\chi_i = |X|_{m_i} (i = \overline{1, k}))$$

где $(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_k)$ ($\chi_i = |X|_{m_i} (i = \overline{1, k})$); через $|x|_m$ обозначается элемент множества $Z_m = \{0, 1, \dots, m-1\}$, сравнимый с x (в общем случае рациональным числом) по модулю m . Максимальная мощность множества $D_{\text{МСС}}$ ЦЧ X , на котором отображение $X \rightarrow (\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_k)$ взаимно однозначно, составляет $M_k = \prod_{i=1}^k m_i$ элементов. В этом случае $D_{\text{МСС}}$ выполняет роль диапазона МСС с базисом $M = \{m_1, m_2, \dots, m_k\}$. Обычно в качестве диапазона используют либо $Z_{M_k} = \{0, 1, \dots, M_k-1\}$, либо $Z_{M_k}^- = \{-\lfloor M_k/2 \rfloor, -\lfloor M_k/2 \rfloor + 1, \dots, \lfloor M_k/2 \rfloor - 1\}$ (через $\lfloor x \rfloor$ и $\lceil x \rceil$ обозначаются ближайшие к x слева и справа ЦЧ).

Из Китайской теоремы об остатках следует, что ЦЧ $XO X D_{\text{МСС}}$ может быть получено по своему МК $(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_k)$ по формуле

$$X = \sum_{i=1}^{k-1} M_{i,k-1} |M_{i,k-1}^{-1} \chi_i|_{m_i} + M_{k-1} I(X), \quad (1)$$

где $M_{i,k-1} = M_{k-1}/m_i$; $M_{k-1} = \prod_{j=1}^{k-1} m_j$; $I(X)$ – интервальный индекс (ИИ)

числа X . Равенство (1) называется интервально-модулярной формой (ИМФ) ЦЧ X .

Как известно, использование в числовых системах избыточности позволяет улучшить их арифметические и иные свойства. Так называемое минимально избыточное модулярное кодирование $D \rightarrow Z_{m_1} \times Z_{m_2} \times \dots \times Z_{m_k}$, определяющее минимально избыточную МСС (МИМСС) с базисом M , предусматривает применение диапазона $D = D_{\text{МИМСС}}$, мощность которого меньше мощности диапазона $D_{\text{МСС}}$ классической (неизбыточной) МСС с базисом M . Сущность реализуемого принципа раскрывает нижеследующая утверждение.

Теорема 1.

О минимально избыточном модулярном кодировании.

Для того, чтобы в МСС с попарно простыми основаниями $m_1, m_2, \dots, m_k$ ИИ $I(X) = I_k(X)$ каждого элемента $X = \chi_1, \chi_2, \dots, \chi_k$ диапазона $D_{\text{МИМСС}} = Z_{2M}^- = \{-M, -M+1, \dots, M-1\}$ ($M = m_0 M_{k-1}$; m_0 – вспомогательный модуль) полностью определялся компьютерным ИИ – вычетом $\hat{I}(X) = |I(X)|_{m_k}$, необходимо и достаточно, чтобы k -е основание удовлетворяло условию: $m_k \geq 2m_0 + k - 2$ ($m_0 \geq k - 2$). При этом для $I(X)$ верны расчетные соотношения:

$$I(X) = \begin{cases} \hat{I}_k(X), & \text{если } \hat{I}_k(X) < m_0, \\ \hat{I}_k(X) - m_k, & \text{если } \hat{I}_k(X) \geq m_0; \end{cases} \quad (2)$$

$$\hat{I}_k(X) = \left| \sum_{i=1}^k R_{i,k}(\chi_i) \right|_{m_k}; \quad (3)$$

$$R_{i,k}(\chi_i) = \left| -m_i^{-1} |M_{i,k-1}^{-1} \chi_i|_{m_i} \right|_{m_k} \quad (i \neq k), \quad R_{k,k}(\chi_k) = |M_{k-1}^{-1} \chi_k|_{m_k}. \quad (4)$$

Как показывает теорема 1 переход от $Z_{M_k}^-$ к Z_{2M}^- предельно упрощает расчет интервально-индексной характеристики $I(X)$ (см. (2)–(4)). Это приводит к адекватной оптимизации и немодульных процедур, базирующихся на ИМФ (1). Количество необходимых таблиц и модульных операций для таких процедур при расчете базовых ИХМК сокращается в $k/2$ раз. С увеличением мощности рабочего диапазона МИМСС получаемый выигрыш становится особенно значимым.

Теоретическая база параллельных алгоритмов модулярно-позиционного кодового преобразования

Сущность интервально-модулярной технологии синтеза процедур преобразования минимально избыточного МК (МИМК) в позиционный код (ПК) параллельного типа раскрывает нижеследующее утверждение.

Теорема 2. Пусть ЦЧ X из множества

$$Z_{r^n}^- = \left\{ -\left\lfloor \frac{1}{2} r^n \right\rfloor, -\left\lfloor \frac{1}{2} r^n \right\rfloor + 1, \dots, \left\lceil \frac{1}{2} r^n \right\rceil - 1 \right\}$$

представлено в виде $X = \sum_{i=1}^k X_i (X_i \in Z_{r^n}^-; r \geq k > 1; n \geq 1)$ и пусть числа X_i заданы своими r -ичными кодами $(x_{n-1}^{(i)} x_{n-2}^{(i)} \dots x_0^{(i)})_r (x_{n-1}^{(i)} \in Z_r = \{0, 1, \dots, r-1\}; (j = \overline{0, n-1}; i = \overline{1, k})$. Тогда для цифр ПК $(x_{n-1} x_{n-2} \dots x_0)_r (x_j \in Z_r)$ числа X верна формула

$$x_j = \begin{cases} \hat{x}_j & \text{при } j = 0, 1, \\ \left\lfloor \hat{x}_j + \tau_{j-1} \right\rfloor_r & \text{при } j = \overline{2, n-1}, \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{где } \hat{x}_0 = R_0, \quad \hat{x}_j = \left\lfloor R_j + \Pi_{j-1} \right\rfloor_r \quad (j = \overline{1, n-1}); \quad (6)$$

$$R_l = \left\lfloor \sum_{i=1}^k x_l^{(i)} \right\rfloor_r \quad (l = \overline{0, n-1}); \quad (7)$$

$$\Pi_l = \left\lfloor r^{-1} \sum_{i=1}^k x_l^{(i)} \right\rfloor_r \quad (l \neq n-1); \quad (8)$$

τ_{j-1} – булева величина, определяемая по правилу

$$\tau_{j-1} = \omega_1 \delta_2 \delta_3 \dots \delta_{j-1} \vee \omega_2 \delta_3 \dots \delta_{j-1} \vee \dots \vee \omega_{j-2} \delta_{j-1} \vee \omega_{j-1}; \quad (9)$$

$$\omega_l = \left\lfloor (R_l + \Pi_{l-1}) / r \right\rfloor_r \quad (l \neq 0, n-1); \quad (10)$$

$$\delta_l = \begin{cases} 1, & \text{если } \hat{x}_l = r-1, \\ 0 & \text{в остальных случаях,} \end{cases} \quad (l \neq 0, 1, n-1). \quad (11)$$

Параллельный алгоритм преобразования кода МИМСС в ПК

Теорема 2 позволяет сформулировать нижеследующий параллельный алгоритм модулярно-позиционного кодового преобразования.

Параметры алгоритма: модули $m_1, m_2, \dots, m_k$ МИМСС, выбираемые из множества простых чисел промежутка $(2^{15}; 2^{16})$ с минимизацией k [5] и основание $r = 2^b$ ($b \in \{16, 32\}$), используемой позиционной системы счисления (ПСС).

Входные данные алгоритма: МИМК $(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_k)$ элемента X диапазона Z_{2M}^- .

Выходные данные: дополнительный r -ичный ПК $(x_{n-1}x_{n-2} \dots x_0)_r$ ЦЧ X длины $n = \lceil \log_r(2M) \rceil$ цифр.

Предварительно получаемые данные:

- Таблицы $\text{ТП}_i[\chi] = R_{i,k}(\chi)$ ($\chi = \overline{0, m_i - 1}$; $i = \overline{1, k}$), $\text{TRes_UPk}[x] = |2^{16}x|_{m_k}$ ($x = \overline{0, 2^{16} - 1}$) и $\text{TResk}[x] = |x|_{m_k}$ ($x = \overline{0, 2^{16} + m_k - 2}$) для расчета компьютерного ИИ ЦЧ согласно (3), (4).

- Таблицы TPCi_j ($i = \overline{1, k}$; $j = \overline{0, n-1}$) формируются по правилу

$$(x_{n-1}^{(i)} x_{n-2}^{(i)} \dots x_0^{(i)})_r = (x_{n-1}^{(i)}(\chi) x_{n-2}^{(i)}(\chi) \dots x_0^{(i)}(\chi))_r \quad (12)$$

$$X_i = x_i(\chi) = M_{i,k-1} \left| M_{i,k-1}^{-1} \chi \right|_{m_i} \quad (\chi = \overline{0, m_i - 1}; i = \overline{1, k-1}), \quad (13)$$

$$X_k = X_k(\chi) = \begin{cases} M_{k-1} \chi & \text{при } \chi = \overline{0, m_0 - 1}, \\ M_{k-1} (\chi - m_k) & \text{при } \chi = \overline{m_0, m_k - 1}, \end{cases} \quad (14)$$

которые, при $\chi = \chi_i$ ($i = \overline{1, k-1}$), $\chi = \hat{I}(X)$ являются составляющими ИМФ ЦЧ:

$$X = \sum_{i=1}^k X_i = \sum_{i=1}^{k-1} M_{i,k-1} \left| M_{i,k-1}^{-1} \chi_i \right|_{m_i} + M_{k-1} I(X). \quad (15)$$

- Таблицы TPCi_j формируются по правилу

$$\text{TPCi_j}[\chi] = x_j^{(i)}(\chi) \quad (\chi = \overline{0, m_i - 1}, i = \overline{1, k}, j = \overline{0, n-1}). \quad (16)$$

При этом для получения кодов (12) чисел (13), (14) можно воспользоваться любой из подходящих процедур преобразования МИМК в ПК.

Тело параллельного алгоритма модулярно-позиционного кодового преобразования на основе прямой реализации ИМФ ЦЧ:

- МП. 1 В соответствии с (3), (4) по МИМК $(\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_k)$ ЦЧ X рассчитать его компьютерный ИИ согласно схеме $\langle s = \sum_{i=1}^k \text{ТП}_i[\chi_i]; s^{(0)} = s \wedge (2^{16} - 1), s^{(1)} = s \gg 16; \hat{I}(X) = |s|_{mk} = \text{TResk}[s^{(0)} + \text{TRes_UPK}[s^{(1)}]] \rangle$.
- МП. 2. Для всех $j = \overline{0, n-1}$ вычислить суммы одноименных цифр ПК $(x_{n-1}^{(i)} x_{n-2}^{(i)} \dots x_0^{(i)})$ составляющих X_i ИМФ числа X , т.е. компонент наборов $x_j^{(1)} = \{\text{TPC1_}j[\chi_1], \dots, x_j^{(k)} = \text{TPCk_}j[\chi_k]\}$ $x_j^{(k)} = \text{TPCk_}j[\hat{I}(X)]$ (см. (12)–(16)): с получением $R_j = |s_j|_r$ и $\Pi_j = \lfloor s_j / s \rfloor$ ($j \neq n-1$).
- МП. 3. Применяя (5), (10) и (11), найти $\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_{n-1}$, а также сформировать признаки $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{n-2}$ и $\delta_2, \delta_3, \dots, \delta_{n-2}$.
- МП.4. Следуя булевым выражениям (9), найти поправки $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_{n-2}$ и согласно (5) произвести коррекцию приближений цифр ПК числа X .
- МП.5. Результирующие значения переменных $x_0, x_1, \dots, x_{n-1}$ зафиксировать в качестве цифр искомого ПК $(x_{n-1}, x_{n-2} \dots x_0)_r$ и завершить работу алгоритма.

Теоретически алгоритм МП.1-МП.5 обеспечивает максимальную производительность при его реализации на n -процессорной вычислительной системе, в которой все цифры кода $(x_{n-1}, x_{n-2} \dots x_0)_r$ ПСС с основанием $r = 2^b$ ($b \in \{16, 32\}$) формируются параллельно. Временные затраты на выполнение приведенной процедуры модулярно-позиционного кодового преобразования определяются оценочным выражением

$$t_{\text{TM.min}}(k, n) = (\lceil \log_2 k \rceil + n + 3)t_{ca} + 5t_u \quad (17)$$

где t_{cl} и t_q – длительности операций сложения и извлечения элемента из таблицы соответственно.

В случае, когда $r = 2^{16}$ и мощность Z_{2M}^- МИМСС удовлетворяет условию $2M > 2^{1025}$, которому отвечают $k = n = 65$, оценка (17) при $t_{cl} = 2$ нс, $t_q = 1,14$ нс дает $t_{TM.min}(65,65) = 155,7$ нс. Если $2M > 2^{2463}$, то $k = n = 155$ и $t_{TM.min}(155,155) = 337,7$ нс. При $b = 32$ бита условиям $2M > 2^{1025}$ и $2M > 2^{2463}$ отвечают соответственно $n = 33$ и $n = 77$. В этих случаях оценочное выражение (17) принимает значения: $t_{TM.min}(65,33) = 91,7$ нс, $t_{TM.min}(155,77) = 181,5$ нс.

Заключение

Основные результаты представленных исследований по проблематике оптимизации методов выполнения немодульных операций состоят в ниже следующем.

1. Изложены базовые принципы интервально-индексной технологии синтеза процедур реализации в МИМСС немодульных операций. Главной отличительной особенностью применяемого подхода является избыточное кодирование, вводимое путем незначительного (минимального) сужения классического диапазона.
2. Дано математическое обоснование метода модулярно-позиционного кодового преобразования, который базируется на ИМФ. Благодаря предельной простоте вычисления в рамках минимально избыточного модулярного кодирования интервально-индексных характеристик, расчетные соотношения предложенного метода реализуются гораздо проще, чем при использовании неизбыточного МК.
3. На основе созданного метода и таблично-сумматорной вычислительной технологии синтезирован новый параллельный алгоритм преобразования МИМК в ПК. Для разработанного алгоритма приведены аналитические

оценки быстродействия и затрат табличной памяти, а также конкретные числовые значения полученных оценок для МИМСС, определенных на ДБЧ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коляда А.А., Чернявский А.Ф. Интегрально-характеристическая база модулярных систем счисления // Информатика. 2013. № 1. С. 106–119.
2. Балака Е.С., Тельпухов Д.В. Принципы построения специализированного вычислителя для задач матричной алгебры с применением параллельной арифметики // Нейрокомпьютеры: разработ., применение. 2010. № 9. С. 46–49.
3. Червяков Н. И. Приближенный метод ускоренного обнаружения и локализации неисправного вычислительного канала ЭВМ, функционирующей в системе остаточных классов / Н.И. Червяков, М.Г. Бабенко, П.А. Ляхов, И. Н. Лавриненко // Нейрокомпьютеры: разработ., применение. 2011. № 10. С. 13–19.
4. Червяков Н.И., Лавриненко И.Н. Исследование немодульных операций в системе остаточных классов // Научные ведомости Белгородского государственного ун-та Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 2012. № 1 (120). Вып. 21/1. С. 110–121.
5. Каленик А.Н. Компьютерно-арифметическая и реализационная база быстрых процедур умножения по большим модулям на основе модифицированной модулярной схемы Монтгомери / А.Н. Каленик, А.А. Коляда, Н.А. Коляда, Т.Г. Протько, Е.В. Шабинская // Электроника инфо. 2012. № 7. С. 114–118.

ОБ АВТОРАХ

Коляда Александр Александрович, доктор физико-математических наук, доцент, гл. науч. сотрудник лаборатории специализированных вычислительных систем НИИП ФП им. А.Н. Севченко, Белорусский государственный университет. E-mail: razan@tut.by.

Кучинский Пётр Васильевич, доктор физико-математических наук, доцент, НИИП ФП им. А.Н. Севченко, Белорусский государственный университет. E-mail: niirfp@bsu.by.

Чернявский Александр Федорович, доктор технических наук, профессор, зав. отделом информатики НИИПФП им. А.Н. Севчен-

ко, Белорусский государственный университет. E-mail: achern@bsu.by.

Kolyada Aleksandr Aleksandrovich, Doctor of Physical and Mathematical sciences, Associate Professor, chief researcher at the Laboratory of specialized computer systems NIIP AF named A.N. Sevchenko, Belarusian State University. E-mail: razan@tut.by.

Kuchinskiy Peter Vasil'yevich, Doctor of Physical and Mathematical sciences, Associate Professor, NIIP AF named A.N. Sevchenko, Belarusian State University. E-mail: niipfp@bsu.by.

Cherniavsky Alexandr Fedorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Computer Science NIIP AF named A.N. Sevchenko, Belarusian State University. E-mail: achern@bsu.by.

УДК 517.972:519.633

Наац И. Э. [Naats I.E.],
Наац В. И. [Naats V.I.],
Рыскаленко Р. А. [Ryskalenko R.A.]

РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПРИБЛИЖЕННЫМИ ДАННЫМИ НА ОСНОВЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕШЕНИЯ ИНТЕГРАЛАМИ

Computational and analytical models for differential equations with approximate data on the basis of the submission of the decision of the integrals

На примере обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с функциями известными приближенно излагается метод, позволяющий поставить в соответствие исходному уравнению соответствующее интегральное уравнение Фредгольма первого рода и найти его численное решение. При этом используется аппарат приближения функций и их производных соответствующими сингулярными интегралами, а также метод регуляризации сходимости последовательности приближенных решений, который реализуется так называемыми обобщенными обратными операторами. Построенная в итоге расчетно-аналитическая модель позволяет получать устойчивые решения некорректной задачи.

Ключевые слова: операторное уравнение, сингулярный интеграл, метод регуляризации, обобщенный обратный оператор, расчетно-аналитическая модель.

The case of ordinary differential equations of second order with functions known approximately describes a method that allows you to match the original equation corresponding integral Fredholm equation of the first kind and to find its numerical solution. Using the apparatus of the approximation of functions and their derivatives corresponding singular integrals and the method of regularization convergence of the sequence of approximate solutions, which is implemented so-called generalized inverse operators. Built in the result calculation-analytical model allows to obtain a sustainable solutions to ill-posed problems.

Key words: operator equation, singular integral, regularization method, the generalized inverse operator, computational and analytical model.

Представленная работа продолжает развитие метода интегральных представлений функций и его применению в различных задачах прикладного анализа, ранее представленного в работах авторов [1–6]. Если вести речь о приложениях метода к численному решению дифференциальных уравнений, то его суть может быть кратко изложена следующим образом. Рассматривается операторное уравнение $L_b f = S$, в котором L_b – дифференциальный оператор, зависящий от вектора параметров b . Если

рассматриваемое уравнение является необратимым в силу тех или иных причин (некорректно поставленная задача), то используя представление искомого решения функции $f(x)$ в виде сходящейся последовательности интегральных операторов $\{(K_n f)(x)\}_{n=1}^{\infty}$ численное решение указанного уравнения можно свести к нахождению последовательности регуляризованных решений неких эквивалентных интегральных уравнений Фредгольма первого рода. В данной работе излагаются вопросы реализации данного подхода на примере решения известных задач численного анализа, каковыми являются обыкновенные дифференциальные уравнения и задача аппроксимации функции на множестве приближенных данных.

Для большей наглядности излагаемой методики обратимся к простому варианту ОДУ второго порядка вида

$$b_2(x)f''(x) + b_0(x)f(x) = S(x), \quad (1)$$

где $x \in [a, b]$, коэффициенты $b_2(x)$ и $b_0(x)$ считаются известными, так же как и значения функций $f(x)$ и $f'(x)$ в точках $x = a$ и $x = b$. Далее считаем, что искомая функция $f(x)$, представленная уравнением (1), является пределом последовательности $\{(K_n f)(x)\}_{n=1}^{\infty}$, где

$$(K_n f)(x) = \int_a^b K_n(x, x') f(x') dx' = f_n(x),$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} f_n(x) = f(x). \quad (2)$$

Последнее положение означает, что исследуемая функция $f(x)$ характеризуется своим, так называемым, сингулярным интегралом, примером которого может служить известный в анализе интеграл Пуассона. Напомним, что ядром интегрального оператора в (2) в последнем случае служит функция

$$K_n(x, x') = \frac{n}{d \cdot \pi} \cdot \frac{1}{n^2 \cdot (x - x')^2 + d^2}, \quad (3)$$

где $n = 1, 2$ и $d > 0$ – некий параметр.

Ниже будем использовать именно это ядро, хотя известны и другие варианты ядра (Вейерштрасса-Гаусса, Ландау и т. д. [7]). В ядро (3) удобно с вычислительной точки зрения, о чем подробно будет

сказано ниже, ввести вместо переменной n переменную $\tau = d/n$, ограничившись интервалом ее изменения $(1,0)$ ($d = 1$). В этом случае выражение (3) переписывается в виде

$$K_{\tau}(x, x') = \frac{\tau}{\pi} \cdot \frac{1}{(x - x')^2 + \tau^2}, \quad (0 < \tau \leq 1). \quad (4)$$

Поскольку последовательность $\{f_{\tau}(x)\}$ сходится к $f(x)$ в каждой точке $x \in (a, b)$ при $\tau \rightarrow 0$, то можно говорить, что элементы данной последовательности аппроксимируют сколь угодно точно данную функцию. В связи этим ниже будем писать $\{f_{\tau}(x)\} \approx f(x)$. Ясно, что если $f(x)$ имеет интегрируемую вторую производную $f''(x)$, а это важно именно в связи с решением (1), то по аналогии с (2) можно записать следующее предельное соотношение

$$\int_a^b K_{\tau}(x, x') \cdot f''(x') dx' = (f'')_{\tau}(x) = (K_{\tau} f'')(x), \quad \lim_{\tau \rightarrow 0^+} (f'')_{\tau}(x) = f''(x).$$

Используя далее формулу интегрирования по частям, нетрудно построить аналогичную аппроксимационную последовательность, а именно

$$f''(x) \approx \int_a^b K''_{\tau,xx}(x, x') f(x') dx' + \psi_{\tau}(x, \bar{f}, \bar{f}'),$$

где обозначено

$$\psi_{\tau}(x, \bar{f}, \bar{f}') = [K'_{\tau,x}(x, x') f(x')]_{x'=a}^{x'=b} - [K_{\tau}(x, x') f'(x')]_{x'=a}^{x'=b}.$$

Используя введенный выше аппарат приближения функций и их производных соответствующими сингулярными интегралами, исходное дифференциальное уравнение (1) заменим на эквивалентное ему интегральное уравнение вида

$$Q_{\tau} f = S_{\tau}, \quad (\tau \in (0,1)), \quad (5)$$

в котором ядром оператора Q_{τ} служит функция

$$Q_{\tau}(x, x') = b_2(x) K''_{\tau,xx}(x, x') + b_0(x) K_{\tau}(x, x'),$$

а правой частью – функция

$$S_{\tau}(x) = S(x) - \psi_{\tau}(x, \bar{f}, \bar{f}'). \quad (6)$$

В отличие от исходного уравнения (1), которое определено для функций из класса $C_2(\Omega)$, где $\Omega = [a, b]$ – область их определения, уравнение (5) формально определено в классе суммируемых функций $C_{\Sigma}(\Omega)$ и, следовательно, определяет так называемые обобщенные решения исходного дифференциального уравнения. Не составляет труда доказать данное утверждение, опираясь на обратное применение формулы интегрирования по частям. Последнее вполне применимо для функций из класса $C_2(\Omega)$. Оставляя в стороне эти вопросы (смотри подробнее в работе авторов [1]), рассмотрим проблемы, связанные с численным решением интегрального уравнения (5) (тоже интегральный аналог уравнения (1) в классе $C_{\Sigma}(\Omega)$). Поскольку (5) является интегральным уравнением Фредгольма первого рода, то его решение, как известно, требует применения тех и иных способов регуляризации сходимости последовательности приближенных решений, что реализуется так называемыми обобщенными обратными операторами. В соответствии с этим приходим к последовательностям вида $\tilde{f}_{\tau, \alpha} = (Q_{\tau})_{\alpha}^{-1} S_{\tau}$, $(\tau > 0)$, где $(Q_{\tau})_{\alpha}^{-1}$ – обобщенный обратный оператор к исходному оператору Q_{τ} и $\alpha > 0$ – параметр регуляризации. В основе построения подобных операторов часто лежат оптимизационные задачи типа $\inf_{f \in C(\Omega)} T_{\alpha}(f)$, где функционал $T_{\alpha}(f)$ имеет следующее представление:

$$T_{\alpha}(f) = (Q_{\tau}f - S_{\tau}, Q_{\tau}f - S_{\tau}) + \alpha(f, f).$$

Соответствующие регуляризованные решения $\tilde{f}_{\tau, \alpha}(x)$ обладают требуемой устойчивостью при наличии ошибок как в правой части S в (1), так и в коэффициентах $b_1(x)$ и $b_2(x)$. Выбор параметра регуляризации α в последнем случае согласуется с величиной ожидаемой погрешности в исходных данных σ . Помимо того, что говорилось выше об интегральном уравнении Фредгольма первого рода, в пределах излагаемой здесь теории можно провести и более содержательный анализ обобщенной (интегральной) модели (5) для исходного дифференциального уравнения (1). Для этого необходимо обратить внимание на наличие особенностей в ядрах $K_{\tau}(x, x')$ и $K''_{\tau, xx}(x, x')$ в окрестности их диагонали $x' = x$. Первое из них имеет, как нетрудно видеть, интегрируемую особенность при $x' = x$. Со вторым заметно сложнее, поскольку при $\tau \rightarrow 0$ особенность

ядра $K''_{\tau, \kappa}(x, x')$ приводит к расходимости соответствующих интегралов. В связи с этим можно говорить, что интегральный оператор Q_τ в уравнении (5) неограничен. Представим соответствующее ядро в виде

$$Q_\tau(x, x') = \frac{\tau}{\pi} \cdot \frac{1}{[(x-x')^2 + \tau^2]} \cdot \left\{ \frac{6 \cdot (x-x')^2 - 2\tau^2}{[(x-x')^2 + \tau^2]^2} \cdot b_2(x) + b_0(x) \right\} = \\ = K_\tau(x, x') G_\tau(x, x', b_0, b_2).$$

Для того, чтобы данная функция была интегрируемой по переменной $x' \in [a, b]$ необходимо исключить точку $x' = x$ по крайней мере для второго множителя. Эта операция в данном случае может быть выполнена так, как это принято делать при вычислении сингулярных интегралов теории потенциала, т.е. согласно правилу, в соответствии с которым осуществляется переход к новой функции, скажем

$$G_{\tau, \mu}(x, x', b_0, b_2) = \begin{cases} G_\tau(x, x', b_0, b_2) & \text{при } |x - x'| \geq \mu \\ b_0(x) & \text{в остальных случаях} \end{cases}.$$

Здесь μ ($\mu = \min_{(x, x')} |x - x'|$) – достаточно малое положительное число. Выбор этого параметра модели осуществляется при вычислениях на основе поведения обобщенного обратного оператора $(Q_{\tau, \mu})_\alpha^{-1}$ на множестве приближенных данных задачи $B_\sigma = \{\tilde{b}_0, \tilde{b}_2, \tilde{S}, \tilde{f}, \tilde{f}'\}$. Введение ограничений на меру близости двух точек x и x' интервала $[a, b]$ вполне естественно, когда значение функций, определенных на этом интервале являются приближенными величинами. Напомним в частности, что если правая часть уравнения (1) представлена своими σ – приближениями $S_\sigma(x)$, то имеет место соотношение

$$\|S_0(x) - S_\sigma(x)\|_{L_1} \leq \sigma \|S_0(x)\|_{L_1}, \quad (7)$$

где $S_0(x)$ – гипотетически точные значения в точке x .

В условиях соотношения (7) не представляется возможным поточечное сопоставление значений указанных функций. Напомним, что так называемые σ – приближения на множестве исходных данных B_σ возникают всякий раз, когда используются эмпирические данные (формулы) либо реализации случайных процессов. Ясно, что регуляриза-

ция сходимости сингулярных интегралов, о которой говорилось выше, в определенной степени может быть увязана с приближенным характером вводимых в вычислительные схемы исходных данных. В последнем случае удобно приближенно заданные функции, например, $\tilde{S}(x)$ представлять последовательностью (рядом) в виде $\{\bar{S}_{h,l}\} (l = 1, \dots, m)$, где числа $\bar{S}_{h,l}$ представляют собой среднее значение $\tilde{S}(x)$ на частичных подинтервалах, покрывающих область $\Omega = [a, b]$, т. е.

$$\bar{S}_{h,l} = \frac{1}{h} \int_{x_l - \frac{h}{2}}^{x_l + \frac{h}{2}} \tilde{S}(x) dx, \quad (l = 1, \dots, m). \quad (8)$$

В последнем случае интегрирование ведется для $x \in [x_l - \frac{h}{2}, x_l + \frac{h}{2}]$. Выражение (8) можно рассматривать как некую «модель» вектора исходных данных для правой части интегрального уравнения (5). С учетом этого обстоятельства последнее можно видоизменить с целью построения более адекватной аналитической формы решаемой задачи, в большей мере учитывающей специфику методов численного обращения интегральных уравнений с приближенно заданной правой частью. В целях упрощения записи последующих аналитических выражений положим без ограничения общности, что $\psi_\tau(x, \bar{f}, \bar{f}')$ в (6) равно нулю. Тогда для правой части $S(x)$ в рамках излагаемого метода имеет место интегральное представление вида

$$S(x) = \int_a^b Q_\tau(x, x') f(x') dx'. \quad (9)$$

Используя (7), нетрудно построить следующую систему соотношений

$$\begin{aligned} \bar{S}_l &= \frac{1}{h} \int_{x_l - \frac{h}{2}}^{x_l + \frac{h}{2}} dx'' \int_a^b Q_\tau(x'', x') f(x') dx' = \int_a^b dx' f(x') \frac{1}{h} \int_{x_l - \frac{h}{2}}^{x_l + \frac{h}{2}} Q_\tau(x'', x') dx'' = \\ &= \int_a^b \bar{Q}_{\tau,h}(x_l, x') f(x') dx', \\ \bar{Q}_{\tau,h}(x_l, x') &= \frac{1}{h} \int_{x_l - \frac{h}{2}}^{x_l + \frac{h}{2}} Q_\tau(x'', x') dx''. \end{aligned} \quad (10)$$

Если функция $S(x)$ представлена в исходных данных задачи (1) в виде σ -приближения, то считая известными $S_\sigma(x)$ и принимая $\bar{S}_l = S_\sigma(x_l)$ приходим к следующей системе соотношений, определяющей

искомую функцию $f(x)$ в пределах интервала $[a, b]$

$$\int_a^b \overline{Q}_{\tau, h}(x_l, x') f(x') dx' = \overline{S}_l, \quad (l = 1, \dots, m). \quad (11)$$

Следует заметить, что замена ядра $Q_\tau(x, x')$ в интегральном уравнении (5) на ядро $\overline{Q}_{\tau, h}(x_l, x')$ требует определенной коррекции в понимании того, что же теперь понимать под «решением» задачи в форме (11). Нетрудно показать, опираясь на интегрируемость $f(x)$ в интервале $[a, b]$, что решением задачи (11) следует считать «сглаженную функцию» вида

$$f_h(x) = \frac{1}{h} \int_{x-\frac{h}{2}}^{x+\frac{h}{2}} f(x') dx'. \quad (12)$$

Подобные функции в прикладном анализе называются функциями Стечкина. По-существу они суть некоторых функционалов на множестве $C(\Omega)$ и их следует в связи с этим обозначать $f_n(x, f)$. Ясно, что преобразование (12) $f \rightarrow f_h$ порождает более гладкие функции, нежели исходные. В частности, охарактеризовать операцию локального сглаживания (10) можно оценив влияние параметра h при фиксированном τ ($\tau > 0$) на величину соответствующего интеграла. Если считать коэффициенты $b_0(x)$ и $b(x)$ непрерывными и ограниченными функциями на интервале $[a, b]$, то вполне достаточна оценка интеграла

$$\frac{1}{h} \int_{x-\frac{h}{2}}^{x+\frac{h}{2}} K''_{\tau, xx'}(x, x') dx' \text{ для } x \in (a, b).$$

Используя модельное ядро (4) в качестве примера, получим

$$\begin{aligned} \left| \frac{1}{h} \int_{x-\frac{h}{2}}^{x+\frac{h}{2}} K''_{\tau, xx'}(x, x') dx' \right| &= \left| \frac{1}{h} \int_{x-\frac{h}{2}}^{x+\frac{h}{2}} K'_{\tau, x'x'}(x, x') dx' \right| = \left| K'_{\tau, x'}(x, x') \right|_{x-\frac{h}{2}}^{x+\frac{h}{2}} = \\ &= \left| D_h K'_{\tau, x'}(x, x') \right| = \left| \frac{1}{h} \cdot \frac{2\tau}{\pi} \cdot \frac{x-x'}{[(x-x')^2 + \tau^2]^2} \right|_{x-\frac{h}{2}}^{x+\frac{h}{2}} = \frac{2\tau}{\pi} \cdot \frac{1}{[(h/2)^2 + \tau^2]^2} \end{aligned} \quad (13)$$

Поскольку параметр h ограничен значениями σ и параметр τ – сколь угодно мал, по крайней мере, формально, примем условие $h \geq 2\sqrt{\tau}$. При $\tau \ll 1$, $\tau^2 \ll \tau$ и тогда для правой части в (13) справедлива оценка

$$\frac{2\tau}{\pi} \cdot \frac{1}{[(h/2)^2 + \tau^2]^2} \leq \frac{2}{\pi\tau}.$$

Поскольку (13) имеет место для $\forall x \in (a, b)$, то полученный результат можно интерпретировать следующим образом $\|D_h K'_{\tau, x'}(x, x')\| \leq \frac{2}{\pi\tau}$ при $h > \tau > 0$.

При $\tau \rightarrow 0^+$ интегральные операторы в (8) и (11) становятся неограниченными, что, однако, не препятствует их обобщенной инверсии. Рассмотрим вариант подобного алгоритма. Перепишем систему (10) в виде

$$S_l = \int_a^b Q_l(x_l, x) f(x) dx, \quad (l = 1, \dots, m), \quad (14)$$

опустив символы τ и h . Соответствующий сглаживающий функционал для построения регуляризованного решения (14) может быть представлен в виде [1]

$$T_\alpha(f, \vec{S}) = \sum_{l=1}^m \left[\int_a^b Q_l(x_l, x) f(x) dx - S_l \right]^2 + \alpha p \int_a^b (f(x) - f_0(x))^2 dx, \quad (15)$$

где $f_0(x)$ – некоторое решение системы (14) для $S_0(x) = (Qf_0)(x)$ и p – масштабный множитель.

Решением задачи считается функция $f_\alpha(x) \in C(\Omega)$, зависящая от параметра регуляризации $\alpha > 0$ и доставляющая минимум функционалу (15). Это решение является ближайшим в метрике $L_2(\Omega)$ к функции $f_0(x)$, играющей роль опорной точки в пространстве возможных решений $F = \{f \in C(\Omega) : (Qf) \in L_2(\Omega)\}$. Решение данной оптимизационной задачи может быть найдено в явном виде. Действительно, уравнение Эйлера для функционала $T_\alpha(f, \vec{S})$ имеет вид

$$\sum_{l=1}^m Q_l(x) \left(\int_a^b Q_l(x') f(x') dx' - S_l \right) + \alpha p (f(x) - f_0(x)) = 0, \quad (16)$$

где обозначено $Q_l(x') = Q(x_l, x)$. Введем в уравнение (16) систему чисел ξ_l ($l = 1, \dots, m$) положив

$$\int_a^b Q(x_l, x) f(x) dx - S_l = -\alpha p \xi_l. \quad (17)$$

Подставив (17) в (16), найдем явное выражение для искомой функции $f_a(x)$, а именно,

$$f_a(x) = f_0(x) + \sum_{l=1}^m \xi_l Q_l(x).$$

Коэффициенты ξ_l ($l = 1, \dots, m$) в разложении $f_a(x)$ по базису $\{Q_l(x)\}_{l=1}^m$ в свою очередь находятся из системы алгебраических уравнений вида

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^m q_{lk} \xi_k + \alpha \xi_l &= S_l - S_{0,l}, \\ q_{lk} &= \int_a^b Q_l(x) Q_k(x) dx, \\ S_{0,l} &= \int_a^b Q_l(x) f_0(x) dx. \end{aligned}$$

Остается напомнить, что элементы матрицы $\{q_{lk}\}$ ($l, k = 1, \dots, m$) определяются параметрами h (тоже m) и τ , влияние которых на «качество» интегральной модели (5) для исходной задачи (1) в форме дифференциального уравнения, рассматривалось выше. Что же касается выбора параметра регуляризации α в подобных задачах, то его непосредственно связывают с величиной σ , характеризующей ошибку в исходных данных. Обычно полагают в расчетах $\alpha \approx \eta \sigma^2$ ($\eta \geq 1$), если конечно, не учитывать тот фактор, который связан с так называемой мерой обусловленности оператора Q_τ в (5). В изложенной выше теории метода, согласно которому некорректно поставленная задача для дифференциального уравнения (дифференциального оператора) сводится к некоторому интегральному уравнению Фредгольма первого рода, упомянутая выше мера обусловленности напрямую связана с параметром τ в ядре $Q_\tau(x, x')$. Действительно по мере уменьшения значений параметра τ в модели (4), δ – окрестность точек x' вблизи диагонали $x' = x$ в пределах которой $K_\tau(x, x') \geq \varepsilon$ последовательно сокращается (принцип локализации для сингулярных интегралов функций). Нетрудно показать справедливость следующего соотношения

$$\delta(\varepsilon, \tau) \leq \sqrt{\frac{\tau(1 - \pi\varepsilon)}{\pi\varepsilon}}$$

для ядра Пуассона. Чем меньше $\delta(\varepsilon, \tau)$ при прочих равных

условиях, тем в большей степени матрица $\{q_{lk}\}$ близка к диагональной, и тем в большей степени вычислительный процесс ее обращения устойчив. Вопросы выбора параметра τ (и μ) на основе изучения особенностей поведения операторозначной функции Q_τ должны быть исследованы в вычислительном эксперименте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Наац В. И. Математические модели и численные методы в задачах экологического мониторинга атмосферы: монография / В. И. Наац, И. Э. Наац. М.: Физматлит, 2010. 328 с.
2. Рыскаленко Р. А. Операторы обобщенного дифференцирования в численных методах решения нелинейного уравнения переноса с приближенными данными / Р. А. Рыскаленко, М. С. Чемеригина // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2013. № 1 (34). С. 35-38. [Электронный ресурс] URL: <http://www.ncfu.ru>.
3. Наац И. Э. Итерационные алгоритмы для численного решения уравнения переноса на основе операторов обобщенного дифференцирования / И. Э. Наац, С. В. Артемов // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2013. № 1 (34). С. 21–26. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ncfu.ru>
4. Наац В. И. Вычислительная модель нестационарного уравнения переноса примесей на основе метода взвешенной невязки и операторов обобщенного дифференцирования функций / В. И. Наац, Т. В. Гаршина // Наука. Инновации. Технологии: научный журнал Северо-Кавказского федерального университета. 2013. № 3. С. 7–18. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ncfu.ru>
5. Наац И. Э., Рыскаленко Р. А. Сингулярные интегралы функций в задаче нахождения ротора поля скорости ветра в приземном слое атмосферы / И. Э. Наац, Р. А. Рыскаленко // Инновационные методы и средства исследований в области физики атмосферы, гидрометеорологии, экологии и изменения климата (Ставрополь, 23–26 сентября 2013 г.): материалы Международной научной конференции. Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2013. С. 76–80. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ncfu.ru>
6. Рыскаленко Р. А. Интегральные представления функций в численных методах решения нестационарных задач переноса / Р. А. Рыскаленко, И. В. Черкасова // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2013. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ncfu.ru>
7. Данфорд Н. Линейные операторы: общая теория / Н. Данфорд, Дж. Т. Шварц. М.: Изд-во иностранной литературы, 1962. 427 с.

ОБ АВТОРАХ

Наац Виктория Игоревна, доктор физико-математических наук, профессор кафедры математического анализа Северо-Кавказского федерального университета. Телефон: 8 (8652) 35-21-10.

E-mail: VINaac@yandex.ru.

Наац Игорь Эдуардович, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник института повышения квалификации и научно-педагогических кадров Северо-Кавказского федерального университета. Телефон: 8 (8-652) 35-21-10.

E-mail: VINaac@yandex.ru.

Рыскаленко Роман Андреевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического анализа Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: risc-roman@yandex.ru.

Naats Viktoria Igorevna, doctor of physical and mathematical sciences, Professor of the Department of Mathematical analysis North Caucasus Federal University. Phone: 8 (8652) 35-21-10.

E-mail: VINaac@yandex.ru.

Naats Igor Eduardovich, doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor and consultant to the Department of Applied Mathematics and Computer Science Faculty of Mathematics and Physics North Caucasus Federal University.

Телефон: 8 (8-652) 35-21-10. E-mail: VINaac@yandex.ru.

Ryskalenko Roman Andreyevich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, assistant professor of mathematical analysis North Caucasus Federal University. E-mail: risc-roman@yandex.ru.

УДК 530.145.65 Попов И. П. [Popov I. P.]

РЕАЛЬНЫЕ И ВИРТУАЛЬНЫЕ ГАРМОНИКИ ВОЛНОВОЙ ФУНКЦИИ СВОБОДНОЙ ЧАСТИЦЫ

Real and virtual harmonic wave function free particles

В статье показано, что движение свободной частицы либо порождает монохромную волновую функцию, либо удовлетворяет правилу, в соответствии с которым фактическая скорость частицы связана с измеренным непрерывным спектром скоростей операцией логического умножения.

Ключевые слова: свободная частица, спектр скоростей, волновой пакет, гармоника.

It is shown that the motion of a free particle or wave function generates a monochrome or satisfies the rule, according to which the actual speed of the particle is related to the measured velocities of the continuous spectrum of logical multiplication.

Key words: free particle velocity spectrum, the wave packet, harmonica.

Спектр скоростей в классической механике

Пусть сумма сил, действующих на макротело массой m , равна нулю и пусть тело движется прямолинейно и равномерно с фиксированной скоростью v_ϕ . На числовой оси ее значению соответствует точка. Особенностью этого фактического точечного значения является то, что оно не может быть абсолютно точно измерено. При любой точности измерений в лучшем случае может быть установлен только интервал $[v, v + \Delta v]$, в котором находится v_ϕ . Интервал $[v, v + \Delta v]$ содержит бесконечное число значений скорости. Фактическая скорость имеет лишь одно из этих значений – v_ϕ . Другими словами, фактическая скорость тела v_ϕ связана с измеренным спектром скоростей операцией логического сложения (ИЛИ)

$$v_\phi = \bigcup_{i=1}^{\infty} v_i, \quad v_i \in [v, v + \Delta v]$$

Таким образом, в физической реальности единственное значение скорости v_ϕ является истинным (существующим), а все остальные значения интервала $[v, v + \Delta v]$ – мнимыми (не существующими в действительности).

Спектр скоростей в квантовой механике

Исходные условия отличаются только величиной массы, которая существенно меньше, чем в классическом случае. В соответствии с принципом неопределенности Гейзенберга имеет место интервал значений импульса $[p, p + \Delta p]$, включающий бесконечный набор импульсов частицы. Эти импульсы порождают набор гармоник волновой функции (в соответствии с выражением $p = \hbar k$, где $\hbar$ – постоянная Планка, k – волновое число), образующих волновой пакет. Другими словами, феномен волнового пакета является следствием принципа неопределенности Гейзенберга.

Здесь уместно было бы задать вопрос: интервал $[p, p + \Delta p]$ имеет место где – в действительности или всего лишь в сознании исследователя? Ниже будут рассмотрены оба варианта.

Волновая функция является физической реальностью, поскольку фиксируется в экспериментах по интерференции и дифракции частиц [1, 2]. Если отождествить волновую функцию с волновым пакетом и в этой связи считать волновой пакет физической реальностью, все компоненты (гармоники) которого одновременно существуют в действительности, то придется признать, что в физической реальности одновременно существует бесконечное множество значений импульсов из интервала $[p, p + \Delta p]$, порождающих эти гармоники. Интервал импульсов $[p, p + \Delta p]$ однозначно преобразуется в интервал скоростей $[v, v + \Delta v]$, из чего следует, что фактическая скорость частицы v_ϕ связана с измеренным спектром скоростей операцией логического умножения (И)

$$v_\phi = \bigcap_{i=1}^{\infty} v_i, \quad v_i \in [v, v + \Delta v].$$

В отличие от классического случая все значения интервала $[v, v + \Delta v]$ являются истинными.

Сближение позиций классического и квантового рассмотрения

Если в классическом случае уменьшать массу до некоторого предела, при котором рассмотрение можно еще считать классическим, а в квантовом случае увеличивать массу до предела, при котором рассмотрение можно еще считать квантовым (при условии совпадения скоростей в обоих случаях), то, во-первых, эти пределы совпа-

дут и образуют некоторое значение μ , а во-вторых, становится очевидным правило:

При уменьшении массы m объектов, начиная с ее значения μ , при котором становятся заметными квантовые эффекты [3–7], связь между фактической скоростью объектов и измеренным непрерывным спектром скоростей трансформируется из операции логического сложения (ИЛИ) в операцию логического умножения (И)

$$\mathbf{v}_\phi = \begin{cases} \bigcup_{i=1}^{\infty} \mathbf{v}_i, & \mathbf{v}_i \in [\mathbf{v}, \mathbf{v} + \Delta\mathbf{v}], \quad m \geq \mu \\ \bigcap_{i=1}^{\infty} \mathbf{v}_i, & m < \mu. \end{cases}$$

О волновой функции

В связи с тем, что полученное выше правило представляется парадоксальным и маловероятным, на квантовом уровне может быть рассмотрена еще одна возможность.

Частица движется с фиксированной (хотя и точно не известной) скоростью v_ϕ . В интервале $[v, v + \Delta v]$ одно из бесконечного числа значений, а именно, $v = v_\phi$ является истинным, остальные – мнимыми (не существующими). Соответственно, в интервале $[p, p + \Delta p]$ одно значение $p = p_\phi$ является истинным, остальные – мнимыми. Поэтому, в волновом пакете, порожденном интервалом $[p, p + \Delta p]$, единственная гармоника $C_\phi e^{-i(\omega_\phi t - \mathbf{k}_\phi \mathbf{x})}$ является истинной, остальные гармоники – мнимыми. Таким образом, волновой пакет состоит из единственной реально существующей гармоники и множества мнимых, не существующих в действительности, или, другими словами, имеет место монохромная волновая функция [8–10], которая и фиксируется в вышеназванных экспериментах. При этом истинное значение импульса $p = p_\phi$ исследователю не известно, ему известен лишь интервал $[p, p + \Delta p]$. Из этого следует, что импульс $p = p_\phi$ существует в физической реальности, а все остальные импульсы интервала $[p, p + \Delta p]$ существуют лишь в сознании исследователя. Соответственно, в физической реальности существует единственная гармоника $C_\phi e^{-i(\omega_\phi t - \mathbf{k}_\phi \mathbf{x})}$, а остальные гармоники волнового пакета существуют лишь в сознании исследователя и, следовательно, на интерференционную картину, существующую в физической реальности, оказывать влияние не могут.

Волновой пакет и принцип относительности

Если вернуться к возможности существования волнового пакета, то очевидно, что все его гармоники распространяются с разными скоростями, имеет место сильная дисперсия, быстрое расплывание волнового пакета. Это расплывание приводит к изменению со временем вероятности нахождения частицы в определенном координатном интервале, например, в прямолинейно и равномерно движущейся лаборатории, а, следовательно, и изменению возможности обнаружения в ней частицы. Это позволяет внутри лаборатории экспериментально установить, покоится лаборатория или движется прямолинейно и равномерно и даже оценить скорость этого движения. С течением времени в связи с приближением плотности вероятности к нулю обнаружить какую-либо частицу в лаборатории будет практически невозможно, в частности, исчезнет воздух, что исключает возможность осуществления космических полетов, например, в режиме равномерного прямолинейного движения.

Таким образом, следствием существования волнового пакета является нарушение принципа относительности, что является независимым от предыдущих рассуждений доказательством монохромности волновой функции свободной частицы.

Результаты

1. Фактическая скорость макротела связана с измеренным спектром скоростей операцией логического сложения (ИЛИ).
2. При условии существования волнового пакета фактическая скорость квантовой свободной частицы связана с измеренным спектром скоростей операцией логического умножения (И), а также нарушается принцип относительности.
3. В физической реальности для свободной частицы существует монохромная волновая функция, а волновой пакет существует лишь в сознании исследователя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Попов И. П. Об одном соотношении скоростей // Естественные и технические науки. 2013. № 6(68).
2. Попов И. П. Оценка верхней границы вероятных значений фазовой скорости волн де Бройля // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. № 11(18). Ч. 1. С. 37, 38.
3. Попов И. П. Корпускулярный и волновой подходы к теории эффекта Комптона // Естественные и технические науки. 2013. № 1(63). С. 41–43.
4. Попов И. П. Квантово-волновая теория эффекта Комптона как альтернатива теории упругого рассеяния // Вестник Курганского государственного университета. Естественные науки. 2013. Вып. 6. № 3(30). С. 48, 49.
5. Попов И. П. Электромагнитное представление квантовых величин // Вестник Курганского государственного университета. Естественные науки. 2010. Вып. 3. № 2(18). С. 59–62.
6. Попов И. П. Сопоставление квантового и макро-описания магнитного потока // Сборник научных трудов аспирантов и соискателей Курганского государственного университета. 2011. Вып. XIII. С. 26.
7. Попов И. П. Об электромагнитной системе единиц // Вестник Челябинского государственного университета. Физика. 2010. Вып. 7. № 12(193). С. 78, 79.
8. Попов И. П. О влиянии инертности частицы на ее волновое представление // Вестник Забайкальского государственного университета. 2013. № 04(95). С. 90–94.
9. Попов И. П. Об одном проявлении инертности // Естественные и технические науки. 2013. № 3(65). С. 23–24.
10. Попов И. П. О волновой энергии инертной частицы // Зауральский научный вестник. 2013. № 1(3). С. 60–61.

ОБ АВТОРЕ

Попов Игорь Павлович, старший преподаватель кафедры общей физики Курганского государственного университета. Телефон (3522) 42-94-58.

E-mail: popov_ip@kurganobl.ru.

Popov Igor Pavlovich, senior lecturer of the Common physics Department, Kurgan State University. Phone (3522) 42-94-58.

E-mail: popov_ip@kurganobl.ru.

УДК 519.725;
621.3.037.3

Смирнов А. А. [Smirnov A. A.],
Бондарь В. В. [Bondary V. V.],
Сахнюк П. А. [Sahnyuk P. A.]

МОДУЛЯРНОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ КЛАССА ПОКАЗАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

Modular integration of a class of exponetial functions

В статье рассмотрен вопрос вычисления модулярного интеграла от класса показательных функций. Выведена основная формула для расчета модулярного интеграла. Приведен пример расчета модулярного интеграла. Рассмотрение этого вопроса вызвано необходимостью обработки сигналов в непозиционных системах счисления. Данное направление исследований считается перспективным потому, что появляется возможность повышать производительность вычислительных систем.

Ключевые слова: алгебра, система остаточных классов, обработка сигналов.

In a paper to inspect the problem of calculation of a modular integral from a class of exponential functions is considered. The basic formula for account of a modular integral is introduced. The example of account of a modular integral is indicated. The consideration of this problem is caused by necessity of processing of signals in unitem number systems. The given direction of researches is considered perspective because there is a possibility to increase productivity of computing systems.

Key words: algebra, system of residual classes, signal processing.

Постановка задачи

Для разложения функций в ряд Фурье возникает необходимость осуществления операций интегрирования [1–4]. Причем в большинстве случаев численного интегрирования данное вычисление сводится к нахождению интегралов от членов ряда степенных функций.

Известны методы и правила нахождения интегралов от функций в позиционной системе счисления (ПСС). В ПСС числа представляются последовательностью цифр на соответствующих позициях в определенной системе счисления. В настоящее время все больший интерес проявляется к непозиционным системам счисления [5, 6], такой как система остаточных классов (СОК), особенно в тех областях, где находят применение нейросетевые архитектуры [7–9]. Преимущество СОК заключается в возможности выполнения операций сложения и умножения параллельно, т. е. без переносов в разрядах числа. При этом числа представляются параллельным набором остатков от деления по основаниям p_i , где $i = 1 \dots L$

и L – число используемых оснований [5, 6]. В этом случае производительность вычислительных систем возрастает более чем на порядок.

При необходимости исследования функций, представленных в СОК, возникает потребность осуществлять их интегрирование, поэтому возникает задача вычисления интегралов от функций, взятых по модулю. Данные задачи решались для степенных функций [4]. Однако при разложении функций в ряд Фурье необходимо осуществлять интегрирование от показательных функций.

Целью статьи является обоснование методики нахождения модулярных определенных интегралов для класса показательных функций с натуральным показателем.

Решение задачи

Согласно свойствам сравнений справедливо равенство

$$\sum_{i=1}^N a_i \equiv \left(\sum_{i=1}^N b_i \right) \bmod m, \text{ так же верно что}$$

$$\int_a^b f(x) dx = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \sum_{i=1}^N f(x_i) \Delta x_i, \quad (1)$$

где N – число отрезков разбиения интервалов, которое стремится к бесконечности при $\Delta x \rightarrow 0$. Для СОК будут верны выражения:

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left[\sum_{i=1}^N f(x_i) \Delta x_i \bmod m \right] \equiv \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left[\left(\sum_{i=1}^N f(x_i) \Delta x_i \right) \bmod m \right], \quad (2)$$

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left[\left(\sum_{i=1}^N f(x_i) \Delta x_i \right) \bmod m \right] = \left[\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left(\sum_{i=1}^N f(x_i) \Delta x_i \right) \right] \bmod m. \quad (3)$$

Обозначим

$$S_1 = \int_a^b f(x) dx, S_2 = \int_a^b (f(x) \bmod m) dx, S_3 = \left(\int_a^b f(x) dx \right) \bmod m. \quad (4)$$

Очевидно, что все эти интегралы (площади) не равны между собой и $S_1 > S_2 > S_3$. По выражениям (2), (3) площади должны еще и подчиняться правилу $S_1 \equiv S_2$, что будет показано позже, следовательно, они отличаются между собой на константу

$$S = \int_a^b f(x) dx - \int_a^b (f(x) \bmod m) dx. \quad (5)$$

Выразим ее аналитически.

Для наглядности построим график (рис. 1), на котором приведем пример функций

$$f(x) = 2^x \text{ и } f_1(x) = f(x) \bmod m.$$

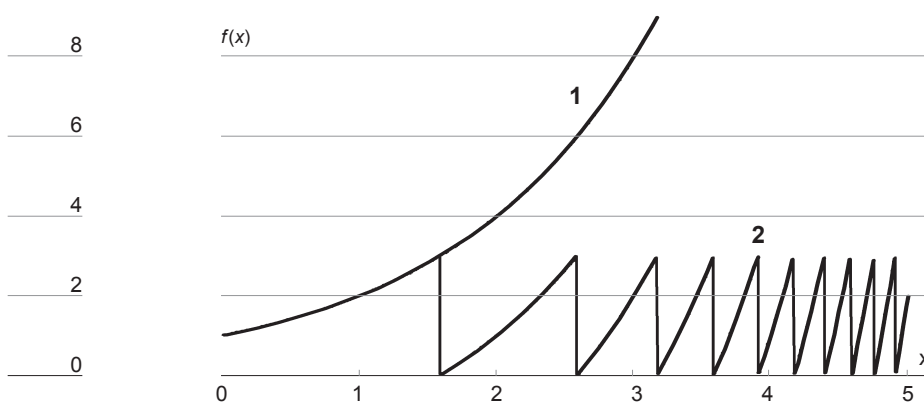


Рисунок 1.

График функции $f(x) = 2^x$ (1) и его модульное представление $f_1(x) = f(x) \bmod m$ (2).

$$\text{Вычислим интеграл } S_1 = \int_0^b 2^x dx = \frac{2^b - 1}{\ln 2}.$$

Разобьем этот интеграл на сумму интегралов таким образом, чтобы пределами интегрирования были значения аргументов, при которых функция $f_1(x)$ обращается в ноль. Очевидно, верно равенство

$$\int_0^b 2^x dx = \int_0^{\alpha_1} 2^x dx + \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} 2^x dx + \dots + \int_{\alpha_n}^b 2^x dx.$$

Определим α_i и их количество:

$f(b) = 2^b$, данное значение представимо в виде:

$$f(b) = 2^b = n \times m + r.$$

Таким образом, интервалов будет $n + 1$, последний интервал будет неполным. Найдём α_i ,

$$\begin{array}{ll} 2^{\alpha_1} = 3 & \alpha_1 = \log_2 3 \\ 2^{\alpha_2} = 6 & \alpha_2 = \log_2 6 \\ 2^{\alpha_3} = 9 & \alpha_3 = \log_2 9 \\ \dots & \Rightarrow \dots \\ 2^{\alpha_n} = 3n & \alpha_n = \log_2 3n \\ 2^{\alpha_{n+1}} = 3n + r & \alpha_{n+1} = \log_2 (3n + r) \end{array}$$

Обозначим каждый из интегралов правой части выражения соответственно $S^1, S^2, S^3, \dots, S^{n+1}$, где n представляет собой ранг числа являющегося значением функции в верхнем пределе интегрирования. Под рангом будем понимать кратность предела интегрирования к модулю. Тогда в общем случае

$$S = S^1, S^2, S^3, \dots, S^{n+1} \quad (6)$$

Из графика можно заметить, что

$$S^2 = \int_0^b (2^x \pmod{3}) dx \text{ тоже складывается из суммы интегралов с таким же разбиением}$$

$$S_2 = S^1_2 + S^2_2 + S^3_2 + \dots + S^{n+1}_2 \quad (7)$$

Тогда

$$S_1 = S^1_1 - S^1_2, S^2_1 = S^2_1 - S^2_2, \dots, S^{n+1}_1 = S^{n+1}_1 - S^{n+1}_2 \quad (8)$$

будут представлять разности между соответствующими площадями. Учитывая выше сказанное $S_2 = S_1 - S$, где S и является константой для (5) и находится по формуле

$$S = S^1 + S^2 + \dots + S^{n+1}. \quad (9)$$

Тогда S_1 найдем по формуле (4), а S по (9), где

$$S^1 = 0,$$

$$S^2 = 1 \times 3(\log_2 6 - \log_2 3)$$

$$S^3 = 2 \times 3(\log_2 9 - \log_2 6)$$

$$S^4 = 3 \times 3(\log_2 12 - \log_2 9)$$

.

.

.

$$S^n = (n-1) \times 3(\log_2 3n - \log_2 3(n-1))$$

$$S^{n+1} = n \times 3(\log_2 (3n+r) - \log_2 3n)$$

$$S^1 = 0$$

$$S^2 = 1 \times 3 \log_2 2$$

$$S^3 = 2 \times 3 \log_2 \frac{3}{2}$$

$$S^4 = 3 \times 3 \log_2 \frac{4}{3}$$

$$S^n = (n-1) \times 3 \log_2 \frac{n}{n-1}$$

$$S^{n+1} = n \times 3 \log_2 \frac{3n+r}{3n}$$

Вообще говоря, были найдены площади прямоугольников с высотами кратными модулю, и ширина каждого из них соответствует ширине промежутков, на которых функция $f_1(x)$ пробегает все значения от 0 до 3.

$$S_2 = S_1 - S = \int_0^b 2^x dx - (0 + 1 \times 3 \log_2 2 + 2 \times 3 \log_2 \frac{3}{2} + 3 \times 3 \log_2 \frac{4}{3} + K + n \times 3 \log_2 \frac{3 \times n + r}{3 \times n})$$

Можно сделать вывод, что для того чтобы вычислить S_2 , необходимо найти традиционную площадь S_1 и из нее вычесть некоторый ряд с конечным числом членов: $S = S^1 + S^2 + \dots + S^{n+1}$.

Мы рассмотрели случай: $f(x) = 2^x$ и $m = 3$. Теперь обобщим данный пример для любого m .

Пусть необходимо найти $\int_0^b (f(x) \bmod m) dx$, тогда

$$S_1 = \int_0^b 2^x dx = \frac{2^b}{\ln 2} - \frac{1}{\ln 2}. \quad (10)$$

Найдем S , для этого вычислим

$$\begin{aligned} S^1 &= 0 \\ S^2 &= 1 \times m \times \log_2 2 \\ S^3 &= 2 \times m \times \log_2 \frac{3}{2} \\ S^4 &= 3 \times m \times \log_2 \frac{4}{3} \\ &\dots\dots \\ S^n &= (n-1) \times m \times \log_2 \frac{n}{n-1} \\ S^{n+1} &= n \times m \times \log_2 \frac{m \times n + r}{m \times n} \end{aligned} \quad (11)$$

Далее получим

$$\begin{aligned} S &= S^1 + S^2 + \dots + S^{n+1} = \\ &= 0 + 1 \times m \times \log_2 2 \\ &+ 2 \times m \times \log_2 \frac{3}{2} + \dots + n \times m \times \log_2 \frac{m \times n + r}{m \times n}. \end{aligned}$$

Упростив последнее выражение, имеем

$$S = m \sum_{i=2}^n (i-1) \times \log_2 \left(\frac{i}{i-1} \right) + n \times m \times \log_2 \frac{m \times n + r}{m \times n}, \quad (12)$$

$$S_2 = \frac{2^b - 1}{\ln 2} - m \left(\sum_{i=2}^n (i-1) \log_2 \frac{i}{i-1} + n \times \log_2 \frac{m \times n + r}{m \times n} \right). \quad (13)$$

Формула (13) является формулой для нахождения интегралов вида $\int_0^b (f(x) \bmod m) dx$, где n есть ранг числа являющегося значением функции в верхнем пределе интегрирования, а $i = \overline{2, n}$.

Для $\int_a^b (f(x) \bmod m) dx$ формула (13) будет следующей:

$$S_2 = \frac{2^b - 2^a}{\ln 2} - k \times m \left(\log_2 \frac{m(k+1)}{2^a} \right) - m \left(\sum_{i=k+1}^n (i-1) \log_2 \frac{i}{i-1} + n \times \log_2 \frac{m \times n + r}{m \times n} \right), \quad (14)$$

где n — есть ранг числа являющегося значением функции в верхнем пределе интегрирования,

k — ранг числа являющегося значением функции в нижнем пределе интегрирования, а $i = k+1, n$, то есть

$$S = m \times \left(k \times \log_2 \frac{m(k+1)}{2^a} - \sum_{i=k+1}^n (i-1) \log_2 \frac{i}{i-1} + n \times \log_2 \frac{m \times n + r}{m \times n} \right). \quad (15)$$

Более простой вид формула принимает когда, верхний и нижний пределы интегрирования кратны модулю. В этом случае

$$S = m \sum_{i=k+1}^n (i-1) \log_2 \frac{i}{i-1}. \quad (16)$$

Таким образом, нахождение разности $S = S_1 - S_2$ сводится в частном случае к нахождению суммы ряда с конечным количеством членов. Но формулы (11–16) верны только для функции $f(x) = 2^x$

Пусть дана функция $f(x) = c^x$, где $c > 1$, тогда

$$S_2 = \frac{c^b - c^a}{\ln c} - k \times m \left(\log_c \frac{m(k+1)}{2^a} \right) - m \left(\sum_{i=k+1}^n (i-1) \log_c \frac{i}{i-1} + n \log_c \frac{m \times n + r}{m \times n} \right). \quad (17)$$

Итак, константа S_2 для показательных функций определяется по формуле (17).

Пример

Пусть дано $m = 3$ и $f(x) = 2^x$, причем функция ограничена линиями $y = 0$, $x_1 = 0$, $x_2 = 4$. Найдем разность S по формуле (17).

$$f(4) = 2^4 = 5 \times 3 + 1$$

В данном случае ранг нижнего предела k — равен нулю, верхнего — $n = 5$, а модуль $m = 3$:

$$S_2 = \frac{2^4 - 2^0}{\ln 2} - 0 \times 3 \left(\log_2 \frac{3(0+1)}{2^0} \right) - 3 \left(\sum_{i=0+1}^5 (i-1) \log_2 \frac{i}{i-1} + 5 \times \log_2 \frac{3 \times 5 + 1}{3 \times 5} \right) \approx 6,136.$$

Тогда согласно $S = S_1 - S_2$ имеем

$$S \approx 21,64 - 6,14 = 15,5.$$

Таким образом, если $S|m$, то $S_1 \equiv S_2 \pmod{m}$. Отметим, что операции сравнения обычно определяются для целых чисел. Однако если принять достаточное допущение в определении интеграла и при этом перевести вычисления в соответствующий диапазон чисел, то выражение (6) становится так же справедливым. Кроме того, любые вычисления определенного интеграла на ЭВМ всегда осуществляются с заданной степенью точности, то есть интегрирование на ЭВМ всегда заменяется приближенной конечной суммой, т. е. конечной суммой дискретных величин.

Выводы

Полученные выражения являются важными при определении спектрального анализа сигналов в формате СОК. Они позволят решить вопрос сравнимости спектров сигналов в ПСС и СОК, что необходимо при разработке и построении систем передачи параллельных данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бернард Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. 2-е издание. М.: Вильямс, 2003. 1104 с.
2. Крук Б. И., Попантонопуло В. Н., Шувалов В. П. Телекоммуникационные системы и сети. Том 1. Современные технологии. М.: Телеком, 2003. 648 с.
3. Смирнов А. А. Математическое описание сигналов, используемых для передачи данных в параллельном формате // Вестник СГУ, 2004. №3. 264 с.
4. Сеник В. В., Смирнов А. А. Модулярное интегрирование класса степенных функций // Инфотелекоммуникационные технологии в науке, производстве и образовании: материалы I международной НТК. Ставрополь: СевКавГТУ, 2005. 356 с.
5. Червяков Н. И. и др. Модулярные параллельные вычислительные структуры нейропроцессорных систем. М.: Физматлит, 2003. 288 с.
6. Акушский И. Я., Пак И. Т. Машинная арифметика в остаточных классах. М.: Сов. радио, 1968. 440 с.
7. Смирнов А. А. Применение чисел Мерсена и Ферма в качестве оснований системы остаточных классов в двоичном канале связи // Инфокоммуникации технологии, 2004. №2. 64 с.
8. Смирнов А. А., Сахнюк П. А., Сеник В. В. Синтез схем цифровой об-

- работки сигналов на основе обучения нейросетевых схем // Нейрокомпьютеры, разработка и применение, 2004. №5–6. С. 91–93.
9. Комашинский В. И., Смирнов Д. А. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи. М.: Горячая линия–Телеком, 2002. 94 с.
 10. Смирнов А.А. Принципы построения инфокоммуникационных систем для обработки и передачи параллельных данных: монография / А.А. Смирнов, А.Ю. Чемерисов, П.А. Набродов; под ред. А.А. Смирнова. Ставрополь: Альфа Принт, 2009. 172 с.

ОБ АВТОРАХ

Смирнов Александр Александрович, доктор технических наук, доцент кафедры высшей алгебры и геометрии Северо-Кавказского федерального университета. Телефон: +7-906-403-62-54.
E-mail: shursun@mail.ru.

Бондарь Виктория Витальевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей алгебры и геометрии Северо-Кавказского федерального университета.
Телефон: +7-988-702-90-75. E-mail: viktori-bondar@yandex.ru.

Сахнюк Павел Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры высшей алгебры и геометрии Северо-Кавказского федерального университета.
Телефон: +7-918-805-55-60. E-mail: pav-sahnyuk@yandex.ru.

Smirnov Aleksandr Aleksandrovich, doctor of technical sciences, Docent of the Department of algebra and geometry North-Caucasus Federal University. Phone: + 7-906-403-62-54.
E-mail: shursun@mail.ru.

Bondary Viktoriya Vital'evna, candidate of physical and mathematical sciences, Docent of the Department of algebra and geometry North-Caucasus Federal University. Phone: +7-988-702-90-75.
E-mail: viktori-bondar@yandex.ru.

Sahnyuk Pavel Anatol'yevich, candidate of technical sciences, Docent of the Department of algebra and geometry North-Caucasus Federal University. Phone: +7–918–805–55–60.
E-mail: pav-sahnyuk@yandex.ru.

**Молахосеини А. С. [Molahosseini A. S.],
Заранди А. А. [Zarandi A. A.]**

К БЫСТРОМУ ВЫПОЛНЕНИЮ КОМПЛЕКСНЫХ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ НА ПРОГРАММИРУЕМЫХ ВЕНТИЛЬНЫХ МАТРИЦАХ

Towards Fast Implementation of Complex RNS Components on FPGAs

Эффективное исполнение системы остаточных классов (RNS) в частности на программируемых вентильных матрицах (FPGA) очень важно в виду использования FPGA в некоторых современных вычислительных системах для достижения гибкости и малых временных затрат на разработку. Система остаточных классов со свойственным ей параллелизмом также может быть использована для увеличения производительности выполнения вычислительных алгоритмов на FPGA. Однако комплексные RNS операции, такие как обратное преобразование вычетов в двоичную систему, определение знака, масштабирование, сравнение по величине и обнаружение переполнения до сих пор не были эффективно реализованы на FPGA. В данной работе мы предлагаем подход к увеличению скорости обратного преобразования на FPGA, используя параллельный сумматор. Это может быть первым шагом к быстрому выполнению комплексных RNS операции на FPGA, при этом обратное преобразование также может быть использовано для решения других сложных RNS операций.

Ключевые слова: Система остаточных классов (RNS), программируемая вентильная матрица (FPGA), параллельный сумматор.

The efficient hardware implementation of RNS particularly on field programmable gate array (FPGA) is very important due to the use of FPGAs in some modern computing systems to achieve flexibility and low time-to-market. The residue number system (RNS) with its inherent parallelism can also be used to enhance the performance of implementation of computing algorithms on FPGAs. However, complex RNS operations such as residue to binary (reverse) conversion, sign detection, scaling, magnitude comparison and overflow detection have not been efficiently implemented on FPGAs until now. In this work, we try to address an approach to increase the speed of residue to binary conversion implementation on FPGAs using parallel-prefix adders. This can be a first step towards fast implementation of complex RNS operations on FPGAs, since residue to binary conversion can also be used to solve other difficult RNS operations.

Key words: Residue number system (RNS), Field programmable gate array (FPGA), Parallel prefix adders.

1 Introduction

The power consumption is a critical parameter in designing any sort of digital systems. Distinct methods in distinct design's levels have been investigated and different results have been achieved. One way among all available methods is working on the number system and use other ones

rather than weighted number system to achieve parallelism and less power consumption. Residue number system (RNS) [1–3] is a numerical system which has been widely used in different fields such as cryptography and signal processing [4, 5] to enhance them. Although lots of work have been done on RNS, still RNS suffers from some challenges such as implementation issues on field programmable gate arrays (FPGAs).

The main concept behind RNS is converting a weighted number to the series of residues based on selected moduli set. Therefore, instead of performing calculation on large numbers, calculations are done on small reminders in parallel. This result in less power consumption and faster operations. However, such systems require two converters: Forward and Reverse converters. The duty of first one is converting a weighted number to its related RNS representation. On the other hand, the reverse converter computes weighted number from residues. One of the advantage of this system is calculation such as addition, subtraction and multiplications on residues are done parallel without the need of carry propagation.

Residue number system can be implemented using different technologies such as application specific integrated circuits (ASIC) and FPGA. Nowadays FPGAs are highly attracted due to low cost and low time to market, and they are used to implement different circuits. Now the question is: what is the advantage and disadvantages of implementing RNS on FPGA and even is it beneficial to implement a residue number system on FPGA? Furthermore, the other significant aspect that need to be considered is looking for methods to improve RNS implementation on FPGA. The reverse converter with its non-modular structure is one of the most challenging part of RNS and its speed is so effective on general performance of RNS. Thus, in this paper, we focus on fast implementation of reverse converter. Moreover, the structure of reverse converter consists of many modular and regular adder's structure, which its regular adders can be easily implemented using fast adders of FPGA. Also, the use of parallel prefix adders are investigated in reverse converter. To study the mentioned aspects, all designs are first described and verified using VHDL codes and then implemented by Xilinx ISE on a FPGA Virtex-5 model. The results are compared based on delay and the number of slices.

This paper will be continued by introducing reverse converter design using different adders. In the third section of the paper, the mentioned designs will be implemented and they will be compared and analyzed. Finally, conclusion will be presented in the section four.

2 Reverse converter design

Residue number systems with all its applications and benefits still has some problems with its FPGA implementation [10]. Two aspects are considered about implementing RNS on FPGA. Some RNS researchers believe that it is not efficient to implement RNS on FPGA due to its reverse and forward converters overhead [5]. On the other hand, some other researchers suggest implementing reverse converter and other arithmetic circuits based on read-only memory (ROM) to achieve suitable implementations on FPGA [10]. Since, nowadays reverse converters are mostly design memory less and based on arithmetic circuits, ROM based implementation cannot be used for other moduli set and it is not a flexible design method. In this work, a new approach of FPGA implementation of residue number system are investigated. Two main points are considered here: first: design without ROM is done to achieve required flexibility. Second, to achieve a better implementation of residue number systems on FPGA, the hardware structure of reverse converter, one of the most complex component of RNS, is redesigned.

Reverse converter structure consists of a number of adders, which some of them are regular and some are modular. Different kinds of adders can be used to design a hardware structure of reverse converter, but the most common adder is ripple carry adders (RCAs). Since, they are low complexity and hardware cost adders. Furthermore, it is possible to have fast carry propagation chain by using the internal structure of FPGA and this make implementing RCA on FPGA justifiable [8]. Due to this reason, it may seem using other kinds of adders to implement arithmetic circuits on FPGA is not a proper choice.

In order to, improve RNS implementation on FPGA, first some challenges should be investigated. The first important point is to investigate the efficiency of implementing modular adders on FPGA, and is it possible to have modular adders as efficient as regular adders on FPGA? The other significant aspect is looking for a way to improve reverse converter performance on FPGA such as using other kind of adders and prove that RCA is not the only suitable adder structure for FPGA.

As it was mentioned, RCA's implementation on FPGA can be a suitable choice due to its fast carry propagation chain. However, to use such adders to perform modular addition in reverse converter, an adder structure with one representation of zero is required. This result in increasing cost and reducing speed. On the other hand, parallel prefix adder structures with their logarithmic delay can perform fast addition. However, their hardware structures consist of

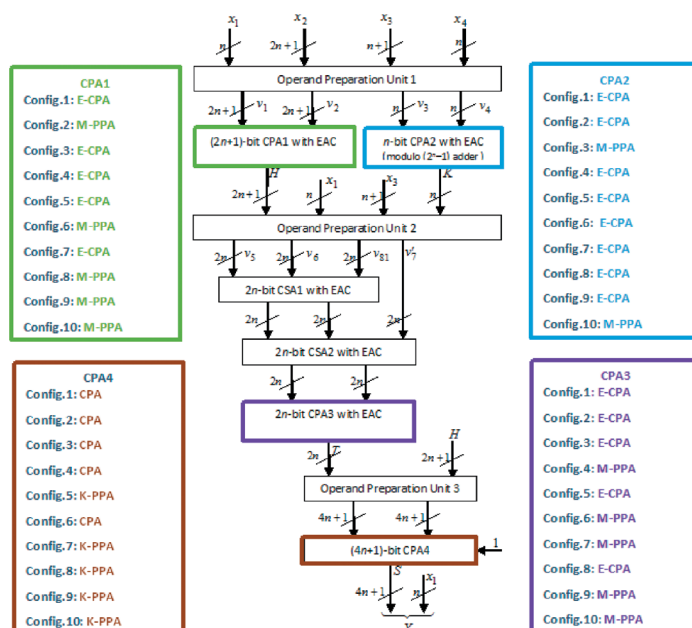


Figure 1. The converter for moduli set $\{2^n-1, 2^n, 2^n+1, 2^{2n+1}-1\}$ [11].

lots of gates and wires, because of their parallel structure. If FPGA structure is considered, a large communication structure can be seen. The idea here is the FPGA's communication structure can be an appropriate situation to implement parallel prefix adders.

Recent researches shows that parallel prefix adders cannot be implemented suitably on FPGAs [8], compared to RCA. The important point that should be considered here is that, the comparisons which were done till now are for regular addition. In the other word, no comprehensive research has been done on performance evaluation of implementing modular prefix adder structures on FPGA. Modular addition is two phases operation and if the mentioned moduli is 2^n-1 , then two representation of zero should be converted to one representation of zero. Therefore, it is expected that modular prefix addition with one representation of zero has better performance rather than RCA when implemented on FPGA.

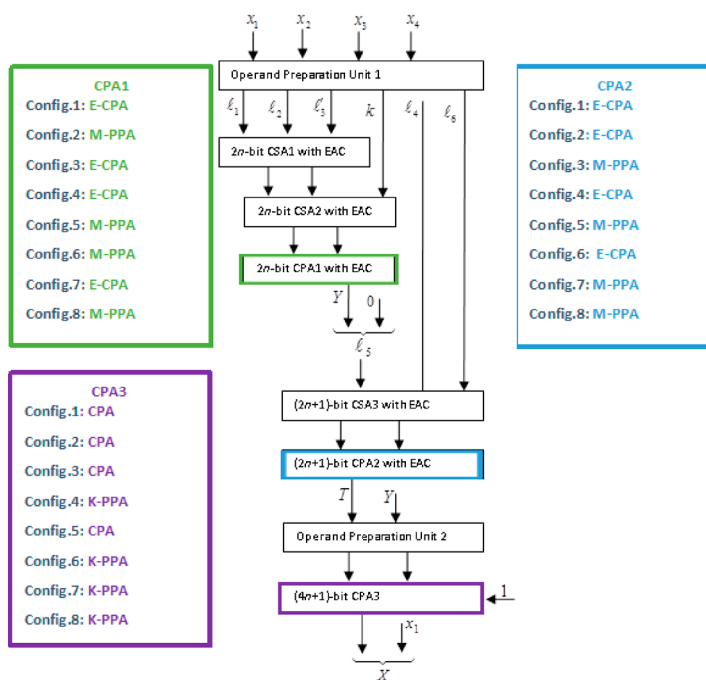


Figure 2. The reverse converter for $\{2n-1, 2n+1, 22n, 22n+1-1\}$ [12].

To investigate the implementation's issues and to find answer for mentioned questions, different configurations for reverse converter are considered. These configurations are based on distinct position of modular and regular parallel prefix adders in two different reverse converter structure. Reverse converter for moduli sets $\{2^n-1, 2^n, 2^{n+1}, 2^{2n+1}-1\}$ and $\{2^n-1, 2^n+1, 2^{2n}, 2^{2n+1}-1\}$ were selected and different adders were used in their hardware architecture. Finally, the performance of reverse converters are evaluated and analyzed. It should be mentioned that these recently introduced moduli sets due to their large dynamic range and more parallelism are more attracted, and they are chosen because of their various structures and different kind (modular and regular) adders that they need. The structure of the reverse converters for these moduli sets are shown in Figures 1 and 2. The required adders in these reverse converters are shown in the same figures. In this work only the carry propagate adders (CPAs) are replaced with parallel prefix adders (PPA) and carry save adders (CSA) are remained unchanged. In each structure shown in

the figures, the converter 1 which is totally based on CPAs is considered as the base configuration in comparisons. In the figures, carry propagate adder with end around carry is represented as E-CPA, modular parallel prefix adder as M-PPA and regular parallel prefix adder as K-PPA.

3 Performance evaluation

With the aim of investigating mentioned points, all introduced configurations for both converters are verified by using structural VHDL codes, and then, they are implemented using a Virtex-5 FPGA chip. The related results will be compared based on delay and the number of required slices as shown in Figures 3–6. Designs of [13] and [14] are used to implement of M-PPA (modular parallel-prefix adder) and K-PPA (Kogge-Stone regular parallel-prefix adder), respectively. Now, we analyze the result of implementation of different converter configurations on FPGA. As it can be seen from Figures 3 and 4, for the config. 2 where the CPA2 is replaced with the modulo parallel-prefix adder, the delays for $n = 4$ and 8 are reduced than the original design, config. 1. But, if we replace the CPA2 which is not on the critical delay path with M-PPA (config. 3), the delay is not as good as expected than config. 1.

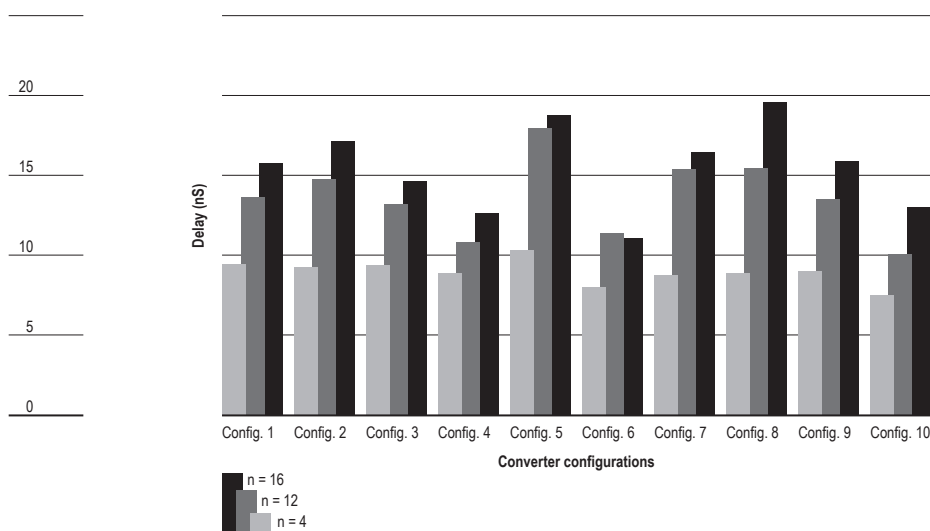


Figure 3.

Delays of FPGA implementation of different converter configurations for the moduli set $\{2^n-1, 2^n, 2^n+1, 2^{2n+1}-1\}$.

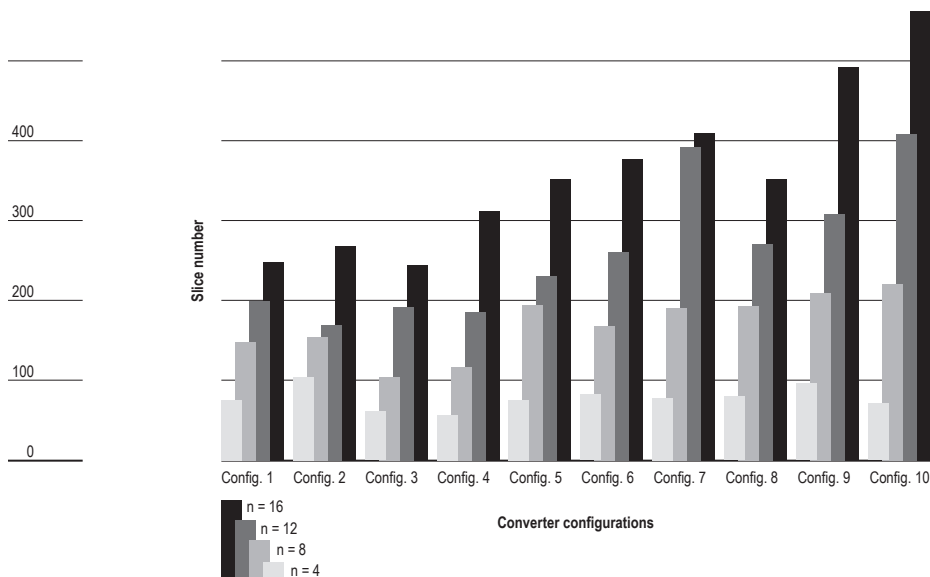


Figure 4. Areas (number of slices) of FPGA implementation of different converter configurations for the moduli set $\{2^{n-1}, 2^n, 2^{n+1}, 2^{2n+1}-1\}$.

However, for the config. 3 in which CPA3 is replaced with M-PPA, both delay and area have been decreased. Therefore, it is better to use M-PPA designs in adder positions on the critical delay path.

On the other hand, in config. 5, we have replaced CPA5 which is a regular binary adder, with the K-PPA, which is a regular parallel-prefix adder, the delay is even worse than config. 1 and also the area is increased. Hence, as it is expected, using regular parallel-prefix adders for implementing converters on FPGAs do not improve the performance. The best tradeoff can be achieved by using M-PPA both for CPA1 and CPA3 (modulo adders on critical delay path) with M-PPA. In this case, the speed significantly increased. The performance in other cases, configs. 7 to 9, where M-PPA and K-PPA both are used in the structure of the converter, are not increased. Finally, the fastest design is config. 10 where all the CPAs replaced with PPAs, but in the expense of great hardware cost. This trend is also correct for the second converter as shown in Figures 5 and 6. In other words, using modulo parallel-prefix adders in implementing the converters on FPGAs can increase the speed.

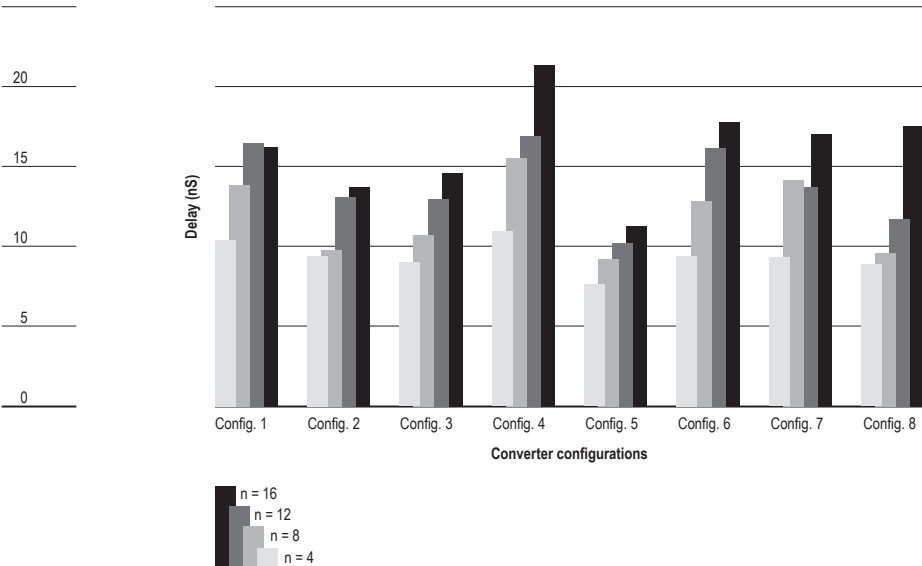


Figure 5. Delays of FPGA implementation of different converter configurations for the moduli set $\{2^n-1, 2^{n+1}, 2^{2n}, 2^{2n+1}-1\}$

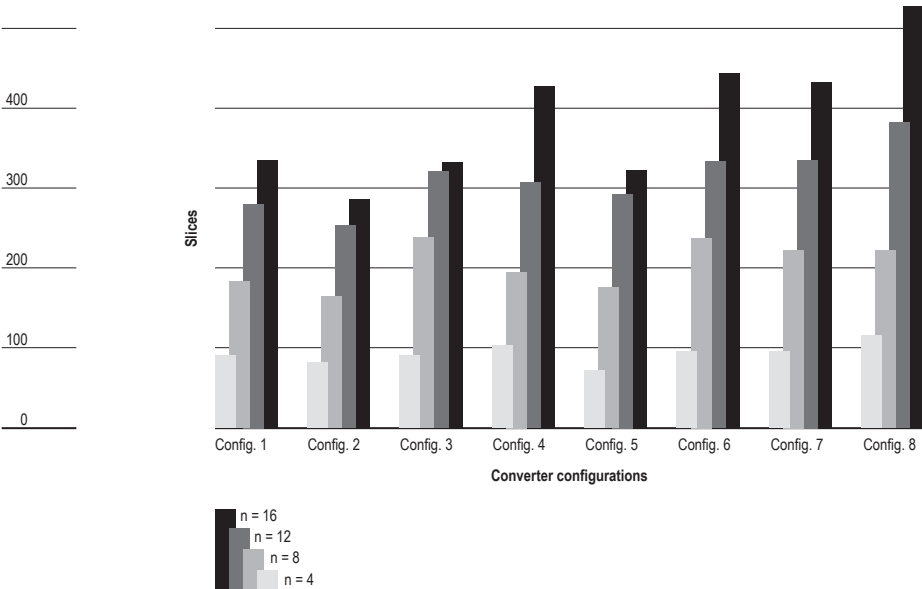


Figure 6. Areas (number of slices) of FPGA implementation of different converter configurations for the moduli set $\{2^n-1, 2^n, 2^{n+1}, 2^{2n}, 2^{2n+1}-1\}$.

4 Conclusion

In this paper, the effect of using modular and regular parallel-prefix adders in the implementation of residue number system reverse converters on FPGAs is investigated. The implementation results have shown that the use of modulo parallel-prefix adders instead of CPAs with EAC, and ripple-carry adders instead of regular CPAs can lead us to the best performance. Since the core part of difficult RNS operations are residue to binary conversion, the proposed approach for reverse conversion, can improve also the performance other RNS complex components on FPGAs.

Acknowledgements

This work is supported by Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran as a part of research plan.

REFERENCES

1. A. Omondi and B. Premkumar, "Residue Number Systems: Theory and Implementations," Imperial College Press, London, 2007.
2. J. Chen and J. Hu, "Energy-Efficient Digital Signal Processing via Voltage-Over scaling-Based Residue Number System," IEEE Trans. Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, vol. 21, no. 7, pp. 1322–1332, 2013.
3. T. Stouraitis and V. Paliouras, "Considering the alternatives in lowpower design," IEEE Circuits and Devices, vol. 7, pp. 23–29, 2001.
4. C.H. Vun, A.B. Premkumar and W. Zhang, "A New RNS based DA Approach for Inner Product Computation," IEEE Trans. Circuits and Systems-I, vol. 60, no. 8, pp. 2139–2152, 2013.
5. J.C. Bajard, L.S. Didier and T. Hilaire, "p-Direct Form transposed and Residue Number Systems for Filter implementations," In Proc. of IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems, 2011, pp. 1–4.
6. M. Esmaeildoust, D. Schinianakis, H. Javashi, T. Stouraitis, and K. Navi, "Efficient RNS Implementation of Elliptic Curve Point Multiplication Over GF(p)," IEEE Trans. Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, vol. 21, no. 8, pp. 1545–1549, 2013.
7. S. Pontarelli, G.C. Cardarilli, M. Re and A. Salsano, "Optimized Implementation of RNS FIR Filters Based on FPGAs," Journal of Signal Processing Systems, vol. 67, no. 3, pp. 201–212, 2012.
8. D.H.K. Hoe, C. Martinez, and S.J. Vundavalli, "Design and characterization of parallel prefix adders using FPGAs," In Proc. of IEEE South-eastern Symposium on System Theory, 2011, pp. 168–172.
9. K. Navi, A.S. Molahosseini and M. Esmaeildoust, "How to Teach Residue Number System to Computer Scientists and Engineers," IEEE Trans. Education, vol. 54, no. 1, pp. 156–163, 2011.

10. A.S. Molahosseini, S. Sorouri and A.A. Emrani Zarandi, "Research Challenges in Next-Generation Residue Number System Architectures," In Proc. of IEEE International Conference on Computer Science and Education, 2012, pp. 1658–1661.
11. A.S. Molahosseini, K. Navi, C. Dadkhah, O. Kavehei, S. Timarchi, "Efficient Reverse Converter Designs for the New 4-Moduli Sets $\{2n-1, 2n, 2n+1, 22n+1-1\}$ and $\{2n-1, 2n+1, 22n, 22n+1\}$ Based on New CRTs," IEEE Trans. Circuits and Systems-I, vol. 57, no. 4, pp.823–835, 2010.
12. A.S. Molahosseini and K. Navi, "A Reverse Converter for the Enhanced Moduli Set $\{2n-1, 2n+1, 22n, 22n+1-1\}$ Using CRT and MRC," in Proc. of IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI, 2010, pp. 456–457.
13. R.A. Patel, M. Benaissa and S. Boussakta, "Fast Parallel-Prefix Architectures for Modulo $2n-1$ Addition with a Single Representation of Zero," IEEE Trans. Computers, vol. 56, no. 11, pp. 1484–1492, 2007.
14. P.M. Kogge and H.S. Stone, "A Parallel Algorithm for the Efficient Solution of a General Class of Recurrence Equations," IEEE Trans. Computers, vol. 22, no. 8, pp. 783–791, 1973.

ОБ АВТОРАХ

Амир Саббах Молахоссеини, кандидат технических наук, доцент, преподаватель кафедры вычислительной техники Керманского отделения Исламского университета Азад.

Телефон: 00989131403688. E-mail: Sabbagh.iauk@gmail.com.

Азадех Алсадат Эмрани Заранди, кафедра вычислительной техники, Керманского отделения Исламского университета Азад.

E-mail: sabbagh@iauk.ac.ir.

Amir Sabbagh Molahosseini, PH.D., Assistant Professor of the Department of Computer Engineering, Kerman Branch of Azad University. Phone: 00989131403688. E-mail: Sabbagh.iauk@gmail.com.

Azadeh Alsadat Emrani Zarandi, Department of Computer Engineering, Kerman Branch, Islamic Azad University.

E-mail: sabbagh@iauk.ac.ir

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

«НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ», № 4, 2014

УДК 911.37

Белозеров В. С. [Belozerov V. S.],
Панин А. Н. [Panin A. N.],
Приходько Р. А. [Prihodko R. A.],
Чихичин В. В. [Chihichin V. V.]

МИГРАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА СТАВРОПОЛЬЕ: ТЕНДЕНЦИИ И СОВРЕМЕННАЯ СИТУАЦИЯ*

Migration processes in the Stavropol region: trends and current situation

Миграционные процессы в постсоветской России и ее регионах приобретают новые черты, которые проявляются в смене миграционного тренда, формировании центров притяжения мигрантов различных уровней, в число которых входит и Ставропольский край. Для миграционных процессов в крае характерны как общероссийские, так и региональные черты. По характеру миграционных процессов в крае постсоветское время делится на четыре периода. Первый период характеризуется: устойчивым ростом сальдо миграции, положительным миграционным приростом во всех городах и районах, высокой долей в миграционном приросте русских, армян и оттоком северо-кавказских народов. Во второй период сокращаются миграционный прирост и ареал с положительным сальдо миграции в целом, в т. ч. и у русских, армян; восстанавливается положительное сальдо миграции у даргинцев, чеченцев. В третьем периоде расширяется зона с отрицательным сальдо миграции как за счет городов, так и сельской местности, у русских четко просматривается западный и юго-западный миграционный тренд, северо-кавказские этносы активно расселяются в городах. Четвертый период – ареал с положительным сальдо миграции включает Ставропольскую и Кавминводскую агломерации и их пригороды. В крае выделяются территории предпочтительного расселения мигрантов разных национальностей и ареалы их расселения в той или иной степени совпадают.

Ключевые слова: миграционные процессы, миграционный прирост, сальдо миграции, этнические миграции, расселение мигрантов в Ставропольском крае.

Migratory processes in post-Soviet Russia and its regions get new lines which are shown in change of a migratory trend, formation of the centers of migrants attraction of different levels where Stavropol Krai is also among. Migratory processes in the region are characterized by both all-Russian and regional lines. According to the nature of migratory processes in the region the post-Soviet period divides into four periods. The first period is characterized by: sustained growth of balance of migration, a positive migratory growth in all cities and areas, a high share in a migratory growth of Russians, Armenians and outflow of North-Caucasus people. During the second period the migratory growth and an area with positive balance of migration including Russians, Armenians are reduced, the positive balance of migration of Dargins, Chechens is restored. During the third period the zone with negative balance of migration extends thanks to the cities and rural areas too, Russian west and south-west migratory trend can be seen very clear, North-Caucasus ethnoses are actively settled in the cities. The fourth period – an area with positive balance of migration, which includes Stavropol and Kavminvodsky agglomerations and their

* Работа выполнена при финансовой поддержки РФФИ Проект № 13-06-00462 «Разработка концептуально-методических подходов к анализу механизмов адаптации и интеграции этнических мигрантов в региональные российские сообщества на основе геоинформационного мониторинга».

suburbs. Territories of preferable settling of migrants of different nationalities are allocated in the region, and areas of their settling in a varying degree coincide.

Key words: migration, migration growth, net migration, ethnic migration, resettlement of migrants in the Stavropol region.

Общероссийской тенденцией миграционных процессов в постсоветский период является смена миграционного тренда с восточного на западный и репатриационный характер миграционных потоков, поменялись ролями принимающие и отдающие мигрантов регионы [1], сформировалась обширная зона с отрицательным сальдо миграции и т. д. На современной миграционной карте России выделяется несколько центров притяжения мигрантов: столичный регион (концентрирует до 76 % миграционного прироста страны), 6 центров всероссийского масштаба (Санкт-Петербург и Ленинградская область, Краснодарский край и другие регионы). Ставропольский край входит в число регионов с миграционным приростом и относится к шести центрам притяжения регионального и межрегионального масштаба (наряду с Нижегородской, Самарской, Новосибирской областью и Ханты-Мансийским округом и др.) [2].

За постсоветский период на Ставрополье прибыло почти 1.5 млн мигрантов, выбыло 1,2 млн чел., миграционный прирост составил почти 300 тыс. чел. Устойчивые миграционные потоки в регионе, особенно на протяжении 1990-х годов и в начале XXI века, оказали значительное влияние на демографическую, этническую структуру населения, расселение народов в крае. По сравнению с первой половиной 1990-х годов (точнее 1994 г.) к настоящему времени миграционный прирост в крае сократился почти в 40 раз (в стране – в 3 раза). Однако усиливаются различия региональных внутри краевых миграционных потоков, как по величине миграционного прироста, так и в этнодемографическом отношении. Современная карта расселения населения меняется в значительной степени под влиянием внутри краевых миграционных процессов. Несмотря на непродолжительный период постсоветского времени, в миграционной ситуации края выделяется несколько периодов, отличающихся по характеру миграционных процессов, этнодемографической структуре миграционных потоков, влиянию миграции на расселение этносов. Нами поставлена задача – исследовать особенности миграционных процессов в разные периоды постсоветского времени.

В условиях меняющейся миграционной ситуации в крае и для эффективного управления территорией региона требуется оперативная об-

работка и анализ данных. Решению этих сложных проблем способствует использование современных геоинформационных технологий, которые позволяют оперативно актуализировать базу геоданных, визуализировать миграционную ситуацию и способствовать повышению эффективности принятия управленческих решений. Поэтому для организации мониторинга и исследования миграционной ситуации в крае используем разработанную нами систему геоинформационного мониторинга миграционных процессов [3].

На протяжении значительной части постсоветского периода на миграционной карте России Ставрополье выделяется большими масштабами миграционного прироста. Как и в целом в стране, масштабы миграционного прироста в крае росли до 1994 года и достигли максимума, составив 41,4 тыс. чел. В начале 1990-х гг. на долю Ставрополья приходилось до 12 % миграционного прироста страны. В последующие годы в крае проявляется общероссийская тенденция сокращения миграционного прироста, в частности, с середины и до конца 1990-х гг. отмечается активное сокращение миграционного прироста (с 24,3 тыс. чел. в 1995 году до 12,0 тыс. чел. в 1999 году), следующий период – до 2007 года – в крае характеризуется низким миграционным приростом (0.6-4.8 тыс. чел.) и с 2007 года он отличается неустойчивостью и колеблется от 9.4 тыс. чел. в 2007 году до 1,5 тыс. чел. в 2013 году.

В каждом из этих периодов миграционная карта края имела свои особенности. В первой половине 1990-х гг. в условиях начавшейся депопуляции миграция компенсировала естественную убыль населения, миграционный прирост составил почти 160 тыс. чел. или более половины миграционного прироста края за все постсоветское время. Главной особенностью этого периода является положительное сальдо миграции во всех городах и районах края, преобладание районов с высоким миграционным приростом [4]. Города и районы с высоким миграционным приростом образуют зону, протянувшуюся от юго-восточных до северо-западных границ края через всю его территорию, исключая КМВ и восточные районы, а также Ставрополь и большие города. В последних городах и районах, в отличие от прошлых лет, отмечался миграционный прирост средней величины. Конечно, отдельные черты такого характера миграционных процессов в крае проявились не сразу, а стали формироваться еще в конце 1980-х гг. В эти годы в миграционных процессах на территории края наметились новые тенденции: вырос миграционный прирост

до 29,7 тыс. чел., т. к. обратный миграционный поток в крае сократился больше, чем прямой; повысилась доля сельской местности в общекраевом миграционном приросте с 23,8 % в 1979 г. до 38 % в 1989 г. Важной особенностью этого этапа является изменение миграционной ситуации не только в целом в городской и сельской местности, но и в конкретных городах и сельских районах. В частности, высокие показатели миграционного прироста, как и прежде, отмечались в Ставрополе, Невинномысске, но, кроме того, стали характерны и для большинства малых городов. Причем число последних из года в год росло, они становились более привлекательными для мигрантов в качестве местожительства. Но если раньше среди мигрантов в малых городах значительную часть составляли сельские жители из сел, возглавляемых ими районов [5], то в конце 1980-х и особенно в 1990-е годы это были вынужденные мигранты [6]. Таким образом, для этого этапа можно отметить две особенности в характере миграционных процессов: рост числа городов из числа малых, с увеличивающимися показателями миграционного прироста и расширение ареала в сельской местности с положительным миграционным приростом. При этом для сельской местности была характерна меньшая дифференцированность показателя миграционного прироста. Вначале 1990-х годов, как известно, миграционные процессы формировались под влиянием новых факторов: демократизации, либерализации, военных конфликтов, обострения межэтнических отношений [1] и т. д. Поэтому за первую половину 1990-х гг. миграционная ситуация в крае существенно изменилась: масштабы миграционного оборота сократились почти на 1/3; миграционный прирост вырос почти на 30 % и достиг 41,4 тыс. чел. (1994); сократилась до 56,1 % доля городов в общекраевом миграционном приросте. Во всех городах интенсивность миграционного прироста снизилась, причем в крупных (Ставрополь) больше, чем в малых. Они как раз сохраняли высокую и среднюю интенсивность миграционного прироста. Крупные города теряли население и были мало привлекательными для мигрантов в связи с катастрофическим сокращением числа рабочих мест в промышленности, строительстве, где, как правило, они были больше всего заняты [7]. Социально-экономический кризис снизил миграционную привлекательность городов. Они стали недоступны для значительной части мигрантов.

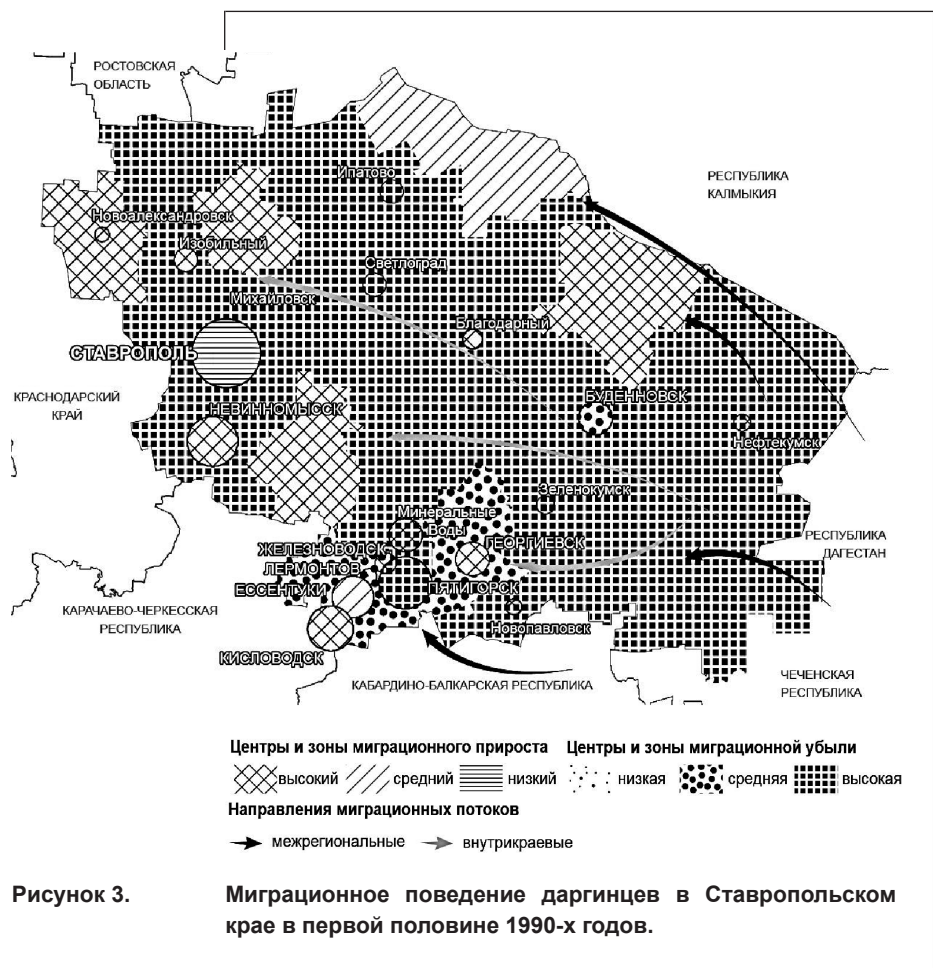
Как показывает мониторинг, в этнической структуре миграционного потока в крае в этот период проявляются как общероссийские черты, так и региональные, точнее кавказские черты [8]. Характерными чертами этни-



ческой структуры миграционного прироста Ставрополя в постсоветский период является интенсивный рост его полиэтничности, проявляющейся в снижении в миграционном приросте доли русских, и увеличении доли кавказских народов. На протяжении первого периода в структуре миграционного прироста Ставрополя, с одной стороны, отчетливо проявляется репатриационный характер миграционных потоков и отмечается преобладание русских, (в 1992 году они составляли 72,5 %), с другой стороны, региональные кавказские черты – высокий удельный вес в миграционном приросте армян и отрицательное сальдо миграции у чеченцев, даргинцев. Преобладание в структуре миграционного прироста края русских определило то, что ареал их расселения практически определил и совпадал с общей картиной расселения мигрантов в крае. А именно районы, в ко-



торых отмечался относительно высокий миграционный прирост русских, образуют как бы «коридор», протянувшийся с юго-востока на северо-запад – от чечено-дагестанской границы края. Он совпадал, по сути дела, с маршрутом следования потока вынужденных мигрантов – русских из Чечни и других республик Северного Кавказа, а также стран Южного Кавказа. Восточные «фланги» ареала заселения русскими сельских районов Ставрополья отличались более низкими темпами прироста численности и представлены полиэтническими районами [8]. На рис. 1. видно, что, как и в целом в крае, так и у русских более высокие показатели миграционного прироста отмечаются в сельской местности, а города, оставаясь мало привлекательными для мигрантов по известным причинам, были центрами со средним миграционным приростом (рис. 1).



Армяне, будучи вторым этносом по величине миграционного прироста в крае, имели высокий миграционный прирост во всех городах (исключением был Пятигорск, Ессентуки, Железноводск, где отмечался средний миграционный прирост) и районах (за исключением двух сельских районов, где отмечалось отрицательное сальдо миграции - Апанасенковский, Левокумский) (рис. 2).

У других этносов, в частности даргинцев в большей части сельских районов, и в первую очередь в ареалах их компактного проживания, отмечается высокий коэффициент миграционной убыли. В городах наоборот наблюдается миграционный прирост, в т. ч. и за счет учебной миграции (рис. 3).

Во второй половине 1990-х гг.

миграционный прирост в крае сократился до 85,7 тыс. чел., или в 1,9 раза. Характерными чертами миграционной ситуации этого периода является: формирование на территории края двух зон – зоны с положительным сальдо миграции, которая включала все города и более 80 % сельских районов и зоны с отрицательным сальдо миграции, включающей пять восточных районов. В отличие от прошлого периода в крае доминировали районы со средним коэффициентом миграционного прироста; постепенно восстанавливалась привлекательность больших городов, на фоне снижения показателя миграционного прироста в большинстве малых городов. В структуре миграционного прироста снижается доля русских до 40 %, армян увеличивается до 25 % и более, положительное сальдо миграции отмечается и даргинцев и у чеченцев только в городах.

Третий период

характеризуется самыми низкими показателями ежегодного миграционного прироста, который колеблется от 0.6 до 4.8 тыс. чел. в год. Это период активного сокращения зоны с положительным сальдо миграции как за счет сельской местности (только треть районов западной и юго-западной части края сохраняли положительное сальдо миграции средней и низкой интенсивности), так и городов (в Пятигорске, Лермонтов, Георгиевске и некоторых малых городов – Благодарный, Нефтекумск – отмечается отрицательное сальдо миграции). Зона с отрицательным сальдо миграции в сельской местности занимает 2/3 сельских районов края. В пяти из них отмечается высокая интенсивность миграционного оттока. Как и в первом периоде, зона миграционного прироста русских во многом совпадает с зоной общего миграционного прироста в крае. В частности, активный отток русских из восточных районов вызвал формирование отрицательного сальдо миграции в большинстве районов этой части края. У русских четко вырисовывается западный и юго-западный миграционный тренд (рис. 4).

Ставропольская и Кавминводская агломерации с прилегающими к ним районами стали основным ареалом расселения русских мигрантов. В этот период значительно сократился ареал расселения армян и частично повторял ареал расселения русских, в первую очередь в пределах агломераций. Отличительной особенностью миграции армян было сохранение высокого миграционного прироста в Ставрополе, Минводах, и ряде сель-



ских районов (Грачевский, Предгорный, Советский и др.) (рис. 5). Карта миграционного поведения даргинцев в этот период значительно отличается от первых двух периодов. Во-первых, в большинстве городов отмечается высокий миграционный прирост даргинцев, во-вторых, в сельской местности с одной стороны четко обозначился западный и юго-западный тренд, с другой – восстановилось положительное сальдо миграции в некоторых районах традиционного расселения. И в целом, более чем в половине сельских районов отмечается положительный миграционный прирост даргинцев [4] (рис. 6).



В четвертом периоде (2008–2013)

миграционный прирост в крае вырос по сравнению с началом XXI века и составил 22,7 тыс. чел. В крае четко обозначился миграционный тренд – западный (Ставропольский) и юго-западный (Кавминводский). В условиях резкого сокращения миграционных ресурсов, изменилась география миграционных потоков: карта миграционного прироста оказалась представленной двумя «островами» включающими Ставропольскую и Кавминводскую агломерацию с пригородами, Невинномысск, и некоторые малые города – Изобильный, Нефтекумск, Светлоград, Зеленокумск. На остальной части края сложилось отрицательное



сальдо миграции, причем в большинстве районов миграционная убыль выросла по сравнению с прошлым периодом.

Таким образом, мониторинг демографических и миграционных процессов в крае показал, что:

- 1) В настоящее время в расселении населения в целом на территории края сформировался западный тренд. При этом миграционная ситуация складывается таким образом, что в крае выделяются территории предпочтительного расселения мигрантов разных национальностей и ареалы их вселения в той или иной степени совпадают. В частности, миграционный поток русских расселяется

в пределах Ставропольской и Кавминводской агломераций. Остальные территории в ходе миграции теряют русское население;

- 2) Ареал расселения армян, второго в крае этноса по численности и миграционному приросту, также охватывает примерно те же территории, что и у русских;
- 3) В свою очередь, тренд расселения даргинцев и чеченцев изменяется с восточного на западный. Северокавказские народы активно переселяются в города, что нельзя игнорировать в практической работе государственных и муниципальных органов. В данном случае требуется система мероприятий, направленных на повышение эффективности адаптации новых горожан. Эта особенность расселения этнических мигрантов оказывает влияние на изменение этнической структуры населения западных и юго-западных регионов края, способствует полиэтнизации в этой части края. Это требует создания условий для повышения эффективности адаптации и интеграции мигрантов, гармонизации межэтнических отношений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зайончковская Ж. А. Миграционные связи России после распада СССР // Миграционные процессы после распада СССР. М., 1994. С. 21–35.
2. Население России 2009. Семнадцатый ежегодный демографический доклад. М., 2011.
3. Тикунов В. С., Белозеров В.С., Панин А.Н., Черкасов А.А. Полимасштабный геоинформационный мониторинг миграционных процессов: общие подходы // Наука. Инновации. Технологии. 2014. № 1. С. 135–144.
4. Белозеров В.С., Панин А.Н., Приходько Р.А., Чихичин В.В., Черкасов А.А. Этнический атлас Ставропольского края. Ставрополь, 2014. С. 301.
5. Белозерова Л. П. Малые города – опорные центры сельского расселения (на примере Ставропольского края): автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. Тбилиси, 1987.
6. Рязанцев С. В. Миграционные процессы на Ставрополье в новых геополитических условиях. Ставрополь, 1999.

7. Белозеров В. С. Этнодемографические процессы на Северном Кавказе. Ставрополь, 2000.
8. Белозеров В. С. Этническая карта Северного Кавказа. М., 2005.

ОБ АВТОРАХ:

Белозеров Виталий Семёнович, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической и социальной географии Северо-Кавказского федерального университета. Телефон: 8-962-451-77-88. E-mail: vsbelozеров@yandex.ru.

Панин Александр Николаевич, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Центра Мировой системы данных МГУ им. М. Ю. Ломоносова. Телефон: 8-9150-23-77-77. E-mail: alex_panin@mail.ru.

Приходько Роман Александрович, старший преподаватель кафедры геоинформатики и картографии Северо-Кавказского федерального университета. Телефон: 8-918-779-06-88. E-mail: prihodko_roman@mail.ru.

Чихичин Василий Васильевич, кандидат географических наук, доцент кафедры экономической и социальной географии Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: wawachi@yandex.ru.

Belozarov Vitaliy Semonovich, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of Department economic and social geography of the North Caucasus Federal University. Phone: 8-962-451-77-88. E-mail: vsbelozarov@yandex.ru.

Panin Aleksandr Nikolayevich, Candidate of Geographical Sciences, Senior Fellow at the Center World Data System MSU Lomonosov University. Phone: 8-9150-23-77-77. E-mail: alex_panin@mail.ru.

Prihod'ko Roman Aleksandrovich, senior lecturer of the Department of Geoinformatics and Cartography of the North Caucasus Federal University. Phone: 8-918-779-06-88. E-mail: prihodko_roman@mail.ru.

Chikhichin Vasil'y Vasil'yevich, Candidate of Geographical Sciences, associate professor of economic and social geography of the North Caucasus Federal University. E-mail: wawachi@yandex.ru.

УДК: 332:122

Герасименко Т. И. [Gerasimenko T.I.]

ВЛИЯНИЕ НОВОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЫ НА РАЗВИТИЕ ЭТНОКУЛЬТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА (ПРИМЕР ОРЕНБУРГСКО- КАЗАХСТАНСКОГО ПОРУБЕЖЬЯ)

**Impact of new state border on development
of ethno-cultural space
(illustrated by Orenburg-Kazakhstan borderline)**

Глобальное и региональное развитие – две стороны одного процесса. В эпоху глобализации региональные компоненты играют все большую роль в развитии территории. Статья посвящена особенностям трансформации этнокультурного пространства Оренбургско-Казахстанского порубежья. Особое внимание уделено современному этапу развития, главным фактором которого стала государственная граница. В статье использованы результаты полевых исследований автора.

Ключевые слова: этнокультурное пространство, Оренбургско-Казахстанское порубежье, государственная граница.

Global and regional development are two sides of the same process. In the era of globalization regional components play an important role in the process of development. Displacement and blurring of borders are global trends at the present time. Trans-border interaction results in the formation of trans-border regions as parts of multilayer system. Ethno-cultural space is one of the most important subsystems of this system. Special attention is paid to the modern stage of development, the main factor which became the state border. This article uses the results of the field research of the author

Key words: Ethno-cultural space, Orenburg Kazakhstan borderline, the state border.

Этнокультурное пространство (ЭКП) – часть полиструктурной многослойной системы, одна из определяющих многие параметры её функционирования, динамики и эволюции. Важна увязка всех её составляющих: природно-экологической, социально-демографической, экономической, геополитической, психологической, топонимической, идентификационной, социологической с позиций историко-географического подхода, позволяющего перейти к экстраполяции и прогнозированию дальнейшего развития системы. ЭКП – самая уязвимая часть геопространства, нарушение его целостности порождает целый ряд далеко идущих последствий и проблем. Проиллюстрируем это на примере российско-казахстанского порубежья, где ЭКП было разорвано искусственно

в результате делимитации после распада СССР. До этого под воздействием многих факторов оно развивалось как единое в результате колонизации в маргинальной (контактной) зоне, на стыке культур (кочевой и оседлой; исламской и христианской), ландшафтов (лесных, лесостепных, степных и полупустынных; пойменных, водораздельных, равнинных и низкогорных) и эпох на протяжении длительного временного периода [1, 7, 10].

В формировании ЭКП прослеживаются несколько этапов, для каждого из которых характерны свои историко-географические типы (модели) колонизации и типы межэтнического взаимодействия. Они различаются по характеру, особенностям поведения и взаимодействия мигрантов (колонизаторов) и автохтонных народов и результатами трансформации этнокультурного пространства. Модели освоения новых территорий описаны А. Е. Левинтовым [6] и дополнены нами [2]. Выделение этих типов весьма условно, в большинстве своем это «коктейли и кентавры». Например, освоение целины можно отнести одновременно к очагово-хозяйственной, колониальной и духовной моделям.

I. Исторические рамки *раннего* этапа (до IX–X века) ограничиваются появлением впервые на этой территории башкир, проживающих в регионе до настоящего времени. Другие этносы, проживавшие в регионе в этот период, сменяли друг друга в результате переселения с востока на запад и до настоящего времени не сохранились. Несколько волн заселения, начиная от первобытных собирателей, рыболовов и охотников, представителей древнейшей ямной культуры, которые находили в степи все необходимое для жизни – от жилья до пищи, пережила эта территория. Культурный пласт оседлых народов, живших здесь до прихода кочевников, сохранился в ландшафте в виде захоронений, археологических остатков древних городищ, а также в топонимии. Это была *экономическая* модель освоения.

II. *Номадный* этап (IX–X вв. – 30-е гг. XVIII века). Господство кочевых народов. *Номадная* модель освоения характеризуется полным или частичным замещением оседлых культур и народов в результате поглощения, ассимиляции, уничтожения, изгнания культурой народов-номадов. При этом аутентичная культура, с одной стороны, маргинализируется, с другой – обогащает культуру номадов-интервентов. В результате сформировался совершенно новый этнокультурный комплекс. Потомки кочевых народов проживают на территории региона до настоящего времени (башкиры и казахи), другие ушли с этой территории.

В конце периода в долинах рек начало оседать казачество, и эту модель освоения в какой-то мере можно считать *военно-политической (гео-политической) и экономической* одновременно. Окончание периода связано с началом колонизации региона оседлым населением. Географически он характеризуется изменением вектора миграций (основные массы колонистов приходят с запада).

III. Этап *массовой колонизации территории региона* (30-е гг. XVIII века – начало Первой мировой войны). Он имел несколько волн и привел к формированию основ современной этнокультурной географии региона. Преобладает *колониальная* модель освоения. Миграционные потоки представлены поселенцами, вытесненными, изгнанными либо заселяющими районы колонизации в силу целенаправленной политики метрополии. Имеет как принудительный, так и добровольный характер. Сопровождается экспортом культуры и воспроизводством метрополитентского образа жизни среди автохтонных народов. Приводит к расширению границ метрополии. Эта модель характерна для многих империй. Не была исключением и рассматриваемая территория.

Этносы рассматриваемого региона, расположенного в евразийской маргинальной зоне, сосуществующие в данной экологической нише, не были несовместимыми. Они сформировали мироощущение на основе положительной комплиментарности (неосознанная симпатия по Л. Н. Гумилеву [4, 11]), отношении к соседним народам как к равным. Поэтому для них характерны нейтральные этнические контакты при сохранении своеобразия («ксения» по Л. Н. Гумилеву) либо взаимопользные («симбиоз»). Примером симбиоза могут служить взаимоотношения между немцами и башкирами. Один из показателей комплиментарности – межэтнические браки, широко распространённые в регионе.

Для этого же периода характерна *очагово-хозяйственная* модель освоения. Она характеризуется наличием ядер, генераторов "радиальной зонно-волновой диффузии" по Б. Б. Родману [9], откуда инновации распространяются к другим народам. Даже малое число пришельцев, обладая более высокой технологией, может ввести свои обычаи в среду местного населения. Примером новой культуры, привнесённой мигрантами и модернизированной местными условиями и окружением, ставшей источником инноваций для местного населения, является экономическая культура немцев-меннонитов, поселившихся в регионе в конце XIX века. Их система сельскохозяйственного производства была относительно вы-

сокоразвитой и быстро распространилась среди живших рядом башкир, мордвы, русских и других этнокультурных групп [3].

Духовная модель освоения связана с мессианством, с политикой изоляционизма отдельных этнокультурных групп, либо с гонениями. Чаще всего носит религиозный характер, но возможны варианты. В сельской местности и в настоящее время встречаются локальные этноконфессиональные сообщества – русские со старообрядческим населением, немецкие (менонитские, баптистские и др.). Однако и в эти поселения проникли сначала отдельные элементы унифицированной "европейской" современной культуры, а позже этнокультурные сообщества трансформировались под воздействием окружающей доминантной культуры.

IV. Этап, который можно условно назвать *советским* (большая часть XX в.). Он неоднороден, характеризуется усложнением этнокультурного пространства, усилением взаимодействия этносов. В рамках этого этапа можно выделить несколько периодов (довоенный, связанный с началом индустриализации; годы Второй Мировой войны; период освоения целины; период индустриализации). Преобладает *экономическая* модель освоения.

V. *Постсоветский* этап, начавшийся в конце 80-х – начале 90-х годов XX века и характеризуется новой волной миграций, приведшей к изменению этнокультурной среды региона, а также (самое главное) появлением государственной границы и ослаблением традиционных связей между Россией и Казахстаном. Этот этап требует отдельного рассмотрения.

VI. *Современный* этап. Новая реальность: Евразийский вектор развития России. Начало нового периода интеграции.

Ключевой стадией в развитии ЭКП был этап массовой российской колонизации, результатом которого стало формирование основных черт современной этногеографии. Своеобразный абрис составляют этнокультурные группы, проживавшие в регионе до начала массовой российской колонизации, которые можно считать автохтонными. Однако задолго до начала массовой российской колонизации регион пережил большую общую этнокультурную историю, о чем говорят многочисленные археологические памятники, топонимы, специфическая региональная этническая культура. Завершилось формирование этнокультурного пространства уже в XX веке, в советский период, а современный период вносит свои коррективы в его структуру [1].

Переселенцы (русские, татары, мордва, украинцы, чуваш и др.) остались в орбите своей культуры, но приобрели региональные и локальные особенности. Трансформировалась и культура автохтонных этносов под влиянием колонистов. В результате смешения и особых форм сосуществования и взаимодействия разноязычных народов в определённом вмещающем ландшафте образовалась региональная динамическая этноландшафтная целостность. Это особый этнокультурный конгломерат, образующий специфическую региональную культуру, главным маркёром которой является региональная идентичность. Особую роль в формировании территориальной структуры сыграл город Оренбург, ставший центром единого региона. Историко-географическая трансграничная территория находилась в зоне влияния Оренбурга, объективно являющимся её культурным, политическим и экономическим центром, радиус влияния ядра периодически менялся, коррелируя с усилением либо ослаблением азиатского геоэкономического и геополитического вектора России.

Единство макрорегиона обусловлено рядом факторов, о чём мы не раз писали [1, 2, 3]. Этноты рассматриваемого региона, расположенного в евразийской маргинальной зоне, сосуществующие в данной экологической нише, сформировали мироощущение на основе положительной комплиментарности [3], отношении к соседним народам как к равным. Для них характерны нейтральные этнические контакты при сохранении своеобразия («ксения» по Л. Н. Гумилеву) либо взаимопользовательные («симбиоз»). Примером симбиоза могут служить взаимоотношения между немцами и башкирами. Один из показателей комплиментарности – межэтнические браки, широко распространённые в регионе.

Важным является природная основа – лесостепные, степные и полупустынные ландшафты в пределах Русской равнины, Уральской складчатой страны и возвышенных равнин Зауралья. Кроме того, регион характеризуется единством этнокультурной, политической и экономической истории, динамикой географического положения (от маргинального через транзитное и глубинное к трансграничному), сходством хозяйственно-культурных типов и как следствие – культурных ландшафтов, региональной идентичности населения. Региональная культура, сложившаяся на основе мозаики этнических культур при доминирующей роли русской культуры (имеющей региональные заимствования), система ценностей, образ жизни, ментифакты, социофакты и артефакты имеют много общего и позволяют считать регион единым целым. Взаимодействие ислама

и православия, сильно трансформированных и осложненных элементами синкретизма, а также влиянием в течение длительного периода атеизма, усиленного «вливанием» целого поколения комсомольцев-целинников, обусловило специфику конфессионального пространства, являющегося своеобразным буфером, окном из российского в азиатский мир. В то же время сохраняются внутрорегиональные этнокультурные различия. Этнокультурные системы сильно различаются не только в зависимости от взаимодействия с вмещающим ландшафтом, но и от межэтнических контактов. Даже в пределах одного этноса различия существенны. Так, в пределах региона совершенно разными этнокультурными группами являются русские – потомки казаков, русские – потомки живших обособленно староверов, русские – потомки крепостных и русские – переселенцы в период освоения целины и индустриализации. Различаются этнокультурные группы татарского, башкирского, немецкого и др. населения, проживающие компактно и изолированно, по сравнению с жителями дву- или многонациональных сельских населенных пунктов. Особенно отличаются жители урбанизированных поселений.

После делимитации регион превратился в трансграничный (ТГР), что привело к новым изменениям и многочисленным проблемам. Под влиянием границы серьёзным изменениям подверглись этнокультурная, этнодемографическая, геополитическая, геоэкономическая, этноландшафтная, составляющие. Меняется территориальная структура региона в связи с изменением зоны влияния прежних центров. Появление государственной границы привело к ослаблению традиционных связей между Россией и Казахстаном.

Самой серьезной и имеющей далеко идущие последствия проблемой стало усложнение контактов населения. Разделёнными оказались этносы, нарушены традиционные связи. Новое порубежье пока ещё сохраняет некоторое единство ЭКП и его территориальной организации, однако уже сейчас наблюдается усиление процессов дивергенции этнокультурных систем по разные стороны границы, что может привести к их эволюции. В мире известны примеры формирования ТГР на основе интеграции и конвергенции пространства по обе стороны функционирующей границы – при условии её контактности. В отношениях России и сопредельных государств пока наблюдаются противоположные процессы. Для сохранения геополитического, геоэкономического и геокультурного взаимовыгодного межгосударственного взаимодействия важно найти пра-

вильную грань в отношении этнокультурных трансграничных регионов (ЭКТГР), в силу их специфики являющихся естественными коридорами для осуществления трансграничных связей, которые зачастую бывают более сильными, чем связи с внутренними регионами. Эти обстоятельства актуализируют данную проблему. Кроме постсоветского пространства, ЭКТГР, образовавшиеся в результате размежевания, характерны для ряда африканских и азиатских государств.

Истории известны в случае усиления барьерности границы примеры разной степени дивергенции этносов, в том числе примеры этнического разделения (монголы и буряты). В дальнейшем при определённых условиях возможна конвергенция этнокультурных систем на новой основе в результате процессов диффузии и интеграции, но этот процесс очень длительный. Единое прежде ЭКП, еще не успело подвергнуться окончательной дивергенции главным образом благодаря старшему и среднему поколениям, однако этот процесс стал необратимым для молодёжи.

Важным обстоятельством, способствующим дивергенции, стало изменение этнического состава населения в результате массовой эмиграции представителей отдельных этносов (с российской стороны – немцы и евреи, с казахстанской – русскоязычные граждане, включая и русскоязычных казахов) и иммиграции в Оренбуржье прежде всего русскоязычного населения из бывших союзных республик, а также представителей других этносов (армяне, узбеки и др.), привнёсших новые этнокультурные характеристики в ЭКП. Новая волна миграций приводит к изменению этнокультурной среды региона, хотя мигранты не являются основными носителями культурных инноваций, как это было раньше. В Оренбургской области сформировались диаспоры и этнии, в ряде мест они селятся компактно и образуют неформальные этнические районы. В крупных урбанизированных центрах, в некоторых районах сельской местности реальностью стала сегментизация экономики по этническому признаку. В Северном Казахстане русская культура, имеющая региональную специфику и заимствования, была доминирующей. После распада СССР на всей казахстанской территории доминирует казахская культура, а русские превратились в национальное меньшинство, наряду с другими этносами.

В Северном Казахстане на определённом этапе проявились сецессионистские настроения среди русскоязычного населения. Следствием стала реформа АТД Казахстана, приведшая к изменению этнического состава населения территориальных единиц разного уровня в пользу казахов. *Ка-*

захизация и дерусификация казахстанского общества стала реальностью после реформы АТД. Контроль над всеми территориями оказался в руках национальной элиты. Подавляющее большинство руководителей всех рангов – этнические казахи. Ещё одной мерой, способствующей казахизации, стала *миграционная политика*. Поощрялось и стимулировалось переселение казахов в северные районы, в традиционные ареалы русских. Стимулировалась и иммиграция (репатриация) оралманов. *Пронаталистическая демографическая политика* касалась, прежде всего, казахов.

Граница вносит коррективы в *информационное пространство*, влияет на языковой состав населения, а разделённые этносы подвергаются языковой дивергенции, и это обстоятельство в значительной степени предопределяет изменение идентичности. В северных, центральных и восточных районах Казахстана, где проживают представители Младшего и частично Среднего жузов, в условиях иноэтничного окружения традиционная культура была сильно трансформирована и отчасти вытеснена современными стандартами жизни, именуемыми здесь «русскими». Российские казахи, многие из которых имеют родственников в Казахстане, русскоязычны, а некоторые не знают казахского языка. Для казахстанских казахов родной язык – казахский. Русский язык пока не вышел окончательно из употребления (главным образом за счёт представителей старшего поколения). Его используют в крупных городах и поликультурных индустриальных центрах, но и там казахские дети его уже не знают. Изменилась *топонимия*, что полностью отражает складывающиеся тенденции. Большая часть неказахских топонимов исчезла с географической карты. Эти процессы уже привели к изменению *региональной идентичности* населения. Наблюдается единодушное противопоставление себя проживающим по другую сторону границы: мы – они, включая родственников, с которыми поддерживают связи.

Различаются *системы образования* в Казахстане и России. Разорвано *юридическое пространство*. Происходит *экономическая дивергенция*. Различаются цены на одни и те же товары и услуги.

Автохтонные казахстанские этносы формировались в степи, которая давала все необходимое для жизни кочевников. Зимой они жили в аулах, а в летний сезон откочевывали вместе со стадами, используя все преимущества степи [5, 7, 10]. В настоящее время во многих хозяйствах Западно-Казахстанской области лошадей, как и раньше, выпускают на зиму пастись в степь. Весной лошади сами возвращаются домой не в полном

составе. Для современного казахстанского общества характерно расслоение. Передовые фермерские хозяйства используют современные методы ведения сельского хозяйства.

При единой административной системе двух ныне суверенных государств действие ландшафтного фактора сглаживалось тоталитарно-административными методами управления, сейчас проявляется всё больше различий. Орография, климат, гидрологический режим, ландшафты влияют на *систему расселения и экзистические особенности*, определяют выбор места поселения, набор строительных материалов, планировку, характер застройки. В Казахстане появились дисперсные поселения, отражающие происходящие *экономические* изменения (развитие фермерства, отгонно-пастбищное животноводство). В некотором роде это – возвращение к прежнему образу жизни.

Территориальная структура трансграничного этнокультурного региона складывалась как уникальная, чрезвычайно неоднородная и сложная ячеисто-мозаичная, с элементами узловой и линейно-узловой структуры. Она претерпела трансформацию в связи с изменением зоны влияния прежних центров.

Регион с точки зрения территориальной структуры можно считать гибридным. В течение длительного периода происходило его «размывание». В настоящее время в регионе сохраняются и увеличиваются различия в зависимости от географического – в частности, транспортно-географического положения. Сохраняются очень сложно устроенные узловые районы, основу которых составляют этнокультурные территориальные системы. Они сохраняют и даже расширяют сферы влияния центров разного иерархического уровня, обладающие неким единством и взаимодействующими с ядром-центром. На территории России к такому типу могут быть отнесены лишь немногие регионы, тяготеющие к транспортным узлам, их число не растёт, происходит дальнейшая концентрация разного рода ресурсов в отдельных (главным образом столичных) центрах, что вполне отражает усиливающуюся в обществе вертикаль власти. С казахстанской стороны процессы аналогичны. Усиливается тяготение к административным центрам. Оренбург утратил роль ядра.

Тем не менее, сохраняется основа для интеграции и взаимодействия. Историко-географическое совместное развитие привело к формированию этнокультурных единых трансграничных территорий, являющихся естественной основой для интеграции и взаимопонимания населения по

обе стороны границы. Этот процесс сопровождался трансформацией этнокультурных систем. Казахи за годы проживания с другими этносами сильно европеизировались, а переселенцы позаимствовали у них некоторые черты этнической культуры. Современные этнокультурные ареалы формировались в ходе интенсивного общения этносов, которые оказались комплиментарными. Западные инвесторы, имевшие большой экономический интерес в Казахстане, столкнулись с проблемами, имевшими в своей основе этнокультурные причины [8]. Пока сохраняется некоторое сходство этнокультурного пространства и его территориальной организации по обе стороны границы. Однако уже сейчас наблюдается усиление процессов этнического разделения. Казахи двух стран перестают осознавать своё единство. Большинство российских казахов, даже имеющих родственников в Казахстане, русскоязычны и не знают казахского языка, для казахстанских родной язык – казахский. Дивергенция характерна не только для казахов, но и для представителей других этносов. Если тенденция сохранится, процесс станет необратимым уже через поколение. В случае же режима благоприятствования и политики прозрачной границы возможна дальнейшая интеграция, что представляется логичным, обусловлено геополитическим положением двух стран и вписывается в историко-географический контекст.

Российско-Казахстанская граница – самая протяжённая в мире сухопутная граница, слабо выраженная в рельефе. По официальным данным [12, 13] её длина составляет 7500 километров (не считая каспийского участка). С Казахстаном граничат 12 субъектов Российской Федерации. *Образ границы* у жителей по обе её стороны негативный, и чем ближе к границе, тем он хуже. Это показало проведённое нами анкетирование и интервьюирование. Граница осложнила контакты населения и стала серьёзным препятствием для перемещения товаров и людей.

Наиболее плотно заселены и освоены приграничные с Россией казахстанские районы, что связано не только с природными условиями, но и с историческим развитием территории. Это и причина, и следствие интеграционных трансграничных процессов. Казахстанское и российское социально-экономическое пространство в порубежье сложилось как единое. Трансгранична инфраструктура: так, участок железнодорожной магистрали со станцией Илецк-1 принадлежит казахстанской компании «Казахстан Темир Жолы» (Западно-Казахстанской железной дороге), а границу с Казахстаном пересекает проходящий по Оренбургской области участок Со-

юзное-Домбаровский, являющийся собственностью российской стороны. Экономика Казахстана в определённой степени зависит от экономики России, доля которой составляет 38.4 % импорта и 7.3 % экспорта (2012 г.). Приграничные территории не являются «экономической пустыней», как вдоль большей части современных административных границ России. Анализ жилищного строительства в приграничных с Оренбургской областью районах Казахстана позволяет сделать оптимистичные выводы относительно перспектив интеграции двух стран. Однако в результате ослабления связей как следствие делимитации уже наблюдается частичное снижение экономической активности.

Анализ географической специфики порубежья даёт основание рекомендовать усилить курс на интеграцию двух соседних государств, ориентирующихся на укрепление позиций Евразийского Союза. Об этом, в частности, много говорили на мероприятиях, посвящённых 100-летию юбилею Л. Н. Гумилёва, прошедших в Санкт-Петербурге и Астане в октябре 2012 г. В современных условиях необходимо искать новые пути развития, использовать традиционные связи с Казахстаном. Россия и Казахстан «обречены» на сотрудничество в силу географического положения, историко-географических и этнокультурных обстоятельств. Принимаемые в этом направлении шаги вполне закономерны, их можно расценивать как ответ на современные вызовы. В настоящее время администрация Оренбургской области выдвинула предложение о размещении органов управления Таможенным союзом в Оренбурге. Если это произойдет, Оренбургская область получит новый толчок для развития, как это было всегда, когда Россия обращалась в своей внешне политики в сторону Азии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Герасименко Т. И. Проблемы этнокультурного развития трансграничных регионов: монография. Санкт-Петербург, 2005. 235 с.
2. Герасименко Т. И. Трансграничное взаимодействие в контексте глобализации: этнокультурно-географический аспект // Социально-экономическая география – 2011: теория и практика. Калининград, 2011. С. 228–233.
3. Герасименко Т. И., Нуждина Е. Ю. Немцы-меннониты Оренбургской области: культурный след в истории и географии. Оренбург, 2000. 92 с.

4. Гумилев Л. Н. Этногенез и биосфера Земли. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 528 с.
5. Россия. Полное географическое описание нашего отечества. Т. XVIII. Киргизский край. СПб., 1903.
6. Левинтов А. Е. Модели освоения и использования территорий и ресурсов // Трансформация российского пространства: социально-экономические и природно-ресурсные факторы (полимасштабный анализ). М.: ИГ РАН, 2008. С. 43–66.
7. Левшин А. Описание киргиз-кайсацких, или киргиз-казацких орд и степей. Ч. 3. Этнографические известия. С. Петербург: Типография К. Крайла, 1832. 304 с. [С. 109]
8. Олкотт Марта Брил. Казахстан: непройденный путь / Московский центр Карнеги. М.: Гендальф, 2003. 354 с.
9. Родоман Б. Б. Территориальные ареалы и сети. Смоленск: Ойкумена, 1999. 256 с.
10. Рычков П. И. Топография Оренбургской губернии. Оренбург: Типография Б. Бреслина, 1887. 405 с.
11. Чистобаев А. И. и др. Л. Н. Гумилёв и этноценозы Российского Севера // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 1994. Вып. 2. С. 40–45.
12. Департамент статистики Западно-Казахстанской области, 2012 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.batys.stat.kz/index.php?lang=ru> (дата обращения 28.06.2012).
13. Интернет-ресурс акимата Западно-Казахстанской области, 2012 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bko.gov.kz/?lang=ru> (дата обращения 28.06.2012).

ОБ АВТОРЕ

Герасименко Татьяна Ильинична, доктор географических наук, профессор, заведующая кафедрой географии и регионоведения, Оренбургский государственный университет.
Телефон: +79033671069. E-mail: tanyag26@yandex.ru.

Gerasimenko Tatiana Il'inichna, Doctor of Geography, Professor, Head of the Department of Geography and regional studies, Orenburg State University. Phone: +79033671069. E-mail: tanyag26@yandex.ru.

УДК 630.6

**Мишвелов Е. Г. [Mishvelov E.G.],
Гранкина А. А. [Grankina A.A.]**

СОСТОЯНИЕ И ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАВКАЗСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ РЕКРЕАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

**The current state and dynamics of forest
phytocenoses of protected areas of Caucasian
Mineral Waters under the recreational impact**

Статья посвящена определению ряда характеристик состояния и динамики особо охраняемых природных территорий Кавказских Минеральных Вод с использованием данных дистанционного зондирования за 1984–2014 гг. В качестве исходных данных были использованы космические снимки среднего пространственного разрешения за летний период, полученные с аппаратов Landsat. Определение состояния растительного покрова проводилось на основе вегетационного индекса NDVI. В результате исследований было выявлено увеличение площадей лесных фитоценозов особо охраняемых территорий, однако зафиксировано увеличение урбанизированных районов и снижение показателей индекса NDVI для лесопокрытых территорий.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования, мониторинг растительных фитоценозов, особо охраняемые природные территории, рекреация.

Article is devoted to the definition of a number of characteristics of the state and dynamics of specially protected natural territories of Caucasian Mineral Waters using the remote sensing data for the 1984–2014 years. The initial data were used satellite imagery medium spatial resolution over the summer period, obtained with apparatus Landsat. Determination of vegetation was based on vegetation index NDVI. As a result, studies have revealed an increase in the area forest phytocenoses protected areas, however, recorded an increase in urban areas and the decline in the index NDVI for forest covered areas.

Key words: remote sensing, monitoring plant phytocenoses, specially protected natural territories, recreation

Введение

При возрастании потребности в рекреационных ресурсах лесные экосистемы особо охраняемых территорий испытывают существенное усиление антропогенного давления.

Лесная растительность на территории особо охраняемого эколого-курортного региона Кавказские Минеральные Воды (КМВ) выполняет

главные средоформирующие и средозащитные функции в условиях образования минеральных вод. В то же время лесные биоценозы главным образом сосредоточенные в Бештаугорском лесопарке, являются пригородными лесами быстро растущих городов-курортов.

Согласно «Стратегии социально экономического развития эколого-курортного региона Кавказских Минеральных Вод до 2020 года» планируется увеличение потенциальной емкости санаторно-курортного и туристического комплекса КМВ до 1,5 млн человек в год. Увеличение потенциальной емкости городов-курортов может обусловить возрастание рекреационных нагрузок, превышающих возможности и период восстановления природных сообществ, что приведет к нарушению устойчивости ценных лесных биоценозов и может отразиться на режимах формирования бальнеологических и рекреационных ресурсов.

В целях контроля и своевременного предотвращения последствий рекреационного вмешательства в ход природных процессов на территории особо охраняемых природных территорий КМВ необходима разработка непрерывного и систематического сбора информации о состоянии лесных экосистем.

Получение необходимой информации о параметрах окружающей среды с последующим прогнозированием ряда характеристик ее состояния и динамики может быть реализовано с помощью методов дистанционного зондирования, приобретающих все большую популярность в лесном хозяйстве и мониторинге лесных экосистем.

Одной из задач, решаемых при проведении космического экологического мониторинга, является оценка состояния растительных фитоценозов, а также динамических показателей лесных фитоценозов, подверженных усиливающемуся всестороннему антропогенному давлению.

Исходя из этого, целью данного исследования является оценка состояния и динамики лесных фитоценозов особо охраняемых природных территорий КМВ за период 1984–2014 гг., в течение которого производилась регулярная съемка исследуемой территории со спутников серии Landsat.

Материалы и методы

В качестве исходных данных для проведения исследования использованы летние космические снимки с аппаратов Landsat-5 (сенсор TM), Landsat-7 (сенсор ETM+) и Landsat-8 (сенсор OLI/TIRS), с про-

странственным разрешением 30 м за период с 1984 по 2014 гг. На основе снимков Landsat выполнялось автоматизированное дешифрирование динамики лесов с последующей валидацией результатов дешифрирования с использованием данных более высокого пространственного разрешения (SPOT-5, WorldView-2) за 2010–2012 гг.

Предобработка данных дистанционного зондирования соответствовала общепринятым методам [6], и включала в себя геометрическую и атмосферную коррекцию.

Для определения пространственно-временного распределения лесной растительности были использованы возможности программного комплекса ENVI 5.1. Для каждого космического снимка среднего пространственного разрешения, относящиеся к одному типу сенсора, была проведена классификация с применением алгоритма Maximum Likelihood, основанном на использовании теоремы Байеса в качестве решающего правила.

Полученные результаты подвергались постклассификационной обработке: подвергались генерализации, сглаживанию и автоматически векторизовались.

Итогом обработки летних изображений 1984–2014 гг. стали тематические картосхемы, отражающие динамику пространственного распределения лесной растительности особо охраняемых природных территорий КМВ.

В целях детектирования изменений в спектральных яркостях пикселей на разновременных снимках с использованием инструмента Layer Stacking были созданы многоканальные композиты. При этом в розовый цвет были окрашены пиксели, в которых произошло увеличение спектральных яркостей, в зеленый цвет – уменьшение спектральных яркостей.

Выявление динамики состояния лесопокрываемых территорий было произведено с применением расчета нормализованный разностного индекса растительности NDVI, эффективность которого основана на детектировании содержания количества фотосинтетически активной биомассы.

Индекс NDVI рассчитывается по формуле:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

где NIR – спектральная яркость в ближней инфракрасной области спектра, RED – спектральная яркость в красной области спектра.

NDVI простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы, так как отмечена связь между величинами NDVI и наземной фитомассой в виде логарифмических и линейных зависимостей [2, 5, 6].

В итоге рассмотрен широко используемый индекс NDVI в качестве величины, отражающей интенсивность фотосинтетически обусловленных CO_2 – потоков, а их сезонную вариабельность как показатель продуктивности растительных сообществ [1].

По полученным изображениям, отражающим величину коротковолнового вегетационного индекса NDVI, были рассчитаны классы пороговых изменений путем вычитания изображений начального состояния из изображения конечного состояния. На основании этого была получена детальная статистика изменений между двумя классифицированными изображениями, что позволило выявить общую динамику изменения индекса NDVI за 26 лет.

Результаты и обсуждения

В ходе выполнения управляемой классификации в рамках предварительно созданной маски особо-охраняемых природных территорий было выделено 10 классов подстилающей поверхности. Однако в целях отделения лесопокрытых территорий от земель других классов была проведена генерализация, результатом которой стали тематические картосхемы, отражающие динамику пространственного распределения лесной растительности за 1991–2014 гг.

Примером картосхем пространственной динамики лесопокрытых территорий являются рис.1 и рис 2. для лесных фитоценозов Бештаугорского лесопарка, покрывающих склоны Бештау, и соседних гор – Машука, Железной Развалки, Медовой, Тупой, Острой и г. Змейка.

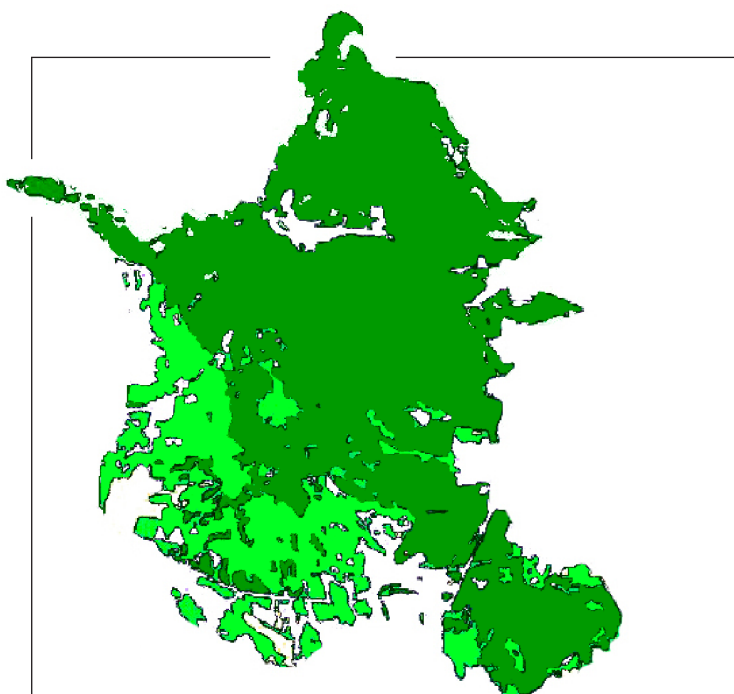


Рисунок 1. Лесопокрытые территории Бештаугорского лесхоза 1991 г.

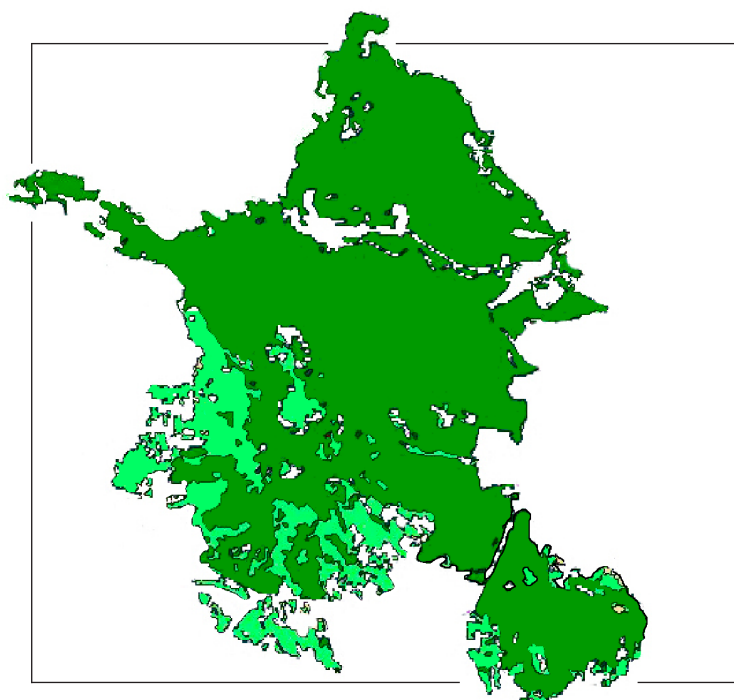


Рисунок 2. Лесопокрытые территории Бештаугорского лесхоза 2014 г.

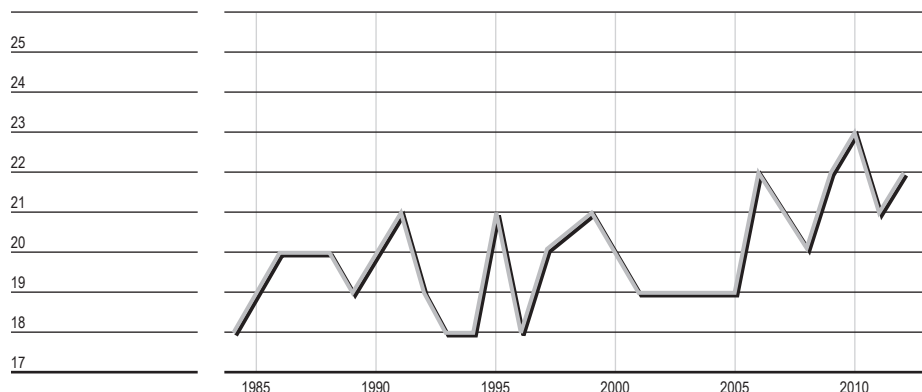


Рисунок 3. Количество осадков в мм за июнь с 1984 по 2014 год в районе г. Минеральные Воды.

Представленные картосхемы иллюстрируют, что за 23 года территория лесопокрытых территорий Бештаугоского лесхоза существенно увеличилась главным образом за счет лесопосадок на южном склоне г. Бештау. Также рост площади лесных фитоценозов предположительно может быть связан с увеличением среднегодового количества осадков, выпадающих на территории особо охраняемого эколого-курортного региона (рис. 3).

С 1984 г. по 2014 г. для г. Бештау увеличение площади покрывающих ее лесных сообществ составило 8,7 %, для г. Змейка – 14 %, г. Верблюд – 9 %, г. На территории гор Машук, Железная, Развалка площадь лесопокрытых территорий изменилась в пределах 1 %, что может быть отнесено к статистической погрешности. В среднем за анализируемый тридцатилетний период площадь всех лесопокрытых территорий Бештаугоского лесхоза увеличилась на 22 %.

Однако наряду с приростом лесных фитоценозов зафиксировано увеличение площади урбанизированных территорий.

В результате обработки композитного изображения установлено, что отражательная способность пикселей, относящихся к урбанизиро-

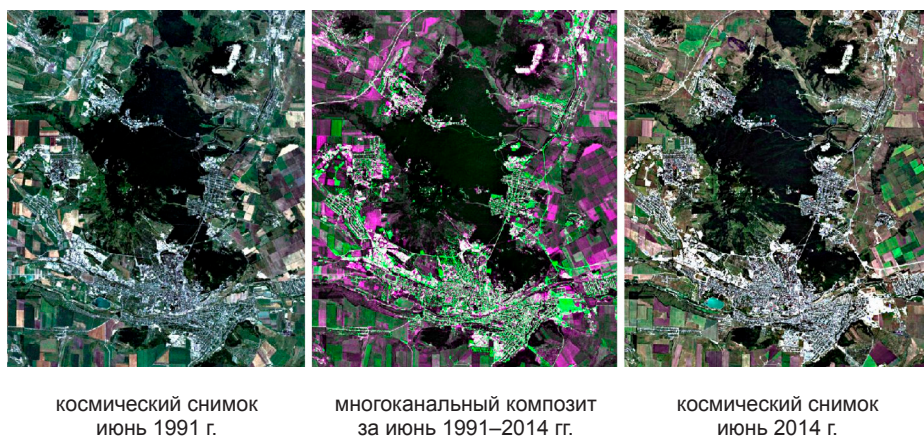


Рисунок 4. Детектирование пространственных изменений методом создания композитных изображений разновременных снимков.

ванным территориям, снизилась практически повсеместно. Также анализ снимков выявил появление новых, ранее не застроенных селитебных территорий. Наибольшее увеличение урбанизированных территорий наблюдается в районе городов Лермонтов, Пятигорск и Минеральные воды, а также поселка Иноземцево.

Применение индекса NDVI проводили на основании данных дистанционного зондирования (конец июня – начало июля) за период 1984–2010 гг. с использованием 10 снимков.

Анализ индекса NDVI лесных фитоценозов особо охраняемых природных территорий КМВ показал снижение его средних значений с 0,88 до 0,82. Наибольшее снижение показателей нормализованного вегетационного индекса было зафиксировано на южном и юго-западном склонах г. Машук и склонах г. Бештау кроме северо-восточного. Среднее значение уменьшения значений индекса NDVI для лесопокрытых территорий для гор-лактолитов за 26 лет составило 6,8 %, что согласно многочисленным исследованиям [1, 2, 6] свидетельствует об уменьшении продуктивности данных сообществ.

Заключение

Использование многолетних рядов данных ДЗЗ позволяет получить информацию о параметрах окружающей среды с последующим прогнозированием ряда характеристик ее состояния и динамики. В ходе работы получены данные о пространственно-временных характеристиках лесопокрытых территорий особо охраняемого эколого-курортного региона КМВ, а также динамике изменений индекса NDVI, позволяющей судить о состоянии лесной растительности региона.

Установлено, что в среднем площадь лесопокрытых территорий Бештаугорского лесхоза увеличилась на 22 %, что предположительно может быть связано с увеличением среднегодового количества осадков на данной территории, а также лесохозяйственными работами в районе исследования.

Наряду с приростом лесных фитоценозов зафиксировано увеличение площади урбанизированных территорий, расположенных в непосредственной близости от особо охраняемых природных территорий КМВ. Подобная ситуация может привести к формированию островных биосистем, биоценозы которой, согласно закону обеднения живого вещества в островных его сгущениях, обречены на деградацию.

Так же за период 1984–2014 гг. обнаружено уменьшение значений индекса NDVI лесопокрытых территорий исследованной части КМВ на 6,8 %, что свидетельствует об уменьшении продуктивности данных сообществ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Василевич М. И., Елсаков В. В., Щанов В. М. Применение спутниковых методов исследований в мониторинге состояния лесных фитоценозов в зоне выбросов промышленного предприятия // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 1. С. 30–42.
2. Елсаков В. В. Технологии спутникового мониторинга в исследовании лесных островов большеземельской тундры // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2007. Вып. 4. Т. 2. С. 212–216.
3. Крылов А. М., Владимирова Н. А. Дистанционный мониторинг состояния лесов по данным космической съемки // Геоматика. 2011. № 3. С. 53–58.

4. Расчеты и информация по климату городов и регионов России для учебных, инженерных и научных работ в формате Excel. [Электронный ресурс]. URL: www.atlas-yakutia.ru (Дата обращения: 04.10.2013).
5. Черепанов А. С., Дружинина Е. Г. Спектральные свойства растительности вегетационные индексы // Геоматика. 2009. №3. С. 28–32.
6. Liang T., Zhang X., Xie H. Toward improved daily snow cover mapping with advanced combination of MODIS and AMSR-E measurements // Remote Sensing of Environment. 2008. P. 3750–3761.

ОБ АВТОРАХ

Гранкина Анна Алексеевна, аспирант, учитель биологии и экологии МБОУ Гимназия № 4 г. Пятигорск. Телефон 89614517389.
E-mail: anna-grankina@mail.ru.

Мишвелов Евгений Георгиевич, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и природопользования Северо-Кавказского федерального университета.
Телефон 89614973994. E-mail: mishvelov@mail.ru.

Grankina Anna Alekseevna, graduate, the teacher of biology and ecology Gymnasium № 4, Pyatigorsk. Phone 89614517389.
E-mail: anna-grankina@mail.ru.

Mishvelov Evgeniy Georgievich, doctor of Biological Sciences, professor of the Department of Ecology and Environmental Sciences North Caucasus Federal University. Phone 89614973994. E-mail: mishvelov@mail.ru.

УДК 57.044;631.46 **Налета Е. В. [Naleta E. V.],
Капралова О. А. [Kaprlova O. A.],
Колесников С. И. [Kolesnikov S. I.],
Казеев К. Ш. [Kazeev K. Sh.]**

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ГОРОДОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ*

**The influence of heavy metal pollution
on biological properties of soils cities
of the Rostov region**

Были изучено влияние загрязнения тяжелыми металлами на биологические свойства почв городов Ростовской области. Загрязнение ТМ почв было зафиксировано в г. Ростова-на-Дону, г. Гуково, г. Таганроге. В большинстве случаев наблюдалась прямая зависимость между концентрацией загрязняющего вещества и степенью ухудшения исследуемых свойств почвы.

Ключевые слова: загрязнение, тяжелые металлы, биологические свойства, городские почвы.

We studied the effect of heavy metal pollution on biological properties of soils cities of the Rostov region. Pollution heavy metal soil was recorded in Rostov-on-don, Gukovo, Taganrog. In most cases there was a direct relationship between pollutant concentration and the degree of deterioration of the studied soil properties.

Key words: pollution, heavy metals, biological properties, urban soils pollution.

Введение

В настоящее время одним из актуальных вопросов экологии и охраны природы стало исследование последствий загрязнения объектов окружающей среды, в том числе почв, различными химическими веществами. Экологические и экономические ущербы от химического загрязнения почв огромны. Проблеме загрязнения почв посвящено много научных работ. Однако и сейчас экологические последствия химического загрязнения почв изучены недостаточно. Первыми на загрязнение реагируют живые организмы и биологические свойства почвы. Знание особенностей воздействия

* 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).

химических веществ на биологические процессы в почве и механизмов устойчивости почв и растений к загрязнению должно стать основой для разработки методов предотвращения негативных последствий загрязнения.

Цель работы – изучение влияния загрязнения тяжелыми металлами на биологические свойства почв городов Ростовской области. В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

1. Дать сравнительную оценку содержания тяжелых металлов (ТМ) в почвах городов Ростовской области.
2. Провести сравнительную оценку содержания ТМ в почвах разных функциональных зон городов: автомобильных развязок, промышленных и парковых зон.
3. Выявить приоритетные ТМ-загрязнители для почв городов Ростовской области.
4. Установить закономерности влияния загрязнения ТМ на биологические свойства почв городов Ростовской области: активность каталазы, активность дегидрогеназы, фитотоксические свойства почв (длина корней, длина побегов), обилие бактерий рода *Azotobacter*.
5. Оценить степень информативности изученных биологических показателей и возможность их использования для мониторинга состояния городских почв, загрязненных ТМ.

Материал и методы

Исследования проводились в 2010–2012 гг. на кафедре экологии и природопользования Южного федерального университета. Объектами исследования являлись почвы урболандшафтов городов: Ростова-на-Дону, Таганрога, Новочеркасска, Гуково. Отбор образцов производился на опытных площадках площадью 25 м², которые имели характерные черты, свойственные исследуемой зоне. Все площадки были расположены на газонной территории с хорошо развитым травянистым покровом в 7–8 метрах от проезжей части. При отборе проб отмечали примерно одинаковые погодно-климатические условия. Исследованию подвергался верхний слой почв (0–15 см). Для всех исследованных промзон и авторазвязок характерны урбочерноземы. Наиболее сохранный почвенный покров парково-рекреационных зон городов был представлен черноземами обыкновенными карбонатными мощными и среднемощными, преимущественно среднегумусными.

Лабораторно-аналитические исследования образцов почвы выполнены с использованием общепринятых в экологии, биологии и почвоведении методов [1, 3, 5].

Определяли обилие бактерий рода *Azotobacter*, активность каталазы, дегидрогеназы, фитотоксические свойства почв, содержание гумуса, показатели роста и развития растений, содержание в почве исследованных ТМ и другие показатели.

Активность каталазы измеряли по методике Галстяна, дегидрогеназы – по методике Галстяна в модификации Хазиева.

Дегидрогеназа (субстрат: НАД(Ф)-оксидоредуктазы, КФ 1.1.1) катализирует окислительно-восстановительные реакции путем дегидрирования органических веществ. Активность дегидрогеназ выражают в мг ТФФ на 1 г почвы за 24 часа.

О фитотоксичности почв судили по изменению показателей прорастания семян и интенсивности начального роста проростков [2, 6]. В качестве тест-объектов использовали редис. Повторность 6 кратная.

Содержание гумуса определяли по методу И.В. Тюрина со спектрофотометрическим окончанием [4]. Повторность 6-кратная. рН почв определяли потенциометрическим методом [5]. Повторность 6-кратная.

Содержание ТМ в отобранных образцах определяли рентгенфлуорисцентным методом. Для суждения об эколого-биологическом состоянии почвы недостаточно какого-либо одного показателя, так как каждый из них отражает лишь какую-то одну сторону биологических и биохимических процессов в почве. Поэтому необходимо использовать широкий набор показателей состояния почвы.

Для объединения большого количества показателей была разработана методика определения интегрального показателя биологического состояния почвы (ИПБС) [1]. Данная методика позволяет оценить совокупность биологических показателей.

Результаты оценки в значительной степени определяются величиной фоновых концентраций элементов и соединений, поэтому очень важно корректно подобрать фоновую почву. Прежде всего, в качестве фоновых концентраций содержания тяжелых металлов в почве можно использовать рекомендуемые фоновые значения, приведенные в Методических указаниях Министерства охраны окружающей среды. Однако данные показатели не учитывают геохимические особенности провинции и тем более локальные природные особенности.

Более приемлемым является использование фоновых значений, установленных в условиях конкретного региона. Поэтому целесообразно было использовать реальные фоновые значения, определенные в образцах из памятника природы «Персиановская степь».

Для оценки совокупного действия поллютантов в качестве интегрального показателя в настоящее время широко используется суммарный коэффициент техногенного загрязнения (Z_c), рассчитываемый на основе сложения коэффициентов техногенного загрязнения отдельных элементов [8].

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования содержания ТМ и их влияние на биологические свойства почв г. Ростова-на-Дону приведены в таблице 1.

Таблица 1. ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ Г. РОСТОВА-НА-ДОНУ

№	Места отбора почвенных образцов	Содержание ТМ в почвах (мг/кг)					Z_c	ИПБС, % фона
		Co	Ni	Cu	Zn	Pb		
1	«Персиановская степь» (фон)	2,10	22,7	34,9	79,7	30,2	1	100
2	Парк «Плевен»	7,7	42,1	39,4	91,0	49,1	6	94
3	Парк им. Вити Черевичкина	20,4	55,0	76,0	200	44,4	16	62
4	Парк им. Горького	14,4	62,3	64,0	219	45,2	13	84
5	Завод «Эмпилс»	15,8	51,9	80,5	2525	84,0	46	38
6	пр. Стачки/ пер. Братский (авторазвязка)	13,8	55,3	72,4	216	72,7	14	88
7	пр. Буденовский, 28 (авторазв.)	14,3	54,6	60,7	96,4	26,2	13	89
8	пл. Гагарина (авторазвязка)	15,9	58,5	57,8	332	63,4	16	79
9	ул. Нариманова/ пр. Нагибина (авторазвязка)	15,6	55,6	62,9	155	42,8	13	84

Минимальные значения *Zc* наблюдаются в почве, отобранной в парке «Плевен». Максимальные значения *Zc* характерны для почвы, отобранной близ завода «Эмпилс», что относится к опасной категории загрязнения. Почвы из всех остальных мест отбора почвенных образцов относятся к допустимой категории загрязнения. Значение ИПБС варьируется от 94 % до 38 %. Максимальное значение ИПБС – 94 % характерно для почвы, отобранной в парке «Плевен». Минимальные значения ИПБС – 38 % и 62 % зарегистрированы в почвах, отобранных близ завода «Эмпилс» и в парке им. Вити Черевичкина.

Результаты исследования содержания ТМ и их влияние на биологические свойства почв г. Таганрога приведены в таблице 2.

Таблица 2. ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ Г. ТАГАНРОГА

№	Места отбора почвенных образцов	Содержание ТМ в почвах (мг/кг)					Zc	ИПБС, % от фона
		Co	Ni	Cu	Zn	Pb		
1.	«Персиановская степь» (фон)	2,1	22,7	34,3	79,7	30,2	1	100
2.	Парк 300-летия Таганрога	10,3	40,3	46,5	109	36,6	8	90
3.	Парк им. Горького	16,2	48,2	54,3	83,3	21,8	8	86
4.	Авторызвязка (ул. Транспортная)	12,0	45,1	47,4	114	32,1	9	76
5.	пл. Марцевский треугольник	21,6	62,1	60,9	124	25,5	14	71
6.	ПО Красный котельщик	16,8	59,7	54,3	100	24,6	11	63
7.	Металлург. завод	13,1	56,1	54,6	114	29,3	10	68
8.	Свалка	22,2	56,1	59,8	253	48,5	17	59

Минимальные значения *Zc* наблюдаются в почвах, отобранных в парке 300-летия Таганрога и в парке им. Горького. Максимальные значения *Zc* характерны для почвы, отобранной на территории нелегальной свалки, что относится к умеренно опасной категории загрязнения. Почвы

из всех остальных мест отбора почвенных образцов относятся к допустимой категории загрязнения. Значение ИПБС варьируется от 90 % до 59 %. Максимальные значения ИПБС – 90 % и 86 % характерны для почв, отобранных в парке 300-летия Таганрога и в парке им. Горького.

Результаты исследования содержания ТМ и их влияние на биологические свойства почв г. Новочеркасска приведены в таблице 3.

Минимальное значение Zc наблюдается в почве, отобранной в Александровском парке. Максимальные значения Zc характерны для почв, отобранных близ пр. Платовского и Новочеркасского электровозостроительного завода и 10. Почвы из всех мест отбора почвенных образцов относятся к допустимой категории загрязнения. Значение ИПБС варьируется от 95 % до 74 %. Максимальные значения ИПБС – 95 % характерно для почвы, отобранной в Александровском парке. Минимальные значения ИПБС – 74 % и 76 % зарегистрированы в почвах, отобранных близ Электровозостроительного завода и близ пр. Платовского.

Таблица 3. ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ Г. НОВОЧЕРКАССКА

№	Места отбора почвенных образцов	Содержание ТМ в почвах (мг/кг)					Zc	ИПБС, % от фона
		Co	Ni	Cu	Zn	Pb		
1	«Персиановская степь» (фон)	2,1	22,7	34,3	79,7	30,2	1	100
2	Александровский парк	4,7	27,5	42,6	89,4	35,1	4	95
3	пр. Платовский (автотрасса)	10,9	40,9	53,1	259	52,3	11	76
4	Электродный завод	3,8	23,7	36,5	157	67,3	5	83
5	Завод синтетических продуктов	0,5	45,9	44,8	157	46,8	4	88
6	Электровозостроительный завод	15,3	50,6	56,5	1024	15,4	10	74

Результаты исследования содержания ТМ и их влияние на биологические свойства почв г. Гуково приведены в таблице 4.

Минимальное значение Zc наблюдается в почве, отобранной в парковой зоне.

Максимальные значения Zc характерны для почв, отобранных близ шахты Ростовской, шахты Гуковской, что относится к умеренно опасной категории загрязнения. Почвы из всех остальных мест отбора почвенных образцов относятся к допустимой категории загрязнения. Значение ИПБС варьируется от 95 % до 42 %. Максимальное значения ИПБС – 95 % характерно для почвы, отобранной в парковой зоне. Минимальное значение ИПБС – 42 % и 50 % зарегистрированы в почвах, отобранных близ ш. Гуковской и ш. Ростовской.

Таблица 4. ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ Г. ГУКОВО

№	Места отбора почвенных образцов	Содержание ТМ в почвах (мг/кг)					Zc	ИПБС, % от фона
		Co	Ni	Cu	Zn	Pb		
1	«Персиановская степь» (фон)	2,1	22,7	34,9	79,7	30,2	1	100
2	Парковая зона (ул. Мира)	11,6	51,6	56,9	735	103	4	95
3	Авторазвязка (ул. Герцина)	10,1	45,9	45,2	136	40,6	9	74
4	Шахта Ростовская	19,9	57,7	86,7	655	123	27	50
5	Шахта. Гуковская	3,7	27,9	30,9	111	63,5	21	42

Выводы

- 1. В результате исследования загрязнение почв ТМ было зафиксировано в городах: Ростов-на-Дону, Гуково, Таганрог. По степени загрязнения ТМ исследованные города образуют следующий ряд: Ростов-на-Дону > Гуково > Таганрог > Новочеркасск.
- 2. В результате проведения сравнительной оценки содержания ТМ в почвах разных функциональных зон горо-

дов получены следующие ряды: промышленные зоны > авторазвязки > парки для г. Ростова-на-Дону, г. Гуково; авторазвязки > промышленные зоны > парки для г. Таганрога и г. Новочеркасска.

3. В результате исследования были выявлены приоритетные ТМ-загрязнители для почв городов Ростовской области: $\text{Co} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Ni}$.
4. В большинстве случаев наблюдалась прямая зависимость между концентрациейзагрязняющего вещества и степенью ухудшения исследуемых свойств почвы. Как правило, наблюдалось снижение всех исследованных биологических показателей.
5. Большинство из использованных биологических показателей являются информативнымидля мониторинга состояния городских почв, загрязненных ТМ. По степени информативностибиологические показатели образуют следующий ряд: активность каталазы > длина корней редиса > активность дегидрогеназы> обилие бактерий рода *Azotobacter*> всхожесть семян редиса > длина побега редиса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов-н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 2003. 204 с.
2. Красильников Н. А. Микроорганизмы почвы и высшие растения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 463 с.
3. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под. ред. Д. Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
4. Орлов Д. С., Гришина Л. А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 271 с.
5. Практикум по почвоведению / под. ред. И. С. Кауричева. М.: Агропромиздат, 1986. 336 с.
6. Рыбакова З. П. Методы отбора микробов-стимуляторов по их влиянию на семена // Некоторые новые методы количественного учета почвенных микроорганизмов и изучения их свойств: методические рекомендации. Ленинград, 1987. С. 32–40.

7. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы (Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы) / Н. Л. Великанов, А. Л. Прядко, Т. Е. Бобкова. М.: Минздрав России, 2004. 40 с.
8. Снакин В.В., Присяжная А.А. Экологическая оценка состояния почв: Попытка количественного подхода // Изд. РАН. Сер. биол. 1995. № 1. С. 105–109.

ОБ АВТОРАХ

Налета Екатерина Васильевна, младший научный сотрудник кафедры экологии и природопользования, Южный федеральный университет. Телефон: 8-909-405-63-69.

E-mail: Ev-molchanova@mail.ru.

Капралова Ольга Анатольевна, кандидат биологических наук, заместитель директора по научно-исследовательской работе Ботанического сада, Южный федеральный университет.

Телефон: +7(863) 227-57-22. E-mail: pressreal@gmail.com

Колесников Сергей Ильич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий каф. экологии и природопользования, Южный федеральный университет. Телефон: 8 (863) 218-40-35.

E-mail: Kolesnikov@sfedu.ru

Казеев Камиль Шагидуллович, доктор географических наук, профессор кафедры экологии и природопользования, Южный федеральный университет. Телефон 8 (863) 218-40-35.

E-mail: Kamil_kazeev@mail.ru.

Naleta Ekaterina Vasilievna, Junior staff scientist of Ecology Department, Southern Federal University. Phone: 8-909-405-63-69.

E-mail: Ev-molchanova@mail.ru.

Kapralova Olga Anatolievna, Ph.D., deputy director of the research work of the Botanical Garden, Southern Federal University.

Phone: +7 (863) 227-57-22. E-mail: pressreal@gmail.com

Kolesnikov Sergey Ilich, Doctor of Agricultural Sciences, professor, head of the Department of Ecology and Environmental Sciences, Southern Federal University. Phone: 8 (863) 218-40-35.

E-mail: Kolesnikov@sfedu.ru

Kazeev Kamil Shagidullovich, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Department of Ecology and Environmental Sciences, Southern Federal University. Phone: 8 (863) 218-40-35.

E-mail: Kamil_kazeev@mail.ru.

УДК 910.3: 910.1:
913.1/913.8

Родоман Б. Б. [Rodoman B.B.]

РОССИЙСКАЯ ВНУТРЕННЯЯ ПЕРИФЕРИЯ

Russian Domestic Peripherals

Статья посвящена анализу содержания одной из фундаментальных географических категорий «внутренняя периферия». В качестве ключевых факторов формирования внутренней периферии России рассматриваются такие как упадок деревни и запаздывающий прогресс. Основными свойствами внутренней периферии выступают ее относительность и повсеместность, ареальность, линейность и точечность развития. Важное место отводится экологической роли Большой внутренней периферии.

Ключевые слова: периферизация, периферийность, внутренняя периферия, внешняя периферия, центр.

This article analyzes the content of one of the fundamental geo-graphic categories of "inner periphery". As a key factor tori forming the inner periphery of Russia are considered such as the decline of the village and delayed progress. The main properties of the inner periphery of the act and its relative ubiquity, areality, linear and point of development. Importance is given to the ecological role of large inner periphery.

Key words: peripherization, peripheral, inside the periphery-dence, the outer periphery, center.

Введение

Обнаружение внутренней периферии – одно из важнейших открытий отечественной социально-экономической географии, основанное на непредвзятом изучении своей страны без оглядки на модные импортные концепции. Строго говоря, это понятие уже давно не является новым для российских социогеографов. Но оно по-прежнему ново и непонятно как для большинства российских чиновников, так и для обывателей. Как и прежде, большинство россиян не понимает, что различия между центрами и окраинами на каждом масштабном и таксономическом уровне для повседневного существования людей сплошь и рядом бывают важнее, нежели климатические различия между природными зонами или разница в условиях жизни между Калининградом и Владивостоком.

В настоящее время тему «внутренняя периферия» подробно разрабатывает В.Л. Каганский [2]. Многие её разделы мы в своё время начинали вместе. В этой статье я постарался обратить внимание на факторы упадка российской глубинки, рассмотреть некоторые свойства периферийности (относительность, повсеместность), формирование внутренней перифе-

рии в городах. В.Л. Каганский полагает, что вся Россия становится внутренней периферией мира. Я думаю, что пока она – внешняя периферия ойкумены, ещё не распространившейся на всю Арктику и Антарктику. Но для понимания географического положения России надо чаще смотреть на глобус, и притом со всех сторон, а не только на принятую у нас политическую карту мира в поликонической проекции с осевым меридианом 40° в.д., проходящим вблизи Москвы.

Большой вклад в понимание процессов внутренней периферии внесли исследования сельской жизни Т.Г. Нефёдовой [5], которые фактологически подтвердили многие позиции относительно периферизации, понимание которых сложилось еще в конце прошлого века.

Смею полагать, что первым, кто ввёл в географическую науку понятие «внутренняя периферия» был ваш покорный слуга. В статье, вышедшей в 1987 г. ([6], с. 47) и переизданной в 2002 г. ([9], с. 79), упоминается *интрапериферия* применительно к Валдайскому вакууму между Петербургом, Москвой и Варшавой, которая противопоставлена *экстрапериферии*.

Постановка проблемы

Внутренней периферией какого-либо централизованного ареала (например, узлового района) называются территории (субареалы), расположенные скорее ближе к его центру, чем к окраинам, но обладающие такими чертами окраин, как относительно плохая транспортная доступность, замедленное развитие, явное отставание по многим социально-экономическим показателям, архаические черты в ландшафте и быте населения. В простейшей и универсальной (тригонально-гексагональной) геометрической модели районирования и коммуникаций внутренняя периферия расположена в ячейках транспортной сети и, что то же самое, на стыках узловых районов (в узлах их границ) [8], но для понимания конкретной ситуации этого представления недостаточно, нужны новые математические модели, учитывающие дополнительные, побочные, «отягчающие» факторы *внутренней периферизации*: природные условия, этнический состав местных жителей, экономическую и прочую историю региона.

В Российской империи самая большая внутренняя периферия возникла в XIX столетии в треугольнике железных дорог Петербург – Москва – Варшава, охватив не только северо-западные губернии собственно

России (ныне – Российской Федерации), но и часть Белоруссии. Множество уездных городов оказалось в стороне от железных дорог и захирело. В XX в. аналогичную роль сыграли редкие и очень запоздавшие со своим появлением автомобильные дороги. Большинство мелких деревень исчезло, не дождавшись удовлетворительной транспортной связи с «цивилизованным» внешним миром.

Некоторые причины упадка деревни

Периферизацию российской глубинки повсеместно усугубляли в течение всего XX века различные по мощности воздействия, события и процессы, приведшие в итоге к полному, необратимому упадку сельской местности: Начало было положено столыпинской реформой, несовместимой с исторически сложившимся ритмом культурного ландшафта [7]. Ситуация резко обострилась в первую мировую войну, особенно в западных регионах, испытавших оккупацию, проходы армий, массовые движения беженцев. Тяжелейшие последствия для российского деревни принесли революции 1917 г., гражданская война, крестьянские восстания; коллективизация и раскулачивание; экспроприация лошадей у крестьян. Не менее катастрофичное, но и более масштабное воздействие оказали на разорение деревни Великая Отечественная война, гитлеровская оккупация, этнические чистки и репрессии. Не способствовали возрождению села послевоенные события и принимаемые руководством страны меры: переселение в опустевшие деревни из других, отдалённых регионов; право демобилизованных солдат-срочников прописаться на постоянное жительство в городе и другом регионе, т.е. освободиться от колхозно-совхозной крепостной зависимости; паспортизация с теми же последствиями для остального трудоспособного населения; укрупнение колхозов, ликвидация «неперспективных» малых деревень и принудительное переселение в искусственные совхозные посёлки. Непоправимый вред сельской местности, да и всей окружающей среде, нанесли, так называемая «мелиорация» (на самом деле – детериорация), и химизация – отравление земли неправильно применяемыми удобрениями. Успешно способствовал периферизации отдаленных поселений и изоляции населения от ближайших центров демонтаж узкоколейных железных дорог вследствие исчерпания запасов или нерентабельности дальнейших заготовок древесины и торфа. Завершили разорение российской деревни экономический кризис и разруха 1990-х годов, особенно приватизация и крах колхозов и совхо-

зов, неразбериха с собственностью, обусловленная рыночной экономикой невыгодность отдельных отраслей сельскохозяйственного производства и др. Одновременно активизировались процессы субурбанизации – замена традиционной деревни поселениями дачников, старинных изб – современными коттеджами, постоянных жителей – периодическими посетителями и т.д.

На юго-востоке европейской России, непосредственно не затронутом последней войной, периферизации противостояла привязанность коренных нерусских народов к своей незаменимой малой родине. Есть основания предполагать, что *этноконфессиональная неоднородность Волго-Уральского региона, официально скреплённая наличием этногенных республик в составе Российской Федерации, а также более патриархальный уклад с развитой семейно-родственной кооперацией и разделением труда спасли там сельскую местность от полного запустения* [5].

Запаздывающий прогресс

Почему очевидные, полезные, прогрессивные новшества, прежде всего новые виды транспорта и связи, приводят сплошь и рядом к обратным результатам – к всё большему отставанию и упадку российской глубинки? Можно полагать потому, что они высаживаются на иную, чем в Западной Европе, не подготовленную почву. Помимо известных природных условий и факторов (суровая зима, обилие лесов и болот и раскисающих от дождя суглинков, весенняя и осенняя распутица), это низкая плотность населения, редкая сеть городов, огромные расстояния. Это не в последнюю очередь и деспотический характер государства – оно у нас не *служебное*, обслуживающее массу населения как нанявших его налогоплательщиков, а *господствующее*, удовлетворяющее в первую очередь потребности своих правителей. К середине XX столетия подавляющее большинство государств мира преобразовались из господствующих в служебные. В России были две неудачные попытки – в 1917 и в 1991 гг.

В нашей стране многие западные новшества распространяются с большим опозданием и настолько медленно, что не успевают насытить пространство до того, как появляются новые средства коммуникации. Экспериментальная и увеселительная (как аттракцион) железная дорога Петербург – Царское Село открылась всего лишь через 12 лет после того, как в Англии в 1825 г. заработала линия Стоктон – Дарлингтон, но дальняя и первая по-настоящему утилитарная железная дорога Петербург – Москва

опоздала по сравнению с английской уже на 26 лет. К началу XX столетия в европейской России в основном сформировалась нынешняя сеть железных дорог, но до большей части страны – до Северо-Восточной Сибири рельсы так и не дошли. В дальнейшем сроки такого запаздывания всё более возрастали – вопреки кажущемуся очевидным ускорению темпов научно-технического прогресса. Похоже, что в ряде случаев лишь в больших городах наступление прогресса ускоряется, тогда как в глубинке оно замедляется. Так, телефон в городах России появился в конце XIX в., но до села он повсеместно дошёл только сто лет спустя, да и то в виде одного общественного телефона-автомата на деревню, когда почти все её жители и посетители уже обзавелись мобильными аппаратами.

Для российской провинции и периферии характерно *отсутствие саморазвития и преемственности*. Все импульсы происходящих там изменений исходят из столиц и выглядят как неожиданные удары, как форсмажорные бедствия, рано или поздно разрушающие любые местные начинания (см. выше перечень 18 катастроф в нечернозёмной деревне).

В средней полосе Западной Европы массовая автомобилизация легла на густейшую сеть рельсовых путей. Так, в Бельгии в 1925 г. было 31,3 км железнодорожных линий на 100 км² территории [1], в Ломбардии в 30-х годах на 23,7 тыс. км² площади этой исторической области приходилось 1400 км обычных железных дорог и, кроме того, 1063 км линий внегородского (!) трамвая [4]. В Австро-Венгрии трамвай ходил даже из Вены в Пресбург (Братиславу). Европейские крестьяне при наличии хороших дорог с твёрдым покрытием постепенно пересаживались на мотоциклы и автомобили, тогда как и лошадей у них никто не отнимал. Русская же деревня лошадей лишилась, а общедоступного и удовлетворительного автотранспортного сообщения не дождалась и потому большей частью исчезла, оставив на память о себе на топографических картах названия урочищ, ныне в пригородных зонах застраиваемых коттеджными посёлками.

Происходящие в России изменения можно охарактеризовать как пространственно *поляризованный прогресс* – такое внедрение полезных новшеств, при котором чрезвычайно возрастают контрасты между центрами и периферией. Такой прогресс может быть *позитивным*, когда отставание окраин только относительное; оно нарастает, но при этом качество жизни увеличивается повсеместно, т. е. имеет место *справедливое, стимулирующее неравенство*. Но этот прогресс может быть и *негативным*, если качество жизни на периферии ухудшается абсолютно, т. е. в рассматрива-

емом отношении становится хуже, чем было раньше. Это уже неравенство *несправедливое*, не стимулирующее, а *подавляющее*. (Научно плодотворное понятие о справедливых и несправедливых социальных неравенствах впервые сформулировал Ю. В. Самодуров [12]). Есть основания полагать, что в российской глубинке преобладает негативный «прогресс», т. е. для неё это явный регресс по многим показателям.

Относительность и повсеместность периферизации

Важными свойствами внутренней периферии, особенно актуальными в специфических и уникальных российских условиях, являются её *относительность* и *повсеместность*. Нельзя с полной определённой сказать и показать на карте, какие места у нас являются периферийными, а какие центральными. Всё зависит от той «системы координат», в которой они выявляются. Важнейшей координирующей системой в нашей стране является, как известно, административно-территориальное деление (АТД), так что в первом приближении мы найдём столько видов центральности-периферийности, сколько имеется рангов у официального АТД: есть внутренняя периферия у областей, муниципальных районов и т. п. Но к ним надо добавить неофициальные, неявные, узловые районы, например в виде латентных, ныне и временно несуществующих округов, бывших когда-то официальными (например, Тарский округ в Омской области) или никогда не бывших таковыми, но отчасти выявленных, например, в знаменитом районировании Е. Е. Лейзеровича [3].

Повсеместность внутренней периферии вытекает из её относительности. Почти для любой точки можно найти объекты, по отношению к которым она будет центральной или периферийной.

Периферийность ареальная, линейная и точечная

Отношение центр – периферия возникает не только между центром (ядром) и окружающим его обширным ареалом, но и по сторонам какой-либо оси, а также между пунктами (относительно малыми ареалами, которые на мелкомасштабной карте обозначены пунсонами). *Двусторонними осями центральности* являются магистрали *континуального транспорта* (допускающего транспортные операции в любом пункте трассы [6]), *односторонними* – берега морей, используемые более или менее сплошь и равномерно, например, для рекреации. И, наконец, периферийным или центральным может быть положение в множестве (рое)

пунктов. Так, Пенза, будучи центром своего региона (области), является слабо выраженной внутренней периферией по отношению к Москве, Нижнему Новгороду, Казани, Самаре, Саратову, Воронежу.

Внутренняя периферия в городах

Внутренняя периферия существуют в разных масштабах, на всех уровнях – от глобальных до локальных. Она встречается даже внутри поселений – городов и больших, многоуличных сёл. В городах это *зоны пониженной урбанизации*, отличающиеся редкой или малоэтажной застройкой, реже населённые, с садами, огородами, пустырями, лесопарками, охватываемые городской жизнью в последнюю очередь:

- 1) *физические*, продиктованные природным и антропогенным ландшафтом – на болотах, в поймах, на крутых склонах, на бывших свалках, промзонах, аэродромах, кладбищах;
- 2) *позиционные* – в относительной удалённости от магистральных дорог и улиц.

В полустихийно растущих российских городах внутренняя периферия как правило возникает из внешней. Её основой может быть *зелёный клин* – занятое лесами и/или полями, не застроенное пространство между радиальными дорогами, исходящими из центра города или городской агломерации. В Подмоскovie один такой, самый широкий и наименее урбанизированный клин в 2012 г. присоединён к Москве [11]. Это пока ещё внешняя периферия Московской агломерации, но она вскоре станет внутренней, после того, как начнётся интенсивная застройка примыкающих к ней остатков Подольского и Наро-Фоминского районов, а также Калужской области. Внешней периферией Москвы был некогда единый лесной массив Сокольников и Лосиног Острова, но теперь это ближняя внутренняя периферия Московской агломерации, с её дистальной стороны окружённая, «заблокированная» городами Мытищи, Королёв, Щёлково, Балашиха.

До самой середины XX столетия в Москве даже внутри Садового кольца была ярко выраженная внутренняя периферия, например, в виде Арбатских переулков, где сохранялись одноэтажные деревянные дома с садами и огородами и даже кто-то держал корову (правда, уже только в стойле; пастбища в поймах реки Москвы и Пресни исчезли вскоре пос-

ле революции 1917 г.). Другой яркий пример, сохраняющийся и ныне – геометрический центр территории города Коломны, внутри её Большого трамвайного кольца. Там не случайно много места занято парками, стадионами, детскими площадками.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Экологическая роль

большой внутренней периферии

В моих работах российской внутренней периферии отводится важная роль сохранения и развития природного ландшафта [10]. Осуществление этой задачи не требует существенного финансирования. Традиционный экономический подход с рассуждениями об инвестициях, занятости и рабочих местах тут совершенно не уместен. Восстановление дикой природы Нечерноземья идёт само собой, надо только ему не мешать. Внутренняя периферия – потенциальная опора экологического каркаса и эконета. Искусственная вторичная колонизация российской глубинки за пределами пригородных зон бесперспективна. Немногим оставшимся там постоянным, коренным жителям, которые по-настоящему привязаны к своей малой родине и хотят вести там традиционный образ жизни, должны быть предоставлены *права аборигенов*, независимо от их этнической принадлежности.

Выражаясь «географически политкорректно», мы можем сказать, что российская внутренняя периферия – не больная и упадочная земля, нуждающаяся в лечении традиционными экономическими методами, но *альтернативно одарённая* хорошими экологическими возможностями для сохранения и процветания природного ландшафта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бельгия // БСЭ, т. 5, 1927, стлб. 467.
2. Каганский В. Л. Внутренняя периферия – новая растущая зона культурного ландшафта России // Изв. РАН., сер. геогр., 2012, № 6.
3. Лейзерович Е. Е. Экономические микрорайоны России (сетка и типология). М.: Трилобит, 2004.
4. Ломбардия // БСЭ, т. 37, 1938, стлб. 369.
5. Нефёдова Т. Г. Сельская Россия на перепутье: Географические очерки. М.: Новое издательство, 2003.

6. Родоман Б. Б. Экспрессный транспорт, расселение и охрана природы // Методы изучения расселения. М.: ИГАН, 1987, с. 44–54.
7. Родоман Б. Б. Земельные реформы и ландшафт // Куда идёт Россия?.. Социальная трансформация постсоветского пространства. М.: Аспект Пресс, 1996, с. 487–488.
8. Родоман Б. Б. Территориальные ареалы и сети. Очерки теоретической географии. Смоленск: Ойкумена, 1999.
9. Родоман Б. Б. Поляризованная биосфера: Сборник статей. Смоленск: Ойкумена, 2002.
10. Родоман Б. Б. Экологическая специализация России в глобализирующемся мире (Проект нестандартного решения) // Общественные науки и современность, 2006, № 2, с. 78–88.
11. Родоман Б. Б. Отклик на расширение Москвы // Интелрос, 28.XII.2011. www.intelros.ru
12. Самодуров Ю. В. Вместо предисловия и послесловия // Справедливые и несправедливые социальные неравенства в современной России. М.: Изд-во «Референдум», 2003.

ОБ АВТОРЕ

Родоман Борис Борисович, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Российского научно-исследовательского института культурного и природного наследия имени Д.С. Лихачева. E-mail: tanyag26@yandex.ru.

Rodoman Boris Borisovich, Doctor of Geographical Sciences, leading researcher at the Russian Research Institute for Cultural and Natural Heritage named D.S. Likhacheva. E-mail: tanyag26@yandex.ru.

УДК 338.07(470)

Тикунов В. С. [Tikunov V. S.]
Белоусов С. К. [Belousov S. K.]

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ СОЦИАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЗА 2001–2012 ГГ.

Assessment of trends in Russian regions social sustainability over the years 2001–2012

Российскими и иностранными учеными в последние годы были разработаны различные методы определения социальной устойчивости, но исследований динамики этого показателя для регионов России до сих пор не было предложено. Авторами определена группа показателей социальной устойчивости с учетом российских условий, которые находятся в открытом доступе и официально регулярно обновляются. Индекс социальной устойчивости регионов России был вычислен за период 2001–2012 гг. Анализ распределения значений индекса выявил его крайнюю пространственную неоднородность. Динамика значений индекса наблюдается положительная в течение всего периода исследования. Анализ динамики значений индекса позволил выделить 5 групп регионов, используя средние значения индекса, темпы его роста и отклонения от линии тренда.

Ключевые слова: Социальная устойчивость, интегральные индексы, регионы России, исследования динамики.

Some methods of social sustainability was elaborated by Russian and international scientists, but there is still no researches of its dynamics with reference to Russian regions. Several social statistical indicators were determined since they are representative in Russian conditions, are regularly observed, have easy access and official status. Russian regions integral index of social sustainability was calculated for the years 2001–2012 using evaluation methods. Analysis of distribution of social sustainability index revealed its huge inhomogeneity. Dynamics analysis shows index increasing throughout period of investigation and allows distinguishing five group of regions using mean value of index, its growth and stability of growth.

Key words: Social sustainability, complex indices, Russian regions, dynamics.

Введение

Развитие социальной сферы является одним из важнейших приоритетов государственной политики Российской Федерации. Существует много подходов к оценке уровня социальной устойчивости. Как правило, они являются частью более широких оценок устойчивости регионов. Одной из наиболее известных и общепринятых интегральных оценок является Индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП) [2]. Данный индекс является всеобъемлющим и достаточно точно характеризует

ет социальную сферу, однако, он в наибольшей степени ориентирован на глобальные исследования, нежели региональные. Кроме того, широко известны системы индикаторов устойчивого развития Комиссии ООН по устойчивому развитию, индикаторов мирового развития Всемирного банка, индикаторов устойчивого развития США и др.

В России наиболее известны работы С. Н. Бобылева [1], И. В. Гришиной [25], Н. В. Зубаревич [8] и др., которые развивали подобные исследования для регионов России. Непосредственно методология расчета индексов социальной устойчивости была предложена в работе [22].

Отличительной чертой подобных исследований является разработка методики и ее апробация на конкретный момент времени. Основной целью нашего исследования является анализ динамики социальной устойчивости регионов за период 2001–2012 гг.

Применяемые показатели для расчета индекса социальной устойчивости

Группа индикаторов социальной устойчивости, применяемая в данном исследовании должна отвечать нескольким основным требованиям:

- *Репрезентативность.* Выборка показателей должна охватывать все аспекты жизни социума.
- *Достоверность.* Правдивость значений показателей не должна вызывать сомнений
- *Отсутствие взаимозависимости.* Взаимная корреляция уменьшает достоверность исследования, увеличивая веса определенных показателей
- *Доступность.* Данные должны быть в свободном доступе из официальных источников.
- *Относительный характер показателей.* Используемые индикаторы не могут быть абсолютными и должны быть нормализованы по уровню населения.
- *Учет специфики региона исследования.* Необходимо принимать во внимание только достаточно различающиеся в пространстве показатели.
- *Регулярность измерений.* Временной ряд данных показателей должен быть непрерывен для всех объектов исследования для обеспечения полноты картины.

В соответствии с критериями выбора нами были определены следующие показатели, определяющие уровень социальной устойчивости регионов России: уровень рождаемости, общий прирост населения, соотношение браков и разводов, ожидаемая продолжительность жизни, количество убийств на душу населения, уровень безработицы, средняя заработная плата, доля населения с доходами ниже величины прожиточного минимума и младенческая смертность.

В качестве источников использовались статистические сборники Федеральной службы государственной статистики «Регионы России. Социально-экономические показатели» за 2002–2013 гг. [9–20], «Здравоохранение в России» за 2005, 2007, 2009, 2011 и 2013 гг. [3–7].

Методика расчета индекса

Для расчета интегрального индекса социальной устойчивости использовался оценочный алгоритм, разработанный одним из авторов [23, 24]. Он включает нормировку системы исходных показателей по формуле

$$\hat{X}_{ij} = \frac{\left| X_{ij} - \overset{\circ}{X}_j \right|}{\left| \underset{\text{max/min}}{X_j} - \overset{\circ}{X}_j \right|} \quad \begin{matrix} i = 1, 2, 3, \dots, n; \\ j = 1, 2, 3, \dots, m \end{matrix} \quad (1)$$

где $\overset{\circ}{X}$ – наихудшие значения (по каждому показателю) из всех встречающихся за весь анализируемый период времени с точки зрения их вклада в социальную устойчивость в регионах России. В качестве таких показателей можно также использовать и теоретически возможные наихудшие значения; $\text{max/min } x$ – наиболее отличающиеся от $\overset{\circ}{X}$ значения показателей; n – количество исследуемых территориальных единиц (79); m – число показателей использованных для расчетов (9).

Путём сравнения показателей всех территориальных единиц с условной, характеризуемой значениями $\overset{\circ}{X}$, произведено их ранжирование. Ранжировка осуществлялась с использованием евклидовых расстояний (d°) – как меры близости всех территориальных единиц к условной, имеющей наихудшие значения ($\overset{\circ}{X}$) по всему комплексу показателей. Применение данной меры потребовало обработки информационного массива по методу главных компонент с целью ортогонализации и «свертки» системы показателей.

Полученные значения вектора-столбца d° интегральных оценочных

характеристик для удобства дальнейшего анализа могут дополнительно нормироваться по формуле:

$$\hat{d}_i^o = \frac{d_i^o - \min d^o}{\max d^o - \min d^o} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n; \quad (2)$$

В этом случае величина d^o будет варьировать в пределах от нуля до единицы. Нуль – соответствует наихудшей комплексной оценке, а единица – наилучшей.

Использованный нами алгоритм позволяет также выделять однородные в оценочном отношении группы территорий. Достигается это разбиением соответствующих ранжированных значений ряда евклидовых расстояний на однородные ступени. Процедура выделения ступеней многовариантна и позволяет в каждом случае получать спектр вариантов группировки территорий в однородные группы при различном их числе. Качество разбиения оценивалось с помощью коэффициентов канонической корреляции [24], а также коэффициентов неоднородности [23], что позволяет выбрать один окончательный вариант, оптимальный со статистической точки зрения.

В результате проведения расчетов был вычислен набор интегральных индексов социальной устойчивости за 2001–2012 гг. для субъектов Российской Федерации, который характеризует уровень развития социальных процессов. Индекс учитывает как характер демографических процессов, так и уровень благосостояния общества и социальной напряженности. Расчет индекса не производился для Республики Чечня (из-за неполного временного ряда исходных данных) и для Ненецкого, Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов (включены соответственно в Архангельскую и Тюменскую области). Индекс является положительной характеристикой развития социальных процессов – высокие значения индекса характеризуют лучшую социальную ситуацию, чем низкие.

Таблица 1. ЗНАЧЕНИЯ ИНДЕКСА СОЦИАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЗА 2001–2012 ГГ.

Субъект РФ	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	сред- нее
Центральный ФО													
Белгородская область	0,353	0,365	0,385	0,388	0,401	0,409	0,438	0,438	0,441	0,443	0,454	0,453	0,414
Брянская область	0,308	0,318	0,334	0,339	0,351	0,372	0,381	0,385	0,389	0,392	0,401	0,407	0,364

Субъект РФ	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	сред- нее
Владимирская область	0,308	0,315	0,335	0,335	0,339	0,353	0,376	0,376	0,382	0,390	0,402	0,403	0,359
Воронежская область	0,322	0,328	0,344	0,351	0,361	0,382	0,392	0,394	0,393	0,407	0,422	0,434	0,377
Ивановская область	0,259	0,266	0,287	0,298	0,314	0,344	0,360	0,379	0,373	0,386	0,396	0,411	0,339
Калужская область	0,310	0,323	0,339	0,351	0,367	0,375	0,400	0,408	0,408	0,414	0,430	0,434	0,379
Костромская область	0,308	0,317	0,319	0,334	0,345	0,356	0,380	0,376	0,380	0,394	0,401	0,406	0,359
Курская область	0,310	0,313	0,335	0,337	0,356	0,380	0,395	0,394	0,399	0,405	0,420	0,429	0,372
Липецкая область	0,354	0,360	0,371	0,385	0,390	0,405	0,414	0,410	0,415	0,419	0,422	0,428	0,397
Московская область	0,336	0,345	0,357	0,366	0,375	0,397	0,416	0,426	0,428	0,439	0,453	0,460	0,399
Орловская область	0,327	0,338	0,343	0,348	0,360	0,371	0,393	0,399	0,399	0,398	0,410	0,412	0,375
Рязанская область	0,304	0,319	0,324	0,341	0,353	0,370	0,380	0,394	0,389	0,392	0,411	0,413	0,365
Смоленская область	0,306	0,315	0,330	0,334	0,341	0,355	0,376	0,380	0,381	0,394	0,398	0,396	0,358
Тамбовская область	0,309	0,335	0,351	0,353	0,367	0,375	0,399	0,408	0,409	0,418	0,426	0,435	0,382
Тверская область	0,282	0,296	0,306	0,331	0,339	0,360	0,379	0,388	0,385	0,392	0,402	0,410	0,355
Тульская область	0,309	0,327	0,340	0,341	0,352	0,373	0,386	0,392	0,393	0,400	0,420	0,421	0,371
Ярославская область	0,334	0,341	0,355	0,364	0,377	0,393	0,399	0,400	0,404	0,409	0,428	0,429	0,386
г. Москва	0,371	0,377	0,388	0,404	0,421	0,431	0,446	0,455	0,463	0,478	0,483	0,486	0,433
Северо-Западный ФО													
Республика Карелия	0,331	0,344	0,345	0,349	0,357	0,382	0,386	0,393	0,397	0,400	0,407	0,411	0,375
Республика Коми	0,345	0,345	0,346	0,349	0,356	0,367	0,391	0,392	0,397	0,401	0,414	0,423	0,377
Архангельская область	0,316	0,324	0,333	0,347	0,351	0,367	0,378	0,384	0,397	0,398	0,407	0,414	0,368
Вологодская область	0,332	0,341	0,349	0,360	0,361	0,383	0,397	0,396	0,392	0,398	0,414	0,418	0,378
Калининградская область	0,303	0,304	0,321	0,336	0,355	0,389	0,406	0,407	0,406	0,425	0,435	0,442	0,377
Ленинградская область	0,304	0,306	0,321	0,339	0,354	0,375	0,398	0,400	0,413	0,425	0,436	0,444	0,376
Мурманская область	0,337	0,344	0,352	0,353	0,358	0,375	0,396	0,395	0,407	0,417	0,421	0,432	0,382
Новгородская область	0,315	0,315	0,321	0,332	0,347	0,360	0,375	0,374	0,381	0,389	0,404	0,412	0,360
Псковская область	0,284	0,309	0,320	0,332	0,337	0,346	0,374	0,372	0,371	0,378	0,394	0,391	0,350
г. Санкт-Петербург	0,353	0,368	0,375	0,390	0,409	0,424	0,443	0,451	0,460	0,477	0,484	0,489	0,426
Южный ФО													
Республика Адыгея	0,336	0,344	0,346	0,340	0,358	0,366	0,382	0,393	0,404	0,410	0,430	0,431	0,378

Субъект РФ	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	сред- нее
Республика Калмыкия	0,288	0,286	0,300	0,321	0,314	0,319	0,350	0,363	0,358	0,371	0,380	0,387	0,336
Краснодарский край	0,328	0,350	0,362	0,366	0,378	0,391	0,410	0,418	0,420	0,426	0,439	0,446	0,394
Астраханская область	0,314	0,331	0,351	0,359	0,359	0,379	0,393	0,403	0,406	0,409	0,421	0,426	0,379
Волгоградская область	0,316	0,330	0,340	0,355	0,372	0,383	0,396	0,391	0,397	0,401	0,406	0,409	0,374
Ростовская область	0,319	0,333	0,343	0,357	0,359	0,373	0,391	0,399	0,403	0,408	0,415	0,422	0,377
Северо-Кавказский ФО													
Республика Дагестан	0,330	0,356	0,363	0,379	0,401	0,411	0,420	0,435	0,431	0,432	0,430	0,440	0,402
Республика Ингушетия	0,306	0,320	0,329	0,344	0,351	0,350	0,401	0,426	0,425	0,434	0,480	0,491	0,386
Кабардино-Балкарская Республика	0,321	0,348	0,352	0,359	0,363	0,378	0,400	0,425	0,426	0,420	0,425	0,434	0,387
Карачаево-Черкесская Республика	0,301	0,337	0,330	0,353	0,370	0,380	0,397	0,409	0,408	0,410	0,406	0,412	0,376
Республика Северная Осетия – Алания	0,340	0,352	0,376	0,384	0,398	0,399	0,415	0,414	0,420	0,431	0,424	0,429	0,398
Ставропольский край	0,323	0,330	0,344	0,357	0,370	0,378	0,402	0,398	0,401	0,408	0,417	0,420	0,379
Приволжский ФО													
Республика Башкортостан	0,351	0,355	0,366	0,379	0,385	0,396	0,415	0,419	0,426	0,422	0,427	0,429	0,397
Республика Марий Эл	0,288	0,290	0,309	0,309	0,337	0,346	0,375	0,374	0,380	0,380	0,395	0,404	0,348
Республика Мордовия	0,315	0,316	0,334	0,345	0,355	0,372	0,392	0,401	0,399	0,403	0,406	0,407	0,370
Республика Татарстан	0,356	0,362	0,378	0,386	0,401	0,417	0,433	0,439	0,442	0,448	0,462	0,464	0,415
Удмуртская Республика	0,334	0,330	0,341	0,347	0,362	0,376	0,396	0,396	0,409	0,410	0,422	0,426	0,379
Чувашская Республика	0,316	0,329	0,352	0,353	0,370	0,380	0,400	0,401	0,401	0,407	0,421	0,428	0,380
Пермский край	0,328	0,323	0,330	0,337	0,348	0,362	0,379	0,383	0,388	0,396	0,408	0,416	0,366
Кировская область	0,303	0,320	0,323	0,333	0,347	0,367	0,375	0,384	0,389	0,394	0,406	0,411	0,362
Нижегородская область	0,327	0,325	0,330	0,343	0,351	0,365	0,386	0,390	0,395	0,400	0,415	0,418	0,370
Оренбургская область	0,312	0,315	0,331	0,344	0,341	0,368	0,385	0,393	0,403	0,404	0,412	0,412	0,368
Пензенская область	0,308	0,321	0,327	0,343	0,352	0,371	0,388	0,401	0,411	0,405	0,422	0,427	0,373
Самарская область	0,335	0,338	0,354	0,363	0,374	0,385	0,400	0,400	0,398	0,405	0,414	0,422	0,382
Саратовская область	0,300	0,322	0,328	0,349	0,361	0,378	0,385	0,398	0,402	0,408	0,417	0,419	0,372
Ульяновская область	0,289	0,293	0,317	0,321	0,330	0,351	0,374	0,377	0,389	0,396	0,404	0,416	0,354
Уральский ФО													
Курганская область	0,272	0,279	0,292	0,295	0,317	0,337	0,363	0,366	0,371	0,376	0,379	0,387	0,336

Субъект РФ	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	сред- нее
Свердловская область	0,323	0,333	0,350	0,364	0,376	0,392	0,412	0,415	0,414	0,420	0,431	0,435	0,388
Тюменская область	0,382	0,386	0,393	0,388	0,409	0,415	0,438	0,439	0,436	0,440	0,452	0,461	0,420
Челябинская область	0,305	0,312	0,331	0,344	0,372	0,389	0,405	0,402	0,408	0,416	0,425	0,425	0,377
Сибирский ФО													
Республика Алтай	0,280	0,296	0,294	0,316	0,325	0,322	0,359	0,368	0,359	0,390	0,400	0,400	0,342
Республика Бурятия	0,266	0,292	0,299	0,293	0,307	0,323	0,358	0,372	0,387	0,394	0,398	0,401	0,340
Республика Тыва	0,195	0,224	0,243	0,253	0,263	0,299	0,329	0,346	0,358	0,356	0,370	0,359	0,299
Республика Хакасия	0,292	0,298	0,309	0,333	0,328	0,347	0,380	0,383	0,403	0,406	0,406	0,403	0,357
Алтайский край	0,306	0,313	0,330	0,334	0,342	0,357	0,371	0,373	0,372	0,374	0,388	0,391	0,354
Забайкальский край	0,231	0,256	0,277	0,301	0,320	0,345	0,366	0,363	0,375	0,378	0,387	0,390	0,332
Красноярский край	0,314	0,331	0,334	0,343	0,344	0,367	0,386	0,399	0,395	0,402	0,418	0,421	0,371
Иркутская область	0,285	0,289	0,303	0,315	0,333	0,357	0,383	0,385	0,384	0,388	0,398	0,403	0,352
Кемеровская область	0,310	0,316	0,336	0,353	0,364	0,382	0,393	0,402	0,403	0,406	0,415	0,418	0,375
Новосибирская область	0,307	0,315	0,331	0,348	0,358	0,374	0,393	0,404	0,407	0,413	0,422	0,428	0,374
Омская область	0,327	0,340	0,356	0,367	0,372	0,382	0,391	0,399	0,409	0,420	0,435	0,435	0,386
Томская область	0,346	0,338	0,341	0,360	0,372	0,385	0,407	0,409	0,406	0,424	0,432	0,432	0,387
Дальневосточный ФО													
Республика Саха (Якутия)	0,326	0,347	0,354	0,354	0,364	0,369	0,382	0,383	0,389	0,400	0,410	0,413	0,374
Камчатский край	0,311	0,313	0,330	0,347	0,338	0,346	0,363	0,378	0,371	0,384	0,392	0,396	0,355
Приморский край	0,274	0,290	0,297	0,312	0,318	0,339	0,357	0,366	0,376	0,388	0,398	0,408	0,343
Хабаровский край	0,291	0,304	0,316	0,325	0,334	0,344	0,370	0,368	0,373	0,375	0,391	0,399	0,349
Амурская область	0,273	0,284	0,309	0,313	0,309	0,315	0,342	0,349	0,359	0,365	0,371	0,377	0,330
Магаданская область	0,311	0,311	0,333	0,334	0,335	0,350	0,369	0,373	0,382	0,398	0,417	0,421	0,360
Сахалинская область	0,282	0,301	0,314	0,329	0,318	0,349	0,387	0,398	0,398	0,410	0,420	0,424	0,360
Еврейская автономная область	0,273	0,280	0,281	0,287	0,335	0,335	0,324	0,349	0,354	0,371	0,357	0,357	0,325
Чукотский автономный округ	0,228	0,260	0,291	0,316	0,323	0,340	0,351	0,391	0,358	0,362	0,418	0,406	0,335

Краткий анализ полученных результатов
Общий уровень социальной устойчивости регионов
Значения индекса распределены в пространстве и времени доста-
точно неоднородно (рис.1).



Рисунок 1. Карта индекса социальной устойчивости России за 2001–2012 гг.

Наибольшие значения индекса характерны для Тюменской области, Московского региона, Санкт-Петербурга, республик Татарстан и Башкортостан, Липецкой и Белгородской областей, Краснодарского края и некоторых республик Северного Кавказа. Столь разные по социально-экономической специфике регионы получили схожую высокую оценку благодаря комплексности индекса, но определялся он разными причинами. Для Тюменской области ключевую роль сыграли высокие показатели благосостояния населения в связи с активным развитием нефте- и газодобывающих производств. Татарстан и Башкортостан также характеризуются высоким уровнем доходов населения, а также традиционно высокими для России демографическими показателями. Москва и Санкт-Петербург – экономические и финансовые центры России – характеризуются более высоким уровнем благосостояния населения и значительным положительным сальдо миграции, что отражается на демографических показателях. Кавказские республики отличаются традиционным укладом, характеризующимся высокими демографическими

показателями, что, несмотря на низкий уровень доходов населения согласно официальной статистике, в сумме дает высокий результат. Краснодарский край – центр российского туризма, что также обуславливает высокие значения индекса. Хорошие результаты имеют Белгородская и Липецкая области, которые на фоне центрального Черноземья достаточно отчетливо выделяются в положительную сторону. Средний уровень демографических показателей, характерный для Центрально-черноземного экономического района, здесь сочетается с высоким уровнем благосостояния населения, обусловленного развитым промышленным производством. В Белгородской области, помимо прочего, наблюдаются повышенные значения демографических показателей, что объясняется высокой интенсивностью приграничных связей с Украиной.

Относительно высокие значения индекса наблюдаются в Южном федеральном округе (за исключением Республики Калмыкия), Центральном Черноземье, Среднем и Нижнем Поволжье, на Среднем и Южном Урале, в Северном федеральном округе, а также в Западной и Восточной Сибири (за исключением южной их частей). Эти регионы характеризуются сбалансированным сочетанием показателей.

Относительно низкие значения характерны для средней полосы России, ряда регионов Сибири и Дальнего Востока (Алтайский край, Иркутская область, Хабаровский край, Магаданская область). Для Европейской части России решающую роль играют низкие показатели рождаемости, для Сибири и Дальнего Востока – значительное отрицательное сальдо миграции и высокая социальная напряженность.

Низкие значения индекса распределены по территории России точечно. В европейской части России в эту категорию входят республика Калмыкия, Ивановская область, на Урале – Курганская область, в Сибири и на Дальнем Востоке – южная часть региона и Чукотский АО. Здесь плохие демографические показатели сочетаются с низким уровнем благосостояния. Абсолютным рекордсменом отрицательного рода является республика Тува, где отсутствие факторов экономического роста усугубляется труднодоступностью региона и традиционным укладом жизни населения.

Динамика индекса социальной устойчивости

Анализ усредненных значений индекса с достаточной точностью описывает ситуацию в социальной сфере в России, но наибольший интерес представляет рассмотрение индекса в динамике, так

как реакция общества на изменение социально-экономической ситуации в стране позволяет оценить социальную устойчивость со сторон, не рассматриваемых ранее.

Характерной для всех без исключения регионов особенностью является тенденция к росту значений индекса за указанный период времени (рис. 2). В общем, можно сказать, что рост индекса с 2001 по 2008 гг. был достаточно равномерным для большинства регионов. В 2008–2010 гг. наблюдалась нестабильность в ряде регионов, связанная с кризисными явлениями в экономике, что отражалось на благосостоянии населения. После 2010 г. рост снова приобрел прежний равномерный характер с такими же значениями, как и до 2008 г.

Специфика поведения индекса во времени для разных регионов достаточно сильно отличается. В связи с этим предложена классификация регионов согласно характеру изменения индекса социальной устойчивости во времени за период 2001–2012 гг.

Классификация регионов (рис. 8) носила типологический характер [24] и производилась по 3 параметрам, характеризующим графики изменения значений индекса: среднее значение, показывающее общий социальный уровень региона; коэффициент линейного тренда, который говорит о скорости роста и сумма квадратов отклонений от значений линейного тренда, означающая уровень колебаний графика, а значит нестабильности роста. На основании вышеуказанных значений с помощью методов кластерного анализа были выделены следующие группы:

1. Группа А включает в себя регионы с лучшими значениями индекса (6 регионов). Темпы роста здесь выше среднего, а стабильность – на высочайшем уровне. График представляет собой почти прямую линию с углом наклона средним между характерными для групп А и Б, расположенную в верхней части поля (рис. 3). В данную группу входят г. Москва и г. Санкт-Петербург, Московская, Белгородская и Тюменская области, а также Республика Татарстан.
2. Группа Б. Данная группа – самая многочисленная (38 регионов). Она характеризуется средним уровнем индекса, низкими темпами и высокой стабильностью роста. Типичный график значений индекса для этой группы представляет собой линию, приближенную к прямой со слабым наклоном в средней части поля графика (рис. 4).

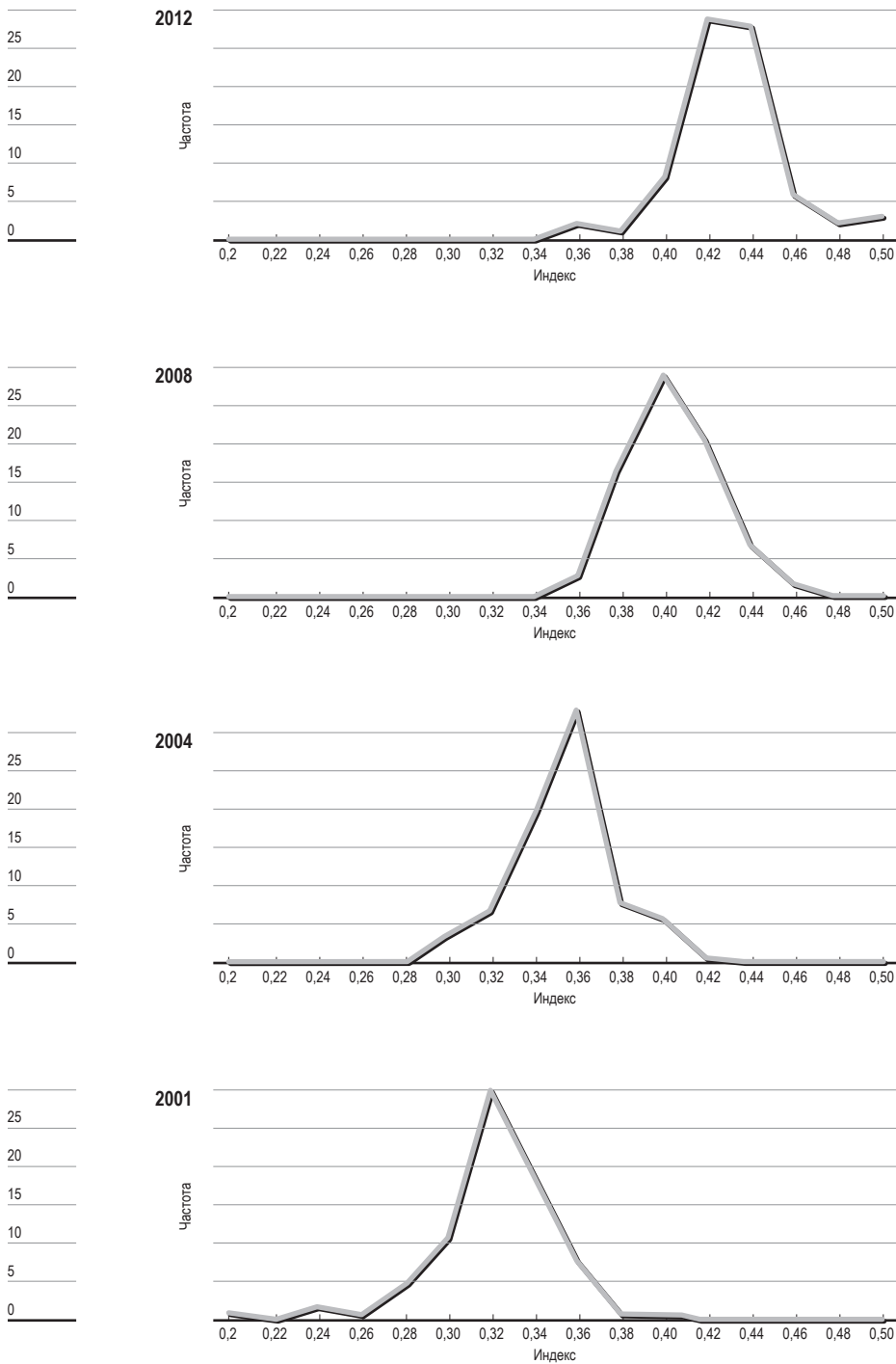


Рисунок 2. Диаграммы распределения значений индекса за 2001, 2004, 2008 и 2012 гг.

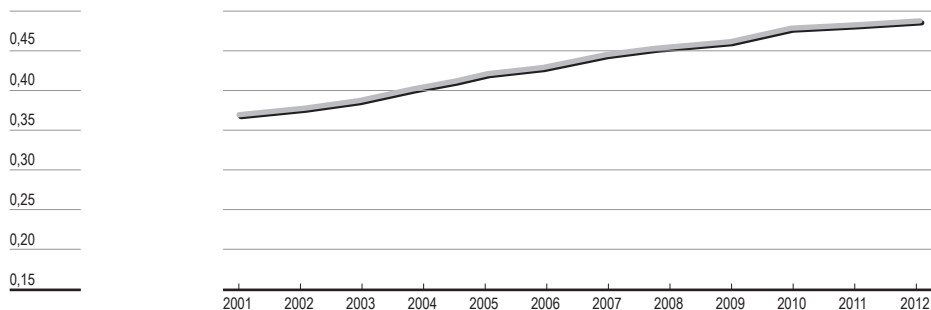


Рисунок 3.

График изменения значений индекса социальной устойчивости г. Москвы.

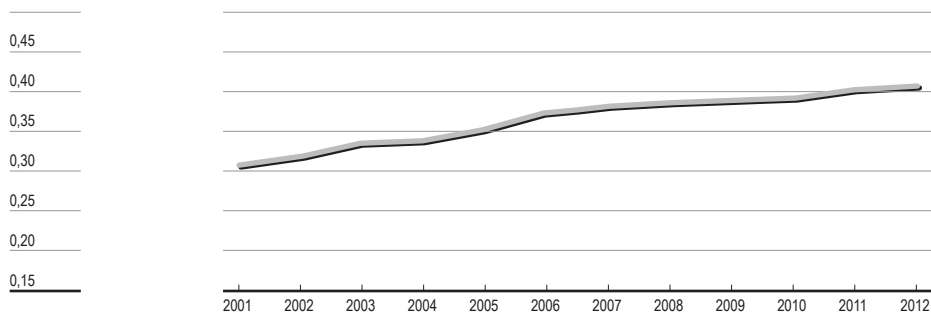


Рисунок 4.

График изменения значений индекса социальной устойчивости Брянской области.

Регионы, входящие в эту группу (табл. 2) в основном располагаются в Европейской части России в Центральном, Северо-Западном, Приволжском и Уральском федеральных округах. Также в данную группу входят некоторые регионы юга России (Ростовская область, Ставропольский край, Республика Адыгея) и часть регионов Сибири (Красноярский край, Магаданская область и др.).

3. Группа В содержит 13 регионов. Характерные особенности – высокие значения индекса, средние темпы роста и достаточно высокий уровень колебаний. Характерный график представлен на рис. 5. В данную группу попадает большая часть Северо-Кавказских республик, другие ре-

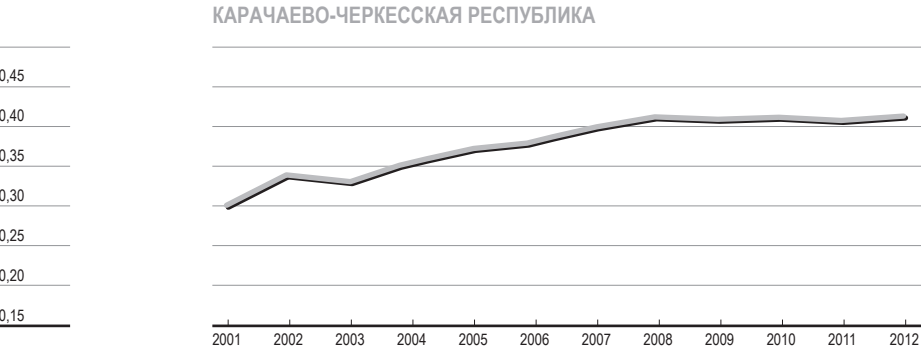


Рисунок 5. График изменения значений индекса социальной устойчивости Карачаево-Черкесской Республики.



Рисунок 6. График изменения значений индекса социальной устойчивости Приморского края.



Рисунок 7. График изменения значений индекса социальной устойчивости Чукотского автономного округа.

- гионы Юга России и южного Поволжья (Краснодарский край, Астраханская область и др.), а также отдельные регионы Средней части России (Тамбовская область), Урала (Свердловская область) и Сибири (Томская область).
4. Группа Г состоит из 19 регионов. Ее отличительные черты – более низкий общий уровень, высокие темпы роста и крайняя стабильность роста. График представляет собой практически прямую линию с большим углом наклона и расположенную в средней части поля (рис. 6). В эту группу входят отдельные регионы Центрального федерального округа (Ивановская, Тверская, Калужская области и др.), Северо-Западного федерального округа (Ленинградская, Калининградская области и др.), Приволжского федерального округа (Ульяновская, Пензенская области и др.). Значительная часть данной группы – регионы Сибири и Дальнего Востока (Новосибирская, Иркутская области, Приморский край и др.).
 5. Группа Д самая малочисленная – всего 3 региона. Они отличаются очень низким уровнем социальной устойчивости, но высокими темпами роста и крайней его нестабильностью. Характерный график представлен на рис. 7. В данную группу входят Забайкальский край, Республика Тува и Чукотский автономный округ.

Таблица 2.

КЛАССИФИКАЦИЯ РЕГИОНОВ ПО ХАРАКТЕРУ ИЗМЕНЕНИЯ ИНДЕКСА СОЦИАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЗА 2001–2012 ГГ.

Группа	Федеральный округ	Регион
А	Центральный	Белгородская область
		Московская область
		г. Москва
	Северо-Западный	г. Санкт-Петербург
	Приволжский	Республика Татарстан
	Уральский	Тюменская область

Группа	Федеральный округ	Регион
Б	Центральный	Брянская область
		Владимирская область
		Воронежская область
		Костромская область
		Липецкая область
		Орловская область
		Рязанская область
		Смоленская область
		Тульская область
		Ярославская область
	Северо-Западный	Республика Карелия
		Республика Коми
		Архангельская область
		Вологодская область
		Мурманская область
		Новгородская область
	Южный	Республика Адыгея
		Республика Калмыкия
		Ростовская область
	Северо-Кавказский	Ставропольский край
	Приволжский	Республика Башкортостан
		Республика Мордовия
		Удмуртская Республика
		Пермский край
		Кировская область
		Нижегородская область
		Оренбургская область
		Самарская область
	Сибирский	Алтайский край
		Красноярский край
		Кемеровская область
		Омская область
	Дальневосточный	Республика Саха (Якутия)
		Камчатский край
		Хабаровский край
		Амурская область
		Магаданская область
		Еврейская автономная область

Группа	Федеральный округ	Регион
В	Центральный	Тамбовская область
	Северо-Западный	Псковская область
	Южный	Краснодарский край
		Астраханская область
		Волгоградская область
	Северо-Кавказский	Республика Дагестан
		Кабардино-Балкарская Республика
		Карачаево-Черкесская Республика
		Республика Северная Осетия – Алания
		Республика Чечня
	Приволжский	Чувашская Республика
	Уральский	Саратовская область
		Свердловская область
	Сибирский	Томская область
Г	Центральный	Ивановская область
		Калужская область
		Курская область
		Тверская область
	Северо-Западный	Калининградская область
		Ленинградская область
	Кавказский	Республика Ингушетия
	Приволжский	Республика Марий Эл
		Пензенская область
		Ульяновская область
	Уральский	Курганская область
		Челябинская область
		Республика Алтай
	Сибирский	Республика Бурятия
		Республика Хакасия
		Иркутская область
		Новосибирская область
	Дальневосточный	Приморский край
		Сахалинская область
Д	Сибирский	Республика Тыва
	Дальневосточный	Забайкальский край
		Чукотский автономный округ



Рисунок 8.

Карта классификации регионов России по динамике индекса социальной устойчивости за 2001–2012 гг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобылев С. Н., Зубаревич Н. В., Соловьева С. В., Власов Ю. С. Устойчивое развитие: методология и методики измерения. М.: Экономика, 2011. 360 с.
2. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2013 г. / под общей редакцией С. Н. Бобылева. М.: РА ИЛЬФ, 2013. 202 с.: 13 табл., 35 рис., 32 вставки.
3. Здравоохранение в России. 2005: стат. сб. / Росстат. М., 2006. 390 с.
4. Здравоохранение в России. 2007: стат. сб. / Росстат. М., 2007. 355 с.
5. Здравоохранение в России. 2009: стат. сб. / Росстат. М., 2009. 365 с.
6. Здравоохранение в России. 2011: стат. сб. / Росстат. М., 2011. 326 с.
7. Здравоохранение в России. 2013: стат. сб. / Росстат. М., 2013. 380 с.
8. Зубаревич Н. В., Тикунов В. С., Крепец В. В., Стрижов В. В., Шакин

- В. В. Многовариантные методы интегральной оценки развития человеческого потенциала в регионах Российской Федерации // ГИС для устойчивого развития территорий: материалы Международной конференции ИнтерКарто 7. Петропавловск-Камчатский, 2001. С. 84–105.
9. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2002: стат. сб. / Госкомстат России. М., 2002. 863 с.
 10. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2003: стат. сб. / Госкомстат России. М., 2003. 895 с.
 11. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2004: стат. сб. / Госкомстат России. М., 2004. 966 с.
 12. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2005: стат. сб. / Госкомстат России. М., 2006. 982 с.
 13. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2006: стат. сб. / Госкомстат России. М., 2007. 981 с.
 14. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2007: стат. сб. / Госкомстат России. М., 2007. 991 с.
 15. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2008: стат. сб. / Госкомстат России. М., 2008. 999 с.
 16. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2009: стат. сб. / Госкомстат России. М., 2009. 990 с.
 17. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2010: стат. сб. / Госкомстат России. М., 2010. 996 с.
 18. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2011: стат. сб. / Госкомстат России. М., 2011. 990 с.
 19. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012: стат. сб. / Госкомстат России. М., 2012. 990 с.
 20. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2013: стат. сб. / Госкомстат России. М., 2013. 990 с.
 21. Рубанов И. Н., Тикунов В. С. Оценка социальной, экономической и экологической устойчивости развития регионов России // Экономико-географический Вестник Южного федерального университета, 2009, № 6, с. 58-70.
 22. Рубанов И. Н., Тикунов В. С. Оценка социальной устойчивости регионов России: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: материалы Международной конференции. ИнтерКарто / ИнтерГИС 12. Калининград, Берлин, 2006. Т. 1. С. 96–113.
 23. Тикунов В. С. Классификации в географии: ренессанс или увядание? (Опыт формальных классификаций). – Москва-Смоленск: Изд-во СГУ, 1997. 367 с.
 24. Тикунов В. С. Метод классификации географических комплексов для создания оценочных карт // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. 1985. № 4. С. 28–36.
 25. Тимонин С. А., Гришина И. В., Польшин А. О. Качество жизни населения регионов России: методология исследования и результаты комплексной оценки // Современные производительные силы. От догоняющего к опережающему развитию. 2012. № 1. С. 70–84.

ОБ АВТОРАХ

Тикунов Владимир Сергеевич, доктор географических наук, профессор, заведующий Лабораторией комплексного картографирования и Лаборатории устойчивого развития территорий географического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Телефон: 8 (495) 939-13-39.

E-mail: tikunov@geogr.msu.su.

Белоусов Станислав Константинович, аспирант географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Телефон: +7-965-414-78-10.

E-mail: web-town@mail.ru.

Tikunov Vladimir Sergeyevich, Doctor of Geographical Sciences, Professor, head of the Laboratory complex mapping and sustainable development of territories, Faculty of Geography in the Lomonosov Moscow State University. Phone: 8 (495) 939-13-39.

E-mail: tikunov@geogr.msu.su.

Belousov Stanislav Konstantinovich, Postgraduate student, Department of geography, Lomonosov Moscow State University. Phone: +7-965-414-78-10. E-mail: web-town@mail.ru.

УДК 631.4 :
631.95(470.630)

**Цховребов В. С. [Tskhovrebov V. S.],
Новиков А. А. [Novikov A. A.],
Калугин Д. В. [Kalugin D. V.]**

ОСНОВНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЧВ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

The main environmental problems soil Stavropol region

Установлено, что основными экологическими проблемами почв края являются слитизация, подтопление, вторичное засоление, снижение содержания элементов питания, развитие водной и ветровой эрозии, которые распространены как в черноземной так и каштановой зонах.

Ключевые слова: черноземы, каштановые почвы, солонцы, солончаки, слитизация, подтопление, засоление.

It has been established that the major environmental problems of soil edges are slitizatsiya, waterlogging, salinization, reduction of the batteries, the development of water and wind erosion, which are prevalent in the black earth and chestnut areas.

Key words: chernozems, chestnut soils, solonetz, saline, slitizatsiya, waterlogging, salinization.

Общая площадь земель Ставропольского края составляет 6616 тыс. га. Преобладающей категорией в его составе являются земли сельскохозяйственного назначения, которые занимают более 92 % площади – 6108,5 тыс. га. Из них сельскохозяйственных угодий – 5657,1 тыс. га или 92,6 % от площади земель сельскохозяйственного назначения [1].

В структуре сельскохозяйственных угодий наибольший удельный вес принадлежит пашне – 69,5 % или 3931,3 тыс. га. Естественные кормовые угодья занимают 29,8 % или 1685,1 тыс. га [2].

Почвенный покров Ставропольского края сложен и многообразен. Ему свойственна пестрота, неоднородность и значительная комплексность совмещения зональных и интразональных почв. На уровне вида, разновидности и разряда выделено более 4500 почвенных разностей [9, 10].

Территорию Ставропольского края можно условно разделить на две почти равные почвенные зоны: западную – черноземную, занимающую 3136 тыс. га (47,4 %) и восточную – каштановую, занимающую 3480 тыс. га (52,6 %) [5].

Наиболее острыми экологическими проблемами для почв края можно считать *слитизацию, подтопление, оглеение, вторичное засоление, снижение содержания доступных форм элементов питания, развитие водной и ветровой эрозии* [14].

Естественные целинные экосистемы отличаются от агроценозов тем, что вся биологическая продукция остается на месте, минерализуется, а продукты минерализации вовлекаются в новый питательный цикл растений. Биологический круговорот веществ идет по замкнутому типу [16–18].

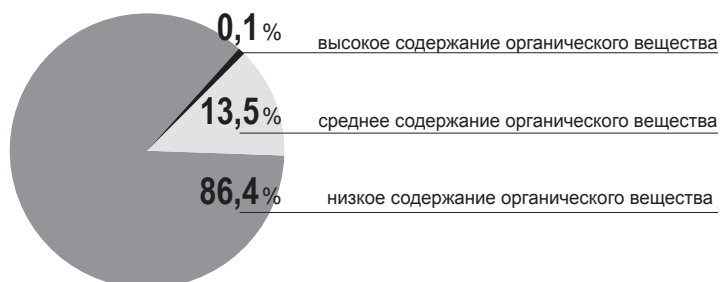
Сельскохозяйственное производство коренным образом меняет механизм функционирования природных экосистем. Прежде всего, отчуждается до 80 % от всей биологической продукции вместе с урожаем. Это приводит к разомкнутости круговорота химических элементов и изменению баланса энергии в экосистеме. Поэтому возникает постепенное обеднение пахотных угодий запасами потенциальной энергии и элементами минерального питания [15].

Современные пахотные почвы продолжают свое развитие под влиянием, в основном, одновидовых культур, 80–90 % корневой системы которых сосредоточено преимущественно в пахотном горизонте. Создавая комфортные условия для полевых культур в пахотном слое почвы, человек постепенно «отучил» их от необходимости полноценного освоения нижележащих горизонтов, чем и определил ускоренную деградацию минеральной основы пахотного горизонта [3, 6–8].

Слитизация проявляется повсеместно, на всех типах почв края и выражается появлением широких и глубоких вертикальных трещин, уплотненностью и бесструктурностью верхних горизонтов. Развитие слитизации наблюдается только на пашне. На целинных почвах этот процесс отсутствует.

В основе слитизации лежит разрушение минеральной основы почв. В основе разрушения минералов лежит их кислотный гидролиз, который осуществляют растения с целью корневого питания. В этом им еще помогают почвенные ризосферные микроорганизмы, выделения которых носят кислый характер.

В конечном итоге, среди глинистых минералов происходит перестройка в системе смектиты-гидрослоуды с накоплением гидрофильных легко набухающих монтмориллонитов. При интенсивном разрушении алюмосиликатов освобождается большое количество кремниевой кисло-



По состоянию на 01.01.2013 г. 86,4 % территории имеет низкое содержание органического вещества (рис. 1). Площадь пашни со средним содержанием составляет 13,5 % и высоким – всего 0,1 %.

Рисунок 1.

Распределение площади почв пашни края по содержанию органического вещества в слое 0–20 см [Региональный доклад, 2014].

ты, которая впоследствии полимеризуется и выступает как цементирующий материал. Эти две причины в основном вызывают слитость почвы, уплотненность, потерю структуры [11–13].

Величины плотности и пористости черноземов пашни (табл. 1) в сухой летний период становятся неудовлетворительными (более 1,35 г/см³ и менее 50 % соответственно) и значительно уступают аналогичным показателям целины.

Коэффициент структурности на целинных участках колеблется в пределах от 2 до 10 единиц и снижается на пашне в летний период до значений меньше 1. Это создает определенные трудности в качестве обработки почвы и подготовке ее к посеву сельскохозяйственных культур. Возникают проблемы с применением поверхностной, минимальной технологий обработки почв и внедрением нулевой технологии (No-Till).

Таблица 1. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ

Название почвы	Вид угодий	Периоды исследований	Плотность г/см ³	Пористость общ., %
Чернозем южный	Целина	Весна	1,19	53,3
		Лето	1,27	52,3
	Пашня	Весна	1,17	56,4
		Лето	1,38	48,5
Чернозем обыкновенный	Целина	Весна	1,22	54,2
		Лето	1,25	53,1
	Пашня	Весна	1,15	57,1
		Лето	1,42	47,0
Каштановая	Целина	Весна	1,18	52,4
		Лето	1,27	52,7
	Пашня	Весна	1,12	58,5
		Лето	1,35	48,3

В настоящее время довольно сложно складывается ситуация с обеспеченностью сельскохозяйственных угодий Ставропольского края органическим веществом. По состоянию на 01.01.2013 г. 86,4 % территории имеет низкое содержание органического вещества (рис. 1). Площадь пашни со средним содержанием составляет 13,5 % и высоким – всего 0,1 %.

Почвы таких восточных и юго-восточных районов, края как Апана-сенковский, Арзгирский, Нефтекумский, Туркменский, Благодарненский, Буденновский, Советский, Степновский, на всей площади пашни характеризуются низким содержанием органического вещества. Это преимущественно светло-каштановые и каштановые почвы.

На 90,0–99,9 % пахотные земли в Левокумском, Ипатовском, Курском, Новоселицком, Петровском, Красногвардейском и Труновском районах входят в группировку с низким содержанием органического вещества. Наиболее благоприятная ситуация по содержанию органического вещества складывается в Предгорном районе, где основную площадь пашни (83,4 %) занимают средне- и высокообеспеченные почвы. В Минераловодском и Кочубеевском районах на такие земли приходится более половины площади пашни (72,3 % и 65,9% соответственно), а в Шпаковском и Андроповском районах – половина (52,6 и 48,9 % соответственно).

Еще одной проблемой современного земледелия является *подтопление*. Развитие этого процесса на территории Центрального Предкавказья носит сугубо антропогенный характер.

За последние 45–50 лет территория Центрального Предкавказья, да и всего Северного Кавказа оказалась ареной орошения и обводнения огромных территорий. Массовое строительство современных ирригационных систем резко увеличило густоту гидрографической сети, которая в условиях края составила 0,13 км/км², а за счет орошения возросла до 0,42 км/км². Почти все районы края прорезаны магистральными и распределительными каналами. В западной части с юга на север проложен Невинномысский канал; в северной – с запада на восток – Правоегорлыкский канал с его левой ветвью; в центральной зоне – Большой Ставропольский канал; в восточной – Терско-Кумский и Кумо-Манычский каналы. Потери воды на фильтрацию и ее поступление в грунтовый сток оказались значительными. По данным В. Е. Приходько [6], КПД оросительных систем степной зоны составляет 0,5–0,6. По данным Ф. Р. Зайдельмана с соавторами [3], КПД оросительных систем и того меньше – всего 0,4 %.

Другим фактором, обеспечивающим подъем грунтовых вод, является то, что в течение последних 50 лет на территории Ростовской области, Ставропольского и Краснодарского краев было построено более 80 крупных оросительных систем и ряд огромных водохранилищ. К их числу относятся Цимлянское, Краснодарское, Пролетарское, Веселовское, Сengiлеевское, Новотроицкое, Чограйское и др. К настоящему времени длина магистральных, распределительных и оросительных каналов в регионе составляет более 70 тыс. км.

Кроме водохранилищ, на степных реках созданы тысячи прудов и водоемов суточного накопления воды. По данным И. В. Семенцова [8], общее число прудов, их суммарный объем воды и площадь водного зеркала составила соответственно: в Ростовской области – 2400 прудов, 0,38 млрд м³ и 135 км²; в Краснодарском крае – 1500 прудов, 0,71 млрд м³ и 530 км²; в Ставропольском крае – 645 прудов, 0,14 млрд м³ и 62 км². Общая площадь, занятая прудами, составила 72,7 тыс. га, а суммарный объем воды – 1,17 млрд м³. Пруды и водохранилища, как и большинство каналов, сделаны в земляном ложе и через них круглосуточно осуществляется инфильтрация воды в фунтовый поток.

Существенную роль в подъеме грунтовых вод играет и переброска почти трети стока рек Дона и Кубани, естественных артерий Азовского

морского бассейна, в засушливые Донецко-Донскую, Сало-Маньчскую и Терско-Кумскую низменности и в Каспийский бассейн. Из бассейна Азовского моря изъято и переброшено в бассейн Каспия более 150 млрд м³ воды. Это почти половина общего объема воды Азовского моря, который равен 320 км³. Значительная часть фильтрационных потерь на мелиоративных системах сначала заполнила зону аэрации почвогрунтов, обогатилась водорастворимыми солями и затем также двинулась в область разгрузки – Каспийское море.

До начала обводнения и орошения земель в крае грунтовые воды в равнинной части в балках и поймах рек залегали на глубинах от 7 до 15 м, а на водораздельных пространствах – до 50–70 м. В настоящее время грунтовые воды практически полностью заполнили зону аэрации и местами достигали отметки выше 3 м от поверхности почвы. Около 2 млн га. в крае имеют гироморфный тип водного режима. Площадь почв с критическим уровнем залегания грунтовых вод составила 249,8 тыс. га, что составляет 4,4 % от площади сельскохозяйственных угодий. Из переувлажненных земель 17,5 тыс. га заболочено (табл. 2).

Наиболее подтопленными оказались такие районы как Александровский, Красногвардейский, Изобильненский, Георгиевский, Минераловодский.

В условиях подтопления почв и увеличения их влажности выше предельной полевой влагоемкости развиваются процессы *глееобразования*. По утверждению Ф. Р. Зайделя [4] для его проявления необходимо и достаточно наличие и действие следующих трех факторов: органического вещества, способного к сбраживанию, переувлажнения и гетеротрофной анаэробной микрофлоры. Как нельзя лучше это подходит к подтопленным черноземным почвам, богатым органическим веществом.

Одной из проблем края является засоление почв. Масштаб этой проблемы не является катастрофическим, но все же она присутствует.

В сельскохозяйственных угодьях края выявлено 1 333 тыс. га засоленных почв. Наибольшее распространение засоленные почвы получили на территории сельхозугодий в Левокумском, Нефтекумском, Андроповском и Апанасенковском районах, где их удельный вес от общей площади почв в крае равен соответственно 12,9; 12,8; 11,4 и 10,4 % (табл. 2). Засоление в Апанасенковском, Левокумском и Нефтекумском районах вызваны засоленностью исходной материнской породы и подъемом солевой подушки при подъеме уровня грунтовых вод на орошении. В Андропов-

Таблица 2. ПЛОЩАДЬ ПОДТОПЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Административные районы	Всего земель, га	в том числе	
		с уровнем грунтовых вод выше 3 м	% от общей площади
Зона черноземов южных			
Александровский	181146	91200	50,3
Новоселицкий	157650	33600	21,3
Петровский	242738	23600	9,7
Грачевский	153725	41500	30,0
Красногвардейский	202229	103400	51,1
Труновский	157368	64400	40,9
Зона черноземов обыкновенных			
Изобильненский	165299	91010	55,1
Кочубеевский	205695	25500	12,4
Новоалександровский	179663	32400	18,0
Шпаковский	212572	38900	18,3
Георгиевский	165116	89500	54,2
Кировский	122960	24100	19,6
Зона черноземов солонцеватых			
Андроповский	211855	89200	42,1
Минераловодский	128257	86600	67,5

ском районе засоление носит природный характер. Почвы района сформированы преимущественно на изначально засоленных породах морского генезиса майкопского яруса.

Наименьшее распространение засоленные почвы получили в Новоалександровском (0,1 %), Новоселицком (0,5 %), Благодарненском (0,6 %) и Курском (0,9 %) районах.

Все сенокосы Апанасенковского и Левокумского районов расположены на засоленных землях, 94,6 % в Петровском, 51,5 % – Кочубеевском, 43,2 % – Нефтекумском, 19,2 % – Андроповском районах.

На засоленных пахотных землях ущерб только от снижения урожайности сельскохозяйственных культур ежегодно в среднем по краю составляет 5,2–11,1 млн руб. (в пересчете на условные зерновые единицы). При этом не учтены экологические аспекты, связанные со степенью деградации земель.

В последнее время активно развиваются процессы *эрозии*. По данным Е. И. Рябова [7], потери почвы в границах Ставропольского края от пыльных бурь составляют 60–265 млн тонн. Местами наблюдается выдувание всего пахотного горизонта. Система земледелия и землеустройства хозяйств ведется зачастую без учета почвенных и геоморфологических условий. Распаханы целинные земли на сложных участках рельефа с крутизной склонов до 6° и более. Это приводит к смыву почвы и обнажению иллювиального горизонта, а местами и почвообразующей породы.

Особенно активно процессы водной эрозии протекают на участках сложного рельефа с уклоном более 2-х градусов. Как оказалось территория Ставропольской возвышенности и ее отрогов склонна к проявлению эрозионных процессов. Более 1 млн га или 27% от общей площади расположены на уклонах от 2-х до 5-ти градусов. 162 558 га или 4,5% находятся на особо опасных участках с крутизной склона от 5-ти до 10%.

По утверждению Е. И. Рябова [7] дефляция и эрозия являются главными факторами дегумификации почв.

В настоящее время площадь эродированных земель составляет 1671 тыс. га или 31,7% от площади сельскохозяйственных угодий. Наибольшую площадь в составе эродированных земель занимают почвы, подверженные водной эрозии – 914 тыс. га или 16,2% от площади сельхозугодий. Дефлированных почв – 13,3%, что составляет 754 тыс. га. Совместное проявление процессов водной и ветровой эрозии выявлено на площади 123 тыс. га, то есть на 2,2% площади сельхозугодий.

Наиболее сильно процессы ветровой эрозии развиты в районах востока края и в зоне Армавирского ветрового коридора. Водная эрозия получила развитие в районах расположенных на Ставропольской возвышенности и ее отрогах.

На пашне происходит значительное *снижение содержания доступных форм элементов питания*. Только в содержании подвижного фосфора в последнее время наблюдается увеличение за счет внесения удобрений. По обменному калию наши почвы можно считать в основном обеспеченными. Средняя величина по краю составляет 371 мг/кг. Такая обеспеченность считается повышенной.

Вызывает беспокойство содержание подвижной серы. По этому элементу питания почвы можно считать как низкообеспеченные (менее 6 мг/кг). Имеются данные [16] свидетельствующие о том, что еще 20 лет назад содержание серы в черноземах было в 1,5–2 раза выше и они классифицировались как средне- и высокообеспеченные. Такое резкое изменение в этом показателе обусловлено постоянным выносом элемента питания из почвы и отчуждением вместе с урожаем. Вызванное обеднение способствует снижению качества получаемой продукции, т.к. сера обуславливает количество формируемого белка в растениях.

Еще один фактор, который отвечает за качество получаемой продукции, является содержание микроэлементов. Только по содержанию подвижного бора наши почвы можно считать высокообеспеченными.

Содержание подвижного марганца в основном низкое за исключением Александровского, Новоселицкого, Георгиевского Кировского и Предгорного районов. Есть площади пашни со средним и даже высоким содержанием. По меди, цинку и кобальту от 97 до 100 % площадей имеют низкую обеспеченность.

Микроэлементы играют важную роль в формировании количества и особенно качества урожая. Являясь составной частью сложных ферментов они контролируют ход метаболических процессов и отвечают за синтез сложной органической материи, в том числе и белковой части. Количество микроэлементов терпит неуклонное снижение в условиях агроценозов. Для получения качественного урожая необходимо этот дефицит устранить.

Мы помним, что еще начале 80-х годов получали урожай в основном сильной и ценной озимой пшеницы. При планировании получения урожая высокого качества необходимо учитывать этот фактор и приобретать новые серосодержащие удобрения.

Мы забыли, когда получали сильное и ценное зерно. Еще в конце 70-х и начале 80-х годов большая часть продукция озимой пшеницы шла первого и второго класса. Содержание клейковины в зерне составляло более 30 % и нередко поднималось до 40 %. Третьего класса было мало. Сейчас получаем, в основном, четвертый класс и фураж.

Внесением удобрений данную ситуацию не поправить. Нужны более радикальные меры, связанные с обновлением минеральной основы почв.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дубина В. В., Шабалдас О. Г., Желтопузов В. Н. Зависимость урожайности и качества озимого ячменя от условий возделывания // Вестник АПК Ставрополя. 2012.
2. Есаулко А. Н., Гречишкина Ю. А., Подколзин О. А. Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного под влиянием оптимизации систем удобрений в севообороте // Проблемы агрохимии и экологии. 2009. № 1. С. 3–7.
3. Зайдельман Ф. Р., Давыдова И. О. Причины ухудшения химических и физических свойств черноземов при орошении неминерализованными водами // Почвоведение. 1989. № 11. С. 101–108.
4. Зайдельман Ф. Р. Подзоло- и глееобразование. М.: Наука, 1974. 208 с.
5. Новиков А. А. Генетические особенности и агроэкологический мониторинг черноземов солонцевато-слитых развитых на элювии майкопских глин Центрального Предкавказья: автореф. дис. ... канд. сель.-хоз. наук. Краснодар, 2003.
6. Приходько В. Е. Орошаемые степные почвы: функционирование, экология, продуктивность. М.: Интеллект, 1996. 168 с.
7. Рябов Е. И. Ветровая эрозия почв (дефляция) и меры ее предотвращения. Ставропольское кн. изд-во. Ставрополь, 1996. 285 с.
8. Семенцов И. В. Пруды / Природные условия и естественные ресурсы. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ГУ, 1986. С. 170–174.
9. Слюсарев В. Н., Осипов А. В., Каркус Н. Б. Сравнительная характеристика физико-химических свойств чернозема выщелоченного Западного Предкавказья в системе агроэкологического мониторинга // Тр. Кубанского ГАУ. Вып. № 4(31). Краснодар: КубГАУ. 2011. С. 168–171.
10. Терпелец В. И., Власенко В. П., Коробской Н. Ф. Влияние сочетания факторов на развитие деградационных процессов в гидрометаморфизованных почвах // Труды КГАУ. Вып. № 2 (35). Краснодар: КубГАУ, 2012.
11. Терпелец В. И., Власенко В. П., Осипов А. В. Современные почвообразовательные процессы в гидрометаморфизованных почвах Западного Предкавказья // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 5 (38).
12. Трухачев В. И., Воронин М. А., Ключин П. В. Мониторинг агроландшафтов Грачевского района Ставропольского края // Успехи современного естествознания. 2004. № 1. С. 108–110.
13. Трухачев В. И., Воронин М. А., Ключин П. В. Основные причины деградации почв Труновского района Ставропольского края // Успехи современного естествознания. 2004. № 1. С. 110–112.
14. Фаизова В. И., Никифорова А. М., Чистоглядова Л. Ю., Лысенко В. Я., Оганесова О. А. Сезонная динамика численности микроорганизмов в черноземе обыкновенном целины и пашни // Вестник АПК Ставрополя. 2013. № 1. С. 115–118.

15. Фаизова В. И., Губа Ю. В. Мониторинг плодородия почв Петровского района Ставропольского края // Приволжский научный вестник. 2013. №3. С. 40–42
16. Цховребов В. С. Изменения в составе живого вещества черноземов солонцеватых при сельскохозяйственном использовании // Вестник СГУ. №1. Ставрополь, 2004.
17. Цховребов В. С., Новиков А. А., Фаизова В. И., Калугин Д. В., Никифорова А. М. Теоретические предпосылки развития слитизации черноземов Центрального Предкавказья и ее последствия // Вестник АПК Ставрополя. 2013. № 1 (9). С. 119–122.
18. Швец Т. В. Современная оценка плодородия почв в агроэкологическом мониторинге низменно-западного агроландшафта агроэкологического мониторинга // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2009. №3. С. 125–136.

ОБ АВТОРАХ

Цховребов Валерий Сергеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения Ставропольского государственного аграрного университета. Телефон: 8(906)478–02–07. E-mail: tshovrebov@mail.ru.

Новиков Андрей Анатольевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры почвоведения Ставропольского государственного аграрного университета. Телефон: 8 (962)455–25–01. E-mail: stavpochvoved@yandex.ru.

Калугин Дмитрий Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры почвоведения Ставропольского государственного аграрного университета. Телефон: 8 (918)861–25–26. E-mail: stavpochvoved@yandex.ru.

Tskhovrebov Valery Sergeevich, Doctor of Agricultural Sciences, professor, Head of the Department of Soil Science Stavropol State Agrarian university. Phone: 8 (906) 478–02–07.

E-mail: e-mail:tshovrebov@mail.ru.

NovikovAndrey Anatolevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Soil Science Stavropol State Agrarian university. Phone: 8 (962) 455–25–01.

E-mail: stavpochvoved@yandex.ru.

Kalugin Dmitry Vasilevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor Department of Soil Science Stavropol State Agrarian university. Phone: 8(918)861–25–26.

E-mail: stavpochvoved@yandex.ru.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

«НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ», №4, 2014

УДК 612.176.2

Бутова О. А. [Butova O. A.],
Чурсина А. В. [Chursina A. V.]

КОНТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ КАРДИОРИТМОМ ОРГАНИЗМА ДЕВУШЕК Г. СТАВРОПОЛЯ ПРИ АТОПИЧЕСКОМ ДЕРМАТИТЕ

The control loop cardiorhythm organism of girls with atopic dermatitis in Stavropol

В условиях физиологического покоя при атопическом дерматите ведущим в регуляции кардиоритма является 3-й уровень центрального контура, характеризующий доминирование симпатической модуляции, выполнение нагрузочной пробы обуславливает подключение 2-го уровня центрального контура, указывающего на церебральные эрготропные влияния и психоэмоциональное напряжение.

Ключевые слова: атопический дерматит; спектральный анализ кардиоритма; автономный контур, уровни центрального контура регуляции сердечного ритма.

At the conditions of physiological dormancy with atopic dermatitis in the regulation of heart rate leading is the 3rd level of the central loop, characterized by the dominance of the sympathetic modulation performance of stress test results in connection 2nd level of the central loop, indicating cerebral ergotrop influence and emotional stress.

Key words: atopic dermatitis; spectral analysis cardiorhythm; independent contour, levels of the central contour of heart rate regulation.

Одной из актуальных проблем классической и клинической физиологии является исследование механизмов функционирования систем жизнеобеспечения при измененном иммунологическом статусе. Атопический дерматит представляет собой полиэтиологическое хроническое аллергическое заболевание кожи, развивающееся у людей с наследственной предрасположенностью и нередко трансформирующееся в тяжелые хронические формы [1, 3, 6]. Анализ научной литературы, посвященной изучению механизмов, лежащих в основе развития атопического дерматита [7], обусловил проведение настоящего исследования по оценке механизмов регуляции сердечного ритма на фоне активации гуморального звена иммунной системы. Как известно, вариабельность сердечного ритма характеризует степень напряжения сердечнососудистой системы, ме-

ханизмы регуляции которой отражают сложную иерархически организованную систему, в которой доминирующая роль автономного и различных уровней центрального контуров, определяется текущими потребностями организма [2, 4, 5]. В аспекте указанного анализ спектральной плотности кардиоритма объективно выявляет степень напряжения регуляторных механизмов и резервные возможности сердечнососудистой системы.

Целью проведенного исследования являлся анализ спектральной плотности мощности колебаний ритма сердца у девушек с установленным диагнозом atopический дерматит.

В исследовании приняли участие 66 девушек, являющихся студентами института живых систем ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет» (СКФУ) в юношеском периоде онтогенеза (средний возраст $18,9 \pm 1,1$ лет). В контрольную группу вошли 39 девушек без иммунологических изменений, во вторую группу 27 девушек с atopическим дерматитом, находящиеся в аллергологическом отделении детской городской клинической больницы им. Г. К. Филиппского города Ставрополя, объективными критериями для включения в исследование служили: клинически установленный диагноз и диапазон уровней IgE (0–100 кЕ/л) у девушек первой группы и (180–14000 кЕ/л) у девушек второй группы. Обследование проводилось после подписания информированного добровольного согласия на проведение исследования родителями пациента.

Анализ ритма сердца с использованием метода вариационной пульсометрии был проведен на базе лаборатории патологической физиологии кафедры анатомии и физиологии СКФУ на диагностическом приборе «Варикард 2.5», позволяющем исследовать характер распределения кардиоинтервалов, как случайных величин в исследуемом ряду их значений. Статистическая обработка материала осуществлена при помощи пакета анализа Microsoft Office Excel 2003.

Анализ параметров спектральной плотности мощности колебаний кардиоритма установил, ведущую роль автономного контура в регуляции кардиоритма у девушек без аллергической патологии, что подтверждается доминированием высокочастотных волн – High Frequency (HF – волны) в общем спектре кардиоритма (табл. 1). Выполнение нагрузочной пробы девушками первой группы привело к снижению роли автономного контура регуляции (HF – волны), за счет возрастания роли третьего – Low Frequency (LF-волны) и второго – Very Low Frequency (VLF-волны) уровней центрального контура регуляции. В условиях физиологического

покоя у девушек с атопическим дерматитом выявлено возрастание симпатической модуляции на фоне сохранения вагусных воздействий. Выполнение нагрузочной пробы девушками с атопическим дерматитом выявило достоверное снижение роли автономного контура за счет возрастания роли третьего (LF-волны), второго (VLF-волны) и первого (ULF-волны) уровней центрального контура регуляции кардиоритма.

Таким образом, в юношеском периоде онтогенеза в условиях физиологического покоя регуляция кардиоритма девушек без аллергопатологии находится под контролем рабочих структур: синусовый узел, n. vagus и их ядра продолговатого мозга (парасимпатический контур). В организме девушек при атопическом дерматите к регуляции кардиоритма наряду со структурами парасимпатического контура подключается вазомоторный центр продолговатого мозга, осуществляющий афферентный синтез и посылающий в сосудистую систему эфферентную импульсацию (симпатический контур).

Таблица 1. ПАРАМЕТРЫ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ КОЛЕБАНИЙ КАРДИОРИТМА

Группы				TP, мс²	HF, мс²	LF, мс²	VLF, мс²	ULF, мс²	
КЛИНО-ОРТОПОЛОЖЕНИЕ	Девушки - контроль	I	КЛИНО	3942,1	1898,4	1105,2	540,9	397,7	
				±	±	±	±	±	
				131,70	94,62	124,83	53,02	32,58	
		ОРТО	3703,5	1354,1	1590,1	630,9	128,3		
			±	±	±	±	±		
			189,77	96,34	78,34	65,73	12,46		
	Девушки—атопический дерматит	P		>0,5	<0,001	<0,01	>0,5	<0,001	
			II	КЛИНО	3581,8	1495,3	1407,5	399,8	279,1
					±	±	±	±	±
		135,16			77,25	100,04	21,63	19,22	
		ОРТО	4330,8	986,2	1964,7	891,4	488,6		
			±	±	±	±	±		
141,52	71,30		85,48	24,08	20,53				
P		<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001			
	P1		>0,5	<0,01	>0,5	>0,5	<0,01		
		P2		<0,01	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	

Примечание: P – уровни достоверности различий в клино-ортоположении в каждой группе
P1 – уровень достоверности различий в клиноположении между I- II группами
P2 – уровень достоверности различий в ортоположении между I- II группами

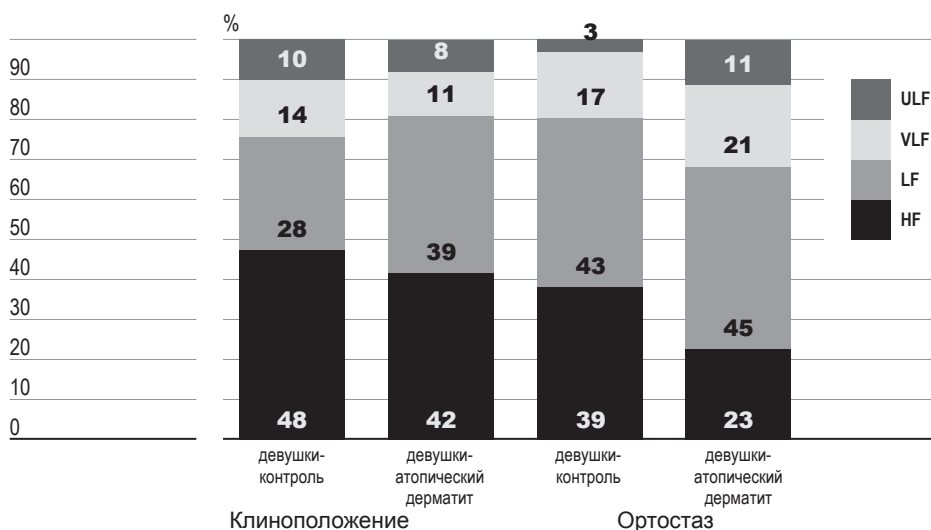


Рисунок 1. Спектральный анализ кардиоритма в клиноположении и ортостазе.

Индивидуальный анализ спектральной плотности мощности колебаний кардиоритма девушек без аллергической патологии выявил в условиях физиологического покоя ведущую роль автономного контура регуляции. Также в организме девушек с atopическим дерматитом в условиях физиологического покоя на фоне сохраненных вагусных воздействий выявляется и роль симпатической модуляции – 3-й уровень центрального контура (рис. 1).

При выполнении нагрузочной пробы в организме девушек первой группы к регуляторной функции автономного контура подключается и 3-й уровень центрального контура, характеризующий внутрисистемный гомеостаз единой кардиореспираторной системы. Функциональная нагрузка обусловила в организме девушек второй группы активацию гипоталамо-гипофизарной системы (2-й уровень центрального контура) при сохранении симпатической модуляции кардиоритма.

С позиции классической физиологии определенный научный интерес представляет анализ динамики изменения роли контуров регуляции функциональной системы кровообращения. Так, у девушек без аллергической патологии при переходе из горизонтального (клиноположение) в вертикальное (ортостаз) положения выявлено снижение вагусных влияний с 48 % до 39 % за счет возрастания симпатической модуляции с 28 %

до 43 % и активации гипоталамо-гипофизарной системы с 14 % до 17 %. Указанное свидетельствует об адекватной реакции регуляторных аппаратов сердечнососудистой системы на функциональную нагрузку. В организме девушек с атопическим дерматитом выявленная закономерность подтверждается, но при этом степень снижения вагусных воздействий и возрастания симпатических влияний и активации гипоталамо-гипофизарной системы значительно больше, что указывает на определенную степень «напряжения» регуляторных механизмов сердечнососудистой системы. Еще одним аргументом, подтверждающим напряжение регуляторных механизмов является увеличение с 8 % до 11 % роли корковых механизмов регуляции в организме девушек с измененным иммунологическим статусом.

Таким образом, с позиции «цены» адаптации организма к имеющейся аллергической патологии в юношеском периоде онтогенеза, выявленная доминирующая роль контуров управления кардиоритмом, обусловлена как текущими потребностями организма так и, возможно, активацией гуморального звена иммунитета.

Справедливо полагать что при атопическом дерматите на фоне экспрессивных изменений гуморального звена иммунитета (увеличение фракции иммуноглобулина Е) происходит повышение активности гипоталамо – гипофизарной системы и функционального состояния коры головного мозга в регуляции кардиоритма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белан Э. Б., Гавриков Л. К., Касьянова А. С., Хлынова Н. А., Садчикова Т. Л., Гутов М. В. Атопический дерматит у детей: пре- и перинатальные факторы риска // Российский аллергологический журнал. 2012. № 2. С. 19-22.
2. Бокерия Л.А., Лищук В.А., Газизова Д.Ш., Сазыкина Л.В., Соболев А.В., Махмудова А.Н., Неджепов М. Б., Дракина О. В. Концепция регуляции сердечно-сосудистой системы – от управления функциями к согласованию возможностей // Клиническая физиология кровообращения: журнал. 2013. № 1. С. 24–34.
3. Попова И. В., Макарова В. И., Ляпунова Е. В., Копалин А. К., Черноземов В. Г. Распространение аллергических заболеваний у детей в северном и центральном регионах европейской части России // Экология человека. 2013. № 7. С. 40–43.
4. Псеунок А. А. Механизмы адаптации // Успехи современного естествознания. 2008. № 4. С. 32–33.

5. Сарыг С. К. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у студентов Тувинского государственного университета // Вестник Естественные и сельскохозяйственные науки. 2014. № 2. С. 86–90.
6. Супрун И. М., Макарова В. И. Распространенность аллергических заболеваний у детей в северном и центральном регионах европейской части России / И.В. Попова [и др.] // Экология человека. 2013. № 7. С. 40–43.
7. Торопова Н. П., Сорокина К. Н. Атопический дерматит и бронхиальная астма у детей: роль нейровертебральных и гемокоагуляционных нарушений в патогенезе заболеваний // Аллергология и иммунология в педиатрии. 2011. № 1. С. 26–33.

ОБ АВТОРАХ

Бутова Ольга Алексеевна, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии и физиологии Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8 (8652) 353-465, 8-928-304-43-67.

E-mail: olga_butova@mail.ru.

Чурсина Анастасия Викторовна, аспирант кафедры анатомии и физиологии Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: 8-938-347-75-05. E-mail: chursina.88@mail.ru

Butova Olga Alekseevna, Professor, Head of the anatomy and physiology of the North Caucasus Federal University. Phone: 8 (8652) 353-465, 8-928-304-43-67. E-mail: olga_butova@mail.ru.

Chursina Anastasia Viktorovna, postgraduate student of the department of anatomy and physiology of the North Caucasus Federal University. Phone: 8-938-347-75-05. E-mail: chursina.88@mail.ru.

УДК 576.89.001

Дементьев М.С. [Dementev M. S.]

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ СЛЕПНЕЙ
(DIPTERA, TABANIDAE)
ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ
И ПРИЛЕГАЮЩИХ ГОРНЫХ
ТЕРРИТОРИЙ**

**Biodiversity horseflies (tabanidae)
Ciscaucasia Central
and adjacent mountain areas**

Проведен обзор слепней Центрального Предкавказья и прилегающих горных территорий. Всего обнаружено около 60 видов из 9 родов. Было установлено, что большинство видов развивается во влажной среде, но в малой доступности для большинства рыб. Предположено, что это одно из эволюционных приспособлений, которое обеспечивает значительное биологическое разнообразие и высокую численность этой группы насекомых. В этой связи необходим поиск щадящих природу методов уничтожения этих опасных насекомых.

Ключевые слова: Предкавказье, слепни, роды, виды, биотопы, распространение.

A review of horseflies is found in central Ciscaucasia and adjacent mountain areas. Total found is over 60 species of 9 genera. It was found that most of the species develops in a moist environment, but low availability for most fish. It is suggested that one of the evolutionary adaptations that provides significant biological diversity and high numbers of this group of insects. It is regarded to search for ways to destroy the benign nature of these dangerous insects.

Key words: Ciscaucasia, Ante, horseflies, genus, species, habitats, distribution.

В настоящее время проводится подведение итогов почти тридцатилетних гидробиологических исследований водоемов Центрального Предкавказья и прилегающих к нему горных территорий. Основная целевая направленность работ – рыбоводство. Под гидробиологическим контролем находилось более 50 рыбоводных хозяйств и множество водоемов, где осуществлялось рыболовство. По итогам этих исследований составлены списки видов водных животных изучаемого региона, в том числе важных в паразитарном отношении [5]. Это дигенетические сосальщики (284 вида), аспидогастриды (2 вида), ленточные черви (53 вида), моногенетические сосальщики (120 видов), скребни (40 видов), паразитические коловратки (8 видов), пиявки (не менее 19 видов), паразитичес-

кие веслоногие раки (18 видов), карповые вши (2 вида), водные клещи (91 вид), короткоусые двукрылые насекомые (304 вида), длинноусые двукрылые насекомые (не менее 380 видов) и некоторые другие. Конкретные данные по каждой группе этих животных будут опубликованы отдельно.

В данной работе впервые в регионе представлен обзор насекомых из семейства Tabanidae (слепни) подотряда короткоусые двукрылые (Brachycera). Они являются переносчиками опасных заболеваний: сибирской язвы, туляремии, трипаносомозов, филяриозов – болезней крупного рогатого скота, верблюдов, лошадей и человека. С другой практической точки зрения личинки слепней, а частично и взрослые насекомые служат пищей рыб, а поэтому их учитывают в рыбоводной практике. Кроме того, большинство имаго этих насекомых забивают сетчатые фильтры рыбоводных аппаратов (капроновое сито темно-коричневого цвета, по которому постоянно протекает вода). Все эти обстоятельства определили актуальность изучения биоразнообразия слепней в регионе.

Исследования проводили в период с 1985 по 2012 годы в инкубационных цехах рыбоводных хозяйств и на различных водоемах, начиная с районов полупустынь Кумо-Манычской впадины до высокогорья Приэльбрусья и Западного Кавказа. Горные районы обследовали в связи с поиском мест для строительства форелевых хозяйств и изучением высокогорных озер и ручьев. Так или иначе, но исследованиями были охвачены территории Ставропольского края, Карачаево-Черкессии, Кабардино-Балкарии, Северной Осетии, Калмыкии, Ингушетии и Чечни (рисунок 1).

Личинок слепней преимущественно обнаруживали в пробах бентоса различных водоемов. Видовую принадлежность слепней определяли чаще по имаго, реже по их личинкам, первоначально по рекомендациям Н. Г. Олсуфьева [6], а затем и Р. В. Андреевой [1, 2]. Имаго слепней также определяли за рамками официальных гидробиологических работ, а именно в период полевых практик студентов.

За прошедший период систематика насекомых многократно дорабатывалась, а поэтому к настоящему времени выявились существенные различия в национальной и международной номенклатурной практике. С целью облегчения международного цитирования номенклатурное название и систематическое положение каждого отдельного вида приводилось к принятой в международной практике [3,7] как международное *nomen validum*.

Было установлено, что в изучаемом регионе их встречено менее 60 видов. Учитывая многообразие биотопов изучаемого региона, это говорит,



Рис. 1. Центральное Предкавказье с основными рыболовными базами наблюдений.

о том, что в действительности фауна этих мух может быть значительней. Для примера, только в Грузии, преимущественно горной стране отмечается не менее 68 видов слепней [4]. Это связано с тем, что в наших исследованиях преимущественно отмечались виды связанные непосредственно с водой.

Первым к описанию представлен род *Atylotus* Osten-Sacken, 1876 (светлоглазые слепни), представители которого обнаруживали не часто,

спорадически. Эта группа мух в основном встречается в степной части региона – *A. fulvus* Meigen, 1804 (слепень рыжий) и *A. rusticus* Linnaeus, 1761 (слепень полевой). В районе солоноватых водоемов Кумо-Манычской впадины в полупустых биотопах и близлежащих степных ландшафтах встречаются также *A. quadrifarius* Loew, 1874 (слепень четырехполосый) и *A. flavoguttatus* Szilady, 1915 (слепень украшенный). Последний вид наиболее привержен к посещению сетных фильтров рыбоводных аппаратов. *A. loewianus* Villeneuve, 1920 (слепень Лёва) приурочен к южной степной части региона, но проникает и в лесную часть предгорья и низкогорья.

Из рода *Chrysops* Meigen, 1803 (пестряки или златоглазики) в личиночном состоянии нами в степной и лесной части низкогорья было отмечен только один вид – *Ch. caecutiens* Linnaeus 1758 (златоглазик ослепляющий или пестряк лесной), который был обычен в период инкубации карпа (май – июнь). К завершению инкубационного периода (конец июня – начало июля) и только в стадии имаго в степной части региона было отмечено еще три вида этого рода: *Ch. flavipes* Meigen, 1804 (слепень златоглазик или пестряк желтоногий), *Ch. relictus* Meigen, 1820 (златоглазик или пестряк обыкновенный) и *Ch. viduatus* Fabricius, 1794 (пестряк украшенный). *Ch. rufipes* Meigen, 1820 (пестряк красноногий) встречался в самой северной части региона в районе реки Западный Маныч. Личинок этих всех последних слепней в наших исследованиях в бентосе водоемов встречено не было.

Обычны были в регионе дождевки – *Haematopota* Meigen, 1803. Однако водные личинки были встречены лишь у одного редкого вида в лесной части гор – *H. scutellata* Olsufjev, Moucha et Chvála, 1964 (дождевка горная). При этом представительство других видов этого рода, личинки которых не развиваются непосредственно в воде, было более заметным. В предгорьях и горах это *H. crassicornis* Wahlberg 1848 (дождевка черноусая). В предгорьях и степях не редко встречалась дождевка обыкновенная – *H. pluvialis* Linnaeus, 1758. Изредка в июле в районе Сенгелеевского инкубационного цеха беспокойство вызывала *H. grandis* Meigen, 1820 (дождевка большая). В полупустыне и степи (июнь и июль) отмечены *H. pallens* Loew, 1871 (дождевка бледная) и *H. pallidula* Kroeber, 1922 (дождевка ранняя). В предгорной степной и низкогорной лесной части региона были отмечены *H. subcylindrica* Pandelle, 1883 (дождевка светлая) и *H. turkestanica* Kroeber, 1922 (дождевка туркестанская).

В составе типичных слепней в регионе был представлен род *Hybomitra* Enderlein, 1922. В равнинной степной части изучаемого региона в составе бентоса были встречены личинки редких видов: *H. acuminata* Loew, 1858 (слепень остробрюхий) и *H. ciureai* Seguy, 1937 (слепень узколобый). Имаго этих видов встречались обычно в период инкубации (май – июнь). В бентосе севера степной и в полупустынных частях изучаемого региона отмечены личинки *H. erberi* Brauer, 1880 (слепень Эрбера), *H. expollicata* Pandelle, 1883 (слепень чернополосый) и *H. peculiaris* Szilady, 1914 (слепень плавневый). Их имаго появлялись к концу инкубационного периода (конец июня – начало июля). *H. sareptana* Szilady, 1914 (слепень сарептский) в виде личинок и имаго встречался в этой части региона редко, но на сетных фильтрах взрослые особи находили уже с мая месяца. Только в виде имаго в этой части региона иногда встречался *H. muehlfeldi* Brauer, 1880 (слепень Мюльфельда). В районе горных заболоченностей были встречены личинки *H. caucasica* Enderlein, 1925 (слепень кавказский). Другие виды слепней этого рода изредка встречались только в состоянии имаго в лесах низкогорья *H. bimaculata* Macquart, 1826 (слепень полуденный) и *H. morgani* Surcouf, 1912 (слепень Моргана), а также в лесостепи предгорья *H. distinguenda* Verrall, 1909 (слепень лесной).

К наиболее типичным представителям слепней изучаемого региона относятся мухи рода *Tabanus* Linnaeus, 1758. В самой северной части региона, чаще в полупустынной зоне встречается *T. brunneocalosus* Olsufjev, 1936 (слепень такырный), имаго которого чаще всего был замечен на сетчатых фильтрах инкубационного оборудования (май – июнь). Там же изредка встречается *T. sabuletorum* Loew, 1874 (слепень песчаный).

В степной и лесостепной части региона в мелководных водоемах и заболоченностях чаще всего встречаются личинки и имаго следующих видов: *T. autumnalis* Linnaeus, 1761 (слепень серый большой), *T. bovinus* Linnaeus, 1758 (слепень бычий) и *T. spectabilis* Loew, 1858 (слепень двухполосый).

К переходному виду, преобладающему в предгорьях, но присутствующим в летние месяцы, как в горах, так и степи следует отнести редкого *T. cordiger* Meigen 1820 (слепень широколобый), личинки которого обнаруживаются под речными камнями. Сходное распространение в летнее время имеют также другие оводы этого рода, личинки которых в водоемах нами не обнаружены: обычные *T. bromius* Linnaeus, 1758 (слепень серый) и *T. tergestinus* Egger, 1859 (слепень приметный или трехполосый), а также

редкие *T. glaucopsis* Meigen, 1820 (слепень поздний) и *T. miki* Brauer, 1880 (слепень Мика).

Не часто водные личинки встречаются в летнее время у типичных слепней распространенных в горной и реже в предгорной местности. Это: *T. hauseri* Olsufjev, 1967 (слепень Гаузера), *T. indrae* Hauser, 1939 (слепень белополосый), *T. leleani* Austen, 1920 (слепень Лелеана), *T. rupium* Brauer, 1880 (слепень скалистый), *T. subparadoxus* Olsufjev, 1941 (слепень сумеречный) и обычный *T. unifasciatus* Loew, 1858 (слепень однополосый). Но и здесь встречаются виды, развитие личинок которых не связано непосредственно с водоемами: обычные *T. bifarius* Loew, 1858 (слепень южный) и *T. caucasicus* Krober, 1925 (слепень горно-лесной), а также редкие *T. maculicornis* Zetterstedt, 1842 (слепень тёмно-серый или черно-серый) и *T. quatuornotatus* Meigen, 1820 (слепень четырёхточечный).

Также в водоемах развиваются личинки оводов рода *Nemorius* Rondani, 1856 – *N. vitripennis* Meigen, 1820 (сильвий бесцветнокрылый). Это среднелетний горностепной вид с неустоявшейся валидностью. Встречаемость единичная, чаще в местах обитания ручьевой форели.

Систематически близки к последнему представители рода *Silvius* Meigen, 1820. Это степные, предгорные и горные виды *S. alpinus* Scopoli, 1763 (сильвий золотистый) и *S. latifrons* Olsufjev, 1937 (сильвий широколобый), встречающийся в июле и августе.

К обычным горным видам относятся представители рода *Philipomyia* Olsufjev, 1964 – *Ph. aprica* Meigen, 1820 (слепень теплолюбивый) и *Ph. rohdendorfi* Olsufjev, 1937 (слепень Родендорфа). Встречаются они там в самое теплое время – в июле и августе.

Реже в предгорье и горах в июне – августе встречаются представители рода *Therioplectes* Zeller, 1842 – *Th. tricolor* Zeller 1842 (слепень шмелевидный трёхцветный).

Таким образом, в соответствии с поставленной целью было установлено, что оводы в действительности не имеют существенного значения в питании рыб. Их личинки чаще всего развиваются, практически всегда в присутствии воды (за редким исключением), но в местах не доступных рыбам – безрыбных мелководных водоемах, в почве берегов, супралиторали водоемов, в каменных хаосах, растительных наносах, а то и, вообще, вдали от водоемов. Замечено, что в подобных биотопах хищная фауна опасная для оводов, вообще, представлена недостаточно. Можно предположить, что оводы одни из многочисленных насекомых в целом

связанных с водой, которые в процессе эволюции ушли из-под пищевого пресса рыб. Возможно поэтому, столь небольшая узко специализированная группа насекомых достигла существенного биоразнообразия. Это существенно повышает их опасность, а попытки уничтожения их выплода всегда связаны с возможностью нарушения экологии водных систем. Все это требует разработки специальных методов борьбы с этими насекомыми, желательно без использования химических средств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреева Р. В. Определитель личинок слепней: европейская часть СССР, Кавказ, Средняя Азия / отв. ред. Мамонтова В.А.; АН УССР, Ин-т зоологии им. И.И. Шмальгаузена. Киев: Наукова Думка, 1990. 172 с.
2. Андреева Р. В. Слепни (Tabanidae) // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том 4. Вышшие насекомые: Двукрылые насекомые (Комары, Мухи). СПб.: Наука, 2000. С. 309–315.
3. Глобальный информационный фонд по биоразнообразию: GBIF Магистральная таксономии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gbif.org/species/1494588> на 2015-01-04. (Дата обращения: 12.01.2014).
4. Гургенидзе Л. Н., Квавадзе Е. Ш. (2002) Аннотированный список слепней (Diptera, Tabanidae) Грузии // Труды института зоологии Грузии. № 21. С. 230–234.
5. Дементьев М. С., Штефко Ю. Ю. Сводка водной и околотоводной фауны Центрального Предкавказья // Фауна Ставрополя. Выпуск 15. Сборник научных трудов. Ставрополь: Изд-во СевКавГТУ, 2011. С.1–5.
6. Олсуфьев Н. Г. Слепни (сем. Tabanidae). В серии: Фауна СССР. Насекомые двукрылые. Т. VII, вып. 2. Л.: Наука, 1977. 435 с.
7. Project Fauna Europaea: Taxonomic rank: Family Tabanidae. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.fauaenr.org/full_results.php?id=11646. (Дата обращения: 12.01.2014).

ОБ АВТОРЕ

Дементьев Михаил Сергеевич, кандидат биологических наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии и природопользования Северо-Кавказского федерального университета. Телефон: 8-903-442-53-70. E-mail: dement@mail.ru.

Dementev Mikhail Sergeevich, PhD, Doctor of Agricultural Sciences, Department of Ecology and Nature Management of the North Caucasus Federal University. Phone: 8-903-442-53-70. E-mail: dement@mail.ru.

УДК 576.895.775

Котти Б. К. [Kotti B. K.]**Кот Л. А. [Kot L. A.]**

ОБЗОР ИЗУЧЕНИЯ БЛОХ (SIPHONAPTERA) МЛЕКОПИТАЮЩИХ И ПТИЦ В ПРЕДКАВКАЗЬЕ

Review of investigations on fleas (*Siphonaptera*) of mammals and birds in Ciscaucasia

Обсуждена история исследований видового разнообразия, распространения, паразито-хозяйинных связей и сезонных ритмов блох млекопитающих и птиц Предкавказья. Лучше всего изучены эти вопросы для блох массовых видов грызунов и насекомых, в меньшей степени – для блох других отрядов зверей и паразитов птиц.

Ключевые слова: обзор исследований, блохи, паразитизм, млекопитающие, птицы, распространение.

The species history of diversity, distribution, parasite-host relations, seasonal rhythms of mammals' and birds fleas investigations in Ciscaucasia is discussed. These items are known most for the rodents and insectivorous fleas, less – for fleas of other of mammals orders and parasites of birds

Key words: review of investigations, fleas, parasitism, mammals, birds, distribution.

Блохи (Siphonaptera) – обособленный отряд насекомых с полным превращением – облигатных временных гнездово-норовых паразитов млекопитающих и птиц [58]. Они являются промежуточными хозяевами некоторых гельминтов; однако, в первую очередь, известны как переносчики возбудителей опасных природно-очаговых болезней человека и животных, наибольшее значение из которых имеют чума и эндемический сыпной тиф [10, 57].

Предкавказье – обширная территория между Большим Кавказом и Кумо-Манычской впадиной от Азовского до Каспийского моря. В центральной части Предкавказья находится Ставропольская возвышенность; на западе к ней примыкает Азово-Кубанская низменность, а на востоке – область Восточного Предкавказья.

Природные очаги чумы до сих пор существуют в Предкавказье, представляя опасность заражения людей [46].

При выяснении многих вопросов функционирования этих очагов важно изучение разнообразия переносчиков, их паразито-хозяйинных от-

ношений и распространения. Поэтому целью настоящей работы стало составление обзора литературных данных о таксономическом разнообразии, географии, паразитизме блох.

Первое упоминание о блохах Предкавказья содержится в работе В. Мочульского [59]. Это схематическое описание нового вида, *Ctenophthalmus typhlus* (= *C. spalacis*). Согласно данным Ю. М. Колосова [23] экземпляры были собраны с (обыкновенного) слепыша из западной части Предкавказья.

Изучение блох Предкавказья в начале XX столетия связано с именем Ю. Н. Вагнера. В результате его деятельности было обнаружено несколько видов блох, собранных в разных районах: *Pulex irritans* в окрестностях г. Кизляра [8], *Ctenophthalmus spalacis* с обыкновенного слепыша в урочище Даянгат, Терской области [9]. В этот же период А. Дампф [56] описывает с бурого ушана из окрестностей г. Нальчика, новый вид, *Ischnopsyllus dolosus*.

Массовые сборы блох стали осуществлять, начиная с 20-х годов в связи с организацией на Северном Кавказе противочумной службы. Особая заслуга в изучении фауны блох Предкавказья принадлежит И. Г. Иоффу. Еще в 1928 году он обследует участки равнинного Дагестана и публикует описание нового вида *Ctenophthalmus gigantospalacis* с гигантского слепыша (из окрестностей с. Терекли-Мектеб бывшей Терской области) с замечаниями о распространении *C. spalacis* в Предкавказье [18]. Автор указывает, что экземпляры блох, определенные Ю. Н. Вагнером как *Ctenophthalmus spalacis* на самом деле относятся к *C. gigantospalacis*.

Постепенно накапливаются сведения о блохах грызунов, обитающих в Предкавказье [1, 19, 47]. С этой территории (долина реки Кумы) описан новый для науки вид *Rhadinopsylla acuminata* Ioff et Tiflov, 1946 [20]. Н. Ф. Дарская [12] приводит для территории Предкавказья 7 видов блох – паразитов птиц.

Во второй половине XX века вышли серии статей по фауне блох отдельных районов Предкавказья: Дагестану [22, 39, 40, 54], бывшей Грозненской области [40], Кабардино-Балкарии [45, 48], Ставропольскому [11, 21] и Краснодарскому [55] краям, Республике Северная Осетия – Алания [25].

Накопленные материалы по фауне и географии блох региона обобщены в "Определителе блох Кавказа" [49]. Эта книга – важный итог многолетней работы большого числа специалистов. Она содержит сведения о

распространении, приуроченности видов блох фауны Предкавказья к хозяевам и стациям, распределении *Siphonaptera* между телом хозяина и его укрытиями, сезонности паразитирования.

Материалы о распределении видов блох между видами хозяев, ландшафтно-биотопической приуроченности и других особенностях образа жизни *Siphonaptera* фауны Предкавказья стали накапливаться одновременно с фаунистическими данными. Однако обстоятельные экологические исследования блох начались здесь с 50-х годов XX столетия.

При изучении образа жизни блох Предкавказья в полной мере использованы положения сравнительной экологии паразитических членистоногих, сформулированные В.Н. Беклемишевым [3]. При этом особое место занимают разработанные применительно к блохам представления о жизненной схеме видов как совокупности приспособлений к условиям среды. Это хозяева и специфичность, характер паразитизма, гидро-термические условия местообитаний, способность к миграции, годовой цикл [13].

К настоящему времени опубликованы результаты исследований в Предкавказье основных черт годового цикла блох малого суслика [4, 6, 7, 42, 43], тамарисковой песчанки [2, 53], обыкновенной полевки [14, 27], домового мыши [26] и землероек-бурозубок [16].

Наряду с наблюдениями и опытами в поле, для некоторых видов проведены экспериментальные лабораторные исследования частоты переваривания крови и питания, яйцекладки, температурных границ и продолжительности жизни, хода преимагинального развития в разных условиях [5, 15, 28, 29].

Данные о распределении блох по объектам учета получены в Предкавказье только для блох малого суслика [44].

Публикации последних лет посвящены зоогеографии блох Предкавказья [30], паразито-хозяинным связям [31, 32, 33, 34], интересным находкам некоторых видов [25, 52]. В изданных монографиях [35, 36] содержатся сведения об описании, типовых экземплярах, ареалах и хозяйственных отношениях блох, в том числе для видов, обитающих в Предкавказье.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабенышев В. П., Быков Н. Т., Егоров А. Н. и др. Наблюдения над судьбой блох в гнездах сусликов в районах сплошных затравок // Вестник микробиологии. 1936. № 3–4. С. 3–11.
2. Бакеев Н. Н., Карандина Р. С., Беседина К. П. Эктопаразиты гребенщиковых и полуденных песчанок Восточного Предкавказья // Труды Научно-исследовательского противочумного института Кавказа и Закавказья. Ставрополь, 1956. Вып. 1. С. 125–147.
3. Беклемишев В. Н. О принципах сравнительной паразитологии в применении к кровососущим членистоногим // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1945. № 1. С. 3–11.
4. Белявцева Л. И. Адаптации к климатическим факторам у блох *Citellophilus tesquorum* на Северном Кавказе // Физиологические проблемы адаптаций. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2003. С. 22–24.
5. Брюханова Л. В. Размножение и питание блох сусликов // Особо опасные инфекции на Кавказе. Ставрополь, 1966. С. 37–40.
6. Брюханова Л. В. Сравнение экологических особенностей *Citellophilus tesquorum* (Wagn., 1898) и *Neopsylla setosa* (Wagn., 1898) – массовых паразитов малого суслика // Бюллетень МОИП. 1987. Т. 92. Вып. 5. С. 70–74.
7. Брюханова Л. В., Суркова Л. А. Годовой цикл *Neopsylla setosa* Wagn., 1898, в Предкавказье // Переносчики особо опасных инфекций и борьба с ними. Ставрополь, 1970. С. 228–246.
8. Вагнер Ю. Н. Прибавление к фауне Кавказских Suctoria // Известия Кавказского музея. – Тифлис, 1909. Т. 4, вып. 3. С. 194–202.
9. Вагнер Ю. Н. К познанию фауны Кавказских Suctoria // Известия Кавказского музея. – Тифлис, 1916. – Т. 10, вып. 1. – С. 54–64.
10. Ващенко В. С. Роль блох (Siphonaptera) в эпизоологии чумы // Паразитология. 1999. Т.33. Вып.3. – С. 198–209.
11. Гусева А. А., Гроховская И. М. Паразитологический очерк очагов козье–овечьего бруцеллеза в Ставропольском крае // Труды Научно-исследовательского противочумного института Кавказа и Закавказья. Ставрополь, 1959. Вып. 2. С. 145–165.
12. Дарская Н. Ф. Определитель птичьих блох рода *Ceratophyllus* // Эктопаразиты. М.: Изд-во МОИП, 1950. Вып. 2. С. 85–105.
13. Дарская Н. Ф. Опыт экологического сравнения некоторых блох фауны СССР // Зоол. журнал. 1970. Т. 49. Вып. 5. С. 729–740.
14. Дарская Н. Ф., Брюханова Л. В., Косминский Р. Б. и др. О методах изучения возрастного состава имаго для выявления годового цикла блох на примере *Stenophthalmus wagneri wagneri* Tiflov. 1932 в условиях Ставропольской возвышенности // Профилактика природноочаговых инфекций. Ставрополь, 1983. С. 232–234.
15. Дарская Н. Ф., Карандина Р. С., Никульшин С. В. Преимагинальное развитие блохи *Stenophthalmus golovi* (Aphaniptera) // Паразитология. 1980. Т. 14. Вып. 2. С. 126–129.
16. Дарская Н. Ф., Котти Б. К. Опыт применения в лесу искусственных убежищ для землероек с целью изучения образа жиз-

- ни их блох // Паразитология. 1989. Т. 23. Вып. 4. С. 328–333.
17. Дятлов А. И., Антоненко А. Д., Грижебовский Г. М., Лабунец Н. Ф. Природная очаговость чумы на Кавказе. Ставрополь, 2001. 345 с.
 18. Иофф И. Г. Блохи слепцов (Spalacidae). Материалы к познанию фауны эктопаразитов Юго-Востока СССР // Известия Гос. Микробиологического института. Ростов н/Д., 1929. Вып. 8. С. 29–43.
 19. Иофф И. Г. Мышиные блохи во время массового размножения мышей // Борьба с грызунами в степях Предкавказья: сборник статей о работах 1932–1934 гг. Ростов н/Д.: Азово-Черноморское краевое книгоиздательство, 1935. С. 110–112.
 20. Иофф И. Г., Тифлов В. Е., Аргиропуло А. И., Федина О. А., Дудолкина Л. А., Ширанович П. И. Новые виды блох (Aphaniptera) // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1946. Т. 15. № 4. С. 85–94.
 21. Иофф И. Г., Тифлов В. Е., Федина О. А. Список видов блох (Suctoria) Ставропольского края // Эктопаразиты. М.: Изд-во МГУ, 1964. С. 24–30.
 22. Казакова Т. И., Казаков В. П., Лабунец Н. Ф. и др. О высокогорных комплексах блох обыкновенных полевков в связи с пространственной структурой Дагестанского высокогорного очага чумы // Особо опасные инфекции на Кавказе. Ставрополь, 1987. С. 325–327.
 23. Колосов Ю. М. Что такое *Pulex typhlus* Motschulsky? // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отд. Биол. 1935. Т. 44. Вып. 4. С. 178–181.
 24. Комаров Ю. Е., Васюкова Т. Т., Лабунец Н. Ф. Паразитологическая фауна Республики Северная Осетия – Алания // Животный мир Республики Северная Осетия – Алания. Владикавказ: Проектпресс, 2000. С. 373–383.
 25. Коржов П. Н., Сурхаев Д. Б., Горелкина Л. С., Мезенцев В. М. Новые случаи обнаружения блохи *Pulex irritans* (L.) в постройках человека восточной зоны Ставропольского края // Современные аспекты эпидемиологического надзора за особо опасными инфекционными заболеваниями на юге России. Материалы науч.-практич. конф. Часть I. Ставрополь, 2007. С. 191–193.
 26. Косминский Р. Б. Питание и размножение блох домовых мышей в естественных условиях и эксперименте // Зоологический журнал. 1965. Т. 44. Вып. 9. С. 1375.
 27. Косминский Р. Б., Брюханова Л. В., Дарская Н. Ф. и др. Годовой цикл *Ceratophyllus* (*Nosopsyllus*) *consimilis* Wagn. 1898 (*Ceratophyllidae*, *Siphonaptera*) на Ставропольской возвышенности // Особо опасные инфекции на Кавказе. Ставрополь, 1974. Вып. 1. С. 152–154.
 28. Косминский Р. Б., Гусева А. А. Питание и размножение *Ctenophthalmus wagneri* Tifl., 1928 (*Ctenophthalmidae*, *Siphonaptera*) в эксперименте // Паразитология. 1975. Т. 9. Вып. 3. С. 265–270.
 29. Косминский Р. Б., Удовицкая Е. Я. О верхней температурной границе жизни имаго некоторых видов блох (*Siphonaptera*) // Доклады Академии Наук СССР, 1975. Т. 222. № 2. С. 500–503.
 30. Кот Л. А. Зоогеографическая характеристика блох фауны Цент-

- рального Предкавказья // Биоразнообразие, биоресурсы, новые материалы и здоровье населения региона: материалы 56 научной конференции «Университетская наука – региону». Ставрополь, 2011. С. 16–19.
31. Кот Л. А., Ашибокова С. А. Распространение блох (Siphonaptera) птиц на Северном Кавказе // Проблемы развития биологии и экологии на Северном Кавказе: материалы 54 научной конференции «Университетская наука – региону». Ставрополь, 2009. С. 83–85.
 32. Кот Л. А., Балова С. А. Блохи обыкновенной лисицы на Северном Кавказе // Проблемы развития биологии и экологии на Северном Кавказе: материалы 53 научной конференции «Университетская наука – региону». Ставрополь, 2008. С. 102–103.
 33. Кот Л. А., Горелкина Л. С., Коржов П. Н., Котти Б. К. Блохи (Siphonaptera, Insecta) грызунов Терско-Кумского междуречья // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2011. № 1. С. 41–43.
 34. Котти Б. К., Ляхова О. М., Мунякина А. Ю. Эктопаразиты птиц в Предкавказье // Вестник Ставропольского Государственного университета. Вып. 47. Ч. 2. 2006. С. 140–145.
 35. Котти Б. К. Каталог блох (Siphonaptera) фауны России и сопредельных стран. Ставрополь: Альфа Принт, 2013. 156 с.
 36. Котти Б. К. Видовое разнообразие блох (Siphonaptera) Кавказа. Ставрополь: СКФУ, 2014. 132 с.
 37. Куницкий В. Н. К пониманию экологических групп блох песчанок в связи с их значением в очагах чумы (на примере блох песчанок Закавказья) // Вопросы экологии. Киев, 1962. Т. 8. С. 74–75.
 38. Лабунец Н. Ф., Губарева Н. П., Сырвачева Н. Г. и др. Структура фауны блох грызунов и их распространение на Северном Кавказе // Особо опасные инфекции на Кавказе. Ставрополь, 1978. С. 229–233.
 39. Лабунец Н. Ф. О фауне блох Дагестана // Труды Научно-исследовательского противочумного института Кавказа и Закавказья. Ставрополь, 1961. Вып. 5. С. 127–137.
 40. Лабунец Н. Ф., Губарева Н. П., Казакова Т. И., Блажко Н. К. Блохи (Siphonaptera) Дагестана // Профилактика природно-очаговых инфекций. Ставрополь, 1983. С. 246–247.
 41. Мирзоева М. Н. Материалы по фауне блох Грозненской области // Труды Научно-исследовательского противочумного института Кавказа и Закавказья. Ставрополь, 1956. Вып. 1. С. 148–157.
 42. Мялковская С. А. Некоторые особенности экологии блох малого суслика в Дагестане // Профилактика природно-очаговых инфекций. Ставрополь, 1983а. С. 254–255.
 43. Мялковская С. А. О размножении *Neopsylla setosa* в период спячки сусликов // Профилактика природно-очаговых инфекций. Ставрополь, 1983б. С. 256–257.
 44. Мялковская С. А., Бреев К. А. Статистическая оценка величины выборки при учете блох малого суслика (Siphonaptera) // Паразитология. 1982. Т. 16. Вып. 2. С. 152–154.

45. Нефедов В. Н., Девкин А. И. Эктопаразиты лесной сони (*Dugomys nitedula* Pall.) в условиях Кабардино-Балкарии // Проблемы паразитологии. Киев, 1963. С. 374–375.
46. Природные очаги чумы Кавказа, Прикаспия, Средней Азии и Сибири / под ред. Г. Г. Онищенко, В. В. Кутырева. М.: Медицина, 2004. 192 с.
47. Рошковская О. А. К изучению крысиных блох города Ворошиловска и некоторых других районов Северо-Кавказского края // Вестник микробиологии, эпидемиологии и паразитологии. 1936. Т. 15. Вып. 3–4. С. 424–429.
48. Сырвачева Н. Г. Материалы к фауне блох Кабардино-Балкарской АССР // Труды Армянской противочумной станции. Ереван, 1964. Вып. 3. С. 389–405.
49. Тифлов В. Е., Скалон О. И., Ростигаев Б. А. Определитель блох Кавказа. Ставрополь, 1977. 278 с.
50. Трегубова Е. Н. Распространение блох в Предкавказье // Проблемы развития биологии и химии на Северном Кавказе. Ставрополь: СГУ, 2001. С. 151–153.
51. Трегубова Е. Н., Котти Б. К. История изучения блох Предкавказья // Фауна Ставрополя. 2000. Вып. 10. С. 99–106.
52. Хасаев С. М., Бацына Т. Ф., Умалатов У. М. и др. О расширении ареала блохи *Xenopsylla conformis* в Прикаспийском (Северо-Западном) песчаном очаге чумы // Современные технологии в реализации глобальной стратегии борьбы с инфекционными болезнями. Волгоград, 2008. С. 300–301.
53. Чумакова И. В., Козлов М. П., Белокопытова А. М. Сравнительная характеристика экологии популяций блох *Ceratophyllus laevis* Wagn., 1909 в Ногайской степи. М., 1985. 15 с. Деп. В ВИНТИ АН СССР, № 4385–85.
54. Шатас Я. Ф. Клеши *Ixodoidea* и блохи Дагестана // Научная конференция по природной очаговости и эпидемиологии особо опасных инфекционных заболеваний: тезисы докладов. Саратов, 1957. С. 433–437.
55. Шевченко З. Г., Петрова Л. Р., Стриханова Е. В., Сухинин Н. С. Материалы к изучению фауны блох Краснодарского края // Эпидемиология и профилактика чумы и холеры. Саратов, 1983. С. 83–86.
56. Dampf A. Eine neue Aphanipteren-Art (*Ischnopsyllus dolosus* sp.n.) aus dem Kaukasus // Русское энтомологическое обозрение. 1912. Т. 12. С. 41–59.
57. Gage K. L., Kosoy M.Y. Natural history of plague: perspectives from more than a century of research // Annu. Rev. Entomol. 2005. 50: P. 505–28.
58. Krasnov B.R. Functional and evolutionary ecology of fleas. Cambridge University Press, 2008. 593 p.
59. Motschulsky V. Insects du Caucase et les provinces transcaucasinnes recueillis et decrits par T.Victor (continuation) // Bulletin de la Societe Imperiale des Naturalistes de Moscou. 1840. №. 2. P. 169–180.

ОБ АВТОРАХ

Кот Людмила Александровна, кандидат биологических наук, ведущий библиограф Северо-Кавказский федеральный университет. Телефон: +7-988-731-12-80. E-mail: kotmil@yandex.ru

Котти Борис Константинович, доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники, зоологии и общей биологии Северо-Кавказский федеральный университет. Телефон: +7-961-460-51-36. E-mail: boris_kotti@mail.ru.

Kot Lyudmila Aleksandrovna, candidate of biological sciences, bibliographer leading scientific library North Caucasus Federal University. Phone: +7-988-731-12-80. E-mail: kotmil@yandex.ru.

Kotti Boris Konstantinovich, doctor of biological science, professor of Department of botany, zoology and general biology, North Caucasus Federal University. Phone: +7-961-460-51-36. E-mail: boris_kotti@mail.ru.

УДК 616-71/
616.151.5

**Муратова А. Ю. [Muratova A.Yu.],
Бондарь Т. П. [Bondar T.P.],
Мельченко Е. А. [Melchenko E.A.]**

**ПРИМЕНЕНИЕ СКАНИРУЮЩЕЙ
ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ
ПРИ ИССЛЕДОВАНИ СПОНТАННОЙ
АГРЕГАЦИИ ТРОМБОЦИТОВ
У ПАЦИЕНТОК С МУТАЦИЕЙ В ГЕНЕ
ГЛИКОПРОТЕИНА РЕЦЕПТОРА
ТРОМБОЦИТОВ IIb/IIIa**

**Application of Scanning Probe Microscopy
in the study of spontaneous aggregation
of thrombocytes in patients with mutations
in the platelet receptor glycoprotein IIb/IIIa**

В работе представлены результаты использования сканирующей зондовой микроскопии в анализе тромбоцитарных агрегатов у женщин с физиологически протекающей беременностью и при наличии полиморфизма в гене гликопротеина тромбоцитов IIb/IIIa. Установлено, что размеры агрегатов здоровых беременных женщин выше показателей здоровых не беременных, но не достигают показателей женщин с тромбофилиями. Отмечено, что дефект в гене гликопротеина IIb/IIIa усиливает функциональную активность тромбоцитов.

Ключевые слова: беременные женщины, тромбоциты, гиперкоагуляция, тромбофилия.

The paper presents the results of the use of scanning probe microscopy to analyze platelet aggregates in women with normal pregnancy and in the presence of polymorphisms in the gene for platelet glycoprotein IIb / IIIa. It was found that the size of the aggregates healthy pregnant women is higher in healthy non-pregnant women, but do not reach the performance of women with thrombophilia. It is noted that a defect in the gene for glycoprotein IIb / IIIa platelet functional activity increases.

Key words: pregnant women, platelets, hypercoagulability, thrombophilia.

Система гемостаза играет важную роль в жизнедеятельности организма и представляет собой сложную биологическую систему, которая обеспечивает жидкое агрегатное состояние крови, предупреждение и остановку кровотечения.

Во время беременности с появлением маточно-плацентарного круга кровообращения происходит перестройка системы гемостаза с усилением

прокоагулянтной активности. Гиперкоагуляция при беременности – физиологическое состояние, которое обеспечивает эффективную имплантацию яйцеклетки, адекватное соединение плаценты с маткой и остановку кровотечения во время родов. Однако необходимо учитывать, что при беременности повышен риск развития тромбофилитических состояний (2).

Тромбофилии могут быть приобретенными или иметь наследственную природу. Причина этих состояний чаще всего - патология в системе свертывания или тромбоцитов (Тр). Генетический фактор в развитии тромбофилий приводит к недостатку или дефекту тех или иных факторов свертывания крови, рецепторов Тр (3).

Наследственные тромбоцитарные тромбофилии могут быть связаны с мутацией в гене гликопротеина рецептора Тр IIb/IIIa (GP IIb/IIIa). Рецепторный комплекс GP IIb/IIIa является главным среди всех рецепторов Тр (5). Под влиянием определенных стимулов (аденозиндифосфата – АДФ, тромбина, тромбксана, коллагена и др.) комплекс GP IIb/IIIa активируется и взаимодействует с различными лигандами (фибриногеном, фибронектином, фактором фон Виллебранда, витронектином, тромбоспондином), в результате чего происходит агрегация Тр (4).

Наличие полиморфизмов рецептора Тр GP IIb/IIIa ассоциируется с изменением цитоскелета Тр, повышением связывания с «иммобилизованным» фибриногеном, что приводит к усилению агрегационной активности Тр и снижению ретракции (2).

Для выявления предрасположенности к развитию тромбофилитических состояний требуются методы, позволяющие адекватно оценить функциональную активность Тр.

В клинической практике для определения функциональной активности тромбоцитов принято изучать агрегацию тромбоцитов, индуцированную коллагеном, АДФ, ристомисином и другими индукторами. Ранее применялись методы изучения спонтанной агрегации Тр, позволяющие в условиях приближенных к естественным изучать функциональные свойства тромбоцитов. Однако существующие методы трудны в исполнении и оценке полученных результатов. В связи с этим поиск новых методов определения спонтанной агрегации представляет большой практический и научный интерес.

Преимуществом сканирующей зондовой микроскопии можно считать получение информации о микро- и наноархитектоники поверхности клетки, а также структур субмембранных слоев, включая цитоскелет (1).

В патогенезе тромбофилитических состояний большая роль отводится функциональному состоянию Тр. При этом в научной литературе практически нет данных об изменении формы, размера и поверхностной архитектоники Тр у больных с тромбофилиями.

Цель исследования: изучить изменение показателей спонтанной агрегации Тр у женщин, имеющих полиморфизм $P1^{A1}/P1^{A2}$ гена субъединиц рецепторов Тр GP IIb/IIIa с использованием метода сканирующей зондовой микроскопии.

Материал и методы. Обследовано 52 пациентки, находящиеся в период родоразрешения в родильном отделении городской больницы г. Ставрополя. Возраст рожениц колебался от 20 до 35 лет, в среднем $25,2 \pm 0,6$ лет. Взятие крови проводилось первые сутки после родов с согласия лечащего врача при соблюдении правил преаналитического этапа исследования.

Обследованные условно были разделены на следующие группы: 1 – пациентки с тромбофилиями и гетерозиготным вариантом мутации $P1^{A1}/P1^{A2}$ ($n = 28$); 2 – женщины с физиологическим течением беременности и родов, носительством нормального варианта гена субъединиц рецепторов Тр GP IIb/IIIa ($P1^{A1}/P1^{A1}$) ($n = 22$). Контрольную группу составили здоровые не беременные женщины без полиморфизма рецептора Тр GP IIb/IIIa ($n=18$), согласившиеся добровольно участвовать в нашем исследовании. Из обследования были исключены пациентки с другими подтвержденными мутациями генов системы гемостаза.

Определение генотипа по полиморфизму $P1^{A1}/P1^{A2}$ проводили амплификационно-рестрикционным методом. Источником для выделения ДНК служили пробы цельной крови, отобранной из вены пациентов в пробирки с 6 % раствором ЭДТА (1:20). Выделение ДНК осуществляли сорбционным методом при помощи набора «ДНКсорб Б» в соответствии с инструкцией. Амплификационные смеси готовили на основе универсального набора реактивов и препаратов для ПЦР «Ампли Сенс-200-1» производства ФГУН ЦНИИЭ Роспотребнадзора. Праймеры были синтезированы в ООО «Литех» в соответствии с последовательностями описанными Bojesen S.E. et al., 2000. Идентификацию рестрикционных фрагментов ДНК проводили, сравнивая их размеры с эталонами в виде коммерческих маркеров молекулярных размеров фрагментов ДНК. Аллели генотипов определяли в соответствии с наборами рестрикционных фрагментов ДНК [5].

Изучение наностроения агрегатов Тр периферической крови пациентов проводилось при помощи СЗМ «Интегра Прима» в НОЦ «Фундаментальных проблем диагностической медицины» СКФУ. Методика оценки спонтанной агрегации Тр разработана на кафедре медицинской биохимии, клинической лабораторной диагностики и фармации (авторы Мельченко Е. А., Бондарь Т. П.).

Обогащенную Тр плазму получали центрифугированием крови при 500 об/мин в течение 10 минут. Далее образцы плазмы инкубировали в термостате при 37°C. Затем готовили препараты для микроскопии. При инкубации проб в термостате менее 5 минут агрегаты Тр не обнаруживались. Исследование проводили на 5, 10, 15, 20, 25, 30 минутных мазках. При экспозиции более 30 минут достоверных изменений не обнаружено.

Перед помещением образца в зондовый микроскоп, его предварительно исследовали на оптическом микроскопе при увеличении 40x10. При нахождении на стекле участка с агрегатом, для помещения его на предметный столик СЗМ, с помощью стеклореза выделяли интересующую зону 10x10 мм. Далее участок сканировали в различных режимах, выводили изображение и производили его изучение.

С помощью СЗМ стало возможным получить двухмерное и трехмерное изображение агрегатов. В каждой мазке исследовалось от 10 до 25 агрегатов. Конечные результаты сканирующей зондовой микроскопии агрегатов Тр включали в себя: анализ их геометрических параметров (измерение высоты, длины и ширины) и статистические характеристики.

Степень достоверности различий изучаемых показателей определялась по критерию t-Стьюдента, уровень значимости считался достоверным при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Анализ агрегатов проводился на фиксированных препаратах обогащенной Тр плазмы, с использованием метода сканирующей зондовой микроскопии. Это позволило получить основную информацию об изменении морфологических показателей тромбоцитарных агрегатов у женщин с нормальным генотипом и при полиморфизме гена субъединиц рецепторов Тр IIb/IIIa.

Результаты геометрических показателей (длины) агрегатов представлены в таблице 1.

Таблица 1. ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРОМБОЦИТАРНЫХ АГРЕГАТОВ (ДЛИНЫ) У ОБСЛЕДОВАННЫХ ЖЕНЩИН ($X \pm M$), МКМ

Минуты	1 группа (n=28), МКМ	2 группа (n=22), МКМ	3 группа (n=23), МКМ	P	P ₁	P ₂
5	44,81±2,15	22,85±0,68	16,19±0,68	P<0,001	P<0,001	P<0,001
10	59,32±3,15	37,39±1,33	24,67±1,03	P<0,001	P<0,001	P<0,001
15	79,24±3,07	53,61±2,85	37,47±2,76	P<0,001	P<0,001	P<0,001
20	85,61±1,92	74,97±2,42	45,74±1,29	P<0,001	P<0,001	P<0,001
25	93,66±3,81	84,02±2,41	57,32±2,67	P<0,001	P<0,001	P<0,001
30	101,6±1,3	94,24±1,83	87,54±2,03	P<0,001	P<0,001	P<0,001

Примечание: P – между 1 и 2 группой, P₁ – между 1 и 3 группой,
P₂ – между 2 и 3 группой

В результате статистического анализа полученных данных выявлено, что показатели длины агрегатов Тр здоровых беременных женщин достоверно выше показателей здоровых не беременных на всех этапах проведения эксперимента. Однако это увеличение может отражать процессы физиологической гиперкоагуляции, имеющей место при нормальном течении гестационного процесса.

Показатели длины агрегатов пациенток наличием полиморфизма гена субъединиц рецепторов Тр GP IIb/IIIa в значительной степени отличались от показателей здоровых женщин 2 и 3 групп. Наглядно это иллюстрируют рисунки 2 и 3. На изображении обращает на себя внимание увеличение ширины, высоты и плотности агрегатов Тр у пациенток, с полиморфизмом в гене рецепторов Тр. Изменения в наибольшей степени выражены на этапе инкубации 15 и 30 минут.

При проведении сравнительного анализа показателей ширины тромбоцитарных агрегатов выявлены достоверные различия во всех груп-

пах обследуемых женщин. Так у здоровых беременных женщин имели больший диаметр по сравнению со здоровыми не беременными пациентками, но не достигали показателей пациенток с генетической тромбофилией (таблица 2).

Таблица 2. ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРОМБОЦИТАРНЫХ АГРЕГАТОВ (ШИРИНЫ) У ЗДОРОВЫХ ЖЕНЩИН И ПАЦИЕНТОК С ТРОМБОФИЛИЯМИ (X±M), МКМ

Минуты	1 группа (n=28), МКМ	2 группа (n=22), МКМ	3 группа (n=23), МКМ	P	P1	P2
5	28,43±1,89	16,22±0,38	12,49±0,44	P<0,001	P<0,001	P<0,001
10	41,41±2,95	24,64±1,11	17,62±1,53	P<0,001	P<0,001	P<0,001
15	57,78±4,11	33,01±1,64	24,25±1,45	P<0,001	P<0,001	P<0,001
20	60,01±3,11	36,32±2,07	27,26±1,59	P<0,001	P<0,001	P<0,001
25	71,75±2,96	63,32±3,71	38,94±2,72	P<0,005	P<0,001	P<0,001
30	89,38±1,95	77,89±2,39	66,24±2,61	P<0,001	P<0,001	P<0,001

Примечание: P – между 1 и 2 группой, P₁ - между 1 и 3 группой, P₂ – между 2 и 3 группой

Также была исследована высота тромбоцитарных агрегатов. При сравнении результатов также были выявлены достоверные отличия во всех группах (таблица 3).

Таблица 3. ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРОМБОЦИТАРНЫХ АГРЕГАТОВ (ВЫСОТЫ) У ЗДОРОВЫХ БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН И ЖЕНЩИН С ТРОМБОФИЛИЯМИ (X±M), МКМ

Минуты	1 группа, мкм	2 группа, мкм	3 группа, мкм	P	P1	P2
5	1,18±0,03	1,07±0,02	0,961±0,017	P<0,01	P<0,001	P<0,001
10	1,26±0,02	1,18±0,02	1,044±0,017	P<0,01	P<0,001	P<0,001
15	1,31±0,02	1,21±0,02	1,072±0,019	P<0,01	P<0,001	P<0,001
20	1,47±0,02	1,34±0,04	1,096±0,025	P<0,01	P<0,001	P<0,001
25	1,32±0,04	1,21±0,04	1,161±0,036	P<0,01	P<0,001	P<0,005
30	1,51±0,02	1,43±0,02	1,282±0,034	P<0,01	P<0,001	P<0,001

Примечание: P – между 1 и 2 группой, P₁ - между 1 и 3 группой, P₂ – между 2 и 3 группой

При исследовании мазков при помощи сканирующего зондового микроскопа, выяснили что количество агрегатов у здоровых женщин и женщин с тромбофилиями визуально схожи. Данные о количестве были подтверждены с помощью традиционной методики исследования агрегационной активности Тр методом Born G. V. R. Однако при исследовании геометрических показателей различных экспозиций, выявили, что чем дольше проходила инкубация проб в термостате, тем более различны геометрические показатели агрегатов (таких как высота, длина и ширина). Более наглядно данную тенденцию можно проследить на рисунках 1–3.

Анализ полученных данных показал, что геометрические размеры агрегатов Тр здоровых беременных женщин несколько выше показателей здоровых не беременных. Однако это может быть следствие повышения коагуляционного потенциала крови при физиологической беременности. Но в то же время размеры агрегатов при нормальной беременности не достигают морфологических показателей агрегатов пациенток с генетическими тромбофилиями. Дефект в гене рецепторов Тр способствует снижению порога для тромбоцитарного ответа и усиливают агрегационную активность Тр.

Таким образом, проведенное исследование показало, что изучение спонтанной агрегации Тр позволяет оценить их естественную функциональную активность. Визуализация агрегатов убедительно доказывает и иллюстрирует увеличение скорости образования агрегатов при тромботических осложнениях беременности. Также метод СЗМ может быть использован с большей степенью надежности для фундаментальных исследований морфофункциональных свойств Тр. А также в клинично-лабораторной диагностике тромботических состояний различного генеза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондарь Т. П., Мельченко Е. А. Использование сканирующей зондовой микроскопии для оценки состояния периферического звена эритрона у детей // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2013. №1 (34). С. 113–115.
2. Мацакария А. Д., Бицадзе В. О. и др. Тромбофилитические состояния в акушерской практике. М.: Медицина, 2001. 703 с.
3. Муратова А. Ю., Бондарь Т. П., Сафонова Л. Г. Показатели тромбоцитарного звена гемостаза в диагностике тромбофилий у беременных // Клинич. лабораторная диагностика. 2008. № 9. С. 10–11.

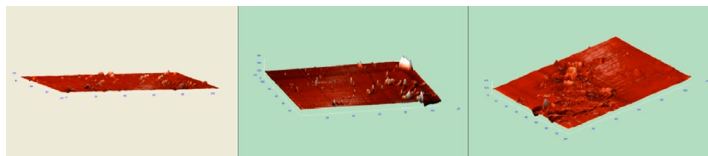


Рисунок 1. 3D изображение агрегатов Тр пациенток контрольной группы (спонтанная агрегация на 5 мин, на 15 мин., на 30 мин.)

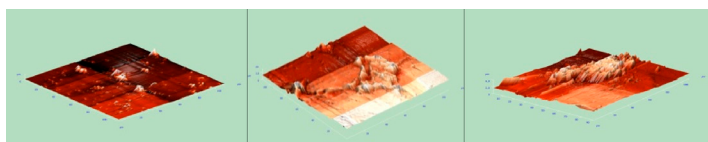


Рисунок 2. 3D изображение агрегатов Тр здоровых беременных женщин (спонтанная агрегация на 5 мин, на 15 мин., на 30 мин.)

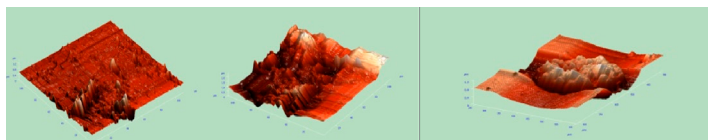


Рисунок 3 3D изображение агрегатов Тр беременных с генетической тромбофилией (спонтанная агрегация на 5 мин, на 15 мин., на 30 мин.)

4. Хаспекова С. Г. и соавт. Вариации содержания гликопротеина IIb/IIIa (альфаIIb/бета3 интегрин) у здоровых доноров. Влияние на агрегационную активность тромбоцитов и эффективность действия аспирина // Биомедицинская химия: научно-практический журнал / НИИ биомедицинской химии РАМН (Москва). 2008. Том 54. № 3. С. 361–371.
5. Bojesen S. E., Juul K., Schnohr P. et al. Platelet Glycoprotein IIb/IIIa P1A2/ P1A2 Homozygosity Associated With Risk of Ischemic Cardiovascular Disease and Myocardial Infarction in Young Men // Journal of the American College of Cardiology. 2003. V. 42. № 4. P. 661–667.

ОБ АВТОРАХ

Муратова Анна Юрьевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской биохимии, клинической лабораторной диагностики и фармации Северо-Кавказского федерального университета. Телефон: +79624549042. E-mail: Anna.murato@yandex.ru

Бондарь Татьяна Петровна, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской биохимии Северо-Кавказского федерального университета. Телефон (8652) 35-50-68. E-mail: Tatiana_bond_st@mail.ru

Мельченко Евгений Александрович, кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской биохимии, клинической лабораторной диагностики и фармации Института живых систем Северо-Кавказского федерального университета. Телефон +79282306419. E-mail: evgenmell@mail.ru

Muratova Anna Yur'yevna, Ph.D., associate professor of Department of Medical Biochemistry, clinical laboratory diagnostics and Pharmacy North Caucasus Federal University. Phone +79624549042. E-mail: Anna.murato@yandex.ru.

Bondar Tatiana Petrovna, MD, Professor, Head of the Department of Medical Biochemistry of the North Caucasus Federal University. Phone: (8652) 35-50-68. E-mail: Tatiana_bond_st@mail.ru.

Melchenko Evgeny Aleksandrovich, Candidate of medical science, Associate professor, North-Caucasus Federal University, Department of Medical Biochemistry, Clinical Laboratory Diagnostics and Pharmacy. Phone: +79282306419. E-mail: evgenmell@mail.ru

УДК 502.75
(581.55):58.006

Траутвайн С. А. [Trautvain S. A.]
Друп В. Д. [Drup V. D.]

ОЦЕНКА ПРИРОДООХРАННОЙ ЦЕННОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ «ГОРА ГОРОДИЩЕ» (РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Assessment of the conservation value of vegetation communities natural monument of regional significance «Mountain Settlement»

Исследован в полевых условиях растительный покров памятника природы «Гора Городище». Описаны местообитания видов сосудистых растений, занесенных в Красную книгу Ростовской области, проведен анализ их состояния, выделены ключевые ботанические территории.

Ключевые слова: памятник природы, флора, лесные и степные фитоценозы, таксономическое и ландшафтное разнообразие, критерии IPA, Красная книга.

Studied under field conditions, vegetation of the nature monument «Mountain Settlement». Describes the habitats of species of vascular plants listed in the Red book of the Rostov region, the analysis of their condition, highlighted key Botanical areas.

Key words: monument of nature, flora, forest and steppe ecosystems, taxonomic and landscape diversity, criteria IPA, Red book.

Комплексный памятник природы регионального значения «Гора Городище» создан Постановлением администрации Ростовской области от 19.10.2006 г. № 418 «О памятниках природы Ростовской области» в целях сохранения уникальных и ценных природных комплексов и объектов естественного и искусственного происхождения. Общая площадь памятника природы составляет 102,0 га [3].

«Гора Городище» располагается в Тарасовском районе Ростовской области к северу от сл. Александровка, на правом берегу р. Калитва, и занимает 97-й квартал Криворожского участкового лесничества Донецкого территориального отдела – лесничества [3, 11].

Гора представляет собой песчано-каменистый холм с обширной плоской вершиной. Встречаются каменные глыбы, скалы и гроты при-

чудливых форм. Растительный покров разнообразен и сочетает лесные и степные виды.

Название «Городище» произошло от того, что на горе и ее окрестностях раньше часто находили наконечники стрел и части бытовой утвари. Здесь в некогда обширных естественных пещерах могли жить древние люди. Кроме того, на горе находят наскальные знаки-петроглифы

В народе это место называют «Синий курган», «Белая гора», «Каменная могила». Гора окутана многими легендами. Например, легенда о том, что в одной из пещер когда-то молился Симон Кананит – один из апостолов Иисуса Христа, легенда об озере внутри горы и о когда-то существовавшем колодце на вершине или легенда о том, что каменные валуны на горе постоянно увеличиваются в размерах (растут) и др. [10].

Памятник природы расположен на территории Доно-Донецкой возвышенной равнины. Это волнистая слабонаклонная денудационная равнина, расчлененная глубокими долинами левобережных притоков Северского Донца и овражно-балочной сетью [4].

Земли «Горы Городище» находится в пределах северной Донецко-Донской почвенной области, Центрально-Донского района южных черноземов (в основном на желто-бурых глинах и суглинках). На крутых склонах встречаются маломощные щебневатые черноземы и выходы песков [5].

Район исследования расположен в северо-западной провинции зоны недостаточного увлажнения. Здесь выпадает порядка 430 мм осадков в год, преимущественно в течение вегетационного периода. Среднегодовая температура + 7,0°C [4, 5].

На территории памятника природы запрещены любые виды хозяйственной и иной деятельности, препятствующие сохранению, восстановлению и воспроизводству природных комплексов и их компонентов [3].

Преобладающими деревообразующими породами являются: *Quercus robur*, *Pinus sylvestris*, *Populus nigra*, *Salix acutifolia*. К этим основным породам в различных участках леса присоединяются: *Salix alba*, *Malus sylvestris*, *Pinus nigra subsp. pallasiana*, *Ulmus minor*, *Acer negundo*, *Populus alba*. Видовой состав подлеска следующий: *Salix acutifolia*, *Acer tataricum*, *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*, *Populus nigra*, *Ulmus minor*, *Ulmus laevis*, *Frangula cathartica*, *Crataegus curvisepala*, *Sambucus nigra*, *Padus avium*, *Rosa canina*, *Elaeagnus angustifolia*, *Malus sylvestris*, *Ribes aureum*, *Prunus spinosa* [5, 7, 8].

В целом состояние древесно-кустарниковой растительности оценивается как удовлетворительное. Основные проблемы древесных пород обусловлены неблагоприятными климатическими условиями. Это повышенная температура воздуха, недостаток воды в почве и сильные ветры. Ослабленные деревья, как правило, подвержены болезням и заселяются вредителями. Часть деревьев имеют признаки заболеваний (мучнистая роса дуба, корневая губка у сосны) и поражений энтомофитными вредителями (листовертка дубовая, сосновый пилильщик). В 20 выделе 97 квартала леса около 11 га занимают слабобугристые и слабозадернелые пески [1, 5].

Территория «Горы Городище» расположена в зоне ковыльных степей, в подзоне разнотравно-ковыльной степи [4]. Основные черты растительного покрова степных участков следующие:

- 1) Преобладающими видами в степных фитоценозах являются злаки: *Festuca valesiaca*, *Stipa Lessingiana*, *S. capillata*, *S. ucrainica*, *S. pulcherrima*, *S. pennata*, *Koeleria cristata*, *Bromopsis riparius*, *Poa angustifolia*, *P. bulbosa*, *Agropyrum cristatum* и др.
- 2) В разнотравье встречаются: *Trifolium montanum*, *T. alpestre*, *Vicia tenuifolia*, *Filipendula vulgaris*, *Fragaria viridis*, *Inula hirta*, *Dianthus capitatus*, *Xanthoxylum alsaticum*, *Artemisia austriaca*, *Scorzonera purpurea*, *Hieracium pilosella*, *Veronica jacquinii*, *Stachys annua*, *Echium vulgare*, *Knautia arvensis*, *Jurinea multiflora*, *Silene wolgensis*, *Herniaria incana* и др.
- 3) Характерно для разнотравно-ковыльных степей появление ряда степных южных, которые не встречаются в степях, расположенных севернее. Это *Galatella villosa*, *Phlomis tuberosa*, *Ph. pungens*, *Centaurea adpressa*, *Onobrychis arenaria*, *Thymus marschallianus*.
- 4) Также заметна роль ксерофитных растений: *Kochia prostrata*, *Tanacetum achilleifolium*, *Achillea leptophylla*, *Ephedra vulgaris*, *Goniolimon tataricum*, *Artemisia austriaca*, *Herniaria besseri* и др.

Для целей научного обоснования природоохранной ценности памятника природы имеет смысл анализ таксономического разнообра-

разия растений, встречающихся на его территории, в соотношении этих показателей, выявленных для всей территории Ростовской области [6]. Материалы такого анализа для сосудистых растений приведены ниже в таблице 1.

Таблица 1. АНАЛИЗ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ РАСТЕНИЙ ПП

№ п/п	Таксоны	Количество по ПП	Количество по Ростовской области	% участия
РАСТЕНИЯ				
1.	Семейство	49	140	35,0
2.	Род	150	697	21,52
3.	Вид	213	1750	12,17

«Гора Городище» обладает достаточно уникальным флористическим составом. В среднем, занимая всего 0,001 % площади Ростовской области, он обеспечивает существование 12,17 % от всего таксономического разнообразия сосудистых растений Ростовской области.

Ландшафтное разнообразие

оценивается по полноте представленности на ООПТ характерных ландшафтов и внутриландшафтных подразделений региона.

В целом изучаемый природно-территориальный комплекс представляет собой островное каменистое образование (т. н. гору) в ландшафтной местности, характеризующейся четвертичными денудационными ярусными возвышенными и покатыми равнинами с долинным и овражно-балочным расчленением, сочетающую основные урочища:

- участки леса;
- участки целинной разнотравно-дерновиннозлаковой степи;
- участки песчаных склонов.

Выделенные на территории памятника природы урочища имеют достаточно простую структуру, т. е. на каждом вышеуказанном элементе рельефа сформировалось по 1 фации.

Природоохранную ценность растительных сообществ и флористических комплексов эталонных экосистем наиболее полно характеризуют критерии IPA (Important Plant Areas). В 2001 г. в рамках программы Planta Europa было разработано «Руководство по отбору ключевых ботаничес-

ких территорий» (Important Plant Areas) Европы. Были обозначены четкие критерии для выделения участков, наиболее ценных для сохранения растительного мира. Их было предложено именовать ключевыми ботаническими территориями (далее – КБТ).

Разработанные рекомендации предусматривают 3 критерия выделения КБТ:

А (угрожаемые и ценные виды) – на участке имеется крупная популяция одного или нескольких видов растений, представляющих большую ценность в общемировом или европейском масштабе.

В (уровень и уникальность ботанического разнообразия) – участок характеризуется флорой, необычно богатой для своей биогеографической зоны в европейском масштабе.

С (местообитания под угрозой) – участок представляет собой уникальный образец местообитания, представляющего ценность в европейском или общемировом масштабе [9].

Для того, чтобы быть отнесенным к КБТ, участок должен удовлетворять одному или нескольким критериям (А, В, С) или любому их сочетанию. Видов, соответствующих категориям А (i), А (ii), А (iv) на исследуемой территории обнаружено не было. Критерию А (iii) соответствуют 2 вида:

- *Stipa ucrainica* – причерноморский (понтический) эндемик.
- *Bellevallia sarmatica* – причерноморский эндемик.

Кроме того, был выделен участок (КБТ), удовлетворяющий критериям В и С.

КБТ расположена в южной части 97 квартала леса Криворожского лесничества и характеризуется наибольшим разнообразием древесно-кустарниковой растительности: *Pinus silvestris*, *Quercus robur*, *Populus nigra* и др. Из редких травянистых растений здесь встречаются *Stipa pulcherrima* и *S. ucrainica*, *Scilla sibirica*, *Pulsatilla patens*, *Iris pumila*, *Bellevallia sarmatica*.

На исследуемой территории были выявлены местообитания 10 редких и исчезающих видов, занесенных в Красную книгу Ростовской области (КК РО) [2,11]. Эти местообитания имеют высокую природоохранную ценность на локальном уровне и характеризуются хорошими условиями среды, полностью удовлетворяющим всем потребностям данных видов. Географические координаты местообитаний редких растений определя-

лись при помощи GPS-приемника, уточнялись в поисково-информационном картографическом сервисе «Bing maps – спутник» (SAS. Планета 120808).

1. *Stipa pulcherrima* C. Koch. Статус 2 – уязвимый казахстанско-европейский вид [2, 11]. Растет на участках типчаково-ковыльной степи. Гелиофит, ксерофит, мезотроф. Суммарная площадь – около 4 га. Общая численность около 30 особей. Географические координаты обнаруженных местообитаний: N48°47'03,99", E40°50'34,24"; N48°46'59,14", E40°50'09,52". Распределение носит контактный характер. Средняя плотность популяции в местах скопления около 5–8 особей на 1 м². Занесен в Красную книгу РФ – статус 2 (V). Уязвимый вид [12].
2. *Stipa pennata* L. (*S. joannis* Celac.). Статус 2 – уязвимый номадийский вид [2, 11]. Растет на участках типчаково-ковыльной степи. Гелиофит, ксерофит, мезотроф. Суммарная площадь – около 3 га. Общая численность около 30 особей. Географические координаты обнаруженных местообитаний: N48°46'47,60", E40°50'25,67"; N48°46'38,05", E40°49'42,95". Распределение носит контактный характер. Средняя плотность популяции в местах скопления около 4–6 особей на 1 м². Занесен в Красную книгу РФ – статус 2 (V). Уязвимый вид [12].
3. *Stipa ucrainica* P. Smirn. Статус 2 – уязвимый причерноморский (понтический) эндемик [2, 11]. Растет на участках типчаково-ковыльной степи. Гелиофит, ксерофит, мезотроф. Суммарная площадь – около 3 га. Общая численность около 50 особей. Географические координаты обнаруженных местообитаний: N48°47'00,31", E40°50'12,77"; N48°46'43,52", E40°50'11,14"; N48°46'33,92", E40°49'48,51". Распределение на степных участках носит практически непрерывный характер. Средняя плотность популяции в местах скопления около 7–9 особей на 1 м². Занесен в Красную книгу РФ – статус 2 (V). Уязвимый вид [12].
4. *Tulipa gesneriana* L. (*Tulipa schrenkii* Regel). Статус 2 – уязвимый западноказахстанско-причерноморский вид

- [2, 11]. Обитает на степных участках. Ранневесенний эфемероид. Гелиофит, ксеромезофит, мезотроф. Суммарная площадь – около 2 га. Общая численность около 40 особей. Географические координаты обнаруженных местообитаний: N48°46'57,15", E40°50'19,87". Распределение носит контагиозный характер (фактически встречаются отдельные особи). Средняя плотность популяции в местах скопления около 1–4 особи на 1 м².
5. *Fritillaria ruthenica* Wikstr. Статус 2 – уязвимый восточно-европейский вид [2, 11]. Растет на влажных участках под пологом редкого древостоя. Эфемероид. Гелиофит, мезогигрофит, мезоэвтроф. Суммарная площадь – около 0,5 га. Общая численность около 20 особей. Географические координаты обнаруженных местообитаний: N48°46'41,22", E40°49'54,07"; N48°47'11,24", E40°50'26,82". Распределение носит изолированный характер. Средняя плотность популяции в местах скопления около 2–3 особи на 1 м². Занесен в Красную книгу РФ – статус 3 (R). Редкий вид. Эндемик флоры СССР [12].
6. *Scilla sibirica* Haw. Статус 3 – редкий и сокращающийся восточно-средиземноморско-восточноевропейский дизъюнктивный вид [2, 11]. Растет на влажных лесных участках на рыхлой перегнойной почве. Эфемероид. Гелиофит, мезогигрофит, мезоэвтроф. Суммарная площадь – около 8 га. Общая численность около 30 особей. Географические координаты обнаруженных местообитаний: N48°46'46,22", E40°50'00,87". Распределение носит контагиозный характер. Средняя плотность популяции в местах скопления около 4–7 особей на 1 м².
7. *Bellevaia sarmatica* (Georgi)Woronow. Статус 2 – уязвимый вид, причерноморский эндемик [2, 11]. Растёт на степных склонах. Эфемероид. Гелиофит, мезофит, мезотроф. Факультативный петрофит и аргиллофит. Особенности вида – слабое семенное возобновление, длительность всех жизненных фаз онтогенеза. Суммарная площадь – около 0,5 га. Общая численность около 30 особей. Географические координаты обнаруженных местообита-

- ний: N48°46'46,22", E40°50'00,87". Распределение носит контактиозный характер. Средняя плотность популяции в местах скопления около 3–5 особей на 1 м². Занесен в Красную книгу РФ – статус 2 (V). Уязвимый вид [12].
8. *Iris pumila* L. (*I. taurica* Lodd.). Статус 2 – уязвимый западнономадический вид [2,11]. Растет на степных участках, на травянистых склонах. Гелиофит, мезоксерофит, мезотроф. Суммарная площадь – около 15 га. Общая численность около 150 особей. Географические координаты обнаруженных местообитаний: N48°46'53,88", E40°50'29,30"; N48°46'43,87", E40°50'09,52"; N48°47'00,93, E40°50'15,86". Распределение носит контактиозный характер. Средняя плотность популяции в местах скопления около 6–10 особей на 1 м². Занесен в Красную книгу РФ – статус 2 (V). Уязвимый вид [12].
9. *Pulsatilla patens* (L.) Mill. Статус 3 – редкий в области восточноевропейско-южносибирский вид [2,11]. Растет под разреженным пологом леса, на песчаных склонах. Ранневесенний эфемероид. Гелиофит, мезоксерофит, мезоолиготроф. Суммарная площадь – около 1,5 га. Общая численность около 25 особей. Географические координаты обнаруженных местообитаний: N48°46'45,51", E40°50'16,16". Распределение носит контактиозный характер. Средняя плотность популяции в местах скопления около 3–5 особи на 1 м². Занесен в Красную книгу РФ – статус 3 (R). Редкий вид [12].
10. *Centaurea gerberi* Stev. Статус 3 – редкий в области восточноевропейско-южносибирский вид. [2, 11]. Растет на песчаных склонах. Гелиофит, ксерофит, олиготроф. Суммарная площадь – около 0,5 га. Общая численность около 20 особей. Географические координаты обнаруженных местообитаний: N48°46'53,88", E40°50'34,86". Распределение носит контактиозный характер. Средняя плотность популяции в местах скопления около 1–3 особей на 1 м².

Лимитирующие факторы, влияющие на жизнедеятельность вышеуказанных видов, следующие: нарушение местообитаний в

связи антропогенным воздействием (сбор растения на букеты, повышенная рекреационная нагрузка, проезд автотранспорта вне дорог, ландшафтные пожары), узкая экологическая валентность и низкая конкурентная способность видов.

Для их сохранения необходимы мониторинг состояния популяций, просветительская работа среди населения, запрет сбора в естественных местообитаниях, соблюдение природоохранного режима на территории памятника природы, запрет сбора в естественных местообитаниях, усиление штрафных санкций за уничтожение растения для продажи, культивирование в качестве декоративных растений для садов и парков.

Таким образом, были исследованы в полевых условиях основные флористические комплексы памятника природы «Гора Городище». Фактически было установлено обитание 213 видов сосудистых растений, относящихся к 150 родам и 49 семействам. Занимая всего 0,001 % площади Ростовской области, он обеспечивает существование 12,17 % от всего таксономического разнообразия сосудистых растений данного региона. На основе критериев ИРА выделена 1 ключевая ботаническая территория. Зарегистрировано 10 видов сосудистых растений, занесенные в Красную книгу Ростовской области, 7 из них занесены в Красную книгу России. Их местообитания имеют высокую природоохранную ценность на локальном уровне и характеризуются удовлетворительными условиями среды. Состояние флористических комплексов территории памятника природы хорошее, их роль в сохранении ландшафтного и биологического разнообразия региона оценивается как высокое. Территории подвергаются умеренной рекреационной и пастбищной нагрузке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зозулин Г. М. Леса Нижнего Дона. Ростов н/Д., 1992. 203 с.
2. Красная книга Ростовской области: в 2 т. / Администрация Ростовской области, Комитет по охране окружающей среды и природных ресурсов. Ростов н/Д.: Малыш, 2004. Т. 2: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения грибы, лишайники и растения / отв. ред. В. В. Федяева; авт.-сост. Т. И. Абрамова [и др.]. 333 с.
3. Постановление администрации Ростовской области от 19.10.2006 г. № 418 «О памятниках природы Ростовской области». URL: garant.ru (дата обращения 28.08.2014).

4. Смагина Т. А., Кутилин В. С. Ландшафты Ростовской области // Природные условия и естественные ресурсы Ростовской области: Южный округ. Ростовская обл. Ростов н/Д., 2002. С. 388–412.
5. Таксационное описание Маньковского лесничества Селивановского лесхоза / Филиал ФГУП «Рослесинфорг» «Воронежлеспроект». Воронеж, 2006. 116 с.
6. Траутвайн С. А., Харина Е. И. Фиторазнообразие памятника природы регионального значения «Балки Липовая и Рассыпная» (Ростовская область) // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. URL: www.science-education.ru/119-15215.
7. Флора Нижнего Дона (определитель). Часть 1 / Г.М. Зозулин, В.В. Федяева. Часть 1. Ростов н/Д.: Издательство Ростовского университета, 1984. 280 с.
8. Флора Нижнего Дона (определитель). Часть 1 / Г.М. Зозулин, В.В. Федяева. Часть 2. Ростов н/Д.: Издательство Ростовского университета, 1985. 240 с.
9. Palmer M., Smart J. 2001. Guidelines to the Selection of the Important Plant Areas in Europe. UK.
10. <http://travel.donrise.ru/>. Дневники путешествий по Донскому краю.
11. <http://www.doncomeco.ru/>. Сайт Министерства природных ресурсов и экологии Ростовской области.
12. <http://biodat.ru/> Красная книга России. Растения.

ОБ АВТОРАХ

Траутвайн Светлана Анатольевна, кандидат географических наук, доцент кафедры экологии и природопользования Северо-Кавказского федерального университета. Телефон 89614988991.
E-mail: svett-sk@yandex.ru.

Друп Виктория Демировна, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры биологии и экологии Ставропольского государственного педагогического института. Телефон 89620078652. E-mail: sylvia_vica@mail.ru.

Trautvain Svetlana Anatolievna, PhD, docent of the Department of ecology and nature management North Caucasus Federal University. Phone 89614988991. E-mail: svett-sk@yandex.ru.

Drup Victoria Demirovna, Candidate of biological Sciences, senior lecturer in the Department of biology and ecology of the Stavropol state pedagogical Institute. Phone 89620078652.
E-mail: sylvia_vica@mail.ru.

УДК 591.9

Харин К. В. [Kharin K. V.]

КАДАСТР НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ ТЕРРИТОРИИ АЛЕКСАНДРОВСКОГО РАЙОНА СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Inventory of land vertebrate animals of the territory of the Aleksandrovsky region of Stavropol krai

Кадастр наземных позвоночных представлен сведениями о численности, бальной оценки вида, роли в таксоценозе наземных позвоночных животных, данные о площади среды обитания и распределении по территории Александровского района объектов животного мира, а также данные о видах, занесенных в региональную и Российскую Красные книги.

Ключевые слова: биотопы, животное население, местообитания, популяция, позвоночные, редкий вид.

The inventory of land vertebrata is submitted by data on number, a ball assessment of a look, a role in a taksotsenoza of land vertebrate animals, given about the area of habitat and distribution across the territory of the Aleksandrovsky region of objects of fauna, and also data on the types included in regional and Russian Red Lists.

Key words: biotopes, animal population, habitats, population, vertebrata, rare species.

Учет наземных позвоночных животных, за исключением видов, отнесенных к охотничьим и водным биологическим ресурсам, проводился в период 2013–2014 годов, с целью составления кадастра наземных позвоночных животных Александровского района Ставропольского края. Полученные в результате проведенного исследования данные могут быть использованы специалистами для проведения мониторинга состояния популяций выявленных видов.

Кадастр наземных позвоночных содержит количественные и качественные показатели, выражающиеся в данных о численности, бальной оценки вида и его роли в таксоценозе, площади среды обитания и распределении по территории, а также данные о видах, занесенных в региональную и Российскую Красные книги в пределах кадастровых кварталов административного района.

Анализ фондовых материалов, в том числе карт и продуктов дистанционного зондирования позволил выявить конкретные территории, имеющие особое значение с целью сохранения объектов животного мира не отнесенных к охотничьим ресурсам.

Во время проведения полевых исследований фаунистическое разнообразие изучалось путем количественного учета животных, принимая во внимание связь животных с определенными элементами среды обитания и ландшафтными условиями. Среда обитания и ключевые участки наблюдений привязывались к предыдущим исследованиям для лучшего сопоставления полученных данных.

Полевые изыскания включали в себя следующие виды работ:

- Инвентаризацию местообитаний животных (амфибий, рептилий, птиц, млекопитающих, беспозвоночных) и приуроченность их к элементам среды и существующему ландшафтному и административному делению территории Ставропольского края;
- Оценку факторов, определяющих пригодность среды для обитания животных (характер увлажнения, рельеф, структура фитоценозов и степень их нарушения с точки зрения кормовых и защитных свойств территории для наземных позвоночных);
- Характеристику территориальных группировок населения млекопитающих, птиц, рептилий и амфибий, беспозвоночных, их структуры по численности (фоновые виды, доминанты, содоминанты, второстепенные, редкие), биомассе (для насекомых);
- Инвентаризацию редких, исчезающих и особо охраняемых видов, в том числе видов, занесенных в Красную книгу РФ и Ставропольского края, выявление сред обитания «краснокнижных» видов животных;
- Картирование основных типов сред обитания наземных позвоночных, мест находок редких, исчезающих и особо охраняемых видов животных, концентраций на пролете и т.п.

Выделение сред обитания, в рамках рассматриваемых ландшафтов, проводилось с учетом существующего приложения к требованиям, к составу и структуре схемы размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории субъекта Российской Федерации, утвержденным Приказом Минприроды России от 31 августа 2010 г. № 335.

Согласно данному требованию, в пределах административного района и приуроченных к нему ландшафтной структуры выделялись следующие элементы среды обитания объектов животного мира: пашня и пастбища, леса, внутренние водные объекты и др. [Харин, Лиховид, 2014].

На территории Александровского района нами выделены шесть элементов среды обитания животного населения. В ландшафтном отношении это территория располагается в провинции байрачных лесостепей – Грачевско-Калаусский и Прикалаусско-Буйволинский ландшафты, занимающие северную часть района, центральная часть территории района располагается провинция лесостепных ландшафтов – Прикалаусско-Саблинский, а юго-восток территории располагается в пределах Карамык-Томузовского степного ландшафта.

Пашня

Данный элемент среды обитания (122 746 га) объектов животного мира располагается на землях сельскохозяйственного назначения и отличается небольшим видовым разнообразием.

Сообщество наземных позвоночных пашен представлено 1 видом земноводных, 7 видами птиц и 3 видами млекопитающих (табл. 1).

Таблица 1. НАСЕЛЕНИЕ НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ ПАШЕН

№	Вид	Численность ос/га 2013 год	Численность ос/га 2014 год	Балл*	Роль в таксо- ценозе**
1.	Жаба зеленая (<i>Bufo viridis</i>)	0,15	0,17	++	Pl.
2.	Лунь полевой (<i>Circus cyaneus</i>)	0,001	0,001	+	Rs
3.	Лунь луговой (<i>Circus pygargus</i>)	0,002	0,003	+	Rs
4.	Жаворонок полевой (<i>Alauda arvensis</i>)	2,3	2,4	+++	Soc.
5.	Жаворонок степной (<i>Melanocorypha calandra</i>)	1,3	1,2	++	Pl
6.	Жаворонок рогатый (<i>Eremophila alpestris</i>)	0,2	0,2	+	R

7.	Жаворонок серый (<i>Calandrella rufescens</i>)	0,1	0,1	+	R
8	Конек полевой (<i>Anthus campestris</i>)	0,1	0,02	+	Rs
9	Мышь лесная (<i>Apodemus uralensis</i>)	4,1	3,6	+++	Soc.
10	Мышь полевая (<i>Apodemus agrarius</i>)	2,0	1,9	++	Pl.
11	Хомячок серый (<i>Cricetulus migratorius</i>)	1,1	0,9	++	Pl.

— + — редко; ++ — обычный; +++ — многочисленный;
 ** — Soc. (Sociales) — доминирует; Pl. (Plerumque) — фоновый; R. (Raro)
 — незначительно; Rs. (Rarissimo) — крайне незначительно.

Пастбища

как элемент среды обитания объектов животного мира, площадью 43545 га. Сообщество наземных позвоночных пастбищ представлено 1 видом земноводных, 1 видом пресмыкающихся, 8 видами птиц и 6 видами млекопитающих (табл. 2).

Таблица 2. НАСЕЛЕНИЕ НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ ПАСТБИЩ

№	Вид	Численность ос/га 2013 год	Численность ос/га 2014 год	Балл*	Роль в таксо- ценозе**
1	Жаба зеленая (<i>Bufo viridis</i>)	0,2	0,1	++	Pl.
2	Ящерица двуполосая (<i>Lacerta agilis</i>)	3,8	3,2	+++	Soc.
3	Лунь полевой	0,001	0,001	+	Rs
4	Лунь луговой	0,001	0,001	+	Rs
5	Жаворонок полевой (<i>Alauda arvensis</i>)	2,6	2,7	+++	Soc.
6	Жаворонок степной	1,4	1,6	++	Pl
7	Жаворонок рогатый	0,2	0,1	+	R
8	Жаворонок серый	0,2	0,1	+	R

9	Просянка (<i>Emberiza calandra</i>)	1,4	1,2	++	Pl.
10	Конек полевой	0,02	0,04	+	Rs
11	Мышь лесная (<i>Apodemus uralensis</i>)	3,8	3,2	+++	Soc.
12	Белозубка малая (<i>Crocidura suaveolens</i>)	0,9	0,8	++	Pl.
13	Мышь полевая (<i>Apodemus agrarius</i>)	1,3	1,1	++	Pl.
14	Хомячок серый (<i>Cricetulus migratorius</i>)	0,9	0,7	++	Pl.
15	Белозубка белобрюхая (<i>Crocidura leucodon</i>)	0,2	0,1	++	Pl.
16	Мышь домовая (<i>Mus musculus</i>)	2,3	1,8	+++	Soc

— + – редко; ++ – обычный; +++ – многочисленный;
** – Soc. (Sociales) – доминирует; Pl. (Plerumque) – фоновый; R. (Raro) – незначительно; Rs. (Rarissimo) – крайне незначительно.

Леса

Данный элемент среды на территории района занимает площадь в 718 га и отличается своеобразным типом животного населения.

Сообщество наземных позвоночных представлено 6 видами земноводных, 9 видами пресмыкающихся, 41 видом птиц и 14 видами млекопитающих (табл. 3, 4).

Таблица 3. НАСЕЛЕНИЕ НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ ЛЕСОВ

№	Вид	Численность ос/га 2013 год	Численность ос/га 2014 год	Балл*	Роль в таксо- ценозе**
1	Тритон кавказский (<i>Triuturus vulgaris lantzi</i>)	0,1	0,1	+	R
2	Жерлянка краснобрюхая (<i>Bombina bombina</i>)	0,2	0,03	+	R
3	Чесночница обыкновенная (<i>Pelobates fuscus fuscus</i>)	0,001	0,001	+	Rs

4	Жаба зеленая (<i>Bufo viridis</i>)	0,3	0,2	+	R
5	Квакша обыкновенная (<i>Hyla arborea</i>)	1,9	1,8	++	PI
6	Лягушка малоазиатская (<i>Rana macrocnemis</i>)	2,8	2,2	++	PI
7	Веретеница ломкая (<i>Anguis fragilis</i>)	0,001	0,001	+	Rs
8	Ящурка разноцветная западная (<i>Eremias arguta</i>)	0,02	0,01	+	R
9	Ящурка быстрая кавказская (<i>Eremias velox caucasica</i>)	0,02	0,01	+	R
10	Ящерица Беме (<i>Lacererta agilis</i>)	0,5	0,4	+	R
11	Ящерица полосатая (<i>Lacerta strigata</i>)	0,02	0,08	+	R
12	Уж обыкновенный (<i>Natrix natrix</i>)	0,5	0,1	+	R
13	Полос узорчатый (<i>Elaphe dione</i>)	0,0001	0,0001	+	Rs
14	Полос четырехполосый (<i>Elaphe quatuorlineata</i>)	0,0002	0,0001	+	Rs
15	Медянка обыкновенная (<i>Coronella austriaca</i>)	0,02	0,01	+	R
16	Коршун черный (<i>Milvus migrans</i>)	0,001	0,001	+	Rs
17	Тетеревятник (<i>Accipiter gentilis</i>)	0,001	0,001	+	Rs
18	Перепелятник (<i>Accipiter nisus</i>)	0,001	0,001	+	Rs
19	Курганник (<i>Buteo rufinus</i>)	0,003	0,002	+	Rs
21	Орел-карлик (<i>Hieraaetus pennatus</i>)	0,001	0,001	+	Rs
22	Подоролик малый (<i>Aquila pomarina</i>)	0,001	0,001	+	Rs
23	Челлок (<i>Falco subbuteo</i>)	0,002	0,001	+	Rs
24	Кобчик (<i>Falko vespertinus</i>)	0,001	0,001	+	R
25	Пустельга обыкновенная (<i>Falco tinnunculus tinnunculus</i>)	0,001	0,001	+	Rs
26	Филин (<i>Bubo bubo</i>)	0,002	0,002	+	Rs
27	Сплюшка (<i>Otus scops</i>)	0,001	0,001	+	Rs

28	Козодой обыкновенный (<i>Caprimulgus europaeus</i>)	0,1	0,05	++	PI
29	Дятел пестрый (<i>Dendrocopos major</i>)	1,01	1,1	++	PI
31	Жаворонок лесной (<i>Lullula arborea</i>)	0,001	0,001	+	Rs
33	Иволга обыкновенная (<i>Oriolus oriolus</i>)	1,2	1,3	++	PI
34	Скворец обыкновенный (<i>Stumus vulgaris</i>)	0,001	0,001	+	Rs
35	Сойка (<i>Garulus glandarius</i>)	1,3	1,2	++	PI
36	Сорока (<i>Pica pica</i>)	1,5	1,3	++	PI
37	Грач (<i>Corvus frugilegus</i>)	1,1	1,1	++	PI
38	Ворона серая (<i>Corvus comix</i>)	0,3	0,1	++	PI
39	Завирушка лесная (<i>Prunellidae modularis</i>)	0,5	0,3	++	PI
40	Славка ястребиная (<i>Sylvia nisoria</i>)	0,36	0,4	++	PI
41	Славка черноголовая (<i>Sylvia atricapilla</i>)	1,2	1,2	++	PI
42	Славка серая (<i>Sylvia communis</i>)	0,4	0,3	++	PI
43	Славка-завирушка (<i>Sylvia curruca</i>)	0,03	0,03	+	Rs
44	Пеночка-теньковка (<i>Phylloscopus collybita</i>)	3,8	3,5	+++	PI
45	Пеночка-трещетка (<i>Phylloscopus sibilatrix</i>)	0,01	0,01	+	R
46	Мухоловка малая (<i>Ficedula parva</i>)	0,01	0,01	+	Rs
47	Горихвостка обыкновенная (<i>Phoenicurus phoenicurus</i>)	0,02	0,02	+	Rs
48	Дрозд каменный пестрый (<i>Monticola saxatilis</i>)	0,0001	0,0001	+	Rs
49	Зарянка (<i>Erithacus rubecula</i>)	0,001	0,001	+	Rs
50	Дрозд черный (<i>Turdus merula</i>)	2,1	2,1	++	PI
51	Дрозд певчий (<i>Turdus philomelos</i>)	2,3	2,2	++	PI
52	Лазоревка обыкновенная (<i>Parus caeruleus</i>)	0,2	0,1	+	Rs
53	Синица большая (<i>Parus major</i>)	3,6	2,8	++	PI
54	Пищуха обыкновенная (<i>Certhia familiaris</i>)	0,01	0,02	+	Rs
55	Зяблик (<i>Fringilla coelebs</i>)	5,2	4,3	+++	Soc
56	Зеленушка обыкновенная (<i>Chloris chloris</i>)	0,1	0,1	++	PI

57	Чечевица обыкновенная (<i>Carpodacus erythrinus</i>)	0,01	0,01	+	Rs
58	Овсянка обыкновенная (<i>Emberiza citrinella</i>)	0,12	0,1	++	PI
59	Овсянка садовая (<i>Emberiza hortulana</i>)	0,2	0,1	++	PI
60	Еж белогрудый (<i>Erinaceus concolor</i>)	0,1	0,3	++	PI
61	Бурозубка кавказская (<i>Sorex caucasicus</i>)	0,001	0,001	+	Rs
62	Мышовка лесная (<i>Sicista betulina</i>)	0,001	0,002	+	Rs
63	Слепыш обыкновенный (<i>Spalax microphthalmus</i>)	0,1	0,15	++	PI
64	Подковонос большой (<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>)	0,003	0,001	+	Rs
67	Нетопырь-карлик (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	0,001	0,001	+	Rs
68	Вечерница малая (<i>Nyctalus leisleri</i>)	0,02	0,001	+	Rs
69	Соня лесная (<i>Dryomys nitedula</i>)	0,001	0,001	+	Rs
70	Полевка обыкновенная (<i>Microtus arvalis</i>)	0,02	0,01	+	Rs
71	Слепушонка обыкновенная (<i>Ellobius talpinus</i>)	0,003	0,003	+	Rs
72	Мышь лесная (<i>Apodemus uralensis</i>)	2,9	3,0	+++	Soc
73	Мышь полевая (<i>Apodemus agrarius</i>)	0,002	0,002	+	Rs
74	Мышь домовая (<i>Mus musculus</i>)	1,3	1,2	++	PI
75	Полевка кустарниковая (<i>Microtus majori</i>)	0,001	0,001	+	Rs
76	Черный аист (<i>Ciconia nigra</i>)	0,001	0,001	+	Rs

— + — редко; ++ — обычный; +++ — многочисленный;
** — Soc. (Sociales) — доминирует; PI. (Plerumque) — фоновый; R. (Raro) — незначительно;
Rs. (Rarissimo) — крайне незначительно.

Таблица 4. РЕДКИЕ И ИСЧЕЗАЮЩИЕ ВИДЫ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ ЛЕСОВ

Вид	Категория по ККС	Прим
Квакша шелковникова – (<i>Hyla arborea schelkownikowi</i>)	ККС IV категория – редкий, с сокращающейся численностью подвид	

Веретиница ломкая – <i>Anguis fragilis</i> (<i>Linnaeus 1758</i>)	Редкий с сокращающейся численностью вид Категория II	
Обыкновенный тритон Ланца – <i>Triturus vulgaris lantzi</i> <i>Wolterstorff, 1914</i>	Редкий с сокращающейся численностью подвид Категория II	
Орел – карлик – <i>Hieraa- etus pennatus Gmelin, 1788</i>	Редкий вид Категория III	
Малый подорлик – <i>Aquila pomarina</i>	Редкий вид Категория III	ККР, Гнездится в лесах с хоро- шо развитым подростом и под- леском.
Филин – <i>Bubo bubo (Linnaeus 1758)</i>	Сокращающийся в численности вид. Категория II	ККР, Гнездится на земле – в ни- шах на склонах оврагов, балок, обрывов, под корягами в трудно- доступных участках леса
Черный аист <i>Ciconia nigra</i>	Редкий вид Категория III	ККР, Гнездится в в лесах (отме- чен у с. Александровского)

Болота

Данный элемент среды на территории района занимает площадь 589355,1953 кв.м., отличается небогатым видовым разнообразием животного населения.

Сообщество наземных позвоночных представлено 1 видом земноводных, 2 видами пресмыкающихся, 4 видами птиц (табл. 5).

Таблица 5. НАСЕЛЕНИЕ НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ БОЛОТ

№	Вид	Численность ос/га 2013 год	Численность ос/га 2014 год	Балл*	Роль в таксоценозе**
1	Лягушка озерная (<i>Rana ridibunda</i>)	10,0	9,3	+++	Soc
2	Черепаха болотная (<i>Emys orbicularis</i>)	0,2	0,1	++	R
3	Уж водяной (<i>Natrix tessellata</i>)	0,1	0,01	++	PI
4	Трясогузка черноголо- вая (<i>Motacilla feldegg feldegg</i>)	2,5	1,8	++	PI

5	Камышевка-барсучок (<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>)	1,1	0,8	++	PI
6	Камышевка болотная (<i>Acrocephalus palustris</i>)	0,3	0,2	+	Rs
7	Камышевка тростниковая (<i>Acrocephalus scirpaceus</i>)	1,2	1,1	+++	PI
8	Лунь болотный (<i>C. aeruginosus aeruginosus</i>)	0,1	0,1	+	Rs

* — + — редко; ++ — обычный; +++ — многочисленный.

** — Soc. (Sociales) — доминирует; PI. (Plerumque) — фоновый; R. (Raro) — незначительно; Rs. (Rarissimo) — крайне незначительно

Солончаки

Данный элемент среды на территории района занимает площадь 1140603,395 кв.м., отличается небогатым видовым разнообразием животного населения.

Сообщество наземных позвоночных представлено 1 видом пресмыкающихся, 2 видами птиц (табл. 6).

Таблица 6. НАСЕЛЕНИЕ НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ СОЛОНЧАКОВ

№	Вид	Численность ос/га 2013 год	Численность ос/га 2014 год	Балл*	Роль в таксоценозе**
1	Ящерица полосатая (<i>L. strigata</i>)	0,1	0,2	++	PI
2	Жаворонок хохлатый (<i>Galerida cristata cristata</i>)	2,5	2,3	++	PI
3	Каменка-плясунья (<i>O. isabellina</i>)	0,1	0,08	++	PI

* — + — редко; ++ — обычный; +++ — многочисленный.

** — Soc. (Sociales) — доминирует; PI. (Plerumque) — фоновый; R. (Raro) — незначительно; Rs. (Rarissimo) — крайне незначительно

Внутренние водные объекты

Данный элемент среды (750 га) представлен комплексом животного населения прибрежных участков внутренних водоемов и водотоков.

Сообщество наземных позвоночных представлено 2 видами земноводных, 4 видами пресмыкающихся, 13 видами птиц (табл. 7, 8).

Таблица 7. НАСЕЛЕНИЕ НАЗЕМНЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

№	Вид	Численность ос/га 2013 год	Численность ос/га 2014 год	Балл*	Роль в таксоценозе**
1	Лягушка озерная (<i>Rana ridibunda</i>)	25,9	27,5	+++	Soc.
2	Жерлянка краснобрюхая <i>Bombina bombina</i>	0,001	0,001	+	Rs.
3	Уж водяной (<i>Natrix tessellata</i>)	0,2	0,3	++	Pl.
4	Черепаша болотная (<i>Emys orbicularis</i>)	0,02	0,01	+	Rs.
5	Ящерица понтийская (<i>Lacerta praticola</i>)	0,001	0,001	+	Rs.
6	Медянка обыкновенная (<i>Coronella austriaca</i>)	0,02	0,01	+	Rs.
7	Камышевка болотная (<i>Acrocephalus palustris</i>)	2,1	1,9	++	Soc.
8	Камышевка барсучок	0,4	0,3	++	Pl.
9	Баклан малый (<i>Phalacrocorax pygmaeus</i>)	0,01	0,01	+	Rs.
10	Выпь большая (<i>Botaurus stellaris</i>)	0,3	0,1	+	R
11	Выпь малая (<i>Ixobrychus minutus</i>)	0,01	0,01	+	R.
12	Кваква (<i>Nycticorax nycticorax</i>)	0,02	0,01	+	Rs.
13	Цапля рыжая (<i>Ardea purpurea</i>)	0,001	0,001	+	Rs.
14	Лунь болотный (<i>Circus aeruginosus</i>)	0,02	0,02	+	R.
15	Сова болотная (<i>Asio flammeus</i>)	0,001	0,001	+	Rs.

16	Сверчок соловьиный (<i>Locustella luscinioides</i>)	0,25	0,21	+	R
17	Сверчок обыкновенный (<i>Locustella naevia</i>)	0,1	0,1	+	R.
18	Камышевка дроздовидная (<i>Acrocephalus arundinaceus</i>)	2,0	1,6	+++	Pl.
19	Ремез	0,001	0,001	+	Rs.

* – + – редко; ++ – обычный; +++ – многочисленный;
** – Soc. (Sociales) – доминирует; Pl. (Plerumque) – фоновый; R. (Raro) – незначительно;
Rs. (Rarissimo) – крайне незначительно.

Таблица 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ОСНОВНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ СРЕД ОБИТАНИЯ ВИДОВ, ЗАНЕСЕННЫХ В КРАСНЫЕ КНИГИ РАЗНОГО РАНГА НА ТЕРРИТОРИИ РАЙОНА

Вид	Категория по ККС	Прим
леса		
Квакша шелковникова – (<i>Hyla arborea schelkownikowi</i>)	ККС IV категория – редкий, с сокращающейся численностью подви	
Веретиница ломкая – <i>Anguis fragilis</i> (Linnaeus 1758)	Редкий с сокращающейся численностью вид Категория II	
Обыкновенный тритон Ланца – <i>Triturus vulgaris lantzi</i> (Wolterstorff, 1914)	Редкий с сокращающейся численностью подви Категория II	
Орел – карлик – <i>Hieraaetus pennatus</i> Gmelin, 1788	Редкий вид Категория III	
Малый подорлик – <i>Aquila pomarina</i>	Редкий вид Категория III	ККР, Гнездится в лесах с хорошо развитым подростом и подлеском
Филин – <i>Bubo bubo</i> (Linnaeus, 1758)	Сокращающийся в численности вид. Категория II	ККР, Гнездится на земле – в нишах на склонах оврагов, балок, обрывов, под корягами в труднодоступных участках леса
Черный аист <i>Ciconia nigra</i>	Редкий вид Категория III	ККР, Гнездится в в лесах (отмечен у с. Александровского)

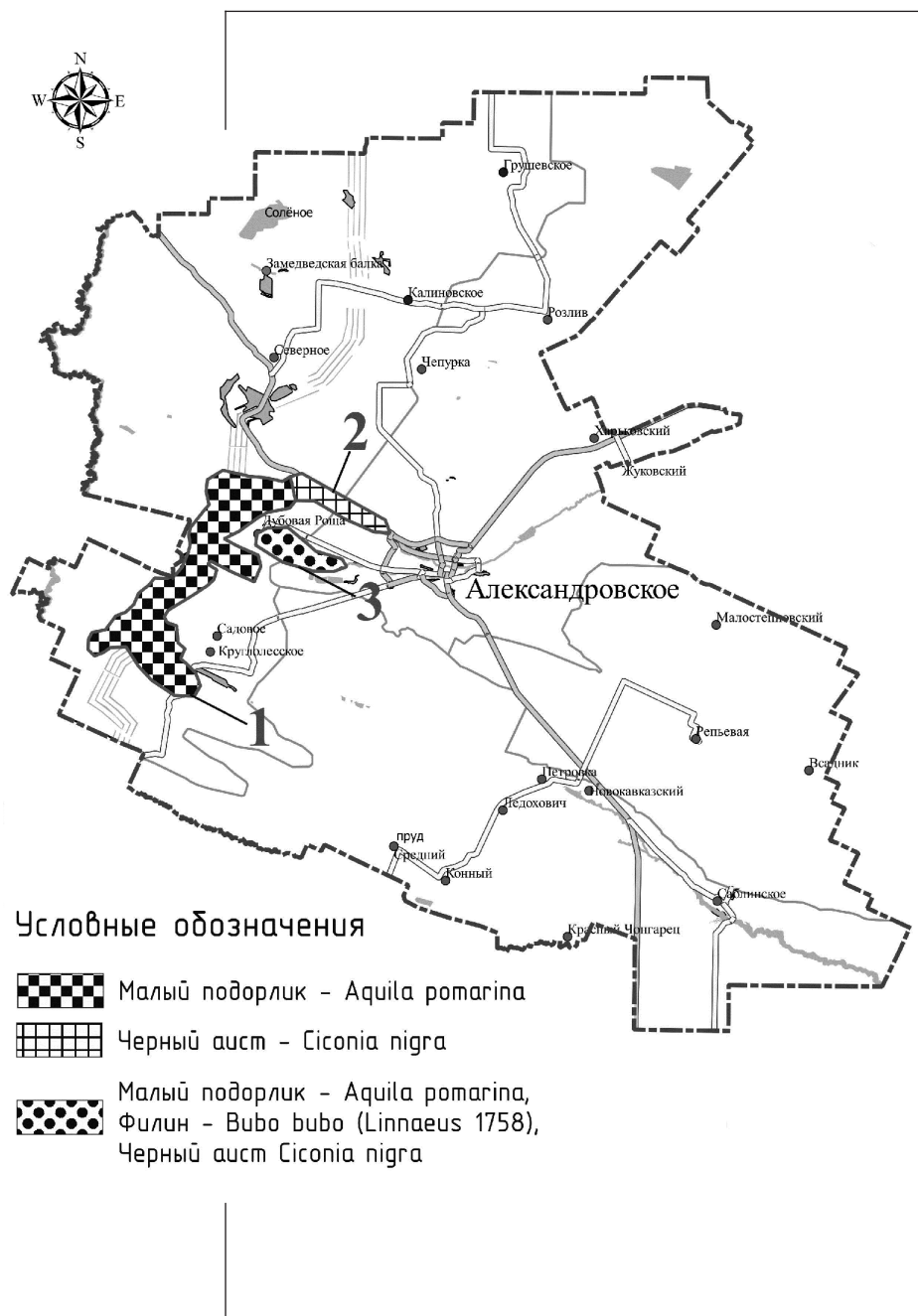


Рисунок 1.

Ареалы обитания видов занесенных в Красную книгу России на территории Александровского района.

На рисунке 1 показаны ареалы распространения трех видов животных занесенных в Красную книгу России, обитающих на территории Александровского района, а в таблицах 9 и 10 приведены данные о координатах ареалов обитания данных видов и кадастровых кварталах, в пределах которых отмечено их присутствие.

Таблица 9. КООРДИНАТЫ АРЕАЛОВ

1		2		3	
Долгота	Широта	Долгота	Широта	Долгота	Широта
42°51'28"	44°45'44"	44°43'56"	42°56'42"	42°52'32"	44°44'0"
42°52'12"	44°45'36"	44°44'22"	42°55'16"	42°53'38"	44°43'24"
42°52'36"	44°45'48"	44°44'58"	42°53'48"	42°53'54"	44°43'14"
42°52'36"	44°45'48"	44°44'58"	42°52'52"	42°55'12"	44°42'58"
42°52'52"	44°44'58"	44°45'48"	42°52'36"	42°55'28"	44°42'42"
42°52'54"	44°44'58"	44°45'54"	42°53'10"	42°54'48"	44°42'32"
42°52'36"	44°44'42"	44°44'22"	42°57'16"	42°53'50"	44°42'32"
42°51'32"	44°44'32"	44°43'56"	42°57'30"	42°52'22"	44°42'48"
42°51'6"	44°44'20"	44°43'56"	42°56'42"	42°51'0"	44°43'22"
42°50'10"	44°43'50"			42°51'2"	44°43'46"
42°49'28"	44°43'34"			42°51'32"	44°43'58"
42°50'6"	44°43'20"			42°52'32"	44°44'0"
42°51'8"	44°43'2"				
42°51'16"	44°42'38"				
42°50'58"	44°42'6"				
42°49'52"	44°42'26"				
42°48'50"	44°42'46"				
42°48'42"	44°42'40"				
42°49'8"	44°42'28"				
42°49'0"	44°42'8"				
42°48'42"	44°41'56"				
42°48'2"	44°41'36"				

42°47'28"	44°41'20"
42°46'48"	44°41'2"
42°46'38"	44°40'48"
42°46'48"	44°40'36"
42°47'16"	44°40'30"
42°47'20"	44°39'54"
42°47'42"	44°39'42"
42°47'30"	44°39'22"
42°47'48"	44°39'10"
42°48'14"	44°38'52"
42°48'30"	44°38'26"
42°48'12"	44°38'4"
42°47'14"	44°38'4"
42°46'6"	44°38'36"
42°45'28"	44°39'4"
42°44'50"	44°39'42"
42°44'4"	44°39'42"
42°43'44"	44°39'30"
42°43'18"	44°39'22"
42°43'0"	44°39'36"
42°43'0"	44°39'58"
42°43'8"	44°40'12"
42°43'48"	44°40'18"
42°43'52"	44°40'22"
42°44'16"	44°40'46"
42°44'46"	44°40'56"
42°45'8"	44°41'12"
42°45'22"	44°41'36"
42°45'52"	44°41'54"
42°46'8"	44°42'8"

42°46'44"	44°42'8"
42°47'8"	44°42'16"
42°47'28"	44°42'34"
42°47'44"	44°43'4"
42°47'48"	44°43'20"
42°47'44"	44°43'40"
42°47'48"	44°43'56"
42°48'30"	44°44'34"
42°48'40"	44°44'44"
42°48'30"	44°45'12"
42°48'34"	44°45'36"
42°49'18"	44°45'56"
42°50'36"	44°45'46"
42°51'28"	44°45'44"
42°57'30"	44°43'56"
42°57'30"	44°43'54"
42°56'44"	44°43'56"
42°56'26"	44°44'2"
42°56'42"	44°43'56"
42°57'30"	44°43'56"

Таблица 10. КАДАСТРОВЫЕ КВАРТАЛА

1				2	3
26:18:100507	26:18:090214	26:18:040402	26:18:090210	26:18:060114	26:18:040428
26:18:100319	26:18:040431	26:18:040407	26:18:090203	26:18:060125	26:18:050101
26:18:100323	26:18:040426	26:18:090209	26:18:100320	26:18:060118	26:18:050202
26:18:040307	26:18:100304	26:18:020701	26:18:040303	26:18:060119	26:18:050102
26:18:040302	26:18:100312	26:18:100303	26:18:090107	26:18:040101	26:18:040502
26:18:040428	26:18:090202	26:18:040301	26:18:040411	26:18:040431	26:18:040427
26:18:040410	26:18:100105	26:18:090108	26:18:090302	26:18:060112	26:18:050203

26:18:090211	26:18:100112	26:18:040422	26:18:040417	26:18:060120	26:18:040507
26:18:090208	26:18:100201	26:18:040418	26:18:040416	26:18:060123	26:18:050103
26:18:100313	26:18:100308	26:18:060107	26:18:040201	26:18:060109	26:18:040501
26:18:100311	26:18:100325	26:18:100366	26:18:100203	26:18:040203	26:18:040506
26:18:100315	26:18:090201	26:18:100202	26:18:100508	26:18:040432	26:18:040503
26:18:040405	26:18:040424	26:18:100306	26:18:100326	26:18:040113	26:18:050201
26:18:060106	26:18:040406	26:18:100324	26:18:040305	26:18:060111	26:18:060501
26:18:100330	26:18:040502	26:18:100307	26:18:040306	26:18:060121	
26:18:100204	26:18:090204	26:18:100336	26:18:090213	26:18:060107	
26:18:100104	26:18:090106	26:18:040408	26:18:090215	26:18:040202	
26:18:040304	26:18:040415	26:18:020801	26:18:040425	26:18:060122	
26:18:040409	26:18:040423	26:18:090104	26:18:040401	26:18:060110	
26:18:090205	26:18:060109	26:18:090105	26:18:040403	26:18:060108	
26:18:090207	26:18:100317	26:18:040419	26:18:040503	26:18:060116	
26:18:090303	26:18:100322	26:18:040404	26:18:100301	26:18:040201	
26:18:100314	26:18:100318	26:18:060108	26:18:100302	26:18:040112	
26:18:100329	26:18:090219	26:18:100327	26:18:100309	26:18:060113	
26:18:100305	26:18:090212	26:18:040430	26:18:100310	26:18:060115	
26:18:090221	26:18:040427	26:18:040429	26:18:090301	26:18:060117	
			26:18:040412		
			26:18:100321		
			26:18:100316		

В результате проделанной работы обновлены кадастровые данные по позвоночным животным, не относящимся к объектам охоты и водным биологических ресурсов. В ходе работы были также обновлены сведения по видам, внесенным в Красную книгу Ставропольского края. Представлен картографический материал по районам исследования. Приведены данные о кадастровых кварталах, в пределах которых расположены ареалы видов животного населения, занесенных в Красную книгу РФ с координатами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Красная книга Ставропольского края. Т. 2. Животные. Ставрополь: Изд-во «Полиграфсервис», 2002. 215 с.
2. Приказ Минприроды РФ от 31.08.2010 № 335 «Об утверждении порядка составления схемы размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории субъекта Российской Федерации, а также требований к ее составу и структуре» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 04.10.2010 № 18614).
3. Харин К.В., Лиховид А.А. Мониторинг биоразнообразия наземных позвоночных животных на территории Апанасенковского района Ставропольского края // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2014. № 3(42). С. 62–68.

ОБ АВТОРЕ

Харин Константин Викторович, кандидат географических наук, доцент кафедры экологии и природопользования Северо-Кавказского федерального университета. Телефон: (8652)35-84-34.

Harin Konstantin Victorovich, Candidate of Geographical Sciences, assistant professor of ecology and wildlife in the North Caucasus Federal University. Phone: (8652) 35-84-34

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 (-) (например, черно-белый, бизнес-план) и тире (—).

Статья должна быть оформлена в соответствии с приведенным ниже образцом и иметь все указанные элементы. Разделы и подразделы статьи (если они необходимы) выделяются прямым полужирным шрифтом.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ:

Биологические науки

УДК

Иванов И. И. [Ivanov I. I.]

Название (на русском языке)

Title (English)

Аннотация: 100–150 слов

Ключевые слова: 5–8 слов

Abstract:

Key words:

Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи (рис. 1). Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи. Текст статьи [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. 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 полутонные рисунки не допустимы. Оси графиков должны иметь название и единицы измерения. За качество рисунков или фотографий редакция ответственности не несет.

Формулы выполняются в программе редактор формул MathType 12 кеглем, выравниваются по центру. Их номера ставятся при помощи табулятора в круглых скобках по правому краю.

Таблицы должны иметь название. Таблицы нумеруются сверху (Таблица 1), выравниваются по правому краю и выполняются 14 кеглем, полужирным шрифтом. Название таблицы выполняется 14 кеглем, выравниваются по центру таблицы, полужирным шрифтом, междустрочное расстояние – одинарное. Ширина таблицы должна быть не более 16 см.

Библиографический список (НЕ ЛИТЕРАТУРА!) размещается в конце статьи. В нем перечисляются все источники, на которые автор ссылается в статье, с полным библиографическим аппаратом издания (в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008). Ссылки указываются в квадратных скобках и оформляются в соответствии со следующим шаблоном:

— для книг: *Автор. Название. Город: Изд-во, год.*

Например: Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: Наука, 1987.

— для трудов конференций, сборников трудов и других коллективных публикаций (в том числе, не имеющих титульных авторов): *Автор. Название // Название конференции: Название сборника трудов. Город: Изд-во, год.*

- Например: 1. Брыкалов А.В., Романенко Е.С. Применение полифункциональных олигомеров вулканизаторов в качестве биостимуляторов роста растений // Современные достижения био-технологии: Материалы Первой конф. Северо-Кавказского региона. Ставрополь, 1995. С. 9.
2. Вычислительные методы линейной алгебры: Тр. I Всесоюзной конференции. Новосибирск: Вц СО АН СССР, 1969.
3. Сборник задач по численным методам / Сост. Н.А. Стрелков. Ярославль: Изд-во Яросл. ун-та, 1988.
4. Численный анализ на ФОРТРАНе / Под ред. В.В. Воеводина. Вып. 17. М.: Изд-во МГУ, 1976.

— для статей в журналах, сборниках трудов и других коллективных публикациях: *Автор. Название статьи // Журнал. Год. №. С. (номер первой – номер последней страницы).*

- Например: 1. Абрамов А.А. О численном решении некоторых алгебраических задач, возникающих в теории устойчивости // ЖВМ и МФ. 1984. № 3. С. 339–347.

— для электронных ресурсов: *обязательно указывать сведения об авторе, сайте/цифровом носителе, URL и дату обращения.*

- Например: 1. Распоряжение Правительства РФ от 6 сентября 2010 г. №1485-р «О Стратегии социально-экономического 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 (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

Batyrev A. S., Bisengaliev R. A., Shividov N. K., Tagirov M. O.	
Investigation of cds photoconductivity spectra dependence from the direction of spectrum scanning	7
Gezalov S. K., Gasumov R. A.	
Application of critical way to time constructing the shortest paths in the transport network in the conditions of interval uncertainty	13
Dikansky Yu. I., Borisenko O. V., Bedzhanyan M. A., Korobov M. I.	
Synchronization effect of magnetized aggregates rotations in the magnetic fluid under the action of alternating magnetic field	34
Zhilyakov E. G., Belov S. P.	
Methods of optimal subbands signal processing	42
Kolyada A. A., Kuczynski P. V., Chernyavskii A. F.	
Interval-index technology of synthesis of the par- allel algorithms for modular-point code conver- sion with the table-summation configuration	52
Naats I. E., Naats V. I., Ryskalenko R. A.	
Computational and analytical models for dif- ferential equations with approximate data on the basis of the submission of the decision of the integrals	60
Popov I. P.	
Real and virtual harmonic wave function free particles	72

Smirnov A. A., Bondary V. V., Sahnyuk P. A.

Modular integration of a class of exponential
functions 76

Molahosseini A. S., Zarandi A. A.

Towards Fast Implementation of Complex RNS
Components on FPGAs 86

EARTH SCIENCES**Belozerov V. S., Panin A. N., Prihodko R. A., Chihichin V. V.**

Migration processes in the Stavropol region:
trends and current situation 96

Gerasimenko T. I. Impact of new state border on development of
ethno-cultural space (illustrated by Orenburg-
Kazakhstan porubezhe) 109

Mishvelov E. G., Grankina A. A.

The current state and dynamics of forest
phytocenoses of protected areas of Caucasian
Mineral Waters under the recreational impact 121

Naleta E. V., Kapralova O. A., Kolesnikov S. I., Kazeev K. Sh.

The influence of heavy metal pollution on bio-
logical properties of soils cities of the Rostov
region 130

Rodoman B. B. Russian Domestic Peripherals 139

Tikunov V. S., Belousov S. K.

Assessment of trends in Russian regions social
sustainability over the years 2001–2012 148

Tskhovrebov V. S., Novikov A. A., Kalugin D. V.

The main environmental problems soil Stavropol
region 167

BIOLOGICAL SCIENCES**Butova O.A., Chursina A.V.**

The control loop cardiorhythm organism of girls
with atopic dermatitis in Stavropol 178

Dementev M. S. Biodiversity horseflies (tabanidae) Ciscaucasia

Central and adjacent mountain areas 184

Kotti B. K., Kot L. A.

Review of investigations on fleas (Siphonaptera)
of mammals and birds in Ciscaucasia 191

Muratova A. Yu, Bondar T.P., Melchenko E.A.

Application of Scanning Probe Microscopy in the
study of spontaneous aggregation of thrombo-
cytes in patients with mutations in the platelet re-
ceptor glycoprotein IIb / IIIa 199

Trautvain S. A., Drup V. D.

Assessment of the conservation value of vege-
tation communities natural monument of regional
significance «Mountain Settlement». 208

Kharin K. V.

Inventory of land vertebrate animals of the territory
of the Aleksandrovsky region of Stavropol krai 218

Научное издание

НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ

2014

Выпуск 4

Редактор М.И. Толмачев.

Корректор К.В. Ларенюк.

Подписано в печать 24.12.2014. Формат 70 × 108 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 21,35.
Тираж 1000 экз.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе
ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет»
355029, г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2.