

Министерство образования и науки
Российской Федерации

НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал
Северо-Кавказского федерального
университета

ISSN 2308–4758



Выпуск №1, 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

председатель – ректор СКФУ, канд. филол. наук, доцент А. А. Левитская; заместитель председателя – д-р техн. наук, профессор И. А. Евдокимов; главный редактор – д-р геогр. наук, профессор В. С. Белозеров; д-р физ.-мат. наук, член-корр. РАН (Нижний Архыз) Ю. Ю. Балега; д-р экон. наук, член-корр. РАН (Москва) С. В. Рязанцев; д-р геогр. наук, профессор (Москва) В. С. Тихунов; д-р техн. наук, профессор, академик РАН А. Г. Храмцов

Редакционная коллегия

д-р хим. наук, профессор А. В. Аксенов; д-р хим. наук, профессор И. В. Аксенова; д-р геогр. наук, профессор, В. С. Белозеров; д-р мед. наук, профессор Т. П. Бондарь; д-р техн. наук, доцент А. А. Брацихин; д-р мед. наук, профессор О. А. Бутова; д-р геол.-минерал. наук, профессор В. А. Гридин; д-р физ.-мат. наук, профессор Ю. И. Диканский; д-р физ.-мат. наук, профессор В. И. Дроздова; д-р физ.-мат. наук, доцент К. В. Ерин; канд. физ.-мат. наук, доцент А. Р. Закинян; д-р биол. наук, профессор А. Л. Иванов; д-р техн. наук доцент Ю. Г. Кононов; канд. техн. наук, доцент Ю. И. Куликов; д-р геогр. наук, профессор А. А. Лиховид; д-р техн. наук, доцент А. Д. Лодыгин; д-р геогр. наук, доцент А. В. Лысенко; д-р техн. наук, доцент А. В. Серов; д-р техн. наук, доцент И. А. Сысоев; канд. хим. наук, доцент В. А. Тарала; д-р техн. наук, профессор Н. И. Червяков; канд. техн. наук, профессор А. Ф. Чипига; д-р геогр. наук, профессор В. А. Шальнев; д-р геогр. наук, профессор Н. А. Щитова

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС77–52723 от 8.02.2013.

Подписной индекс

Объединённый каталог. ПРЕССА РОССИИ. Газеты и журналы: 94011

Адрес
Телефон
Сайт
E-mail

355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1
(8652) 35-47-83
www.ncfu.ru
vsbelozerov@yandex.ru

ISSN

2308-4758

Science. Innovations. Technologies
North Caucasus Federal University

Founder

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «North Caucasus Federal University»

Editor in chief

V. S. Belosеров, Doctor of Geographical Sciences , professor

Editorial Council

A. A. Levitskaya, PhD, Associate Professor, Chairman; I. A. Evdokimov, Ph.D., Professor, Vice-Chairman; V. S. Belosеров, Doctor of Geographical Sciences, professor, editor in chief; Y. Y. Balega, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, corresponding member of the Russian Academy of Sciences (Nizhny Arhiz); S. V. Ryazancev, Doctor of Economic Sciences, corresponding member of the Russian Academy of Sciences (Moscow); V. S. Tikunov, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Moscow); A. G. Hramtsov, doctor of technical sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences

Editorial Board

A. V. Aksenov, Doctor of Chemical Sciences, professor; I. V. Aksenova, Doctor of Chemical Sciences, professor; V. S. Belosеров, Doctor of Geographical Sciences, professor, editor in chief; T. P. Bondar', MD, professor; A. A. Bratsikhin, Doctor of Technical Sciences, associate professor; O. A. Butova, MD, professor; V. A. Gridin, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, professor; Y. I. Dikanskiy, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor; V. I. Drozdov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor; K. V. Erin, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, associate professor; A. R. Zakinyan, candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor; A. L. Ivanov, Sc.D., professor; U. G. Kononov, Doctor of Technical Sciences, associate professor; U. I. Kulikov, candidate of Technical Sciences, associate professor; A. A. Likhovid, Doctor of Geographical Sciences, professor; A. D. Lodygin, Doctor of Technical Sciences, associate professor; A. V. Lysenko, Doctor of Geographical Science, associate professor; A. V. Serov, Doctor of Technical Sciences, associate professor; I. A. Sysoev, Doctor of Technical Sciences, associate professor; V. A. Tarala, candidate of Chemical Sciences, associate professor; N. I. Chervyakov, doctor of Technical Sciences, professor; A. F. Chipiga, candidate of Technical Sciences, professor; V. A. Shalnev, Doctor of Geographical Sciences, Professor; N. A. Shitova, Doctor of Geographical Sciences, Professor

Certificate

PI № ФС77–52723 dated February 8th 2013.

The Index

Union Catalogue. RUSSIAN PRESS. Newspapers and magazines: 94011

The Journal is included in the DB «Russian index of the scientist quoting»
The journal «Bulletin of the Stavropol state University» preregister-Rowan in the journal «Science. Innovations. Technologies» in connection with the renaming of the founder.

Adress
Phone
Site
E-mail

355009, Stavropol, Pushkin street, 1
(8652) 35-85-10
www.ncfu.ru
vsbelosеров@yandex.ru

ISSN

2308-4758



FGAOU VPO «North Caucasus Federal University», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО–МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Диневич Л.А. Распознавание радиоэхо птиц на базе радиолокатора МРЛ-5 7

Ляхов П.А., Червяков Н.И., Шульженко К.С.
Цифровые фильтры в двуступенчатой системе остаточных классов с модулями специального вида 41

Макушев М. К. Об одной вероятностной модели конденсации водяного пара в атмосфере 56

Шаповалов А.В., Шаповалов В.А.
Трехмерная визуализация геофизической информации для решения прикладных задач 65

Малофей О.П., Малофей А.О., Рассомахин С.Г.
Нахождение оптимальных параметров передачи позиционных кодов в автоматизированных системах управления. 74

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Храмцов А. Г. Научное обеспечение инновационных приоритетов модернизации пищевой индустрии АПК в условиях ВТО 81

Лубенцов В.Ф., Лубенцова Е.В.
Многокритериальный выбор алгоритмов систем управления с помощью нечетких парных сравнений 97

Евдокимов И. А., Скороходова М. В., Гордиенко Л. А.

Применение системы НАССР при разработке технологии напитка на основе ультрафильтрата молочной сыворотки с добавлением осветленного экстракта стевии 111

Лиховид А. А., Панин А. Н., Приходько Р. А., Юрин Д. В.

Геоинформационный мониторинг охотничьего хозяйства региона 118

НАУКИ О ЗЕМЛЕ**Тикунов В. С., Белозеров В. С., Панин А. Н., Черкасов А. А.**

Полимасштабный геоинформационный мониторинг миграционных процессов: общие подходы. 135

Афонин Л. А. Проблемы прогнозирования паводков и наводнений 145

Шальнев В. А. Успехи и проблемы современной географии на рубеже веков 153

Щитова Н. А., Чихичин В. В.

Сравнительный анализ социально-экономического развития регионов Северного Кавказа . . . 161

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**Джандарова Т. И., Милашечкина Е. А.**

Физическое развитие студенток, отнесенных к специальной медицинской группе, имеющих отклонение в деятельности сердечно-сосудистой системы 175

Иванов А. Л., Гусева И. Н.

Систематический анализ лесной флоры Центрального Предкавказья 185

Бутова О. А., Ермакова А. С.

Возрастные особенности механизмов регуляции кардиоритма женского организма в условиях Ставрополя 194

Губарева Л. И., Соловьев А. Г., Бочкарева А. Я.

Уровень агрессии и тоническая мышечная активность у женщин, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника 203

Манвелян Э. А., Анисимова Н. А., Лисова И. М.

Косинор-анализ суточных ритмов двигательной активности и эмоциональной реактивности при многопараметрическом тестировании крыс, получавших диазепам 212

Бондарь Т. П., Боташева В. С., Суховеев А. И., Власов А. А.

Гистологические особенности изменения паренхиматозных органов при тромбопатии беременных экспериментальных животных. 221

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

«НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ», №1 (5), 2014 г.

УДК 65 6.7.08:614.8.1 Л. А. Диневи́ч [L. A. Dinevich]

Автор посвящает настоящую работу памяти одного из основоположников метеорологической радиолокации Вадима Вадимовича Костарева, которому в текущем году исполнилось бы 100 лет. Его новаторство и идеи воплотились в трудах многочисленных учеников, внесших неоценимый вклад в развитие радиолокации и её прикладного применения.

РАСПОЗНАВАНИЕ РАДИОЭХА ПТИЦ НА БАЗЕ РАДИОЛОКАТОРА МРЛ-5

Recognition radio echo birds on the basis of radar MRL-5

В статье описывается компьютеризированная радиолокационная орнитологическая система, созданная на базе метеорологической радиолокационной станции МРЛ-5, позволяющей в автоматизированном режиме проводить наблюдения за перелётами птиц в любое время суток. Возможность МРЛ-5 получать одновременно орнитологическую и метеорологическую информацию позволяет строить совмещённые радиолокационные карты состояния погоды с векторными полями птиц передавать их для оперативного использования службам управления воздушным движением. Предложенная система применяется в Израиле в исследовании миграционных процессов птиц и в обеспечении безопасности полётов самолётов в сложных орнитологических и метеорологических условиях.

Ключевые слова: радиолокационная орнитология, метеорологическая радиолокация, радиоэхо, птицы, миграция птиц, орнитология, безопасность полётов самолётов.

The article describes computerized radar ornithological system, created on the basis of weather radar MRL-5, allowing automatically to conduct monitoring of bird migration at any time of day. The possibility of MRL-5 to obtain simultaneously ornithological and meteorological information allows you to build a combined radar maps, weather conditions with vector fields birds pass them to the operational use of the services of air traffic control. The proposed system is applied in Israel in the study of birds migration processes and the safety of aircraft in ornithological complex and meteorological conditions.

Keywords: radar ornithology, meteorological radio location, radio echo, birds, migration of birds, ornithology, aircraft safety.

Введение и постановка задачи.

Развитие авиации, большие концентрации воздушных судов на отдельных, относительно небольших участках территорий, особенно в зонах крупных аэродромов, стремление к большим скоростям на максимально облегченных конструкциях летательных аппаратов привели к возникновению конфликта между ними и птицами [Ganja I., Zubkov M.,

Kotjazi M. 1991; Leshem Y., Y. Yom Tov, 1998]. Нередко такого рода столкновения приводят к тяжёлым катастрофам, результатами которых становятся не только гибель птиц, но и гибель пилотов. Всё это потребовало создания оперативных технических средств оценки и контроля орнитологической обстановки для обеспечения безопасности полётов самолётов.

Как показали [*Dinevich L., Leshem I., Gal A., Garanin V., Kapitannikov A., 2000*], большие возможности для создания таких средств заложены в специализированных метеорологических радиолокационных станциях типа МРЛ-5.

Основные характеристики радиолокатора МРЛ-5 даны в [*Abshayev M., Burtsev I., Vaksenburg S., Shevela G., 1980*]. Разные исследователи для орнитологических целей применяют радары, работающие на различных длинах волн. Так [*Bruderer B, 1992*], считает, что идеальным для наблюдения за птицами является радар с длиной волны 5 см. По его мнению, использование радаров с более длинными волнами уменьшает вероятность обнаружения мелких птиц, в то время как более короткие волны увеличивают способность обнаружения мелких целей, в том числе насекомых. При этом возникает проблема селекции сигналов от птиц на фоне сигналов от насекомых. По данным [*Houghton, 1964; Richardson, Stacey, Kohler; Naka, 1958; Chernikov, 1979; Dinevich, Leshem, Sikora, 2001*] оптимальной, для наблюдения за птицами, принята длина волны 10 см.

В данной работе представлены два, разработанных в Тель Авивском университете, метода и алгоритма селекции радиоэха птиц на фоне других отражателей (в том числе, подстилающей поверхности, облаков, осадков, летательных объектов и атмосферных неоднородностей). В работе [*Dinevich, L., Kaplan, L., 2000*] авторы показали, что для селекции радиоэха одиночных птиц можно пользоваться уровнем радиолокации для одиночных целей

$$P_r = \frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4} K_1 K_2, \quad (1)$$

где σ – поперечное сечение обратного рассеяния птицы.

$K_1 = 10^{-0,1\zeta}$; ζ -суммарное затухание, вносимое волноводно – фидерным трактом в режиме приёма и передачи, в децибелах;

K_2 – коэффициент, учитывающий ослабление радиоволн на пути до цели и обратно;

R – расстояние до птицы. Остальные параметры – постоянные характеристики радиолокатора. Как видим, здесь P_r мощность отражённого от одиночной цели (одиночной птицы) сигнала обратно пропорциональна четвёртой степени расстояния.

При попадании в радиолокационный объём стаи птиц уровень радиолокации приобретает следующий вид

$$P_r = \frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4} K_1 K_2, \quad (2)$$

где γ – угол места, под которым видна цель.

Для первого канала МРЛ-5 $\lambda = 3,2$ см, $\theta = 0,5^\circ = 0,009$, $G = 1,2 \times 10^5$, $\tau = 10^{-6}$ мкс, $P_t = 2,5 \times 10^5$, $k = 0,3$ (-5 дБ), ($\sigma = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$), эффективная площадь рассеяния для стаи воробьев, летящих на средней дистанции друг от друга 30 м ($S_b = 700 \text{ м}^2$).

Здесь уже мощность отражённого от группы птиц сигнала P_r обратно пропорциональна третьей степени расстояния. Выполненный нами расчёт мощности принимаемого МРЛ-5 сигнала для выше приведенного примера показал следующее:

$$P_r = 5 \times 10^{-11} \text{ вт},$$

что более чем на три порядка превосходит пороговую чувствительность приемника $2,5 \cdot 10^{-14} \text{ вт}$, (-136 дВ/вт).

Как следует из этого примера, мощность принятого сигнала не является фактором, ограничивающим дальность при радиолокации птиц.

Следует заметить, что ночные птицы летят, как правило, в большом диапазоне высот и с большой концентрацией в радиолокационном объёме. В этом случае мощность принятого от некоторой объёмной (пространственной) группы птиц аналогична мощности сигналов от облаков и, соответственно, обратно пропорциональна квадрату расстояния.

Отражательная способность птицы определяется диэлектрическими свойствами, формой и размерами её тела [Ganja I., Zubkov M., Kotjazi M., 1991]. Она также зависит от длины падающей волны и её поляризации.

По расчётам приведенным [Schaefer, 1967] – 83 % массы птицы составляют ткани с высоким содержанием воды и только 17 % жировые ткани, кости и т. д.

Из процентного состава составляющих тело птицы веществ, Schaefer пришёл к следующему выводу: оперение птиц даёт наименьший вклад в отражённую волну ($< 2\%$), отражение от конечностей (крыльев и ног) составляет также его незначительную часть (2 и 3 % соответственно). Таким образом, эхосигналы от птиц в основном определяются отражением от сфероподобного тела (туловища) (71 %), мышечного основания крыла (11 %), головы (6 %) и шеи (5 %).

Какой стандартной формой тела можно аппроксимировать тело птицы, как рассчитать коэффициент отражения электромагнитной волны, если все составляющие её тела (перья, кости, кровь, мышцы и т. д.) имеют различные значения диэлектрической проницаемости?

Как показали [Хайкин, Кеслер, Карпи, 1979; Schaefer, 1968], с определённой степенью приближения эта задача решается. Так [Schaefer, 1968], предложил аппроксимировать форму тела птицы вытянутым сфероидом. Тогда проекцию сфероида на плоскость перпендикулярную падающей от радиолокатора электромагнитной энергии можно аппроксимировать вытянутым эллипсоидом вращения с большой осью b и малой осью a . На основании экспериментальных данных [Хайкин, Кеслер, Карпи, 1979] можно принять величину b равной $b = 0,72 \sqrt[3]{P}$, где b – расстояние между передней частью грудной клетки и задней частью брюшной полости, а значение $a = b/2$. Здесь P – масса птицы в граммах. Коэффициент отражения электромагнитной энергии R , на основании проведенных экспериментов [Schaefer, 1968] предложил принять равным 0,6.

Таким образом, величина ЭПР $\sigma = R\pi b^4/a^2$ или $\sigma \approx 0,11 \pi b^2$. Таким образом, измерив радиолокатором ЭПР одиночной птицы, можно определить её характерные размеры. Величина ЭПР одной и той же птицы может меняться на фактор 10, в зависимости от её ориентации относительно направления на радар [Houghton, 1964; Eastwood, 1967; Bruderer and Joss, 1969]. По данным [В. Завируха, В. Саричев, В. Степаненко, Ю. Щепкин, 1977], выполнявшим измерения ЭПР птиц под различными углами относительно диаграммы излучателя в безэховой камере, максимум эхо-сигнала находился между 65 и 115 градусами относительно направления облучения, что соответствует боковой поверхности птицы (0° соответствует направлению диаграммы излучателя на клюв птицы). Кроме того, вариация

ции ЭПР могут вызываться взмахами крыльев птицы. В этих случаях значение ЭПР увеличивается в 10 раз относительно среднего или уменьшается почти до нуля. Частота таких колебаний составляет 2–24 Гц [Chernikov, 1979]. Таким образом, ЭПР птицы зависит от ее размеров, ориентации по отношению к направлению на радар и от мгновенного положения движущихся крыльев. Близкие к этим характеристикам флюктуации радиоэха птиц получены и в наших экспериментах.

С учётом приведенных характеристик ЭПР птиц был разработан первый алгоритм селекции их радиоэха в режиме непрерывного вращения антенны. Подробное изложение этого алгоритма в [Dinevich L., Leshem Y., Pinsky M., Sterkin A., 2004].

Режимы измерений и система обработки

отражённых сигналов. Анализ сигналов, отражённых от птиц, построен на базе компьютеризированной системы обработки информации о кучево-дождевых облаках [Abshayev M., Kaplan L., Kapitannikov A., 1984]. Оцифрованные сигналы вводятся в компьютер и далее подвергаются ограничению и фильтрации. Для увеличения отношения «сигнал/шум» производится суммирование сигналов, получаемых от нескольких зондирующих импульсов (обычно 16 импульсов). При этом, периодически производятся калибровка сигналов с использованием расчётных значений постоянной радиолокатора и измерение уровня шума приемников. Эта дополнительная информация, наряду с другими признаками, используется для селекции сигналов, отраженных от птиц на фоне сигналов от других отражающих объектов. Для более эффективной работы комплекса сбор информации производится чаще, чем это требуется согласно разрешающей способности радара по дальности. При этом каждая птица в координатах «дальность-угол» представляется не в виде точки, а в виде пятна. Разрешающие параметры радара и системы регистрации представлены в табл. 1.

Для получения информации о количестве и координатах птиц выполняются круговые обзоры антенны с изменением её угла места от 0° до n° , где n может изменяться в зависимости от фактической высоты полёта птиц. Обычно n равно $7-10^\circ$. Подъём антенны осуществляется автоматически с шагом, равным диаграмме направленности, т. е. через $0,5$ градуса при длине волны $3,2$ см и $1,5$ – при длине волны 10 см. При этом, на одном из фиксированных углов места антенны выполняются 8 обзоров (количество обзоров на каждом угле установлено экспериментально) (табл. 2).

Табл. 1. РАЗРЕШАЮЩИЕ ПАРАМЕТРЫ РАДАРА
И СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ

	Радар	Регистрация
Разрешение по азимуту	0,5 градусов	0,176 градусов
Разрешение по дальности	150 метров	60 метров

При меньшем, чем 8, числе обзоров на каждом фиксированном угле, часть полезной информации не удаётся проявить. Хотя время расчётов снижается на 10–20 %. Большее, чем 8, число обзоров не существенно увеличивает информативность данных, но при этом существенно увеличивает время расчётов (на 10–50 %).

На основе этих рассуждений выполняется первый этап селекции сигналов от птиц в каждой координатной точке каждого обзора.

Метод и алгоритм обнаружения птиц и измерения скоростей их движения (вариант первый).

А. Основная идея. Исходными данными для этих измерений являются поля радиолокационной отражаемости, получаемые при последовательных азимутальных обзорах, которые производятся при фиксированном угле места антенны. Число обзоров 8. Сигнал, отражённый птицей, изменяет свое местоположение из-за движения птицы. На последовательных обзорах координаты центра этого сигнала ложатся на прямую линию, если птица движется без существенного изменения направления полёта в течение всего периода измерения. Эта особенность позволяет выделить движущийся сигнал на фоне неподвижных сигналов от других объектов (подстилающая поверхность, облака, осадки, и т. д.). Вместе с тем, информация о движении сигнала может использоваться для оценивания вектора скорости каждой птицы.

На рисунке 1 изображено поле радиолокационной отражаемости, полученное путем суммирования сигналов девяти последовательных ази-

Табл. 2. ОБЪЁМ ПОЛЕЗНОЙ ИНФОРМАЦИИ (КОЛИЧЕСТВО ВЕКТОРОВ) И ВРЕМЯ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ЕЁ ПОЛУЧЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ЧИСЛЕ ОБЗОРОВ НА ФИКСИРОВАННОМ УГЛЕ (составлена на базе 10 циклов измерения)^{1*}

Количество обзоров на фиксированном угле	Количество векторов (%)	Время расчёта (%)
8	100 (усл. принято)	100 (усл. принято)
7	70–90	80–90
9	110	120
10	110	150

мутальных обзоров. Для анализа на нём в качестве экспериментального, выбрана область А.

Видно, что поле имеет линейчатую структуру, в которой каждой линии соответствует отдельная птица или группа птиц. Толщина линий определяется разрешающей способностью радиолокатора по дальности и по азимуту и параметрами системы регистрации. Длины отрезков пропорциональны скоростям движения птиц, а направления линий совпадают с направлениями их движений.

На рисунке также видно наличие сигналов от других объектов и шумы, которые практически покрывают все исследуемое пространство. Это делает задачу идентификации птиц и измерения их скоростей достаточно сложной и требует привлечения дополнительных признаков.

Б. Алгоритм. Алгоритм включает в себя три основных стадии:

- анализ мощности принимаемых сигналов и селекция по их уровню;
- оконтуривание площади, занимаемой сигналом от летящей птицы (группы птиц), и отделение каждой птицы (группы птиц) от других отражающих объектов;
- вычисление вектора скорости для каждой птицы (группы птиц) и селекция по критерию коэффициента корре-

^{1*} Объём полезной информации (количества векторов) и необходимое для расчёта время при 8 обзорах приняты за 100% .

ляции. Последние две стадии повторяются многократно при различных порогах построения контуров. Это повторение позволяет одинаково эффективно выделять птиц, как на участках пространства с разреженными сигналами (малое количество отражающих объектов), так и на участках плотного заполнения пространства (большое количество отражающих объектов).

Анализ мощности. Экспериментальные оценки показывают, что в радиусе обзора до 40 км в ночное время мощность сигнала, отраженного от большинства птиц, не превышает 20 дБ, а для дневных птиц, в радиусе обзора до 100 км – 30 дБ. Анализ мощности сигнала включает в себя следующие действия.

1. Вычисление мощности сигнала согласно калибровочной кривой.
2. Вычисление поправки (при большой концентрации ночных птиц) на квадрат расстояния – R^2 (для дневных птиц – R^3). На этой стадии сигнал делогарифмируется и далее его мощность корректируется согласно следующей формуле

$$S(R) = S^*(R) \times (R/R_0)^2 - S_N \quad (3)$$

где $S(R)$ – вычисляемая мощность сигнала,

$S^*(R)$ – мощность сигнала принятого с расстояния R от радара,
 $R_0 = 10$ км,

$S_N = 5$ дБ – средняя мощность шума радара.

Формула (3) учитывает уменьшение мощности сигнала, связанное с увеличением расстояния до птицы, а также учитывает независимость мощности шумов локатора от этого расстояния.

3. Отсечение сигнала по порогам. При этом считается, что ниже 5 дБ сигнал является шумом локатора, выше 20 dBZ ночью и 30 dBZ днём сигнал принимается от посторонних отражателей (местные предметы, облака, осадки, и т. д.). На рис. 1 (а) представлено суммарное поле отражаемос-

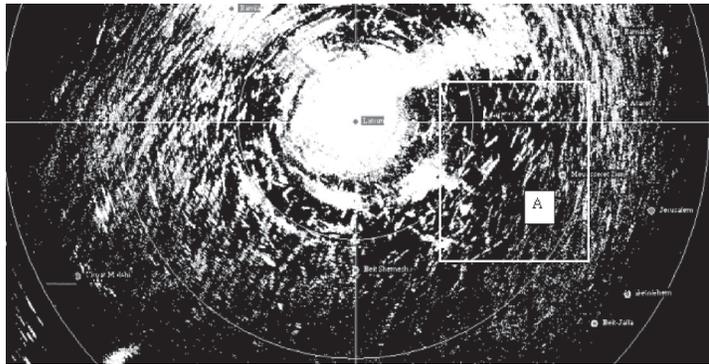


Рис. 1. Поле радиолокационной отражаемости, полученное путем суммирования сигналов девяти последовательных азимутальных обзоров. Для анализа на нём в качестве экспериментального выбрана область А.

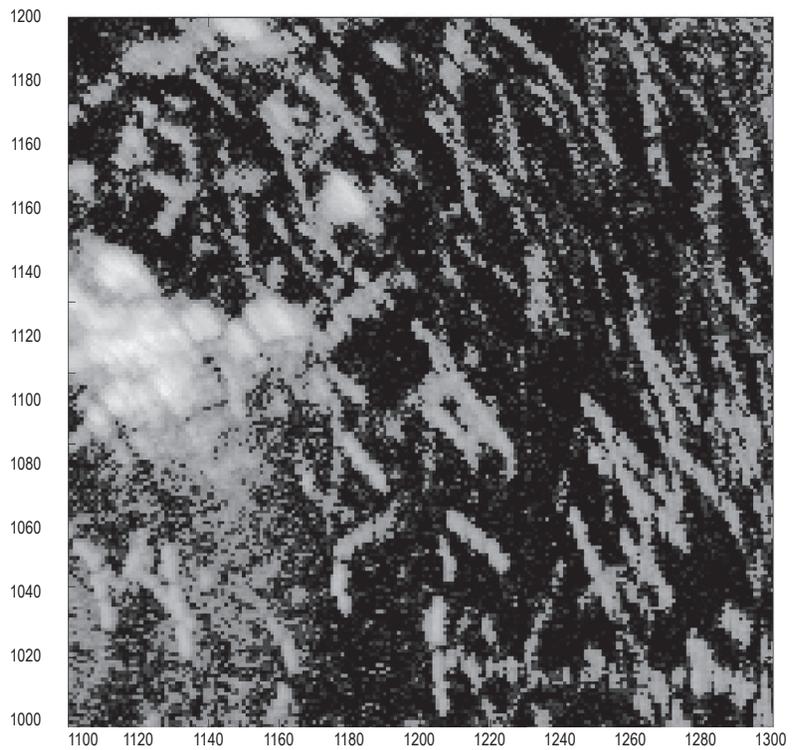


Рис. 1(а). Суммарное поле отражаемости после селекции по мощности для той же самой площади, что и на рисунке 1 (область А). Цифры – условные координаты пространства.

ти после селекции по мощности для той же самой площади, что и на рис. 1 (область А). Сравнение рис. 1 (область А) и 1 (а) показывает, что в результате ограничения сигналов по мощности, области, занимаемые птицами, проявляются гораздо чётче. При этом, не происходит потери сигналов от отдельных птиц (групп птиц). Вместе с тем, этот рисунок показывает, что селекция по критерию мощности не достаточна. Треки от птиц продолжают пересекаться и соприкасаться. Остается также некоторая доля сигналов от посторонних объектов.

Построение контуров вокруг площади, занимаемой сигналом от птиц. Для оконтуривания площадей, занимаемых отдельными птицами (группами птиц), которые видны как полосы на рис. 1 (а), используются процедуры из пакета обработки изображений MATLAB. Алгоритм включает в себя следующие процедуры [подробнее см. 6].

- построение скелета по заданному уровню отражаемости *bwselect*. В результате работы этой процедуры создается двоичное изображение поля суммарного сигнала. Большинство областей этого изображения являются замкнутыми;
- устранение отдельно расположенных точек и незамкнутых линий построенного скелета *bwmorph*. В результате работы этой процедуры на двоичном изображении остаются только замкнутые области. После селекции каждая такая область соответствует отдельной птице (группе птиц, летящих вместе);
- маркировка точек выделенных областей на исходной карте, а также нумерация областей и расчет их количества *bwlabel*.

Вид и количество выделяемых областей существенным образом зависит от выбранного порога отражаемости. При уменьшении порога в пространстве, содержащем небольшое число птиц, происходит полное разделение областей, занятых отдельными птицами (группами птиц). В то же время некоторые области, занятые единственной птицей, также делятся на части, что приводит к нарушению работы алгоритма. Для устранения возникающего противоречия процедура оконтуривания

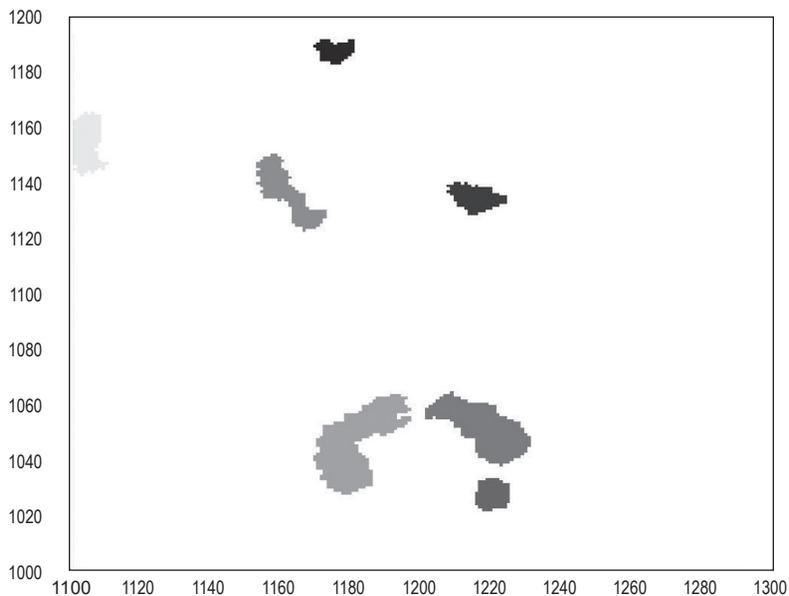


Рис. 2 (а). Картина выделенных контуров, соответствующим отдельным птицам (группам птиц) на первом цикле работы алгоритма (выделено 7 областей). Цифры – условные координаты пространства.

производится многократно. При этом на каждом шаге – цикле алгоритма – порог уменьшается, контуры, идентифицированные, как одна единственная птица, запоминаются, а информация, содержащаяся в них, исключается из дальнейших расчетов.

Для оптимизации работы алгоритма в каждом цикле используется дополнительная процедура пространственной фильтрации поля с помощью фильтра, синтезированного в пакете MATLAB.

На рисунке 2 (а, b, c) приведена картина выделенных контуров, соответствующим отдельным птицам (группам птиц) на различных циклах работы алгоритма. Рис. 2 (а) соответствует первому циклу (выделено 7 областей), рис. 2 (b) – пятнадцатому циклу (25 областей), рис. 2 (c) – тридцатому циклу.

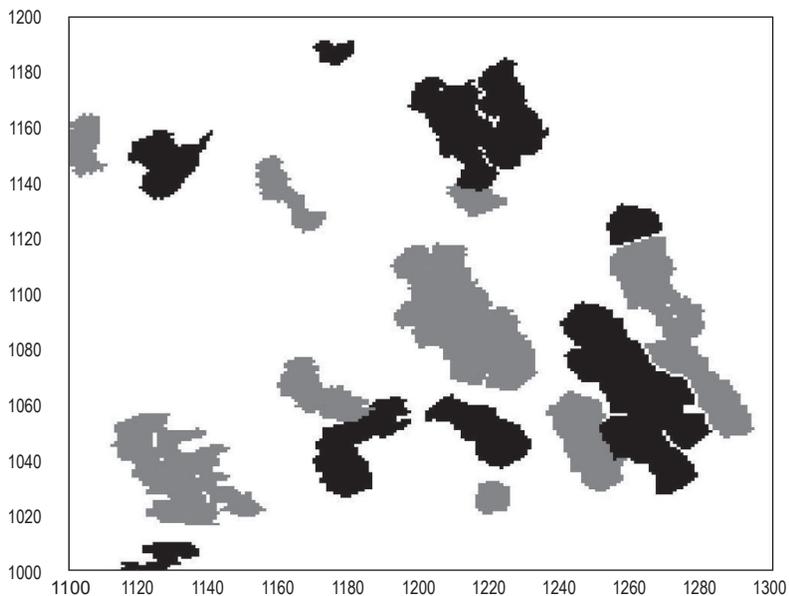


Рис. 2 (с). Картина выделенных контуров, соответствующих отдельным птицам (группам птиц) на тридцатом цикле.

При принятии решения, соответствует ли данная область птице, используются два критерия: размер области и скорость перемещения сигнала вдоль прямой линии, лежащей внутри области. Минимальная площадь, занимаемая сигналом, отраженным от птицы, зависит от ее расстояния до локатора, и связана с разрешающей способностью системы регистрации (см. табл. 1). Эта площадь может быть вычислена по формуле:

$$J_{\min} = R \times \Delta R \times \Delta \varphi \quad (4)$$

где R – расстояние до локатора,
 ΔR и $\Delta \varphi$ – разрешающая способность по дальности и по азимуту соответственно.

Максимальная площадь, занятая птицей, определяется максимально возможной скоростью ее движения, а также ее расстоянием до локатора:

$$J_{\max} = R \times \Delta R \times \Delta \varphi \times V_{\max} \times \Delta T \times N \quad (5)$$

где V_{\max} – максимальная скорость птицы,
 ΔT – период оборота антенны,
 N – число оборотов. Данная область идентифицируется как птица, если ее площадь заключена в пределах $V_{\min} < J < J_{\min}$.

Таким образом, результатом данного этапа работы алгоритма являются выделенные и помеченные области пространства, соответствующие отдельной птице (группе птиц).

Оценивание вектора скорости. На этом этапе для каждого обзора и для каждой выделенной области вычисляются положения центра тяжести сигнала с учетом его мощности.

$$\bar{X}(j) = \sum_i S_{ij} X_i / \sum_i S_i, \quad \bar{Y}(j) = \sum_i S_{ij} Y_i / \sum_i S_i \quad (6)$$

где S_{ij} – значение мощности сигнала,
 i – номер точки внутри каждого обзора,
 j – номер обзора. На рис. 3 (а, б) приведены зависимости положения координат центра тяжести от времени.

На рисунке 3 (с) приведена зависимость координаты \bar{Y} от координаты \bar{X} . Видно, что точки приблизительно ложатся на прямую линию. Это означает, что птица летит вдоль прямой линии.

По значениям $\bar{X}(j)$, $\bar{Y}(j)$, $t(j)$ (моменты времени) строятся среднеквадратичные линейные регрессионные зависимости $X(t)$, $Y(t)$, $Y(X)$, показанные также на рисунке 3 (а, б, с). Тангенсы углов наклона полученных зависимостей $X(t)$ и $Y(t)$ являются оценками компонентов скорости птицы V_x и V_y . Получаемые при построении регрессионных зависимостей коэффициенты корреляции R_{xt} , R_{yt} , R_{xy} являются мерой точности оценивания компонентов скорости.

Данная область сигнала идентифицируется, как область, содержащая птицу, и вычисленные скорости принимаются, если все три коэффициента корреляции превышают по абсолютной величине 0,75. В противном случае результаты не принимаются, и область возвращается для расчета в новом цикле оконтуривания с измененным порогом.

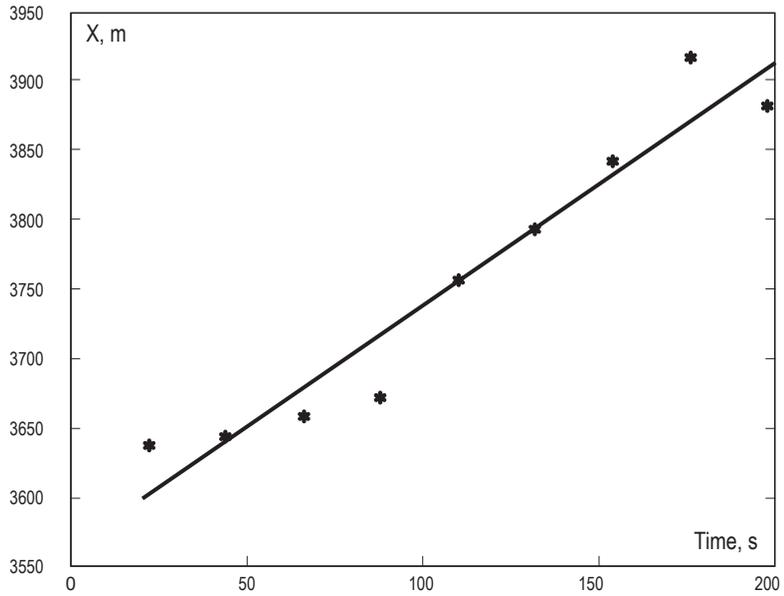


Рис. 3(а). Положения координат центра тяжести от времени, как средне-квадратичная линейная регрессионная зависимость $X(t)$.

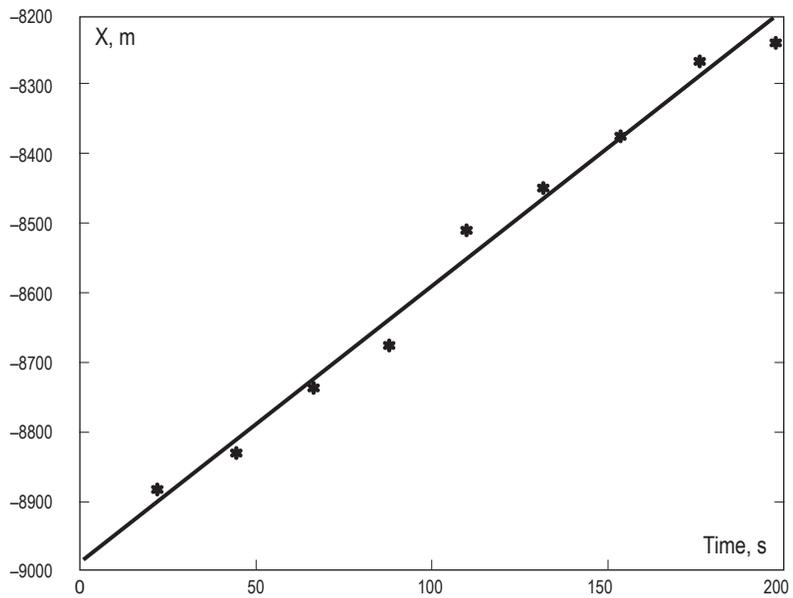


Рис. 3 (b). Положения координат центра тяжести от времени, как средне-квадратичная линейная регрессионная зависимость $Y(t)$.

Дополнительным критерием является абсолютная величина скорости птицы, которая не должна превышать заранее заданного значения (90 км/час).

Для иллюстрации на рис. 4 (а) – общая картина радиоэха, на рис. 4 (b) – орнитологическая карта после селекции радиоэха птиц на основе приведенного первого алгоритма.

На карте в радиусе 50 км векторами представлены радиоэха птиц, в правом нижнем углу указана средняя скорость их движения, а стрелкой – среднее направление, в левом нижнем углу указаны общее количество векторов, максимальная и минимальная скорости их движения, в левом верхнем углу указаны дата, время и угол, под которым вращалась антенна. Обычно такие орнитологические карты векторов, полученные для разных углов места, суммируются и рассчитывается общая орнитологическая карта в радиусе 50 км относительно радиолокатора.

Следует отметить, что время сбора информации и построения такой орнитологической карты на основе приведенного алгоритма и соответствующей ему программе обработки радиоэха существенно превышает 20 минут. Для построения суммарной орнитологической карты по нескольким углам места потребуется существенно большее время. В этой связи, данный алгоритм позволяет получать весьма ценную информацию для орнитологических исследований, но становится мало информативным для решения оперативных задач в управлении воздушным движением. Уменьшение времени расчетов и построения орнитологических карт на основе данного алгоритма возможно при дальнейшей оптимизации программы.

Основная идея построения второго варианта

алгоритма. По результатам многолетних наблюдений в табл. 3, 4 приведены характерные особенности радиоэха перелётных птиц.

В процессе настоящего исследования получен ряд дополнительных, характерных для радиоэха птиц, признаков:

- на рис. 5 изображено поле радиоэха после аналого-цифровой обработки сигналов 18 обзоров. Этот рисунок позволяет увидеть точечную структуру полос радиоэха. Анализ этих рисунков показывает, что одним из основных признаков радиоэха птиц является его движение, в результате которого точечные радиоэха преобразуются в полосы. При изучении этих полос (см. рис. 5 и увели-

Таблица 3. ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАДИОЭХА ПЕРЕЛЁТНЫХ ПТИЦ

Характерные особенности радиозеха	Исследователи*
<ul style="list-style-type: none"> - относительно низкая мощность радиозеха. Коэффициент отражаемости ($Z < 30$ dBZ); - поступательное и относительно прямолинейное движение; - максимальные амплитудные флуктуации находятся в области низких частот (до 10 dB в частотном диапазоне 2–50 Hz); - измеренные с помощью МРЛ–5 s на длине волны 10 см больше чем на длине волны 3 см.; - поляризационные характеристики сигнала характерны для горизонтально ориентированных целей. Дифференциальная отражаемость как отношение горизонтально ориентированного отражённого сигнала (при горизонтально поляризованном излучённом сигнале) к вертикально ориентированному сигналу (при вертикально поляризованном излучённом сигнале) существенно превышает единицу ($dP = P_{\parallel} / P_{\perp} \gg 1$). Для мелких капель облаков и осадков она близка к единице; - в диапазоне длин волн l от 3 до 100 см s птиц и насекомых заметно уменьшаются с увеличением длины волны радиолокатора. В то же время в частотной зависимости s (l) птиц имеется хорошо выраженный максимум на длине волны $l = 10$ см; - большая дисперсия экспериментальных значений s птиц при $l = \text{const}$ (от нескольких десятков квадратных сантиметров на $l = 3$ см до $s = 10^{-1} \text{ см}^2$ на $l = 100$ см). Характерные значения s для некоторых видов птиц со сложными крыльями приведены в табл. 4; - среднее s значение для разных птиц, длина волны радиозеха от менее 10 см до 15 см² (Воробей) до 400 см² (Альбатрос); - значения s птиц примерно на 2–3 порядка больше s насекомых. 	<p>Edwards, Houghton 1059; Salman, Brilev 1961; Houghton 1964; Schaefer 1967; Eastwood 1967; Chernikov and Schupjatsky 1967;</p> <p>Харди 1969; Kropfli 1970; Skolnik 1970; Chernikov 1979; Bruderer and Joss 1969; Bruderer 1992; Shupijatsky A., 1959; Ganja et al. 1991; Russell and Gauthreaux 1998; Gauthreaux et al. 1998; Miller et al. 1998; Buurma 1999; Larkin et al. 2002; Gudmundsson et al. 2002; Komenda-Zehnder et al. 2002; Zavirucha et al. 1977; Venema and Russchenberg 2000; Doviak, R., Zmic, D., 1984; Glover K., Hardy K., 1966; Hajovsky R., Deam A., La Grone A., 1966; Stepanenko V., 1973; Zmic, D. S. and</p> <p>A. V. Ryzhkov (1998); Dinevich, L., L. Kaplan, 2000; Dinevich, L., Leshem, Y., 2008.</p>

* число исследователей характерных особенностей радиозеха от птиц значительно больше, чем указано в настоящей таблице.

**-s – эффективная площадь рассеяния.

ченные фрагменты 1, 2, 3, 4) обращает на себя внимание их относительная прямолинейность. Нарращивание длины полосы происходит за счёт поступательного движения радиозеха во времени. В то же время число формирующих полосу точечных радиозеха на большинстве по-

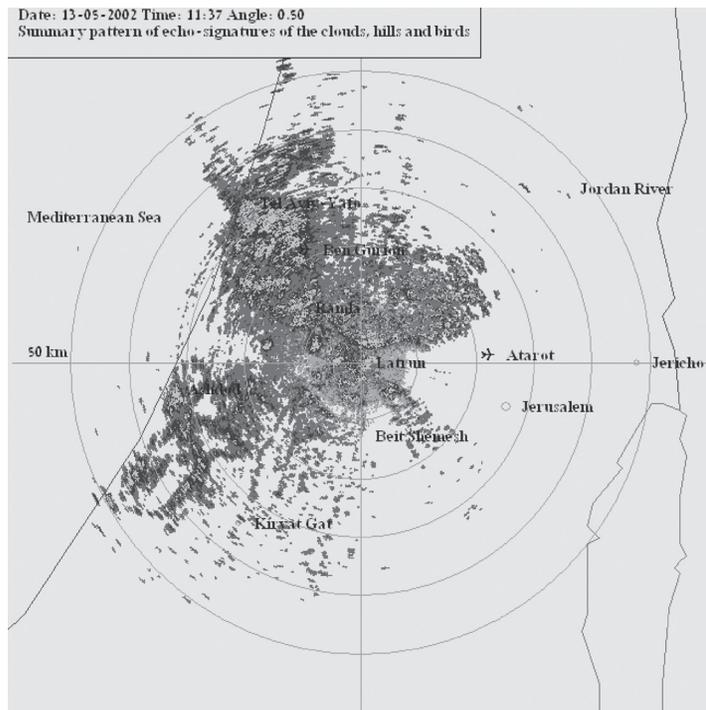


Рис. 4 (а). Общая картина радиозэха (холмы, птицы, летательные аппараты, атмосферные неоднородности и т.д.).

Табл. 4. ВЕЛИЧИНЫ Σ РАЗНЫХ ВИДОВ ПТИЦ СО СЛОЖЕННЫМИ КРЫЛЬЯМИ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОРИЕНТАЦИИ ИХ ТЕЛА В НАПРАВЛЕНИИ НА РАДИОЛОКАТОР

Вид птицы	Величина σ м ² при облучении птицы с разных сторон		
	бок	голова	хвост
Грач	$2,5 \cdot 10^{-2}$	—	—
Голубь	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$
Скворец	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$
Домовый воробей	$7,0 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$

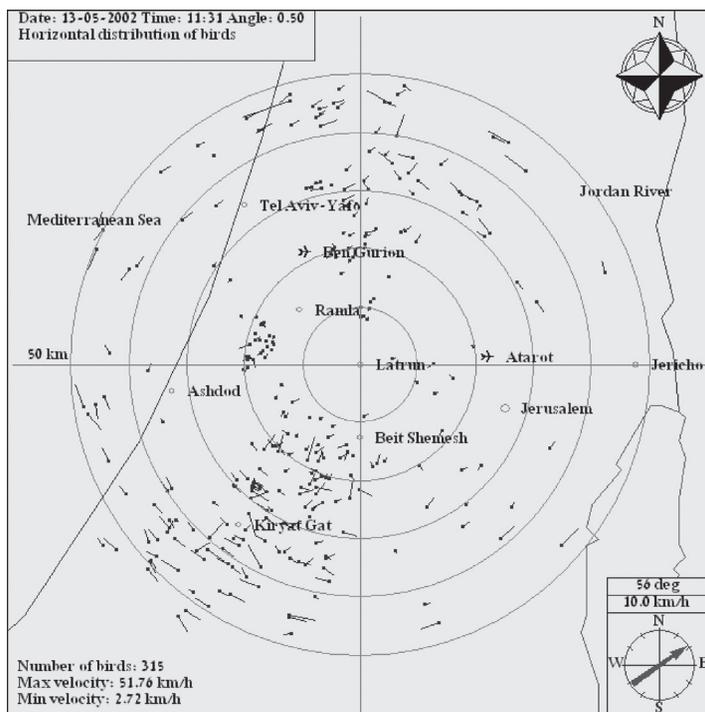


Рис. 4 (b). Орнитологическая карта после селекции радиоэхо птиц на основе приведенного первого алгоритма. В радиусе 50 км векторами представлены радиоэхо птиц, в правом нижнем углу указана средняя скорость их движения, а стрелкой – среднее направление, в левом нижнем углу указаны общее количество векторов, максимальная и минимальная скорости их движения, в левом верхнем углу указаны дата, время и угол, под которым вращалась антенна.

лос меньше, чем число обзоров, распределены они вдоль полосы не равномерно, имеются пропуски радиоэха на промежуточных обзорах, их прямолинейность нередко нарушается изменением направления;

- 220 экспериментальных наблюдений (в светлое и тёмное время суток) за движением радиоэха птиц на экране радиолокатора и осциллографа показали следующее. В серии из восьми обзоров (80 сек) на фиксированном угле места радиолокатор в радиусе обзора 50 км в заданной ко-

ординатной точке в 68 % случаев отмечал сигналы от птиц из-за их движения только один раз, в 27 % – два раза, в 5 % – три раза. (Координатная точка – точка в пространстве обзора с координатами X, Y, Z и размером, определяемым разрешающими возможностями радиолокатора);

- специально разработанная аналитическая программа позволила проанализировать структуру более 150 отображенных по принципу случайности полос радиоза. Во всех случаях экспериментальные полосы радиоза получены путём формирования суммарных файлов по 8 обзорам на одном фиксированном вертикальном угле антенны. Угол выбирался таким, что бы максимально исключить радиоза от местных предметов. Программа даёт возможность проследить процесс формирования полос по времени от обзора к обзору. Полученные результаты показали, что повторяемость радиоза от птиц в одной и тоже координатной точке за период 8-и обзоров (80 сек) не менее чем в 90 % случаев не превышает двух раз;
- этот результат определяется, как характером движения птиц, так и техническими параметрами системы, т. е. короткими импульсами и узкой, симметричной диаграммой направленности антенны;
- иначе обстоят дела с повторяемостью в одной и той же координатной точке сигналов отражённых от местных предметов, облаков и некоторых видов атмосферных неоднородностей. Радиоза от этих целей, как правило, повторяются на всех или в большинстве обзоров и, вследствие этого, легко отфильтровываются;
- исключение составляют сильно флюктуирующие слабые сигналы, отражённые от рыхлых облаков и осадков. Относительно большая концентрация такого рода «мигающих» сигналов в ограниченной области создаёт иллюзию изменчивости их пространственного положения и воспринимается, как движение. Повторяемость такого радиоза в координатной точке иногда, как и от мигрирующих птиц, не превышает двух раз из восьми обзоров. Однако в силу вышеуказанной природы происхождения

и поведения характерным признаком таких отражателей является хаотичный характер направления псевдодвижения рядом расположенных радиосигналов. Вследствие этого, образованные таким путём векторы, в отличие от векторов мигрирующих птиц, будут иметь хаотичную направленность.

Этот отличительный признак лежит в основе обнаружения этих проблемных областей. В дальнейшем будем называть его *коэффициентом хаоса*.

В итоге, исключая из анализа 8 обзоров все радиоэха, повторяемость которых в одной и той же координатной точке превышает число 2, мы уберём радиоэха местников, облаков, осадков и потеряем не более 5–10% радиоэха птиц. Оставшиеся радиоэха могут принадлежать птицам. Но для идентификации они подлежат дополнительному анализу по комплексу выше названных признаков и в первую очередь по характеру движения.

Схема сбора сигналов от различных целей

для последующей селекции. Для сбора информации обо всех радиоэха в верхней полусфере радиусом 50 км относительно места стояния радиолокатора предусмотрено два варианта автоматической работы антенны.

1. Вариант сбора радиоэха для обнаружения птиц.

Как и при первом алгоритме, выполняются круговые обзоры антенны с изменением её угла места от 0^0 до n^0 , где n устанавливается в зависимости от фактической высоты полёта птиц. Обычно n равно $5-8^0$. Подъём антенны осуществляется автоматически с задаваемым шагом. Обычно он равен диаграмме направленности антенны. На каждом из фиксированных углов места антенны выполняются 8 обзоров. Скорость вращения антенны – один оборот за 10 сек.

2. Вариант сбора радиоэха для измерения параметров облаков и осадков.

Выполняются круговые обзоры антенны с изменением её угла места от 0^0 до 85^0 . Подъём антенны осуществляется автоматически с задаваемым шагом. На каждом из фиксированных углов места антенна выполняет только один обзор. Скорость вращения антенны – один оборот за 10 сек.

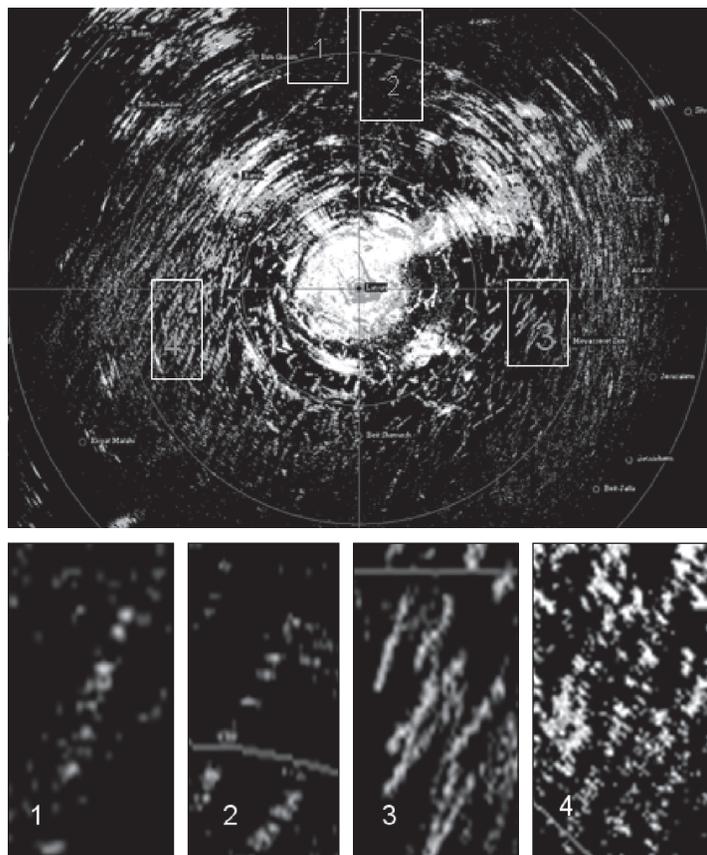


Рис 5. Поле радиозоха после аналого цифровой обработки 18 обзоров на одном и том же угле. Этот рисунок позволяет увидеть точечную структуру полос радиозоха птиц. Анализ этих рисунков показывает, что одним из основных признаков радиозоха птиц является его движение, в результате которого точечные радиозоха преобразуются в полосы. Внизу увеличенные фрагменты 1, 2, 3, 4.

Селекция и анализ радиозоха птиц выполняется на основе ниже изложенного алгоритма.

Селекция и анализ радиозоха облаков и осадков выполняется на основе алгоритма представленного в [Abshayev et al. 1984].

***Метод и алгоритм селекции радиоэха птиц
(вариант второй):***

- а) общие соображения.* Как и в первом варианте исходными данными для селекции радиоэха птиц являются поля радиолокационной отражаемости, получаемые суммированием заданного числа последовательных азимутальных обзоров на нескольких фиксированных углах.
- б) алгоритм селекции радиоэха птиц (вариант второй).* Алгоритм селекции радиоэха птиц включает в себя несколько основных стадий: анализ мощности принимаемых сигналов и селекция по их уровню (эта операция выполняется так же, как и в первом варианте (См. *Б. 1. Анализ мощности*)).
- 1) Суммирование всех радиоэха (выше уровня шума) по заданному числу обзоров;
 - 2) Отделение каждой птицы (группы птиц) от других отражающих объектов посредством селекции радиоэха по факту и характеру их движения. Программа отслеживает, что бы из 8 возможных точек радиоэха не менее 5 последовательных из них лежали в области близкой к прямой линии;
 - 3) вычисление вектора скорости для каждой птицы, группы птиц (расчёт скорости выполняется так же, как и в первом варианте);
 - 4) исключение ложных векторов методом специального анализа векторных полей. Одним из важных элементов этого анализа является коэффициент хаоса направлений рядом расположенных векторов;
 - 5) построение нескольких типов орнитологических и метеорологических карт.

Отделение каждой птицы (группы птиц) от других отражающих объектов посредством селекции радиоэха по факту и характеру его движения. Данный процесс, как правило, происходит в несколько этапов.

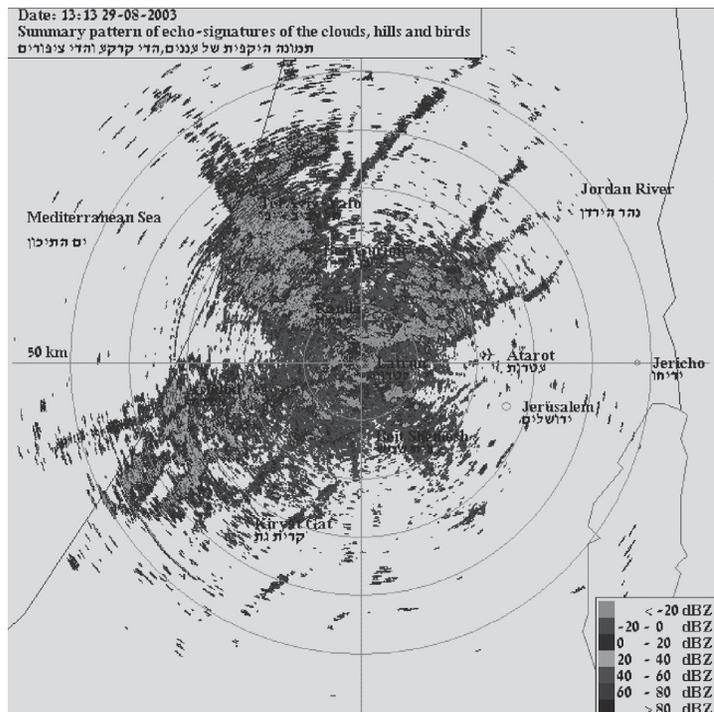


Рис. 6 (а). Суммарная картина всех видов отражателей с учётом их смещения за 13 часов 13 минут 29 августа 2003 года. В центре карты место размещения радиолокатора. Направление вверх совпадает с направлением на север. Радиус обзора 50 км. Продольная линия на западе – граница суши и моря. Длинные (до десятков километров), короткие (несколько километров), ориентированные с северо востока на юго запад, полосы радиозэха а так же многие радиозэхо в виде отдельных точек – отражения от птиц, радиозэхо в виде площадок, тангенциально ориентированных широких и узких полос, а также и некоторых точек – отражения от облачных образований и местных предметов (холмов, высотных домов, линий электропередач, шоссе, дорог и т.д). На востоке, севере и юго западе хорошо просматриваются группы радиозэхо в виде последовательно смещающихся коротких дуг. Это радиозэхо самолётов.

Этап первый. На основе анализа суммарных полей радиозэха по восьми обзорам на каждом угле формируются по два отдельных файла, в том числе:

1. Путём простого суммирования всех, превышающих уровень шума, сигналов радиозэха на всех обзорях и на всех

углах строятся карты, представляющие собой суммарную картину всех видов отражателей с учётом их смещения. На рисунке 6(а) представлен пример такой карты за 13 часов 13 минут 29 августа 2003 года. В центре карты – место размещения радиолокатора. Направление вверх совпадает с направлением на север. Радиус обзора 50 км. Продольная линия на западе – граница суши и моря. Длинные (до десятков километров), короткие (несколько километров), ориентированные с северо востока на юго-запад, полосы радиоэха а так же многие радиоэха в виде отдельных точек являются отражениями от птиц. Подтверждением тому являются визуальные наблюдения нескольких наблюдателей, в том числе личные наблюдения авторов. Птицы (обыкновенный осоед) летели непосредственно над радиолокатором. Такие полосы птиц часто формируются в условиях прохождения приземного, не выраженного облачностью мезофронта, *образованного под влиянием бриза* [Alpert and Tannhauser, 2000]. Конвективные потоки на такого рода фронтах создают наилучшие условия для формирования «дороги» перелётным птицам [Leshem and Yom-Tov, 1996].

Подобные картины миграции больших стай различных видов птиц авторы с помощью данной радиолокационной системы наблюдают в каждом сезоне (весной и осенью). На представленном рисунке радиоэха в виде площадок, тангенциально ориентированных широких и узких полос, а также и некоторых точек – отражения от облачных образований и местных предметов (холмов, высотных домов, линий электропередач, шоссежных дорог и т. д). Эти радиоэха, меняя свою конфигурацию в зависимости от условий рефракции, присутствуют на такого типа картах всегда. На востоке, севере и юго-западе хорошо просматриваются группы радиоэха в виде последовательно смещающихся коротких дуг. Это радиоэха самолётов. Учитывая, что временной интервал между дугами 10 сек, и определив расстояние между ними, можно рассчитать скорости этих самолётов. Для оценки орнитологической ситуации по такой карте требуются знания региональных особенностей данной местности и возможность анализа эволюции радиоэха во времени, который может быть выполнен только опытным наблюдателем. Такая информация даёт лишь общее представление об орнитологической обстановке;

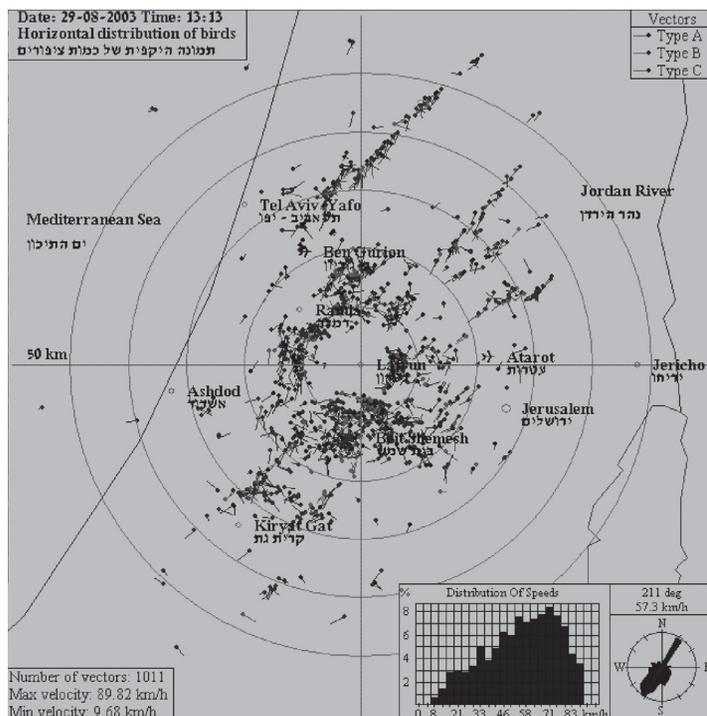


Рис. 6 (b). Орнитологическая карта за 13 часов 13 минут 29 августа 2003 года (то же, что на рис. 6(a), но после всех этапов селекции радиозоха птиц. Расстояния между метками – 10 км. Время сбора, обработки радиозоха и построения всех орнитологических карт 10 минут. Радиозоха птиц представлено в векторном виде. Радиус обзора 50 км. Пятно в центре радиусом примерно 3–5 км – мёртвая зона. Длина наибольшей полосы птиц около 90 км. Она состоит из отдельных участков с различной плотностью векторов на ней. Общее количество векторов (отдельных птиц или групп птиц) 1011.

На нижнем рисунке спектр скоростей, из которого видно, что максимальная скорость равна почти 90 км в час, минимальная – почти 10 км в час. Из розы направлений (правый нижний угол рисунка) видно, что суммарный вектор ориентирован на юго запад (211 градусов), а средняя скорость перелётов 57,3 км/час. В правом верхнем углу рисунка приведено три типа векторов, характерных для различных видов движения.

2. Для формирования второго файла исключаем сигналы, мощность которых превышает 30dBZ, и далее используем факт и признак движения, т.е. в каждом обзоре исключим из рассмотрения все сигналы, попавшие в одну и ту же координатную точку более заданного числа раз (обычно это число равно двум). Такой приём позволяет убрать радиозха от большей части местных предметов, плотных облаков и осадков.

Вспомним, что каждое радиозха в нашей компьютеризированной системе представляет собой «пятно», которое состоит из некоторого количества сигналов (точек) со своими координатами и со своими мощностями [см. 12, параграф 2б]. Координата центра тяжести каждого «пятна», с учётом мощности составляющих его сигналов, вычисляется с помощью простейших соотношений.

$$\bar{X}(j) = \sum_i S_{ij} X_i / \sum_i S_{ij}; \quad \bar{Y}(j) = \sum_i S_{ij} Y_i / \sum_i S_{ij}, \quad (7)$$

- где n – число сигналов (точек) в «пятне»,
 p_i – мощности составляющих «пятно» сигналов,
 i – номер сигнала (точки) в пятне. Верхнее значение i равно примерно 27 и определяется техническими характеристиками радиолокатора и системой аналого цифровой обработки сигналов (табл. 1). Нижнее значение i определяется шумовым порогом. Экспериментально нами принято нижнее значение $i \geq 4$.

При значении $i < 4$ число «пятен» радиозха увеличивается в несколько раз, что в свою очередь приводит к существенному увеличению времени расчётов, а в итоге всех этапов селекции к появлению ложных данных.

Вместе с тем понятно, что данное ограничение исключает из дальнейшего анализа и часть очень слабых полезных сигналов. Оценить эту погрешность на данном этапе не представляется возможным.

Таким образом, в результате первого этапа селекции радиозха по признаку движения (радиозха двигается – радиозха не двигается) сформирован файл, который содержит сигналы (центры «пятен» радиозха) только от подвижных и сильно флюктуирующих целей. В ряде погодных ситуаций такого рода сигналы могут принадлежать сильно флюктуирующим

радиозеха от мелко капельных облаков и осадков, атмосферным неоднородностям и т. д. Большая же часть этих радиозеха – птицы мигранты, летящие в определённых направлениях, часть – птицы местные, часто меняющие направление движения. Подробное изложение алгоритма дальнейшей селекции радиозеха по признакам движения см. в [13; 14].

Здесь лишь отметим, что дальнейшая селекция радиозеха птиц на следующих этапах включает в себя построение отрезков прямых по заданному числу точек с учётом критериев поступательности и линейности движения, выделения, удаления ложных прямых, расчёт скоростей и графического представления данных о полётах птиц, в том числе на фоне холмов и атмосферных образований.

Графическое представление данных о полётах птиц, в том числе на фоне холмов и атмосферных образований. В итоге всех этапов селекции отражённых сигналов по вышеуказанным признакам получаем в радиусе обзора объёмный файл, содержащий раздельно информацию о различных типах радиозеха, в том числе о местных предметах, облаках и осадках, местных и перелётных птицах и т. д.

Спроецировав по данным объёмного файла радиозеха от перелётных птиц на горизонтальную плоскость, получим в векторном виде их распределение в радиусе обзора радиолокатора.

Если на эту горизонтальную проекцию нанести масштабные метки, схему дорог, места расположения городов, береговую линию, сориентировать по странам света и т. д., то можно её назвать, по аналогии с синоптическими, радиолокационными орнитологическими картами.

На рис. 6(b) приводится такая карта за 13 часов 13 минут 29 августа 2003 года. На ней отражена та же реальная ситуация, что и на рис. 6(a), однако после всех этапов селекции радиозеха. Время сбора, селекции радиозеха птиц и построения всех видов орнитологических карт заняло 10 мин. Орнитологическая информативность рис. 6(b) гораздо выше, чем рис. 6(a). Радиозеха от птиц представлено в векторном виде. Радиус обзора – 50 км. Пятно в центре радиусом в 3–5 км – мёртвая зона. Длина наибольшей полосы птиц около 90 км. Она состоит из отдельных участков с различной плотностью векторов на ней. Общее количество векторов (отдельных птиц или групп птиц) 1011. На рисунке представлен спектр скоростей перелёта, из которого видно, что максимальная скорость (с учётом скорости ветра) равна почти 90 км в час, а минимальная, почти 10 км в час. Из розы

направлений (правый нижний угол рисунка) видно, что суммарный вектор ориентирован на юго-запад (211 градусов), а средняя скорость перелётов 57,3 км/час. В правом верхнем углу рисунка приведено три типа векторов, характерных для различных видов движения, в том числе движение относительно прямолинейное и равномерное, движение прямолинейное, но не равномерное, движение не равномерное и с отклонением от прямолинейности. Следует иметь в виду, что перечисленные характеры движения соответствуют различным видам птиц. На основе той же базы данных строится график распределения птиц по высотам в заданном секторе. Такой график, например, представлен на рис. 7. Здесь по оси абсцисс – число птиц (групп птиц) в слое. По оси ординат на графике – высота. В названии графика указан сектор, в котором представлено распределение птиц по высотам. Программа обработки радиоэха позволяет выбирать сектор оперативно. На графике несколько горизонтальных стрелок, заканчивающихся цифровыми обозначениями. Длина каждой стрелки пропорциональна числу птиц в соответствующем пятисот километровом слое. График позволяет определять высоту максимальной концентрации птиц и оценивать максимальную высоту полёта.

На рис. 8 представлена в качестве примера объёмная картина распределения птиц над определённым участком местности. Вынесенная за пределы рисунка стрелка указывает направление на север. Большая точка на поверхности – место размещения радиолокатора. На западе местность переходит в прибрежную зону, на востоке – холмы. Горизонтальные плоскости лежат на различном высотном уровне. Программа позволяет осматривать объёмную картину распределения птиц под любым углом и в оперативном режиме времени определять точную координату каждого радиоэха от птицы.

Для иллюстрации механизма реализации алгоритма формирования векторов движения радиоэха птиц см. рис. 9.

На нём представлена орнитологическая карта за 12 часов 11 минут 29 августа 2003 года (после всех этапов селекции радиоэха птиц). Квадратом выделено два вектора, которые в вынесенном прямоугольнике увеличены в масштабе и хорошо демонстрируют весь, представленный в статье, механизм реализации алгоритма формирования векторов. Начало векторов лежит в центре тяжести первого в серии из восьми горизонтальных оборотов антенны. Все остальные центры лежат на последующих по времени радиоэха.

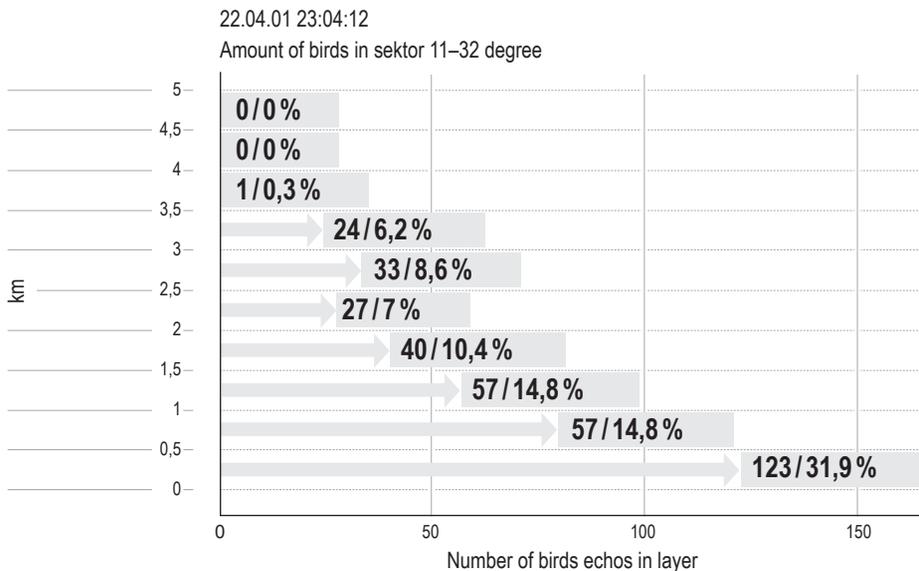


Рис. 7. График распределения птиц по высотам в заданном секторе. По оси абсцисс – число птиц (групп птиц) в слое. По оси ординат – высота. В названии графика указан сектор, в котором представлено распределение птиц по высотам. Длина каждой стрелки пропорциональна числу птиц в соответствующем пятиот метровом слое.

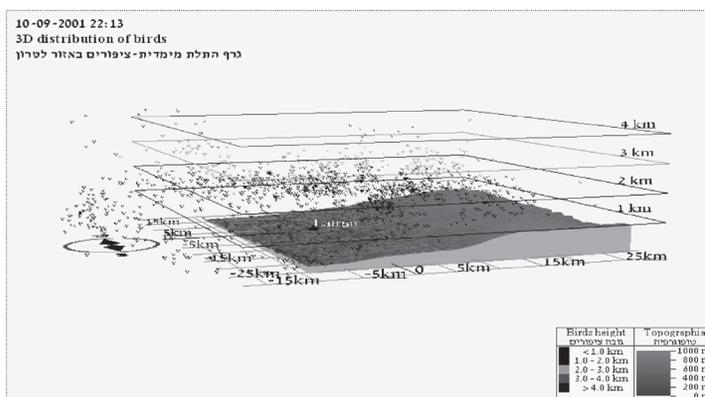


Рис. 8. Объемная картина распределения птиц над определённым участком местности. Вынесенная за пределы рисунка стрелка указывает направление на север. Большая точка на поверхности – место размещения радиолокатора. На цветном рисунке радиозах птиц разделяются по слоям один, два, три и т.д. км цветами. Программа предусматривает исследование объёмной орнитологической ситуации в изменяющемся масштабе и под любым ракурсом.

Сформированный объёмный файл, помимо данных о птицах, содержит отдельную информацию о местных предметах, облаках и осадках. Используя цветовую гамму или различные обозначения, эту информацию можно отразить на орнитологических картах.

Таким образом, резюмируем:

1. Найденные для различных целей признаки радиолокационных сигналов и разработанный на их основе алгоритм позволяет распознавать радиозах от птиц и в оперативном масштабе времени строить векторные поля их движения, в том числе по высотам;
2. Способ построения векторных полей позволяет разделять птиц по характеру их движения на четыре категории, в том числе птицы часто меняющие направление движения (местные), летящие прямолинейно и с постоянной скоростью, прямолинейно, но с переменной скоростью, с отклонением от прямолинейного движения и с переменной скоростью;
3. Построенные на основе разработанных алгоритмов радиолокационные орнитологические карты содержат в масштабе до 50 км относительно места размещения радиолокатора следующую информацию:
 - общее количество птиц в воздухе, в том числе мигрантов;
 - значения их максимальной и минимальной скорости полёта;
 - количественное распределение всех птиц по высотам;
 - спектры скоростей и направлений полёта птиц, в том числе вектор суммарного направления;
 - векторные поля движения птиц на фоне метеорологической обстановки и с привязкой к местности;
 - распределение видов птиц по характеру их движения (степени прямолинейности и равномерности);
 - об облаках, осадках, невидимых визуально атмосферных образованиях и их параметрах, в том числе об их эволюции во времени.
4. Наиболее проблематичными для описанного алгоритма являются слабые сильно флюктуирующие радиозах

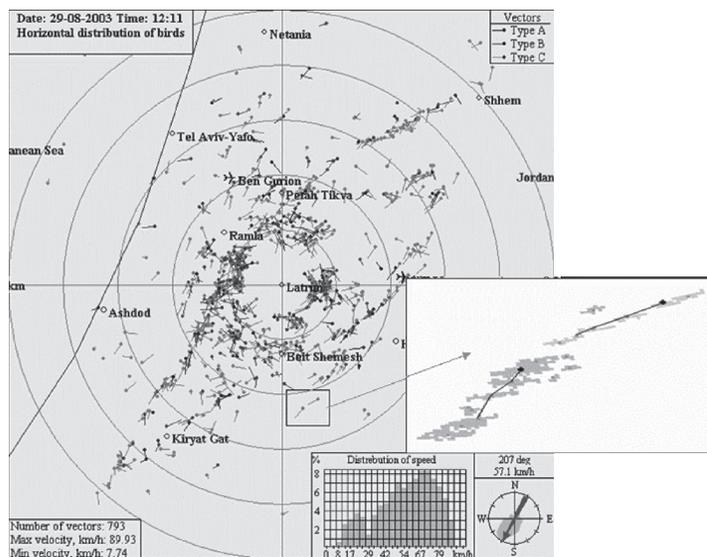


Рис. 9. Орнитологическая карта за 12 часов 11 минут 29 августа 2003 года (после всех этапов селекции радиозэха птиц). Длина наибольшей полосы птиц около 100 км. Общее количество векторов 793. Из розы направлений (правый нижний угол рисунка) видно, что суммарный вектор ориентирован на юго запад (207 градусов), а средняя скорость перелётов 57,1 км/час. Квадратом выделено два вектора, которые в вынесенном прямоугольнике увеличены в масштабе и хорошо демонстрируют весь, представленный в статье, механизм реализации алгоритма формирования векторов.

от мелкокапельных облаков и осадков, а также от насекомых и атмосферных неоднородностей. Однако, система позволяет в дальнейшем применить дополнительные признаки, которые повысят надёжность анализа такого типа радиозэха. Среди таких признаков отношение коэффициентов отражения на двух длинах волн, поляризационные, флюктуационные и доплеровские характеристики радиозэха различных отражателей. Анализ таких характеристик радиозэха для данной задачи частично уже проработан [11; 12; 14];

5. Разработанная радиолокационная орнитологическая система позволяет выполнить мониторинг межконтинентальных перелётов больших масс птиц в реальном времени с использованием сети, размещённых на большой территории в различных Странах, радиолокаторов, в том числе МРЛ-5;
6. Предложенный метод распознавания птиц может быть применён и с другими типами высоко потенциальных когерентных и не когерентных радиолокаторов, антенны которых формируют остро направленные симметричные диаграммы.

Автор благодарит проф. Й. Лешема, Александра Капитанникова, Валерия Гаранина, Олега Сикору, Марка Пинского и Александра Стеркина за помощь в выполнении отдельных разделов программы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Abshayev M., Burtsev I., Vaksenburg S., Shevela G.** Guide for use of the MRL-4, MRL5 and MRL-6 radars in urban protection systems. L., Hydrometeoizdat. 1980.
2. **Abshayev M., Kaplan L., Kapitannikov A.** Form reflection of meteorologic targets at the primary processing of the meteorologic radar signal. Transactions of VGI, Bd 55. 1984.
3. **Alpert P., Tannhauser D. S.** Migrating soaring birds align along sea-breeze fronts; First evidence from Israel. Bulletin of the American Meteorological Society 81(7), 2000. 3. 1599–1601.
4. **Bruderer B. and Joss.** Zur Registrierung and Interpretation von Echosignaturen an enema 35 cm-Zielverfolgungstradar. Orn. Beob., 1969. Bd 66, 70–88.
5. **Bruderer B.** Radar studies on Bird migration in the south of Israel. BSCE/21, Jerusalem, 1992. P. 269–280.
6. **Buurma, L.** The Royal Netherlands Air Force: Two Decades Of Bird Strike Prevention «En Route». International Seminar on Birds and Flight Safety in the Middle East, Israel, April, 25–26, 1999. P. 71–83.
7. **Chernikov A.** Radar clear sky echoes. Leningrad, Hydrometeoizdat, 1979. P. 3–40.
8. **Chernikov A., Schupjatsky A.** Polarization characteristics of radar clear sky echoes. Transactions of USSR academy of sciences, atmosphere and ocean physics, V. 3, 1967. № 2. P. 136–143.
9. **Dinevich L., Leshem I., Gal A., Gararin V., Kapitannikov A.** Study of

- birds migration by means of the MRL-5 radar. J. Scientific Israel –Technological Advantages. Vol. 4. 2000.
10. **Dinevich L., Kaplan, L.** On Radar observation of Birds migration. J. Scientific Israel –Technological Advantages. Vol. 4. 2000.
 11. **Dinevich L., Leshem Y., Sikora O.** Radar Observations Analysis Of Season Bird Migration In Israel At Night (Based on data of radar photo registration obtained in 1998–2000), J. Scientific Israel –Technological Advantages, Vol. 3, 2001, No. 1–2.
 12. **Dinevich L., Leshem Y., Pinsky M., Sterkin A.** Detecting Birds and Estimating their Velocity Vectors by Means of MRL-5 Meteorological Radar. J. The RING 26, 2004. (2): 35–53.
 13. **Dinevich L., Leshem Y.** Algorithmic System for Identifying Bird Radio-Echo and Plotting Radar Ornithological Charts. Journal The Ring # 1–2, Vol. 29. Poland. 2007. P. 3–39.
 14. **Dinevich L., Leshem Y.** Identification of migrating birds' echo and plotting ornithological charts based on MRL-5 radar data. Journal «Advanced Contemporary Radioelectronics», №3, P. 48–68; The Institute for Radio Engineering and Radioelectronics, Russian Academy of Science, Moscow. 2008.
 15. **Eastwood E.** Radar ornithology. London, Methuen, 278. 1967.
 16. **Edwards J., Houghton E. W.** Radar echoing area polar. Diagrams of birds. Nature. 1959. №. 4. P. 692.
 17. **Houghton E.** Detection, recognition and identification of birds on radar. In: World conf. Radio Met., Amer. Met. Soc., Boston, 1964. P. 14–21.
 18. **Doviak R., Zrnic D.** Doppler Radar and Weather Observation. Academic Press Inc., 1984. 512 p.
 19. **Gauthreaux S. A. and Belser C. G.** Radar ornithology and biological conservation. Auk 120 (2). 2003. P. 266–277.
 20. **Ganja I., Zubkov M., Kotjazi M.** Radar ornithology, Stiinza, 1991. P. 123–145.
 21. **Gudmundsson G. A., T. Alerstam, et al.** Radar observations of Arctic bird migration at the Northwest Passage, Canada. Arctic 55 (1). 2002. P. 21–43.
 22. **Gauthreaux Sidney A. Jr., David S. Mizrahi, Carroll G. Belser.** Bird Migration and Bias of WSR–88D Wind Estimates. Weather and Forecasting 13. 1998. P. 465–481.
 23. **Glover K., Hardy K.,** 1966. Dot angels: insects and birds. – In: Proc. 12th Weather Radar Conf., Amer. Met. Soc., Boston, 1966. P. 264–268.
 24. **Hajovsky R., Deam A., La Grone A.** Radar reflections from insects in the lower atmosphere. – IEEE Trans. On Antennas and Propagation, vol.14, 1966. P. 224–227.
 25. **Харди К.** Зондирование безоблачной атмосферы с помощью мощных радиолокаторов с высоким разрешением // Труды института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике». Т. 57. 1969. №4. М.: Мир, С. 109–112.
 26. **Komenda-Zehnder S., Liechti F.** Is reverse migration a common feature of nocturnal bird migration. An analysis of radar data from Israel. Ardea 90 (2). 2002. P. 325–334.

27. **Kropfli R. A.** Simultaneous radar and instrumented aircraft observations in a clear air turbulent layer. In: Prepr. 14th Radar Met. Conf., Amer. Met. Soc., Boston, 1970. P. 117–120.
28. **Larkin R. P., Evans W. R.** Nocturnal flight calls of Dickcissels and Doppler radar echoes over south Texas in spring. *Journal of Field Ornithology* 73(1). 2002. P. 2–8.
29. **Leshem Y., Yom-Tov Y.** Routes of migrating soaring birds. *Ibis* 140, 1998. P. 41–52.
30. **Leshem Y., Yom-Tov Y.** The use of thermals by soaring migrants in Israel. *Ibis* 138, 1996. P. 667–674.
31. **Miller M. A., Verlinde J.** Detection of nonprecipitating clouds with the WSR-88D: a theoretical and experimental survey of capabilities and limitations. *Weather and Forecasting* 13(4). 1998. P. 1046–1062.
32. **Venema, V., Russchenberg H.** Clear-air scattering observations: downdraft and angels. *Physics and Chemistry of the Earth. B: Hydrology* 25(10–12). 2000. P. 1123–1128.
33. **Russell K. R., Gauthreaux S. A.** Use of weather radar to characterize movements of roosting purple martins. *Wildlife Society Bulletin* 26(1). 1998. P. 5–16.
34. **Сальман Е., Брылёв Г.** Радиоэха диэлектрических неоднородностей термического характера. Тр. ГГО. Вып. 120. 1961. С. 37–44.
35. **Skolnik M.** *Radar Handbook*. McGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1970.
36. **Schaefer G.** The study of birds echoe using a tracking radar. Proc. 14th Int. Ornith. Cjngress. Oxford. 1966.
37. **Шупяцкий А.** Радиолокационное рассеяние несферическими частицами, Тр. ЦАО, вып. 30, 1959. С. 39–52.
38. **Степаненко В.** Радиолокация в метеорологии. Л.: Гидрометеиздат. 1973.
39. **Zavirucha V., Saricev V., Stepanenko V., Shepkin U.** Study of the dispersion characteristics of the meteorological and ornitological objects in echo-free cameras Proc. Main Geophysic Observatory. № 395. 1977. С. 40–45.
40. **Zrnic D. S., Ryzhkov A. V.** Observations of insects and birds with a polarimetric radar. *Ieee Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 36 (2). 1998. P. 661–668.

ОБ АВТОРЕ

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

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

УДК 681.3

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

ЦИФРОВЫЕ ФИЛЬТРЫ В ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ СИСТЕМЕ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ С МОДУЛЯМИ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА

Digital filters in two-stage residue number system with sprcial modules

В статье предложена новая архитектура фильтра с конечной импульсной характеристикой в двухступенчатой системе остаточных классов с модулями специального вида. Показаны достоинства и недостатки предложенного подхода. Моделирование работы предложенной архитектуры показало, что новый подход позволяет сократить время обработки данных. Преимущество разработанного фильтра по сравнению с известными аналогами фильтров в системе остаточных классов доходит до 20 % при реализации устройств с большими порядками.

Ключевые слова: КИХ-фильтр, система остаточных классов, цифровая обработка сигналов, модулярная арифметика.

The paper proposes a new architecture of the finite impulse response filter in the two-stage residue number system with special modules. Showing the advantages and disadvantages of the proposed approach. Simulation of the proposed architecture has shown that the new approach can reduce the processing time. Advantage of the developed filter compared to known similar filters in the residue number system up to 20 % with the implementation of devices with large orders.

Keywords: FIR Filter, Residue Number System, Digital Signal Processing, Modular Arithmetic.

Основой цифровой обработки сигналов (ЦОС, DSP) является использование цифровых фильтров, которые в свою очередь подразделяются на фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтры) и фильтры с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ-фильтры). КИХ-фильтры находят широкое применение на практике, так как передаточная функция таких устройств имеет более простой

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, гранты 13-07-00478-а и 14-07-31004-мол-а.

вид по сравнению с БИХ-фильтрами. В настоящее время обработка сигналов с использованием КИХ-фильтров широко применяется для обработки видео и изображений [1], многоканальной обработки данных [2] и многих других областях [3].

Одним из перспективных путей повышения производительности цифровых фильтров является применение арифметики системы остаточных классов (СОК, RNS) [4]. СОК обладает большим потенциалом для улучшения скорости цифровых устройств, благодаря замене операций сложения, вычитания и умножения чисел большой длины на параллельную обработку остатков гораздо меньшей разрядности [5]. Кроме того, СОК позволяет весьма эффективно проектировать и реализовывать различные цифровые устройства на программируемых логических интегральных схемах (FPGA) и интегральных схемах специального назначения (ASIC) [6].

В настоящее время разрабатываются эффективные вычислительные структуры, использующие СОК, в таких приложениях как обработка изображений, распознавание речи, подавление шума в сигнале и многих других [7]. Существуют, однако, и недостатки арифметики в СОК. Одной из самых важных проблемных операций модулярной арифметики является выполнение обратного преобразования числа в позиционную форму. В работе [8] в качестве базы для модулярной реализации КИХ-фильтров предлагается использовать СОК вида $\{2^n - 1, 2^n, 2^n + 1\}$, так как для этого случая разработаны эффективные алгоритмы выполнения проблемной операции, позволяющие свести влияние основного недостатка СОК к минимуму [9].

В настоящей работе предлагается новый подход к реализации КИХ-фильтров в СОК, основанный на применении двухступенчатой модулярной арифметики. Основной идеей данного подхода является использование двух вложенных СОК, при этом каждый вычислительный канал первой СОК преобразуется в несколько параллельных каналов обработки на основе второй СОК. При этом модули второй СОК на порядок меньше, чем модули первой СОК, что позволяет еще больше ускорить выполнение основных операций цифровой фильтрации – сложения и умножения. Для упрощения архитектуры КИХ-фильтра, использующего такой метод обработки, предлагается использовать одинаковый вид модулей: $\{2^{n_1} - 1, 2^{n_1}, 2^{n_1} + 1\}$ для первой СОК, и $\{2^{n_2} - 1, 2^{n_2}, 2^{n_2} + 1\}$ для второй СОК, причем $n_2 > n_1$.

Система остаточных классов.

В СОК числа представляются в базе взаимно-простых чисел, называемых модулями $\beta = \{m_1, \dots, m_k\}$, $\text{НОД}(m_i, m_j)$, для $i \neq j$. Произведение всех модулей СОК $M = \prod_{i=1}^k m_i$ называется динамическим диапазоном системы. Любое целое число $0 \leq X < M$ может быть единственным образом представлено в СОК в виде вектора $\{x_1, x_2, \dots, x_k\}$, где $x_i = |x|_{m_i} = X \bmod m_i$ [10].

Динамический диапазон СОК обычно делится на две примерно равные части, таким образом, чтобы примерно половина диапазона представляла положительные числа, а остальная часть диапазона – отрицательные. Таким образом, любое целое число, удовлетворяющее одному из двух соотношений:

$$-\frac{M-1}{2} \leq X \leq \frac{M-1}{2}, \text{ для нечетных } M,$$

$$-\frac{M-1}{2} \leq X \leq \frac{M-1}{2}, \text{ для четных } M,$$

может быть представлено в СОК.

Операции сложения, вычитания и умножения в СОК определяются формулами

$$A \pm B = (|a_1 \pm b_1|_{m_1}, \dots, |a_k \pm b_k|_{m_k}), \quad (1)$$

$$A \times B = (|a_1 \times b_1|_{m_1}, \dots, |a_k \times b_k|_{m_k}). \quad (2)$$

Равенства (1) – (2) показывают параллельную природу СОК, свободную от поразрядных переносов.

Восстановление числа X по остаткам $\{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ основано на Китайской Теореме об Остатках (КТО, CRT)

$$X = \left| \sum_{i=0}^k \gamma_i x_i |_{m_i} M_i \right|_M, \quad (3)$$

где $M_i = M/m_i$, $\gamma_i = |M_i^{-1}|_{m_i}$. Элемент $|M_i^{-1}|_{m_i}$ означает мультипликативный обратный для M_i , по модулю m_i .

Другим методом преобразования числа из СОК в позиционную систему счисления (ПСС), является переход к обобщенной позиционной системе счисления (ОПСС, MRC) [11]. Число $X < M$ имеет вид $\{x'_1, x'_2, \dots, x'_k\}$, $0 < x'_i \leq m_i$ в обобщенной позиционной системе счисления, если:

$$X = x'_1 + x'_2 m_1 + x'_3 m_1 m_2 + \dots + x'_k \prod_{i=1}^{k-1} m_i, \quad (4)$$

где цифры числа в обобщенной позиционной системе счисления, и:

$$x'_1 = x_1 \pmod{m_1}$$

$$x'_2 = (x_1 - x'_1) c_{12} \pmod{m_2}$$

$$x'_3 = ((x_3 - x'_1) c_{13}) \pmod{m_3} \quad (5)$$

...

$$x'_k = (\dots((x_k - x'_1) c_{1k} - x'_{i-1}) c'_{k-i,k}) \pmod{m_k}.$$

Константы c_{ij} являются мультипликативными обратными элементами для m_i по модулю m_j для всех $1 \leq i \leq j \leq k$, то есть $c_{ij} \cdot m_i = 1 \pmod{m_j}$ для $1 \leq i \leq n$, и могут быть вычислены, например, с помощью алгоритма Евклида.

Можно выделить два основных преимущества модулярной арифметики.

1. Арифметические операции сложения, вычитания и умножения выполняются без переносов, в отличие от позиционного представления чисел.
2. Для каждого значения модуля m_i арифметические операции выполняются с парой соответствующих вычетов параллельно, при этом вычеты имеют гораздо меньшую разрядность, чем исходные операнды X и Y .

Основной проблемой современной теории СОК является сложность выполнения так называемых немодульных операций, к которым относятся: определение знака числа, сравнение чисел, деление, восстановление позиционной формы числа и другие. Однако, несмотря на указанные недостатки, модулярная арифметика может быть эффективно реализована в приложениях, где основная доля вычислений приходится на операции умножения в сочетании со сложением и вычитанием [12]. Как будет видно далее, фильтрация сигналов является именно таким приложением.

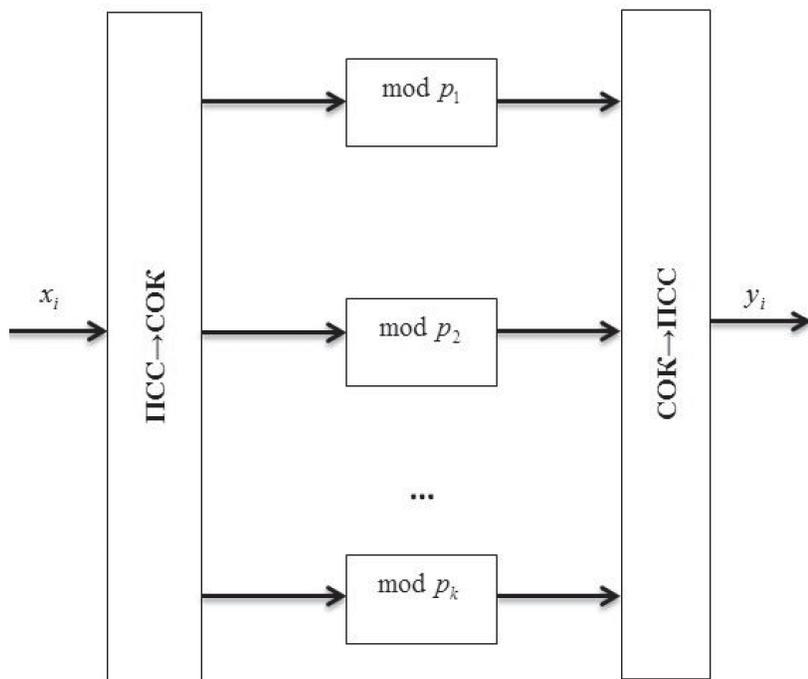


Рис. 1. Цифровая обработка сигнала в системе остаточных классов.

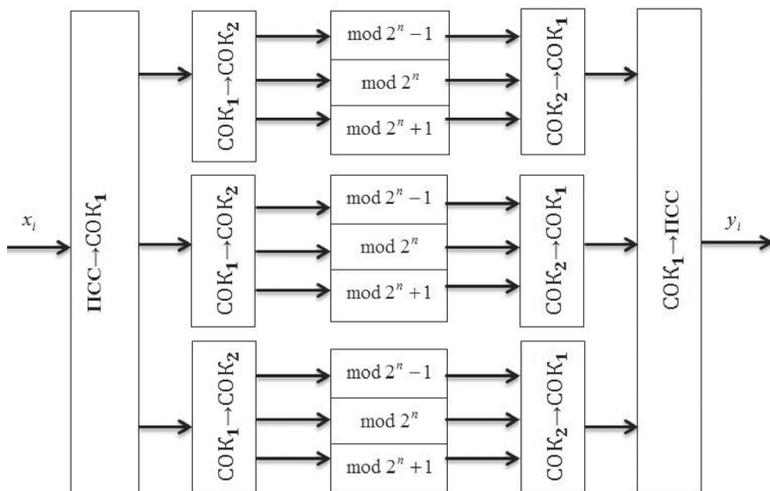


Рис. 2. Цифровая обработка сигнала с использованием двух систем остаточных классов.

Архитектура КИХ-фильтра в СОК.

Передаточная функция фильтра, описывающая связь между сигналами на входе и выходе фильтра N -го порядка, задается в виде

$$H(z) = b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_N z^{-N} = \sum_{i=0}^N b_i z^{-i}. \quad (6)$$

Применение СОК для фильтрации сигналов позволяет максимально использовать преимущество модулярной арифметики перед ПСС, так как сложение и умножение являются модульными операциями. В то же время, фильтрация сама по себе не требует выполнения немодульных операций, о которых было сказано выше. Практически это означает, что недостатки СОК, связанные с медленным выполнением немодульных операций, не замедлят работу фильтров. Принцип обработки сигналов в системе остаточных классов показан на рис. 1. Поступивший на вход системы сигнал преобразуется в модулярный код (блок ПСС \rightarrow СОК). Далее происходит параллельная обработка сигнала по каждому из модулей. Выходной сигнал получается при помощи обратного преобразования СОК \rightarrow ПСС.

Одним из наиболее важных частных случаев СОК является система модулей специального вида $\{2^n - 1, 2^n, 2^n + 1\}$. Для такого набора модулей разработано большое количество эффективных алгоритмов выполнения разнообразных операций [13–16]. Применение такой СОК для цифровой обработки сигналов позволяет обрабатывать данные по трем параллельным каналам ($k = 3$ на рис. 1). Однако применение всего лишь трех модулей СОК не позволяет в полной мере реализовать преимущества параллельной обработки. Это связано с тем, что диапазон СОК с модулями $\{2^n - 1, 2^n, 2^n + 1\}$ равен $\approx 3n$ бит, что, в свою очередь, приводит к необходимости использования слишком больших модулей для больших диапазонов данных. Для преодоления указанного недостатка предлагается использовать вторую СОК для внутреннего разбиения каждого из каналов первой СОК. Схема обработки данных в этом случае показана на рис. 2.

На рис. 2 сигнал преобразуется из позиционной формы в первую СОК. После этого значение каждого модуля первой СОК преобразуется во вторую СОК. Во второй СОК выполняются все необходимые операции для фильтрации (сложения и умножения), после чего выполняется обратное преобразование, которое возвращает обработку к модулям первой СОК. На заключительном этапе выполняется обратное преобразование из первой СОК в ПСС. Применение двух СОК вида $\{2^n - 1, 2^n, 2^n + 1\}$ для

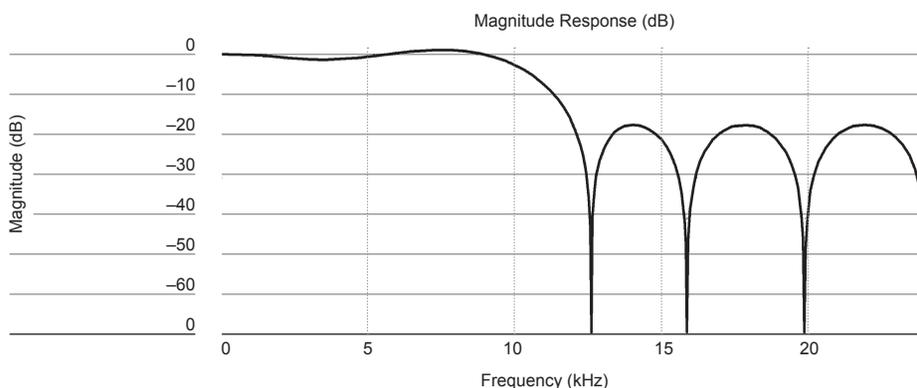


Рис. 3. АЧХ фильтра 11 порядка.

ЦОС имеет ряд особенностей. Если модули первой СОК обозначить $\{2^{n_1} - 1, 2^{n_1}, 2^{n_1} + 1\}$, а второй $\{2^{n_2} - 1, 2^{n_2}, 2^{n_2} + 1\}$, то для обеспечения диапазонов, перекрывающих модули первой СОК, для второй СОК достаточно взять $n_2 = n_1/3 + 1$. При этом разрядность обрабатываемых данных во второй СОК будет существенно ниже, чем в первой (примерно в три раза). Это приведет к существенному увеличению скорости обработки данных. Платой за это обстоятельство является необходимость использования двух блоков прямого преобразования ПСС \rightarrow СОК и обратного преобразования СОК \rightarrow ПСС вместо однократной обработки (рис. 1). В дальнейшем будет дан ответ на вопрос о выгодности или невыгодности такого подхода для реализации КИХ-фильтров.

Проектирование фильтра в СОК.

Рассмотрим низкочастотный фильтр 11-го порядка с линейной фазовой характеристикой, амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) которого приведена на рис. 3.

Изображенный на рис. 3 фильтр построен при помощи алгоритма Паркса – МакКлеллана, и принадлежит достаточно широкому классу КИХ-фильтров, которые требуют большой аккуратности при работе с коэффициентами, для того чтобы избежать серьезных ошибок частотного отклика [17]. Проектирование и получение численных значений данного фильтра было осуществлено при помощи MATLAB® [18]. Коэффициенты данного фильтра в форме машинного числа двойной точности, двоичного представления, целочисленного формата и СОК приведены в таблице.

Коэффициенты фильтра	Числовой формат представления				
	двойная точность	двоичное число	целое число	СОК1 {127, 128, 129}	СОК2 {7, 8, 9}
$b_0 = b_{11}$	0.0922037965907876	000010111110	94	{94,94,94}	{{3,6,4}, {3,6,4}, {3,6,4}}
$b_1 = b_{10}$	-0.0064537503593891	11111111001	-7	{120, 121, 122}	{{1,0,3}, {2,1,4}, {3,2,5}}
$b_2 = b_9$	-0.0957200336509332	11110011110	-98	{29,30,31}	{{1,5,2}, {2,6,3}, {3,7,4}}
$b_3 = b_8$	-0.0581256675402344	11111000100	-60	{67,68,69}	{{4,3,4}, {5,4,5}, {6,5,6}}
$b_4 = b_7$	0.1694183638078060	00010101101	173	{46,45,44}	{{4,6,1}, {3,5,0}, {2,4,8}}
$b_5 = b_6$	0.4032762098333520	00110011101	413	{32,29,26}	{{4,0,5}, {1,5,2}, {5,2,8}}

Получение целочисленного представления чисел двойной точности, было осуществлено путем умножения коэффициента на 2^{10} с последующим отбрасыванием дробной части. Для двоичного представления коэффициентов фильтра использованы 11 бит, из которых 10 являются информационными, а еще один бит использован для указания знака числа.

Предположим, что входная последовательность сигнала тоже квантована по 11 бит (включая знак). Максимально возможное значение отклика фильтра $|y_i|$ равно

$$\max\{|y_i|\} = 1024 \cdot \sum_{k=0}^{11} |b_k| = 1024 \cdot 1690 = 1730560 \rightarrow 20,722808 \text{ бит.} \quad (7)$$

Набор модулей {127, 128, 129} задает диапазон, равный 20,999912 бит, что позволяет использовать такую СОК для реализации рассмотренного фильтра. Вторая СОК состоит из модулей {7,8,9}, так как это минимальная тройка чисел вида $\{2^n - 1, 2^n, 2^n + 1\}$, обеспечивающая диапазон, больший самого большого модуля первой СОК, то есть $7 \cdot 8 \cdot 9 = 504 > 129$.

Коэффициенты фильтра в СОК, приведенные в таблице, получены из целочисленного формата числа длиной 11 бит. При этом исходные коэффициенты фильтра являются числами двойной точности длиной 64 бита. Разумеется, переход от 64-битного представления к 11-битному порождает ошибку округления. Вопрос о степени влияния возникающей ошибки на результат работы фильтра является весьма важным, так как недооценка погрешности вычислений может привести к серьезным последствиям. Например, ошибка, возникающая при преобразовании 64-битного числа к

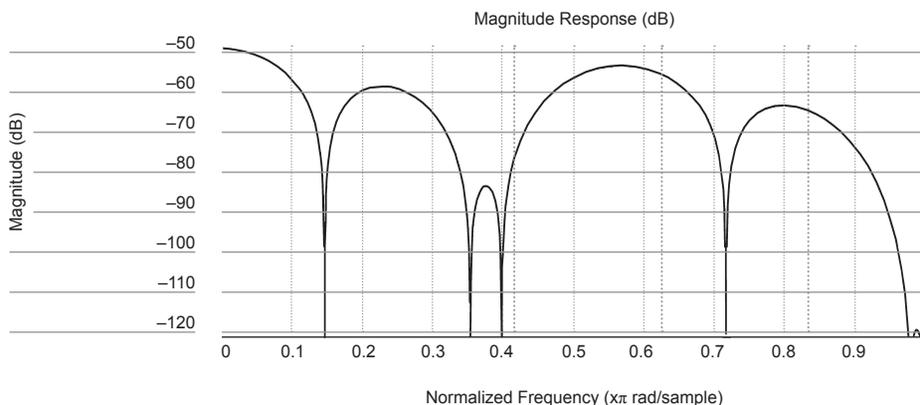


Рис. 4. АЧХ ошибки фильтра 11 порядка.

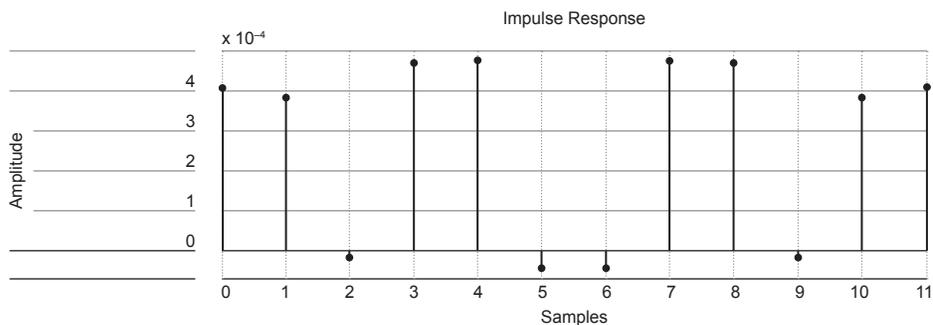


Рис. 5. Импульсная характеристика ошибки фильтра 11 порядка.

16-битному представлению, привела к взрыву ракеты Ariane (4 июня 1996 года), причинившему ущерб в 7,5 миллионов долларов [19].

На рисунке 4 изображена АЧХ этой ошибки. Из рисунка видно, что максимум ошибки примерно на 30 Дб ниже, чем область запираания фильтра что, согласно [8], является вполне допустимым.

На рисунке 5 представлена ошибка импульсной характеристики, полученная в результате перевода коэффициентов фильтра в СОК, с округлением, и обратно. Максимальное значение ошибки не превосходит $5 \cdot 10^{-4}$.

Учитывая, что коэффициенты построенного фильтра симметричны, выражение (6) можно переписать

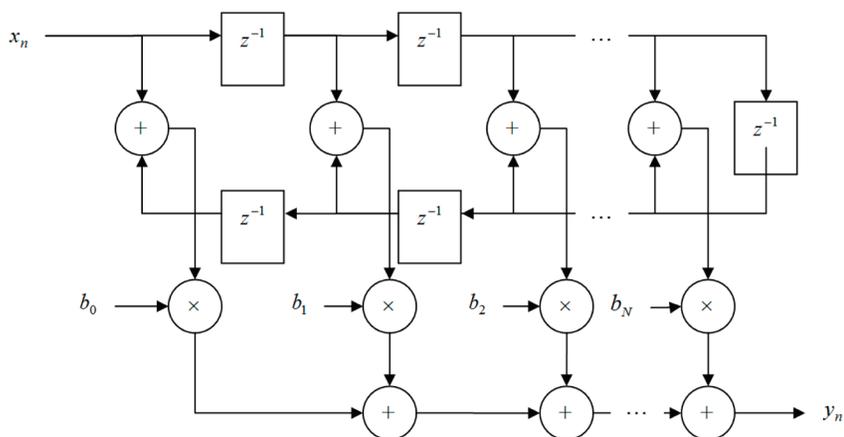


Рис. 6. Схема работы фильтра N -го порядка.

$$H(z) = \sum_{k=0}^{\frac{N}{2}-1} b_k (z^k + z^{N-k}). \quad (8)$$

На рис. 6 представлена схема устройства, описанного формулой (8).

Формулы преобразования сигнала указанного фильтра для каждого из модулей СОК имеют вид:

$$|y_n|_{m_1} = |b_0|_{m_1} (|x_n|_{m_1} + |x_{n-11}|_{m_1}) + |b_1|_{m_1} (|x_{n-1}|_{m_1} + |x_{n-10}|_{m_1}) + \dots + |b_5|_{m_1} (|x_{n-5}|_{m_1} + |x_{n-6}|_{m_1}) \quad (9)$$

$$|y_n|_{m_2} = |b_0|_{m_2} (|x_n|_{m_2} + |x_{n-11}|_{m_2}) + |b_1|_{m_2} (|x_{n-1}|_{m_2} + |x_{n-10}|_{m_2}) + \dots + |b_5|_{m_2} (|x_{n-5}|_{m_2} + |x_{n-6}|_{m_2})$$

$$|y_n|_{m_3} = |b_0|_{m_3} (|x_n|_{m_3} + |x_{n-11}|_{m_3}) + |b_1|_{m_3} (|x_{n-1}|_{m_3} + |x_{n-10}|_{m_3}) + \dots + |b_5|_{m_3} (|x_{n-5}|_{m_3} + |x_{n-6}|_{m_3})$$

Моделирование работы КИХ-фильтра в СОК.

В этом разделе будет проведено сравнение работы предложенной архитектуры КИХ-фильтра в двухступенчатой СОК с фильтром, предложенным в [8], работающим с одной СОК вида $\{2^{n_1} - 1, 2^{n_1}, 2^{n_1}$

+ 1}. В качестве критерия сравнения выбрано время работы фильтра, измеряемое в тактах вычислительной системы. Исследоваться будут фильтры различных порядков $3 \leq N \leq 63$.

Для КИХ-фильтра порядка N с древовидной организацией суммирования потребуется выполнение одного параллельного модулярного умножения и $[\log_2 N]$ параллельных модулярных суммирований. Кроме того, потребуется выполнение операций прямого преобразования ПСС \rightarrow СОК и обратного преобразования СОК \rightarrow ПСС. Время выполнения модулярного суммирования, модулярного умножения и обратного преобразования для СОК вида $\{2^n - 1, 2^n, 2^n + 1\}$ приведено в [20]. Выполнение каждого модулярного суммирования требует $8n + 11$ тактов вычислительной системы, модулярное умножение требует $16n + 12$ тактов, обратное преобразование выполняется за $16n + 8$ тактов. Прямое преобразование для СОК $\{2^n - 1, 2^n, 2^n + 1\}$, согласно [5], по времени равносильно двум модулярным суммированиям. Таким образом, прямое преобразование выполняется за $16n + 22$ такта вычислительной системы.

При моделировании архитектуры [8] использовалась СОК с $n_1 = 7$, то есть $\{127, 128, 129\}$. Предложенная архитектура содержала две СОК: первую с $n_1 = 7$, $\{127, 128, 129\}$ и вторую с $n_2 = 3$, $\{7, 8, 9\}$. Для предложенной архитектуры необходимо два раза применять прямое и обратное преобразование: один раз для первой СОК и один раз для второй СОК (см. рис. 2).

Результаты моделирования работы КИХ-фильтров представлены на рис. 7. Фильтры третьего порядка примерно равны по скорости работы (510 тактов для предложенной архитектуры, 512 для фильтра из [8]). С увеличением порядка фильтра постепенно проявляются преимущества предложенного КИХ-фильтра. Для фильтров с $4 \leq N \leq 7$ предложенная архитектура работает быстрее на 6,2%; для фильтров с $8 \leq N \leq 15$ время работы сокращается на 11,4%; при $16 \leq N \leq 31$ выигрыш в скорости равен 15,9%; для случаев $32 \leq N \leq 63$ скорость обработки быстрее на 20%. Таким образом, преимущество обработки информации по маленьким модулям в КИХ-фильтре перевешивает дополнительные временные затраты на выполнение вторых операций преобразования ПСС \rightarrow СОК и СОК \rightarrow ПСС. С ростом порядка фильтра это преимущество выражается более рельефно.

Результаты моделирования позволяют сделать вывод о том, что предложенная архитектура работает быстрее известного аналога. Причем,

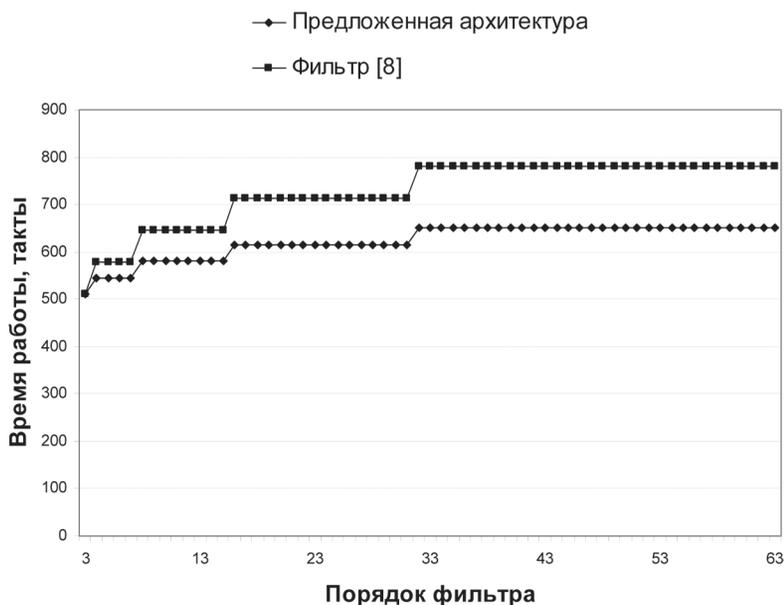


Рис. 7. Зависимость времени работы КИХ-фильтров от порядка.

чем больше порядок фильтра, тем существеннее эта разница. Полученный результат может быть применен во всех приложениях цифровой обработки сигналов: обработке изображений, видео, речи и так далее. Применение предложенной архитектуры позволит улучшить характеристики систем, требующих максимальной скорости обработки. Кроме того, данный результат может помочь в разработке новых систем ЦОС, функционирующих в режиме реального времени.

Таким образом, в работе предложена новая архитектура КИХ-фильтра, использующая двухступенчатую СОК с модулями специального вида. Основным преимуществом такого подхода перед известными фильтрами в СОК является возможность параллельной обработки очень малоразрядных данных. К недостаткам предложенного подхода следует отнести необходимость двойного выполнения немодульных операций прямого и обратного преобразования.

Результаты моделирования предложенной архитектуры показывают, что ее достоинства являются более важными, чем недостатки. Скорость работы КИХ-фильтра увеличивается до 20 % по сравнению с известными аналогами. Данный результат позволяет улучшить характеристики систем ЦОС, функционирующих в СОК и расширить возможности применения модулярной арифметики на практике.

Интересным направлением дальнейших исследований в данной области является выработка эффективных критериев построения каждой из СОК с большими и маленькими модулями. Также было бы интересно проверить возможность улучшения скоростных характеристик устройств криптографической и некриптографической защиты информации за счет применения двухступенчатой СОК.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Changhun Cho**, Jaehwan Jeon, Joonki Paik. Real-Time Spatially Adaptive Image Restoration Using Truncated Constrained Least Squares Filter // 2014 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 2014, P. 256–257.
2. **Чобану М.** Многомерные многоскоростные системы обработки сигналов. М.: Техносфера, 2009. 480 с.
3. **Li Tan, Jean Jiang**, Digital Signal Processing, Second Edition: Fundamentals and Applications, Academic Press, 2013, 876 p.
4. **Shahana T. K., James R. K., Jose B. R., Jacob K. P., Sasi S.** Performance Analysis of FIR Digital Filter Design: RNS Versus Traditional // ISCIT 2007 International Symposium on Communications and Information Technologies Proceedings, 2007, P. 1–5.
5. **Omondi A., Premkumar B.** Residue Number Systems: Theory and Implementation. Imperial College Press, 2007, 296 p.
6. **Cardarilli G. C., Nannarelli A., Re M.** Residue Number System for Low-Power DSP Applications. Proc. 41st Asilomar Conf. Signals, Syst., Comput., 2007, P. 1412–1416.
7. **Червяков Н. И., Сахнюк П. А., Шапошников А. В., Макоха А. Н.** Нейрокомпьютеры в остаточных классах. М.: Радиотехника, 2003. 272 с.
8. **Stamenković N.** Digital FIR Filter Architecture Based on the Residue Number System. Facta Universitatis, Ser.: Elec. Energ., Vol. 22, No. 1, 2009. P. 125–140.
9. **Afsheh A., Mojoodi A.** An Improved Reverse Converter for Moduli Set // ISCIT 2010 International Symposium on Communications and Information Technologies Proceedings, 2010. P. 928–933.
10. **Червяков Н. И., Сахнюк П. А., Шапошников А. В., Ряднов С. А.** Модулярные параллельные вычислительные структуры нейропроцессорных систем. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 288 с.

11. **Gbolagade K. A., Cotofana S. D.** An $O(n)$ Residue Number System to Mixed Radix Technique // ISCAS 2009 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, 2009 P. 521–524.
12. **Стемпковский А. Л., Корнилов А. И., Семенов М. Ю.** Особенности реализации устройств цифровой обработки сигналов в интервальном исполнении с применением модулярной арифметики // Информационные технологии. № 2, 2004. С. 2–9.
13. **Saremi M., Timarchi S.** Efficient 1-out-of-3 Binary Signed-Digit Multiplier for the Moduli Set . Computer Architecture and Digital Systems (CADS) // 2013 17th CSI International Symposium, 30–31 Oct. 2013, P. 123–124.
14. **Low J.Y.S.** A Signed Integer Programmable Power-of-Two Scaler for RNS // Circuits and Systems (ISCAS). IEEE International Symposium, 19–23 May 2013. P. 2211–2214.
15. **Gallagher D., Petry F. E., Srinivasan P.** The Digit Parallel Method for Fast RNS to Weighted Number System Conversion for Specify Moduli. IEEE Trans. on Circuits and System II: Analog and Digital Signal Processing, vol. 44, no. 1, Jan. 1997. P. 53–57.
16. **Tomczak T.** Fast Sign Detection for RNS . IEEE Trans. on Circuits and Systems-I: Regular papers, vol. 55, no. 6, July 2008. P. 1502–1511.
17. **Zivaljevic D., Stamenković N., Stojanović V.** FIR Filter Implementation Based on the RNS with Diminished-1 Encoded Channel. TSP 35th International Conference on Telecommunications and Signal Processing, 2012. P. 662–666.
18. **Hussain Z. M., Sadik A. Z., O'Shea P.** Digital Signal Processing: An Introduction with MATLAB and Applications, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011. 350 p.
19. **Parhami B.** **Computer Arithmetic: Algorithms and Hardware Designs**, 2nd edition. Oxford University Press, New York, 2010, 641 p.
20. **Younes D., Steffan P. A** Comparative Study on Different Moduli Sets in Residue Number System // International Conference on Computer Systems and Industrial Informatics (ICCSII), 2012. P. 1–6.

ОБ АВТОРАХ**Червяков Николай Иванович**

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и математического моделирования. Северо-Кавказский федеральный университет, Институт математики и естественных наук. Телефон (8652) 35-32-73.

E-mail: k-fmf-primath@stavsu.ru

Chervyakov Nikolay Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of the Applied Mathematics and Mathematical Modeling, Institute of Mathematics and Natural Sciences, North Caucasus Federal University.

Ляхов Павел Алексеевич

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной математики и математического моделирования. Северо-Кавказский федеральный университет, Институт математики и естественных наук.

E-mail: ljahov@mail.ru

Lyakhov Pavel Sergeevich

Candidate of physico-mathematical sciences, associate professor of applied mathematics and mathematical modeling. The North Caucasus Federal University, Institute of Mathematics and Natural Sciences.

E-mail: ljahov@mail.ru

Шульженко Кирилл Сергеевич

Студент специальности «Прикладная математика и информатика», Северо-Кавказский федеральный университет, Институт математики и естественных наук.

E-mail: kirill-joker@mail.ru

Shulzhenko Kirill Sergeevich

Student in «Applied Mathematics and Informatics», Institute of Mathematics and Natural Sciences, North Caucasus Federal University.

УДК 551.574.1;
536.423.4

М.К. Макуашев [M. K. Makuashev]

ОБ ОДНОЙ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ КОНДЕНСАЦИИ ВОДЯНОГО ПАРА В АТМОСФЕРЕ

About one stochastic model of condensation of water vapor in atmosphere

В данной статье развита теория конденсации с точки зрения теории случайных процессов.

Ключевые слова: конденсация, случайный процесс, марковский процесс, уравнение Колмогорова.

In the present work the theory of condensation from the point of view of the theory of stochastic processes is developed.

Key words: Condensation, stochastic process, Markov's process, Kolmogorov's equation.

Существует множество теорий конденсации пара. Подробный обзор их можно найти в [1, 2]. Все эти теории имеют общий недостаток: они переносят макроскопические представления на молекулярные процессы [1]. Мы рассмотрим ниже одну математическую модель физического процесса конденсации, позволяющую отразить молекулярный процесс превращения фаз, именно начальный этап конденсации пара.

Физика процесса конденсации пара достаточно ясна: при конденсации молекулы пара объединяются друг с другом и образуют одну частицу (кластер) соответствующей жидкости, или же присоединяются к уже имеющейся в объеме частице. В физике облаков особенно важны процессы конденсации водяного пара, ибо при этом образуются первичные водяные капельки, которые затем растут и преобразуются в облачные капли, капли осадков, ледяные кристаллики, градовые частицы. Характерной чертой конденсации водяного пара является дискретность и случайность.

Гораздо сложнее обстоит дело с математическим описанием процесса конденсации и испарения. Мы применим теорию дискретных марковских процессов с непрерывным параметром.

Отметим попутно, что к любой математической модели предъявляются, по крайней мере, следующие два требования [3]:

- правильное качественное описание процесса (объекта);
- правильное количественное описание процесса (объекта).

Указанный выше тип марковских процессов удовлетворяет первому требованию к математическим моделям, а именно – он отражает дискретный и случайный характер процесса конденсации пара.

Рассмотрим начальный этап конденсации водяного пара, когда из молекул водяного пара образуются комплексы молекул. Когда последние достигают критического размера, то они (при подходящих условиях) растут дальше путём конденсации пара уже на достаточно большой частице или путём коагуляции. Зародышевые капельки, не достигшие критического размера, испаряются; так продолжается непрерывный процесс образования и исчезновения капелек, их дальнейшего роста.

В объёме V созданы такие условия (по температуре и давлению), что молекулы начинают объединяться в кластеры. Процесс происходит так, что в течение малого промежутка времени могут образоваться кластеры и в то же время кластеры могут распадаться на молекулы. Таким образом, в объёме могут существовать кластеры разных типов (размеров, масс или числа молекул в кластере). Тип кластера мы будем определять по числу молекул в кластере: $i = 1, 2, 3, \dots, n_k, \dots$. Молекулы пара представляют собой фон, на котором протекают рассматриваемые процессы конденсации водяного пара и испарения кластеров. Испарение и рост кластеров происходит только путём присоединения или потери молекул воды.

В объёме V может существовать n_1 частиц первого типа, n_2 частиц второго типа, n_3 частиц третьего типа, ..., n_i частиц i -го типа, ... В начальный момент в объёме V существует один тип частиц: N молекул – тип 1. Итак, процесс испарения и конденсации происходит следующим образом: начиная с какого-то момента времени, в объёме V образуются кластеры; кластеры растут, присоединяя к себе μ молекул, или гибнут, теряя ν молекул.

Мы будем следовать такой схеме: в начальный момент в выбранном объёме существуют только молекулы водяного пара. Молекулы пара

объединяются и образуют кластеры типа 2 или же такие кластеры могут распадаться на отдельные молекулы. Пусть в какой-то момент времени в объёме существуют n_2 кластеров второго типа. Отдельные кластеры присоединяют к себе одну молекулу и появляются кластеры третьего типа; или же некоторые кластеры теряют одну молекулу и переходят в кластеры первого типа (в молекулы). Пусть в объёме среды образовалось n_3 кластеров третьего типа. Такие кластеры присоединяют по одной молекуле водяного пара и переходят в кластеры четвёртого типа, или теряют по одной молекуле и переходят в кластеры второго типа. Далее процесс конденсации развивается аналогичным образом. Часть кластеров может достичь критического размера и перейти в облачные капли.

Этот физический процесс можно моделировать процессом рождения и гибели с несколькими типами частиц. Применим эту теорию к описанию физического процесса конденсации и испарения.

Мы будем предполагать, что любой кластер за малый промежуток времени присоединяет к себе только одну молекулу или теряет только одну молекулу. Для каждого типа частиц справедливы уравнения и постулаты процесса рождения и гибели. Молекулы пара будем рассматривать как фон неограниченного объёма.

Разберём процесс рождения и гибели с одним типом частиц. Состояние E_{n_k} случайного процесса в данном случае имеет такой смысл: в выбранном объёме среды находится n кластеров данного типа. Переходы случайного процесса осуществляются следующим образом: $E_{n_{k-1}} \rightarrow E_{n_k}$ — вследствие присоединения молекул образуется один новый кластер данного типа; $E_{n_{k+1}} \rightarrow E_{n_k}$ — вследствие того, что от кластера отделяется одна молекула из совокупности кластеров уходит один кластер. Переходная вероятность $P_{n_k}(t)$ означает, что в течение промежутка времени $(0, t)$ в заданном объёме среды существовало n_k кластеров данного типа. Дифференциальные уравнения для переходных вероятностей процесса легко вывести из прямых уравнений Колмогорова и имеют следующий вид:

$$\frac{dP_{n_k}}{dt} = \lambda_{n_k-1}P_{n_k-1} - (\lambda_{n_k} + \mu_{n_k})P_{n_k} + \mu_{n_k+1}P_{n_k+1}, \quad n_k > 0, \quad (1)$$

$$\frac{dP_0}{dt} = \mu_1P_1, \quad n_k = 0. \quad (2)$$

Эти уравнения надо решить при дополнительном условии

$$P_0(0) = 1, P_{n_k}(0) = 0, (n_k > 0). \quad (3)$$

Это условие означают следующее: вероятность того, что в начальный момент времени в объёме v находятся n частиц данного типа, равна единице, а вероятность того, что в начальный момент времени в объёме v находятся меньше, чем n частиц, равна нулю. Рассмотрим два простых процесса: процесс чистой гибели и процесс чистого рождения.

Пусть в среде происходит только конденсация пара. Физическая картина конденсации пара достаточно ясна: молекулы пара вследствие теплового движения сталкиваются друг с другом и захватывают друг друга; или же молекулы сталкиваются с уже имеющимися в среде кластерами воды и присоединяются к ним.

Схематически процесс конденсации можно представить следующим образом. В результате столкновения друг с другом две молекулы пара объединяются в один кластер из двух молекул, далее кластер типа 2 присоединяет одну молекулу пара и образуется кластер типа 3 и т. д. Таким образом, можно представить себе такую схему процесса чистой конденсации:

$$n_1 \rightarrow n_2 \rightarrow n_3 \rightarrow \dots n_k \rightarrow \dots$$

В реальной облачной среде кластеры разных типов сталкиваются друг с другом и объединяются в новые кластеры. Такие процессы мы будем рассматривать как коагуляцию частиц. Паровую фазу облачной среды мы рассматриваем как фон случайного процесса конденсации. Таким образом, процесс конденсации пара мы будем рассматривать как случайный процесс рождения кластеров из паровой фазы. Задача в том, чтобы описать эту физическую картину количественно; построить математическую модель этого явления. Рассмотрим процесс образования из водяного пара кластеров воды.

Пусть состояние случайного процесса конденсации пара изменяется так, что за малый промежуток времени к какому-нибудь кластеру воды добавляется одна молекула. Изменение состояния E_{n_k} случайного процесса образования кластеров типа 2 происходит следующим образом:

- 1) E_{n_k} – в данный момент времени в выделенном объеме облачной среды имеется n_k кластеров типа 2; за промежутки времени новых кластеров не образуется;
- 2) в промежутке времени $(0, t)$ в объеме облачной среды имеется n_{k-1} кластеров типа 2 (состояние $E_{n_{k-1}}$), а в промежутке времени Δt появляется один кластер типа 2;
- 3) появление кластеров других типов маловероятно.

Основные уравнения процесса принимают вид

$$\frac{dP_{n_k}}{dt} = -\lambda_{n_k} P_{n_k} + \lambda_{n_k+1} P_{n_k+1}, \quad n_k > 0.$$

Будем считать, что $\lambda_{n_k} = \lambda$. Уравнения процесса и дополнительные условия имеют тогда вид

$$\frac{dP_{n_k}}{dt} = -\lambda P_{n_k} + \lambda P_{n_k+1}, \quad n_k \geq 0, \quad P_{n_k} = \delta_{n_k} 0. \quad (4)$$

Система (4) имеет решение

$$P_{n_k}(t) = \frac{(\lambda t)^{n_k}}{n_k!} e^{-\lambda t}. \quad (5)$$

Итак, если процесс конденсации пара происходит медленно, то его можно количественно описать пуассоновским процессом. Вероятностное распределение кластеров воды (5) есть распределение Пуассона.

Продолжим теперь изучение процесса рождения и гибели с одним типом частиц. Мы будем предполагать, что $\lambda_{n_k} = n\lambda$, $\mu_{n_k} = n\mu$, $\lambda, \mu > 0$, т.е. рассмотрим так называемую модель линейного роста. Введя производящую функцию

$$F = \sum_{n=0}^{\infty} P_n s^n,$$

уравнения (1), (2) и условие $P_0(0) = 1$, $P_n(0) = 0$, $n > 0$, приводим к виду

$$\frac{\partial F}{\partial t} = \left[\lambda s^2 - (\lambda + \mu)s + \mu \right] \frac{\partial F}{\partial s}, \quad F(0, s) = s. \quad (6)$$

Мы получили задачу Коши. Её решение известно [4]. Производящая функция имеет вид

$$F = \frac{\mu \left[1 - e^{-(\lambda-\mu)t} \right] - \left[\lambda - \mu e^{-(\lambda-\mu)t} \right] s}{\mu - \lambda e^{-(\lambda-\mu)t} - \lambda \left[1 - e^{-(\lambda-\mu)t} \right] s}.$$

Вероятность P_0 находим при значении $s = 0$:

$$P_0(t) = \mu \left[1 - e^{-(\lambda-\mu)t} \right] / \left[\mu - \lambda e^{-(\lambda-\mu)t} \right].$$

Если $\lambda > \mu$, то при $t \rightarrow \infty$ получаем $p_0 = \mu/\lambda$. Это может означать, что если средняя скорость конденсации меньше, чем средняя скорость испарения кластеров в облаке, то в облаке может установиться некоторое состояние динамического равновесия.

Разложением в ряд по степеням получаем переходные вероятности $P_n(t)$

$$P_n(t) = [1 - \alpha(t)][1 - \beta(t)][\beta(t)]^{n-1}, \quad (7)$$

где

$$\alpha(t) = \mu \left[e^{(\lambda-\mu)t} - 1 \right] \left[\lambda e^{(\lambda-\mu)t} - \mu \right],$$

$$\beta(t) = \lambda \left[e^{(\lambda-\mu)t} - 1 \right] \left[\lambda e^{(\lambda-\mu)t} - \mu \right].$$

Легко проверить условие

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1.$$

Если $N(0) = i$, то условие (3) принимает вид

$$F(0, s) = s^i;$$

производящая функция равна

$$F_i(s, t) = \frac{\mu \left[1 - e^{-(\lambda-\mu)t} \right] - \left[\lambda - \mu e^{-(\lambda-\mu)t} \right] s}{\mu - \lambda e^{-(\lambda-\mu)t} - \mu \left[1 - e^{-(\lambda-\mu)t} \right] s}.$$

Далее для переходных вероятностей получаем [5]

$$P_{ij}(t) = \sum_{n=0}^i \binom{i}{n} \binom{i+j-n-1}{i-1} \alpha^{i-n} \beta^{j-n} (1-\alpha-\beta)^n, \quad i \geq j. \quad (8)$$

Выше мы предполагали, что каждый тип частиц трансформируется независимо от других.

До сих пор мы рассматривали параметры λ и μ как эмпирические параметры. Необходимо теперь выразить эти параметры через параметры динамики столкновений. Для этого мы воспользуемся задачей двух тел. Такой подход впервые использовал Ланжевэн, исследуя динамику столкновений ионов и молекул в газе [6]. Аналогичный подход был применён в [7] при анализе процесса коагуляции двух облачных частиц. Для коэффициента захвата была получена формула

$$K = 1 - \frac{\Phi(R, 0)}{E_0}. \quad (9)$$

Потенциальная энергия в случае притяжения считается отрицательной, а в случае отталкивания – положительной.

Параметрам λ , μ , входящим в приведённые выше модели, можно дать физическую трактовку. Например, в биологии в аналогичных моделях эти параметры истолковываются следующим образом: параметр λ есть скорость роста популяции, а параметр μ есть скорость гибели популяции. Аналогичную трактовку этим параметрам можно дать и в описанных выше моделях. Параметр λ можно трактовать как скорость роста совокупности частиц данного типа; параметр μ можно трактовать как скорость гибели совокупности частиц данного типа. Скорость роста совокупности частиц определяется потоком частиц данного типа на отдельную частицу; следовательно, параметр λ будет определяться концентрацией частиц данного типа, их средней скоростью и сечением захвата для отдельной час-

тицы: $\lambda = n_0 v \Sigma = \pi R^2 n_0 v K$. Аналогичным образом определяется скорость гибели совокупности частиц данного типа: $\mu = n_0 v^+ S$, где v^+ – скорость распада одной частицы; S – поверхность частицы до распада. Скорость распада частицы определяется следующей формулой [8]:

$$v^+ = \sqrt{\frac{2U^-}{m'}}$$

где U^- – энергия распада;

m' – приведённая масса частиц, образовавшихся после распада.

Энергию распада частицы можно принять равной потенциальной энергии взаимодействия атомов внутри молекулы. На основании сказанного параметры λ и μ можно записать в виде

$$\lambda = \pi R^2 n_0 \bar{v} \left(1 - \frac{\Phi}{E_0} \right), \quad \mu = \pi R^2 n_0 \sqrt{\frac{2U^-}{m'}}$$

Пусть сталкивающиеся молекулы имеют постоянные дипольные моменты, тогда для параметра λ получаем

$$\lambda = \pi R^2 n_0 \bar{v} \left(1 + \frac{2}{\varepsilon_0 \varepsilon E_0} \frac{p_1 p_2}{R^3} \right).$$

Таким образом, пуассоновский процесс и процесс рождения и гибели могут служить основой для математического моделирования физического явления конденсации водяного пара в атмосфере.

- ЛИТЕРАТУРА**
1. Хирс Д., Паунд Г. Испарение и конденсация. М.: Металлургия, 1966.
 2. Амелин А. Г. Теоретические основы образования тумана при конденсации пара. М.: Химия, 1972.
 3. Блехман И. И., Мышкис А. Д., Пановко Я. Г. Механика и прикладная математика: Логика и особенности приложений математики. М: Наука, 1983.
 4. Баруча-Рид А. Т. Элементы теории марковских процессов и их приложения. М.: Наука, 1969.
 5. Карлин С. Основы теории случайных процессов. М.: Мир, 1971.
 6. Ланжевэн П. Избранные труды по физике. М.: Изд-во АН СССР, 1960.

7. **Макуашев М. К.** Влияние поверхностных свойств системы твердое тело – жидкость (пар) на образование облачных элементов: дисс. ... канд. физ.-мат. наук. Тбилиси, 1983.
8. **Ольховский И. И.** Курс теоретической механики для физиков. М.: Наука, 1970.

ОБ АВТОРЕ

Макуашев Мусарби Киляниевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУ Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик, 360003, КБР, г. Нальчик, ул. Тарчокова, д. 58, кв. 53.

Телефон 40-18-53.

E-mail: mackuashev@yandex.ru.

Makuashev Musarbi Kilyanievich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, FGBI Mountain Geophysical Institute, Nalchik, 360003, CBD, Nalchik, st. Tarchokova, d. 58, kv. 53.

Phone 40-18-53.

E-mail: mackuashev@yandex.ru.

УДК 551.57:004.92

А. В. Шаповалов [A. V. Shapovalov]**В. А. Шаповалов [V. A. Shapovalov]**

ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

Three-dimensional visualisation of the geophysical information for the decision of applied problems

В статье приведено описание программных средств отображения объемных метеорологических объектов (облаков) на трехмерном электронном глобусе. Данные метеорологических радиолокаторов при отображении соответствуют реальному положению радиолокационной станции на земной поверхности, подложкой является географическая карта местности, где осуществляются дистанционные наблюдения облачности. Разработанное авторами программное обеспечение 3-х мерной визуализации радиолокационной метеорологической информации позволяет получить новые представления о мощных грозовых облаках, их структуре, взаимодействии развивающихся конвективных ячеек.

Ключевые слова: метеорология, облака, радиолокаторы, трехмерная графика, данные математического моделирования, радиолокационная отражаемость

In article the description of software of display of volume meteorological objects (clouds) on the three-dimensional electronic globe is resulted. The data of meteorological radars at display corresponds to real position of a radar station on a terrestrial surface, a substrate is the district map where remote supervision of overcast are carried out. The software of 3D visualisation of the radar-tracking meteorological information developed by authors allows to receive new representations about thundersstorm, their structure, interaction developing of convective cells.

Keywords: meteorology, clouds, weather radar, 3-d computer graphics, the data of mathematical modelling, radar-tracking reflectivity

Последние десятилетия характеризуются бурным развитием трехмерной компьютерной графики практически во всех сферах деятельности человека, включая: игры, тренажеры, геология, наука, космос и др. В метеорологии и геофизике внедряется в практику трехмерное изображение информации с метеорологических радиолокаторов, объемные изображения результатов математического моделирования и т. д. [3–7].

В Высокогорном геофизическом институте на основе открытой библиотеки OpenGL разработано оригинальное программное обеспечение трехмерной графики, которое способствует более качественной интерпретации широкого спектра геофизической информации и данных численного моделирования. В данной работе представлены некоторые возможнос-

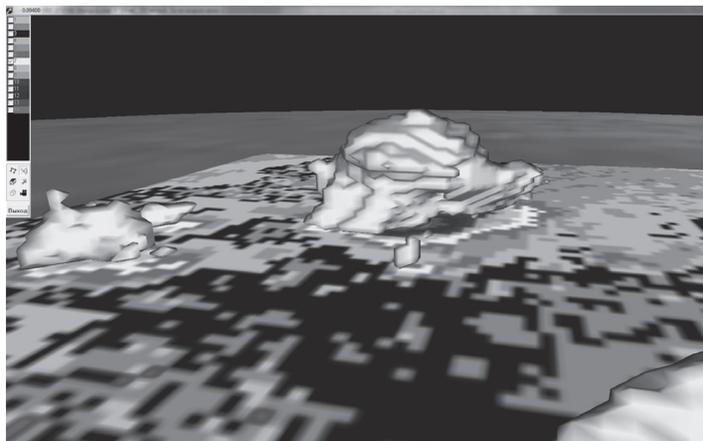


Рис. 1. Трехмерное изображение градового облака по результатам наблюдений автоматизированным радиолокатором МРЛ-5. Приведены изоповерхности уровня радиолокационной отражаемости 30 dBZ на фоне карты максимальной отражаемости Z_{max} .

ти разработанного авторами программного обеспечения (ПО) трехмерной (3D) визуализации.

Побраны методы, которыми может быть решена задача объемной визуализации, с использованием возможностей стандартных графических акселераторов, поддерживающих DirectX и OpenGL. Объемные данные представляют собой трехмерный массив элементов, являющихся единицами 3D пространства. При этом, этот массив содержит информацию о каждой точке трехмерного пространства. Применяются общие программные решения по повышению эффективности работы.

Программное обеспечение визуализации радиолокационной метеорологической информации позволяет получить новые представления о мощных грозовых облаках, их структуре, взаимодействии развивающихся конвективных ячеек. В частности, построение трехмерного изображения облака в виде изоповерхностей радиолокационной отражаемости дает возможность увидеть облако как объемный объект (рис. 1), оценить его особенности, проследить связь с орографией. Значение этих возможностей, ставших доступными в последние годы, весьма существенно.

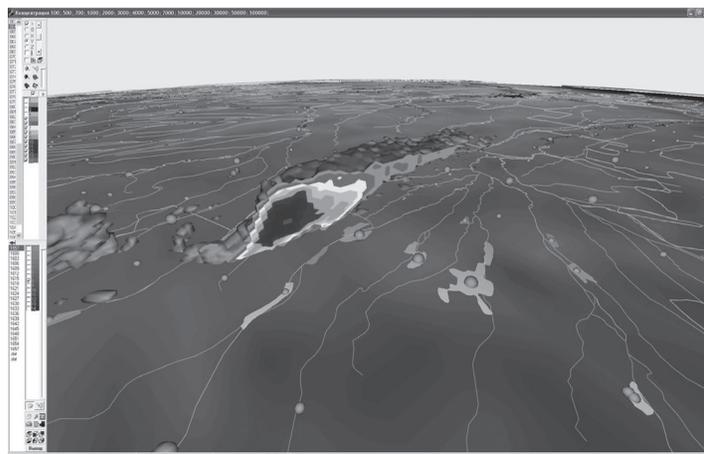


Рис. 2. Вертикальный разрез по направлению движения облака в 3D представлении на фоне векторной карты местности. Изображены населенные пункты и реки.

Авторами разработаны программы отображения метеорологических объектов на трехмерной поверхности Земли (рис. 2–3). Радиолокационные данные при отображении соотносятся с положением и размерами относительно координат радиолокационной станции и привязаны к области вывода. Шкала уровней отражаемости дает возможность изменять внешний порог отображения и последовательно просматривать положение вложенных уровней, или увидеть все уровни одновременно, например, в вертикальном или горизонтальном разрезе облака (рис. 2). Нанесение дополнительных слоев геоинформационных данных позволяет выводить вспомогательную информацию.

Интересным и полезным с точки зрения активных воздействий (АВ) на градовые облака представляется анализ взаимодействия ячеек на ранней стадии. Это позволяет выделить наиболее интенсивно развивающиеся грозовые ячейки и начать воздействие в нужном месте без опоздания. Выделение быстроразвивающихся грозовых ячеек на ранней стадии позволит сосредоточить средства АВ именно на них (рис. 3).

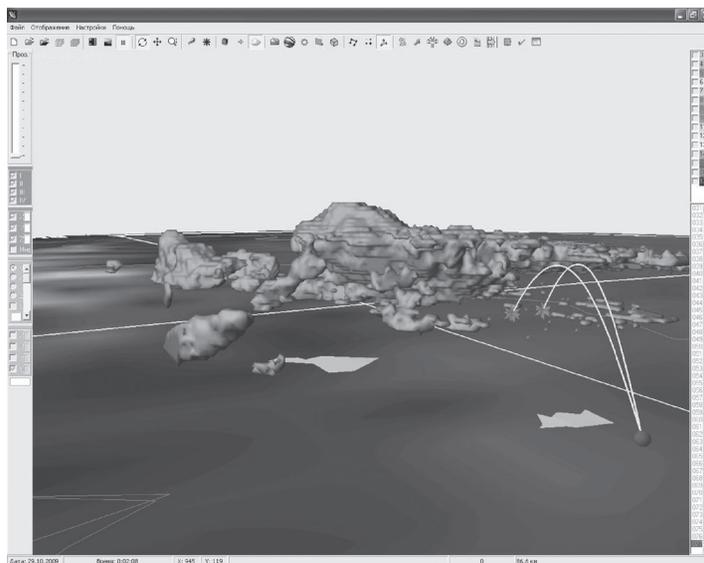


Рис. 3. Суперячейковое градовое облако с соседствующими объектами в трехмерном виде. Представлены также траектории противоракетных ракет с наземного пункта воздействия.

Трехмерное представление радиолокационной информации позволяет взглянуть на объекты АВ и адаптировать метод с учетом анализа взаимодействия ячеек. Эффект АВ может быть повышен за счет использования 3D технологии отображения РЛС информации, в частности, за счет разработки метода фильтрации взаимодействующих ячеек на ранней стадии.

На рис. 4 представлена трехмерная визуализация радиолокационной отражаемости в виде текстур с наложенными данными о грозовых разрядах, зарегистрированных грозорегистрационной системой LS8000 (импортное оборудование, приобретено ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», г. Нальчик) за интервал времени радиолокационного обзора метеорологического радиолокатора МРЛ-5 (3,5 минуты).

Разработанное ПО трехмерной визуализации используется также для интерпретации результатов моделирования и отладки численных моделей конвективных облаков, развиваемых в Высокогорном геофизическом институте. На рис. 5–7 приведены трехмерные результаты расчетов



Рис. 4. Трехмерное изображение облаков текстурами в выделенной области средствами Google Earth, совмещенное с данными грозорегистратора LS8000 (темные кружки).

по модели конвективного облака с учетом электрических процессов [1, 2].

Программное обеспечение трехмерной визуализации данных численного моделирования позволяет:

- осуществлять трехмерные повороты и вращение сцены, приближать и отдалять ее;
- изображать параметры модельного облака изолиниями в вертикальных и горизонтальных его сечениях;
- отображать изоповерхности расчетных параметров (водность, ледность, радиолокационная отражаемость и др.);
- отображать векторное поле стрелками;
- выводить одновременно несколько параметров, что повышает возможности исследователя по физической интерпретации результатов расчетов.

Следует отметить, что с появлением оригинального ПО трехмерной графики математическое моделирование конвективных облаков в ВГИ поднялось на новый качественный уровень.

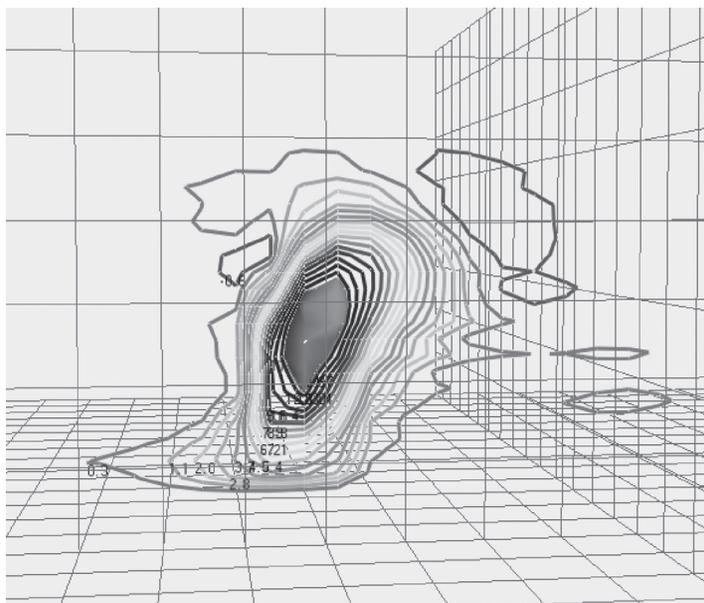


Рис. 5. Изолинии восходящих и нисходящих потоков в вертикальной плоскости через облако. Сплошная поверхность в центре – изоповерхность $W=13$ м/с.

Таким образом, нами разработано адаптированное для задач физики облаков и АВ на них программное обеспечение трехмерной визуализации метеорологической радиолокационной информации, данных математического моделирования и другой трехмерной информации.

Представленное здесь ПО позволяет эффективно интерпретировать результаты полевых наблюдений грозоградовых облаков дистанционными средствами, данные числительных экспериментов на основе трехмерных моделей.

Программа 3D-визуализации отличается удобством и развитой функциональностью. Трехмерные сцены представляют информацию в таком виде, который облегчает пользователю сформировать представление об объемных характеристиках метеорологического объекта. Программа визуализации позволяет выделять взаимодействующие конвективные ячейки на ранней стадии для целей активных воздействий по предупреждению градобитий.

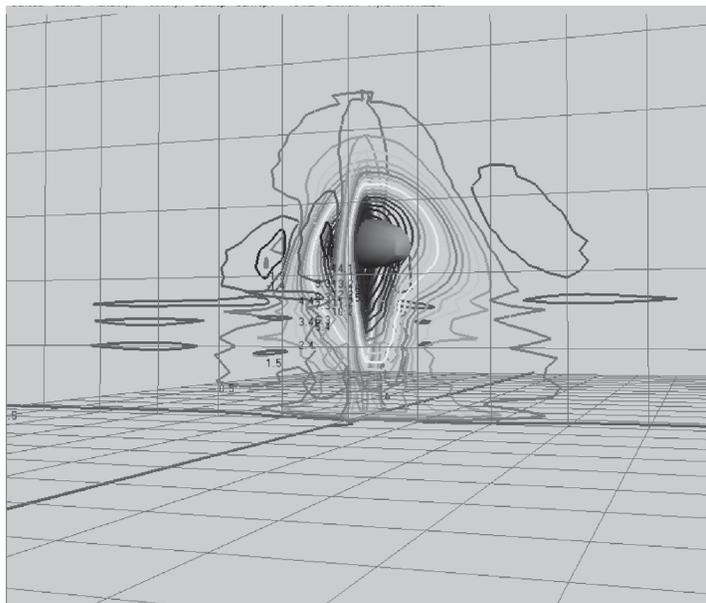


Рис. 6. Изоповерхность радиолокационной отражаемости 55 dBZ (поверхность в центре рисунка), совмещенная с изолиниями скорости вертикальных потоков в плоскостях ZX и ZY.

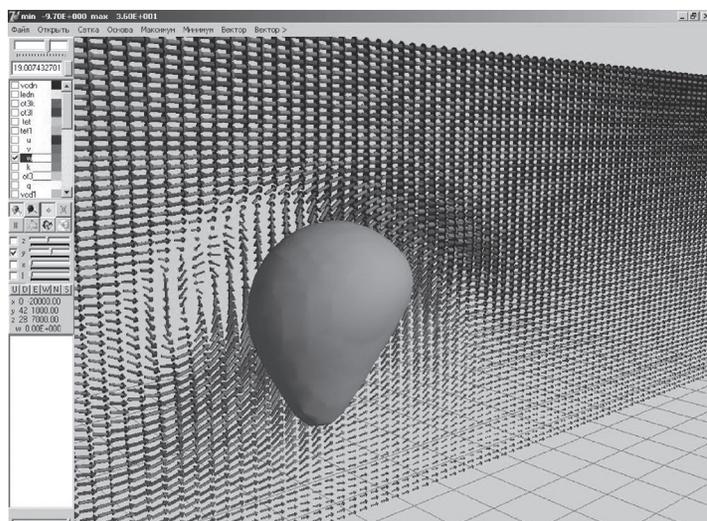


Рис. 6. Представление данных численного моделирования, вихрь с наветренной стороны восходящего потока в облаке. Стрелками показано движение воздуха, изоповерхность в центре выделяет область с восходящим потоком $W > 10$ м/с.

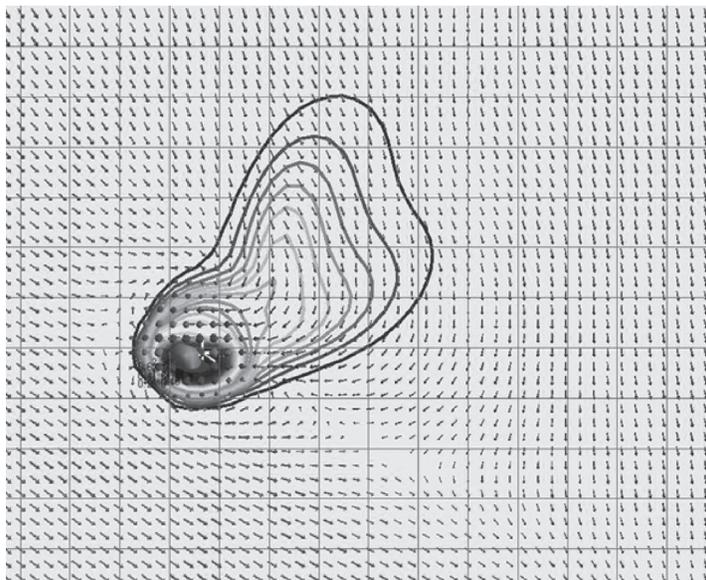


Рис. 7. Поле горизонтального ветра вокруг облака на уровне $Z = 3,8$ км.

1 – изоповерхность
водности;
2, 3, 4 – изоповерх-
ности мелких,
средних и круп-
ных ледяных
частиц.
Полупрозрачной
изображена ра-
диолокационная
изоповерхность
10 dBZ.

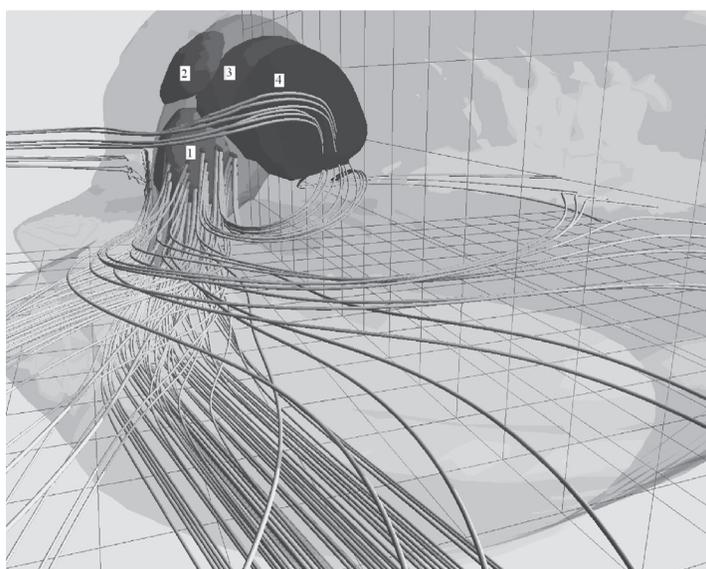


Рис. 8. Визуализация потоков в грозовом облаке (линии тока для одномоментного поля скоростей).

- ЛИТЕРАТУРА**
1. **Ашабоков Б. А., Шаповалов А. В.** Конвективные облака: численные модели и результаты моделирования в естественных условиях и при активном воздействии. Нальчик: Изд-во КБНЦ РАН, 2008. 254 с.
 2. **Ашабоков Б. А., Бейтуганов М. Н., Куповых Г. В., Шаповалов А. В., Продан К. А., Шаповалов В. А.** Численное моделирование электрических характеристик конвективных облаков // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. 2012, № 6. С. 65–68.
 3. **GRlevelX.** URL: <http://www.grlevelx.com> (дата обращения – 24.07.14)
 4. **WxAnalyst Applied Geography.** URL: <http://wxanalyst.com/radar/> (дата обращения – 24.07.14)
 5. **3D Visualization of Weather Radar Data-A. Ernvik 2002 WW / Ebook // IZ3MEZ.** URL: <http://www.iz3mez.it/wp-content/library/ebook/3D Visualization of Weather Radar Data-A. Ernvik 2002 WW.pdf> (дата обращения – 24.07.14)
 6. **Tech_Leader_engl_1204120716 / Product // Selex ES.** URL: http://www.gematronik.com/fileadmin/media/pdf/ProductDatasheet/Tech_Leader_engl_1204120716.pdf (дата обращения – 24.07.14)
 7. **Vaisala Weather Radar WRM100 / Weather radars / Products // VAISALA.** URL: <http://www.vaisala.com/en/products/weatherradars/Pages/WRM100.aspx> (дата обращения – 24.07.14)

ОБ АВТОРАХ**Шаповалов Александр Васильевич**

ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», доктор физ.-мат. наук, заведующий лабораторией математического моделирования; e-mail: atajuk@mail.ru; vgikbr@yandex.ru

Шаповалов Виталий Александрович

Кандидат физ.-мат. наук, научный сотрудник; e-mail: atajuk@mail.ru, vgikbr@yandex.ru

Alexander Vasil'evich Shapovalov

Doctor of physical and mathematical sciences, head of the Laboratory of mathematical modeling; business address, tel.: FGBI «Mountain Geophysical Institute» 360030, KBR, Nalchik, Lenina 2, tel / fax 866 2402484, e-mail: vgikbr@yandex.ru

Vitaly Alexandrovich Shapovalov

Candidate of Physics and Mathematics, researcher; business address, tel.: FGBI «Mountain Geophysical Institute» 360030, KBR, Nalchik, Lenina 2, tel. / fax 866 2402484, e-mail: vgikbr@yandex.ru

УДК 621.391.037.372 С. Г. Рассомахин [S. G. Rassomahin]
О. П. Малофей [O. P. Malofey]
А. О. Малофей [A. O. Malofey]

НАХОЖДЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАЧИ ПОЗИЦИОННЫХ КОДОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Finding the optimal power transmission parameters positional codes in automated control systems

В статье рассмотрен метод улучшения качества позиционных чисел на основе OFDM сигналов, которые используют дополнительную амплитудную манипуляцию квадратурных составляющих. Решена оптимизационная задача перераспределения энергии между несущими частотами. Показана возможность уменьшения относительной мощности шума на 10-15 дБ без дополнительных энергетических затрат.

Ключевые слова: позиционные числа, амплитудная манипуляция, несущие частоты, энергия, сигнал, мощность шума, оптимизация.

Considered the method of improving the quality of positional numbers based on OFDM signals, which use additional amplitude shift keying quadrature components. Optimization problem is solved by the redistribution of energy between the carrier frequencies. The possibility of reducing the relative power of the noise 10-15 dB without additional energy expenditure.

Key words: positional number, carrier frequencies, the energy, signal, power noise, amplitude shift keying, optimization.

Одной из наиболее распространенных задач распределенных автоматизированных систем управления (АСУ) является оперативный обмен цифровой измерительной информацией между органами и объектами управления. При этом передача числовых данных осуществляется при помощи позиционных кодов (измерений), выполненных в дискретные моменты времени и представленных числами конечной разрядности (импульсно-кодовая модуляция). Основным показателем качества функционирования системы цифровой передачи позиционных кодов (СЦППК) является средняя относительная мощность ошибки восстановления чисел на выходе демодулятора. Факторами, снижающими точность функционирования СЦППК, являются ошибки измерений и

помехи каналов связи. В условиях ограниченного частотно-энергетического ресурса физических трактов передачи информации второй фактор приобретает доминирующее значение. Хотя сама по себе задача обеспечения требуемых значений показателей качества таких систем не нова [1, 2], до сих пор не существует ее универсального решения в условиях ограниченного ресурса. Кроме того, представляет интерес оптимизация параметров СЦППК на основе совместного рассмотрения кодирования источника и канала при использовании активно внедряемых в мобильных сетях третьего и четвертого поколений [3] сигналов с комбинированными видами модуляции.

Наибольшее распространение, благодаря сочетанию ряда положительных свойств, получили методы модуляции на основе частотного разделения с мультиплексированием OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) [4]. Групповой сигнал OFDM, является композицией нескольких колебаний несущих частот, которые присутствуют в спектре одновременно и используют собственную модуляцию по фазе. Такой сигнал может рассматриваться, как несколько параллельных каналов или как многоосновной сигнал для кодированной передачи одновременно нескольких двоичных символов потока данных. Для рассматриваемого случая удобно использовать структуру OFDM для передачи многоуровневых (в двоичном представлении) позиционных кодов чисел за один интервал модуляции.

Математическое описание произвольного OFDM сигнала имеет вид:

$$S_j(t) = \sum_{i=0}^{N-1} a_i \cdot \sin \left\{ (f_n + i) \cdot t + r_{j,i} \cdot \frac{2\pi}{m} \right\}, \quad t \in \overline{0, T}, \quad (1)$$

где N – число несущих частот;

f_n – значение наименьшей несущей частоты;

$r_{i,j}$ – j -й модуляционный фазовый сдвиг на i -й несущей частоте;

m – кратность фазовой манипуляции;

a_i – амплитуда i -й несущей;

T – длительность интервала модуляции.

При использовании четырехкратной ФМ: $m = 4$, $r_{i,j} \in 0,3$. Как следует из (1), интервал между несущими частотами в спектре сигнала для обеспечения их ортогональности составляет $\Delta f = 1/T$.

В традиционном применении амплитуды всех несущих колебаний одинаковы: $a_i = a$, $i = 0, \dots, N - 1$. Тогда, с учетом того, что на каждой из несущих частот осуществляется передача двух бит, энергия сигнала, приведенная к одному биту, составляет

$$E = a^2 \cdot \left(\frac{T}{4}\right). \quad (2)$$

OFDM сигналы, если их рассматривать как реализации многоосновных сигналов одного ансамбля, являются взаимно зависимыми, т.к. элементы соответствующей ковариационной матрицы $\|\rho_{ij}\|$ принимают значения в диапазоне от минус до плюс единицы с шагом дискретности, обратно пропорциональным мощности ансамбля. Собственно ковариационная матрица обладает рангом $\text{rank} \|\rho_{ij}\| = 2 \cdot N$, что соответствует количеству корреляторов в схеме оптимального когерентного приемника, который реализует потенциальную помехоустойчивость обработки. Это означает, что поэлементный прием с использованием отдельной решающей схемы для каждой квадратурной составляющей на всех несущих частотах обеспечит в условиях аддитивного белого шума со спектральной плотностью мощности N_0 наименьшую возможную величину вероятности приема с ошибкой в расчете на один бит, совпадающую с соответствующей вероятностью для противоположных сигналов [2]:

$$p = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\sqrt{2E/N_0}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx. \quad (3)$$

В условиях рассматриваемой задачи для передачи каждого значащего разряда позиционного кода числа, представленного в двоичной форме, отводится отдельная квадратурная составляющая на каждой из частот. При этом если n – разрядность позиционного кода, то для передачи числа за один интервал модуляции необходимо $N = \lceil n/2 \rceil$ несущих частот. Для модели двоичного симметричного канала без памяти [2], характеризуемого переходной вероятностью p , средняя нормированная мощность ошибки восстановления может быть вычислена из выражения

$$D = \sum_{i=1}^n \left(C_{n-1}^{i-1} p^i (1-p)^{n-i} \sum_{j=1}^n 2^{2(n-j)} \right), \quad (4)$$

где вероятность p вычисляется для одного разряда позиционного числа на основании (3) в предположении равной энергии (2), затрачиваемой на передачу каждого из n двоичных разрядов кода. В дальнейшем будем предполагать нормировку $E = 1$, при этом амплитуда несущих колебаний сигнала (1) составит $a = 2 \cdot T^{-0,5}$.

Естественным способом уменьшения величины D может являться учет неравенства весов разрядов чисел, вследствие которого искажения старших разрядов приводят к большей относительной ошибке восстановления, чем аналогичные искажения в младших позициях числа. Если осуществить перераспределение энергии между квадратурными компонентами на несущих частотах E_0, E_1, \dots, E_{n-1} , соблюдая требование

$$\sum_{i=0}^{n-1} E_i = n, \quad (5)$$

то при неизменных энергетических затратах на передачу и соответствующей оптимальной пропорции этого перераспределения можно добиться наименьшего значения средней мощности ошибки. В этом случае нормированная дисперсия ошибки восстановления составит

$$\begin{aligned} D' = & \sum_{i_0=0}^{n-1} \left\{ \left[\prod_{k=0}^0 p_{i_k} \right] \cdot \left[\prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i_0}}^{n-1} [1 \cdot (1-p_j)] \right] \cdot \left[\sum_{\ell=0}^0 2^{2i_0} \right] \right\} + \\ & + \sum_{i_0=0}^{n-2} \sum_{i_1=i_0+1}^{n-1} \left\{ \left[\prod_{k=0}^1 p_{i_k} \right] \cdot \left[\prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i_0, i_1}}^{n-1} [1 \cdot (1-p_j)] \right] \cdot \left[\sum_{\ell=0}^1 2^{2i_\ell} \right] \right\} + \\ & + \dots + \left[\prod_{k=0}^{n-1} p_k \right] \cdot \left[\sum_{\ell=0}^{n-1} 2^{2\ell} \right], \quad (6) \end{aligned}$$

где $p_i, i = \overline{0, n-1}$ определяются выражением (3) при $E = E_i$.

В предположении возможности только однократных ошибок на длине кодового слова n выражение (6) может быть упрощено

$$D'' = \sum_{i=0}^{n-1} \left\{ p_i \cdot \left[\prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{n-1} [1 \cdot (1-p_j)] \right] \cdot 2^{2i} \right\}. \quad (7)$$

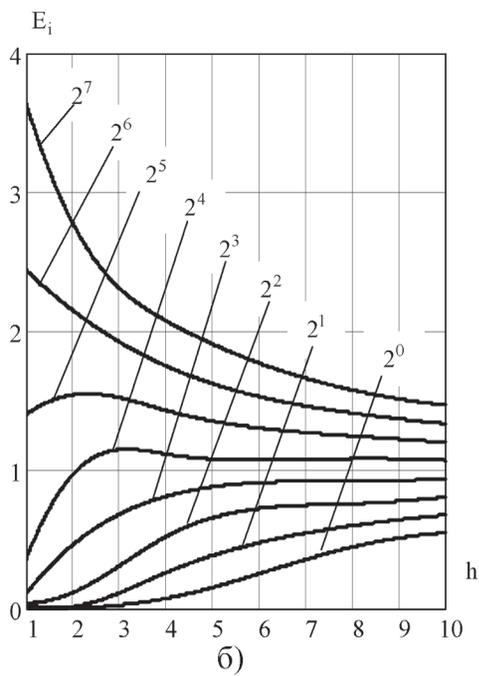
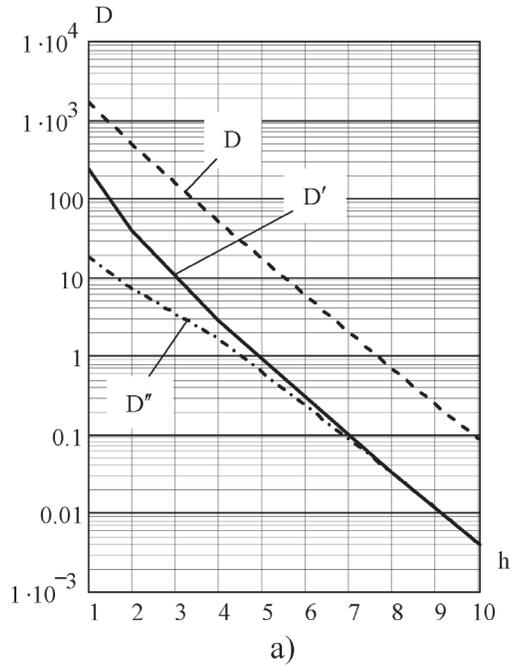


Рис. 1. Иллюстрация результатов решения оптимизационной задачи.

Задача оптимального распределения энергии между квадратурными компонентами несущих частот формулируется следующим образом: найти вектор $\vec{E} = \{E_0, E_1, \dots, E_{n-1}\}$, обеспечивающий минимум целевой функции $\Pi = \min D'(\vec{E})$ при ограничении (5). Результаты решения данной задачи численным методом при $n = 8$ в зависимости от нормированного отношения сигнал/шум $h = (N_0)^{-1}$ показаны на рис. 1.

На рис. 1 а показаны зависимости нормированной дисперсии ошибки восстановления при обычной передаче D (4), при оптимальном распределении энергии D' (6), а также при оптимизации по приближенной формуле D'' (7). Выигрыш по уменьшению величины средней нормированной мощности ошибки восстановления составляет $10 \div 15$ дБ. Использовать приближенную формулу (7) для упрощения задачи оптимизации можно только при значениях $h > 5 \div 6$, т.к. для плохих каналов она дает слишком оптимистичную оценку дисперсии ошибки.

Рис. 1 б иллюстрирует оптимальное распределение энергии между разрядами двоичного числа. С ухудшением канала дифференциация энергии возрастает. Кроме того, данный рисунок позволяет констатировать, что при $h < 2$ передача младших (в данном примере нулевого и первого) разрядов числа не имеет смысла: $E_0 \approx E_1 \approx 0$. За счет их устранения можно повысить частотную эффективность процесса передачи чисел, сократив на единицу количество несущих частот в составе сигнала.

Полученные при решении оптимизационной задачи результаты свидетельствуют о возможности существенного повышения качества передачи позиционных чисел без дополнительных энергетических и частотных затрат на основе применения OFDM сигналов с дополнительной амплитудной модуляцией квадратурных компонент.

- ЛИТЕРАТУРА**
1. **Величкин А. И.** Теория дискретной передачи непрерывных сообщений. М.: Сов. радио, 1970. 296 с.
 2. **Помехоустойчивость** и эффективность систем передачи информации / под ред. А. Г. Зюко. М.: Радио и связь, 1985. 272 с.
 3. **Григорьев В. А., Лагутенко О. И., Распаев Ю. А.** Сети и системы радиодоступа. М.: Эко-Трендз, 2005. 384 с.
 4. **Волков Л. Н., Немировский М. С., Шинаков Ю. С.** Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики. М.: Эко-Трендз, 2005. 392 с.

ОБ АВТОРАХ

Рассомахин С.Г. Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, доктор технических наук, заведующий кафедрой безопасности информационных систем и технологий.

Малофей О.П. ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт математики и естественных наук, кандидат технических наук, профессор кафедры высшей алгебры и геометрии.

Малофей А.О. ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт математики и естественных наук, кандидат технических наук, доцент кафедры высшей алгебры и геометрии.

Rassomahin S. G. Kharkiv National University. VN Karazina Ph.D., head of the department of security information systems and technologies

Malofey O. P. VPO «North Caucasian Federal University,» Institute of Mathematics and Natural Sciences, Ph. D., professor of the Department of Algebra and Geometry.

Malofey A. O. VPO «North Caucasian Federal University,» Institute of Mathematics and Natural Sciences, Ph. D., associate professor of the Department of Algebra and Geometry.

УДК 637. 044

А. Г. Храмов [A. G. Khramtsov]

НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПРИОРИТЕТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ ПИЩЕВОЙ ИНДУСТРИИ АПК В УСЛОВИЯХ WTO

Scientific providing of food industry modernization innovative priorities in terms of WTO

В статье рассмотрены приоритетные направления обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации. Сформулирована концепция сохранения и развития пищевой индустрии России. Проанализирован вклад научной школы «Живые системы» в реализацию данной концепции.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, биотехнологии и нанотехнологии продуктов питания, баромембранные и электромембранные технологии.

Strategic directions of Russian Federation food safety assurance are observed. The Conception of Russian food industry maintenance and development is formulated. The contribution of scientific school "Living systems" to the realization of Conception is analyzed.

Key words: food safety, foodstuff biotechnology and nanotechnology, baromembrane and electromembrane technologies.

В классическом подходе по определению задач любой экономической формации (см. К. Маркс, «Капитал») одной из первостепенных и главных проблем является производство продуктов питания, как «главное условие жизни непосредственных производителей и всякого производства вообще». В современном понятии оно реализовано в постулате продовольственной безопасности. В нашей стране, наряду с доктриной, по данному вопросу создана и успешно работает академия Продовольственной Безопасности, коллективным членом которой может стать и СКФУ. Президент этой академии, член-корр. РАН В. Н. Сергеев предоставил в наше распоряжение аналитический обзор «Россия на весах продовольственной безопасности» [1]. На 146 страницах убористого текста изложена статистика и мнение автора по проблемам, которые, необходимо решать, в т. ч. и по кадровому обеспечению производства высококачественных продуктов питания.

В плане обеспечения продовольственной безопасности нашей страны приоритетные направления развития пищевых технологий в целом, и молочных продуктов в частности, четко сформулированы академиком РАН В. Д. Харитоновым и опубликованы в отраслевом журнале «Молочная промышленность» [2]. При этом обращено внимание, что в это понятие должно быть включено обеспечение безопасности потребляемого продовольствия (культура потребления) – для отрасли и потребителя качество; минимизация затрат на его производство с обеспечением спроса потребителей (ценовая политика). Эти важные положения до настоящего времени не учитывались, что приводило к диссонансу развития отдельных отраслей пищевой промышленности. Сводная схема приоритетных направлений приведена на рис. 1.

Из схемы (второй уровень) следует, что приоритеты науки и практики по производству продовольствия в настоящее время и перспективе должны быть сосредоточены:

- на обеспечение здорового образа жизни человека (здоровое питание);
- снижение риска заболеваний и медикаментозной нагрузки (функциональное питание);
- обеспечение экологической безопасности (зеленая корзина).

Безусловно, по умолчанию, в данной схеме и рассуждениях автора присутствует проблематика по получению исходного сырья для производства продуктов питания – сельское хозяйство. Это отдельная, самостоятельная тематика, которая так же определяет понятия продовольственной безопасности. Автор статьи с сожалением констатирует, что наша страна вошла в XXI век с неэффективной системой производства продовольствия в целом и молочной продукции в частности. Анализируя проблемы молочной отрасли (низкий покупательский спрос, отсталость машиностроительной базы, «гримасы» ассортимента, в т. ч. снижение производства ЗЦМ, прекращение производства молочного сахара, медленное решение проблем переработки молочной сыворотки и др.), при резком сокращении объемов молока-сырья и его низкой экологичности, в статье сформулированы приоритеты развития технологий. Основное направление – развитие биотехнологий. Стратегически они реализованы в двух Технологических Платформах федерально-

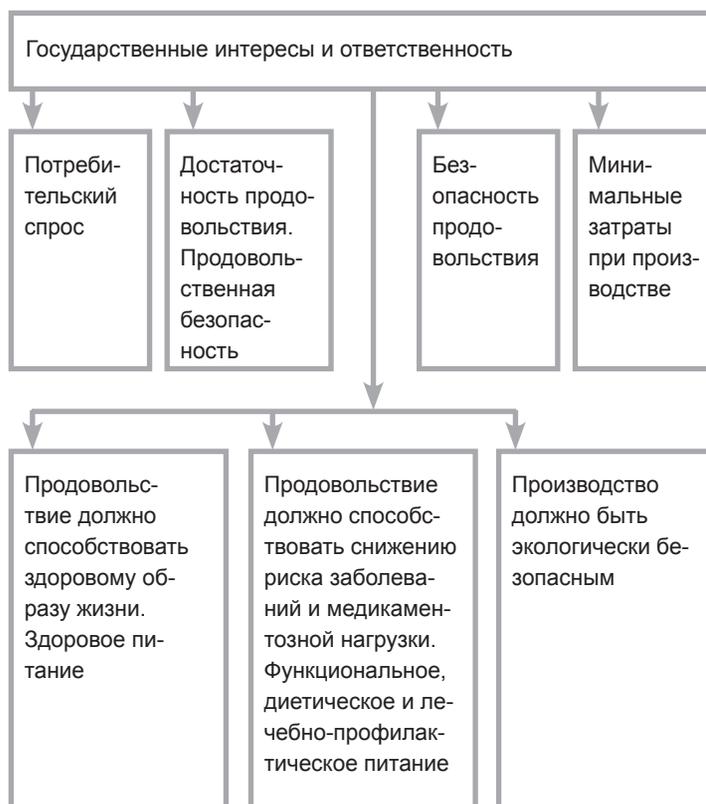


Рис. 1. Приоритетные направления развития обеспечения населения продуктами питания [по В.Д. Харитонову].

го уровня – «Здоровое питание» и «БиоТех 2030». Наш университет (кафедра прикладной биотехнологии ИЖС) является участником-исполнителем последней [3, 4].

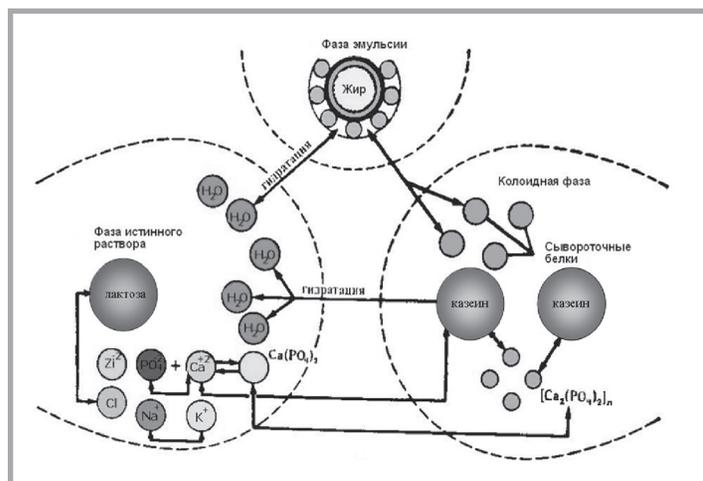
Системный анализ функционирования пищевых отраслей АПК, в том числе молочной промышленности, в условиях ограничения ресурсов традиционных источников сырья (менее 50 % нормативной нагрузки) позволили нашему творческому коллективу (научная школа 7510.2010.4 федерального уровня) предложить концепцию сохранения и развития пищевой индустрии России, которая в обобщенном виде сформулирована в восьми положениях.

Первое положение.

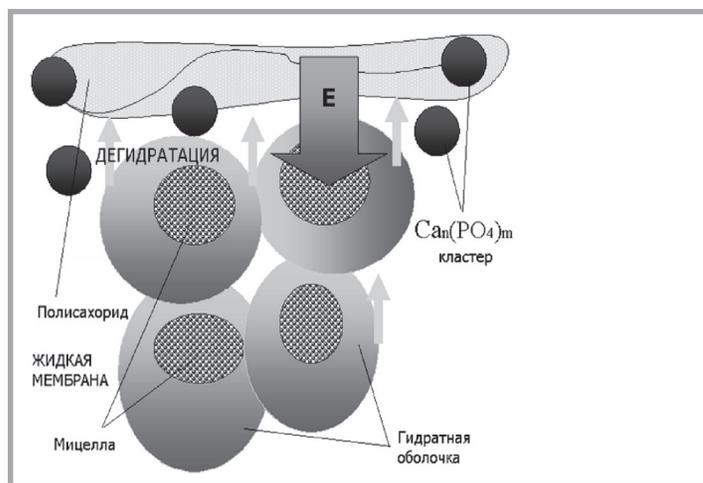
Привлечение к промышленной обработке сырья мелких товаропроизводителей – фермерских и личных (подсобных) хозяйств на взаимовыгодной основе. На первый взгляд, этот простой вопрос требует специального подхода и разработки целой системы мер на местном, региональном, отраслевом и государственном уровнях. Эти меры должны быть взаимовыгодны обеим сторонам – специализированному предприятию по производству высококачественных, безопасных и конкурентоспособных продуктов питания и индивидуальному производителю сельскохозяйственного сырья. При этом система должна исключать какие-либо затраты, в т. ч. моральные по организации сбора, хранения и доставки сельхозсырья со стороны их производителей. Это прямая обязанность пищевых отраслей АПК. Тогда наши фермеры не будут удивляться, почему семья его зарубежного коллеги – владельца высокоудойного стада здоровых коров приобретает молочные продукты только в супермаркете. В самом деле, никому не придет в голову делать сахар из свеклы на мини-производствах или собственном подворье. В то же время не менее сложный, а биотехнологически даже более требовательный процесс получения мясных изделий (особенно колбасных), сыра в товарном объеме стремится освоить каждый производитель мяса и молока. Необходима «мудрость» на государственном уровне. Рынок проблеме не решит.

Одновременно особого и самого пристального внимания государства на уровне отрасли заслуживает вынужденная реакция молочных предприятий по созданию собственной сырьевой базы – строительство мега-ферм. Например, молочный комбинат «Ставропольский» (генеральный директор – канд. техн. наук, засл. работник пищевой индустрии РФ С. В. Анисимов, кстати, выпускник нашего университета) работает над созданием на Ставрополье роботизированной мега-фермы на более 4 000 голов дойного стада для получения высококачественного биоэкомолока. Эта тенденция привлекает внимание профессионалов отрасли и, кажется, имеет перспективу, как вынужденное в условиях реалий «беспредела» рынка. Требуется государственная позиция.

Это же положение относится к реализации натурального молока через систему т/н «молокоматов». В перспективе видится парадигма реализации парного молока. Сюда же относится довольно распространен-



Система дисперсных фаз молочного сырья [по А. Балларину]



Физико-химическая модель процесса образования ассоциатов мицелл казеина первого уровня [по А. А. Храмцову и В. В. Молочникову]

Рис. 2. Механизмы формирования наноструктур на основе компонентов молочного сырья.

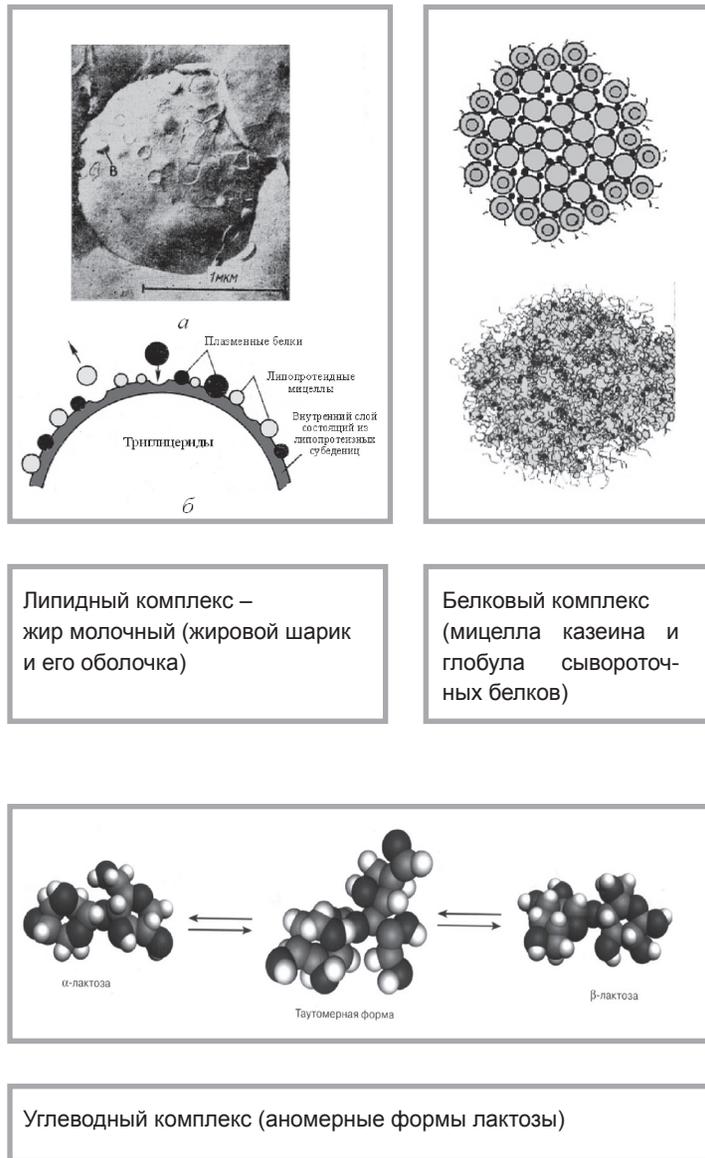


Рис. 3. Кластерная структура основных компонентов сельскохозяйственного сырья на примере молочной сыворотки.

ная в Западной Европе и США реализованная система агротуризма на молочные фермы (предприятия), а Ставропольский край и СКФУ с идеологией «федеральной площадки» могли бы быть в данном вопросе «пионерами».

Второе положение.

Внедрение инновационных (ресурсосберегающих и безотходных) технологий промышленной переработки сырья животного и растительного происхождения по законченному или замкнутому циклам – безотходное и/или бессточное производство, как необходимое условие модернизации в рамках «умной экономики».

Одной из главных составляющих модернизации пищевой индустрии, путем реализации современных инноваций, является создание технологических платформ (по отраслям), в т. ч. на региональном уровне [5]. В ближайшей перспективе нам предстоит осмыслить и попытаться реализовать широкомасштабные возможности нанотехнологии продуктов питания (NANO-FOOD) нового поколения с включением баро- и биомембранных процессов на уровне кластеров составных элементов (компонентов) сельскохозяйственного сырья [6].

Рассмотрим некоторые положения инновационных приоритетов технологической модернизации применительно к молочному делу. Гнэсологически все молочное сырье – молоко цельное и обезжиренное, сливки, пахта и особенно молочная сыворотка (постоянно возобновляемые ресурсы) и получаемые из них продукты питания – видимо, можно рассматривать в качестве объектов быстро развивающейся нанотехнологии, а их составляющие на молекулярном уровне считать синтезированными природой кластерами в виде простых (молекулы, атомы) или сложных (мицеллы, агрегаты, частицы) соединений.

Механизм формирования нанокластеров на примере полидисперсных фаз молочного сырья показан на рис. 2.

Исключительно для демонстрации, на примере молочной сыворотки как универсального сельскохозяйственного сырья (по академику Н. Н. Липатову), приведены нанокластеры липидного, белкового и углеводного комплексов (рис. 3).

Принципиальную парадигму реализации нано- и биотехнологий молочного дела можно подтвердить процессами синтеза производных лактозы. Например, процесс гидролиза лактозы (рис. 4) позволяет получить из

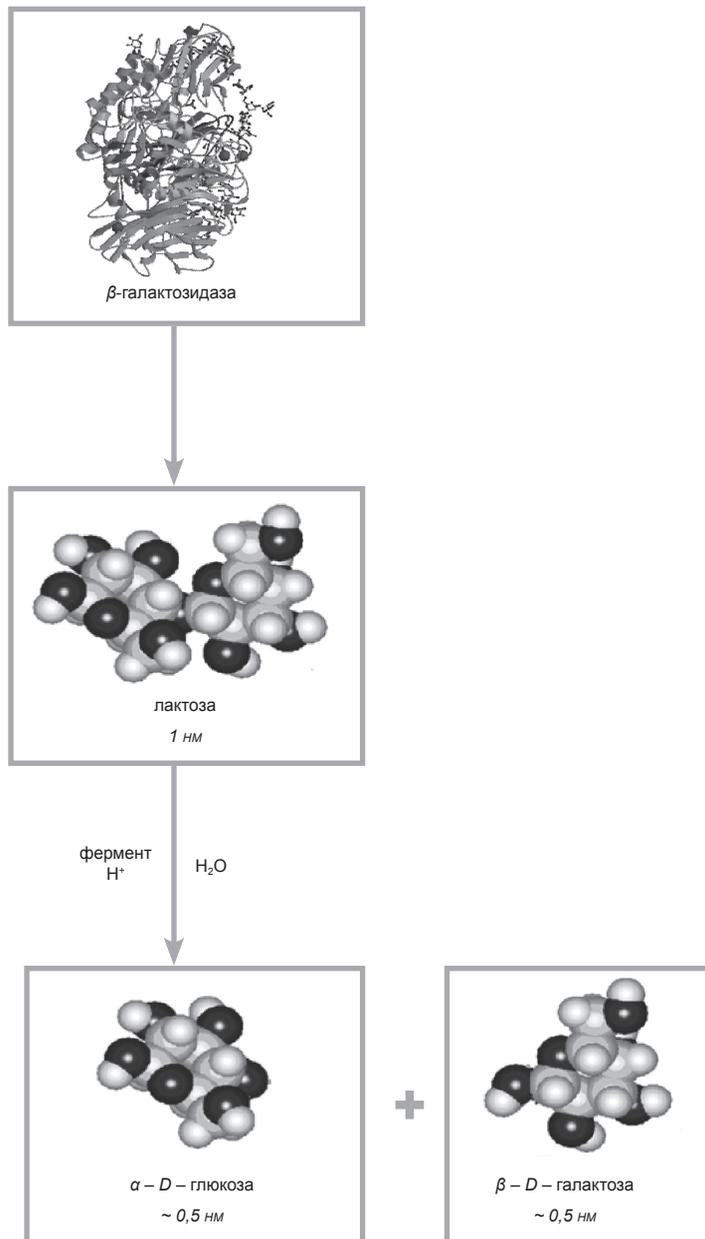


Рис. 4. Модель гидролиза лактозы
(классический пример нанобиотехнологии).

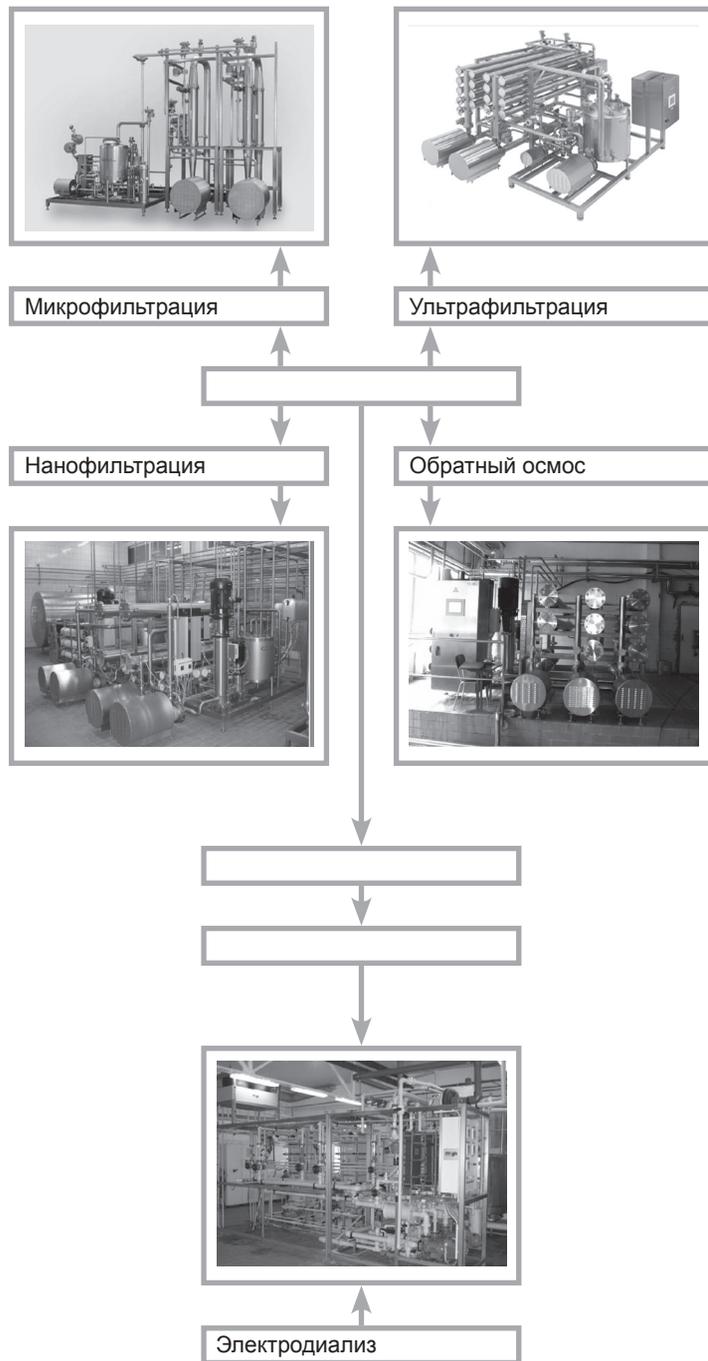


Рис. 5. Бароэлектромембранные установки для пищевой индустрии.

дисахарида лактозы (1 нм) две монозы – глюкозу и галактозу с размером на уровне 0,5 нм.

Биотехнология молочных продуктов исторически связана с использованием чистых культур микроорганизмов в виде закваски и ферментативного катализа при получении кисломолочных продуктов – сметаны, сыров, творога и напитков. Она отработана в отрасли на высочайшем уровне и может быть адаптирована для получения заквасок при силосовании кормов, квашении капусты, получении мясопродуктов, мед- и вет-препаратов.

При этом решается проблема т. н. «непереносимости» молока. Молочный комбинат «Ставропольский» реализовал в рамках Программы «Здоровый город» эту уникальную операцию в виде товарного низколактозного молока

Баромембранные процессы (мембранная технология) – микрофльтрация (МФ), ультрафльтрация (УФ), нанофльтрация (НФ), обратный осмос (ОО) и электродиализ (ЭД) по разделению жидких высокомолекулярных, полидисперсных систем сельскохозяйственного сырья достаточно широко реализованы на практике в специализированных установках (рис. 5).

Например, производство сухой деминерализованной молочной сыворотки освоено на ряде молочных предприятий России, годовые объемы превышают 50 тыс. тонн с ростом на уровне 20 % ежегодно. Творческий коллектив научной школы СКФУ (проф. И. А. Евдокимов с коллегами) совместно с чешской фирмой «МЕГА» (президент Л. Новак) и ООО «МЕГА ПрофиЛайн» (директор, канд. техн. наук Д. Н. Володин) принимал в данной работе непосредственное участие, в т. ч. по Программе Союзного государства Россия – Беларусь. На данной практической базе нам видится учебно-научно-методический комплекс (кластер) федерального (международного) уровня с неременным участием молочного комбината «Ставропольский». С сожалением необходимо констатировать ликвидацию в г. Ставрополе специализированной научной базы, действующей в свое время в составе Минмясомолпрома СССР, затем Госагропрома СССР и Минатома СССР – НИИ комплексного использования молочного сырья. Теперь это прерогатива СКФУ и СтГАУ.

Имеется масса других инноваций в области мясной индустрии и молочного дела. Некоторые востребованы за рубежом. Портфель инноваций постоянно пополняется. В перспективе, с учетом нашего объеди-

нения в рамках ИЖС СКФУ с мощными и известными во всем мире творческими коллективами биологов, химиков и медиков, видится целенаправленная работа по реализации постулата великого Гиппократа «пусть пища станет нашим лекарством». Например, в руки биологов просятся проблемы молозива и парного молока; химиков – синтез лактосахарозы («сахара жизни») и еще более 100 производных лактозы (синтез лактулозы на протонном уровне принес нашему творческому коллективу и университету премию Правительства РФ в области науки и техники); медиков – интолерантность лактозы у части млекопитающих и прежде всего «хомо-сапиенс». А сколько еще неразгаданных тайн в «хлебе насущном»?!

Для демонстрации возможностей мембранных технологий в пищевой индустрии [6] сошлемся на приведенный выше пример – производство сухой деминерализованной молочной сыворотки, которое масштабировано в мире. Имеется масса других инноваций в области мясной индустрии и молочного дела. Некоторые востребованы за рубежом.

Третье положение. Организация альтернативных производств, совместимых с выпуском основной продукции. Например, на молочных заводах – производство напитков, хлебопечение и др. Мясокомбинаты исторически выпускают мед- и ветпрепараты, а также другую продукцию.

Четвертое положение – защита отечественных производителей пищевой продукции (переработчиков сельскохозяйственного сырья). Это положение касается проблематики, связанной с подписанием 16 декабря 2011 года протокола о присоединении (после 18 лет изнурительных переговоров – мировой рекорд) нашей страны к Всемирной торговой организации (ВТО). Следует заметить, что пищевая промышленность (производство и торговля продуктами питания, в т. ч. и особенно молочное дело) занимают в этом плане особое место. Имеются исторические примеры, когда в странах, вступивших неподготовленными в ВТО, наблюдались факты слива молока-сырья, не подлежащего промышленной фабрикации из-за низкого качества, в основном по бактериальной обсемененности.

Квалифицированная информация по теме содержится в подготовленной Поволжским НИИ производства и переработки мясомолочной продукции Российской академии сельскохозяйственных наук (теперь РАН) и некоммерческим партнерством «Агентство современных технологий уп-

равления» монографии «Всемирная торговая организация и АПК России» [7]. В 10 разделах публикации, открытой для широкого доступа, включена информация о целях, принципах и правилах работы ВТО, условиях вступления в ее члены (в н/в 153 страны и таможенных территории), противоречиях и проблемах этой международной организации, основанной официально 01.01.1995 г. как продолжатель Генерального соглашения о тарифах и торговле (ГАТТ), история которого ведет отсчет с 1944 г. (Бреттон-Вудское соглашение под эгидой ООН). Приведены условия вступления в ВТО России и некоторый опыт работы в этой непростой международной организации некоторых стран, близких нам по уровню хозяйствования. При этом все материалы приводятся в плане работы российских производителей (сельское хозяйство, в т. ч. фермеры) и переработчиков (пищевая индустрия всех форм собственности и объемов производства продуктов питания) с акцентом создания и поддержки конкурентных преимуществ нашего Отечества!

В плане истории ВТО всех интересующихся отсылаем к восьми Министерским конференциям как высшей форме управления этой системой, а содержательная часть включает работу Советов на двух уровнях по товарам, услугам и аспектам интеллектуальной собственности.

Применительно к пищевой индустрии на примере молочного дела товар – молоко-сырье и молочная продукция – все ясно – существует, нуждается в государственной поддержке, чтобы покупатель «гонялся» за продукцией отечественного товаропроизводителя. Пример тому – молочный комбинат «Ставропольский», а подтверждение – на прилавках фирменных магазинов (продукты ординарного и функционального питания по доступной цене) и товар на экспорт (сухое молоко, мороженое, творожные сырки).

Услуги отрасль должна освоить, в этом секторе находится возможность реализации образовательных услуг, научных разработок (законченные НИР) и интеллектуальной собственности нашего университета по всем направлениям деятельности. Все аспекты интеллектуальной собственности (после их оформления) – патенты, диссертации и др., так же, как услуги, подлежат коммерциализации.

Следует отметить, что по нашей инициативе, благодаря поддержке руководства университета, на специальном совещании профессионалов Института экономики и управления и Института живых систем протоколно сформулированы задачи СКФУ («зеленая корзина») по

адаптации СКФУ в связи с вступлением в ВТО, применительно к Ставрополью, Северо-Кавказскому федеральному округу и Российской Федерации. Первое – необходимо создать учебный кластер для студентов, аспирантов, докторантов, бакалавров и магистров по всем курсам обучения на уровне округа и регионов («федеральная площадка»). В пищевой промышленности, в условиях нахождения России в ВТО существует необходимость обеспечения конкурентоспособности производимых в стране продуктов питания, исходя из чего возникла потребность реализации в учебном процессе новых дисциплин данного профиля. Второе – сформировать портфель инноваций: на первом уровне подготовить каталог по законченным разработкам товаров и услуг, на втором уровне обобщить (коммерциализировать) инновационные разработки товаров, услуг, в т. ч. интеллектуальной собственности, в соответствии с требованиями ВТО. Применительно к пищевой индустрии и молочному делу внедрить бренд «Здоровое питание». Здесь видится координация усилий творческих коллективов биологов, медиков, химиков и технологов ИЖС СКФУ, с участием всех специальностей и направлений подготовки. Для информации: считается, что современный уровень производства качественной и конкурентоспособной продукции могут обеспечить профессионалы более 50 специальностей (данные мониторинга молочного комбината «Волгоградский»).

Пятое положение – реализация Национальных проектов (Программ). К нам непосредственное имеют отношение Национальные Проекты в области развития АПК, образования и медицины. Преобразование Проектов в Программы дает стимул для активной работы, как это делается по ряду областей государственных приоритетов. Видятся наряду с прекрасно реализуемой Госпрограммой «Школьное Молоко», инновационные Программы «Хлеб с молоком», «Силос с заквасками», а также программы, касающиеся ЗЦМ, биопродуктов, культуры потребления мясных и молочных продуктов и др. Кроме того, безусловно, мы связаны со всеми аспектами Национального проекта в области медицины. Хотелось бы, чтобы приоритеты «Здорового Питания» не только декларировались, но и финансировались хотя бы на уровне оборонного комплекса и Олимпиад!

Стратегия развития молочной отрасли России [8] по мнению председателя правления Национального союза производителей молока должна включать все аспекты развития отрасли в Госпрограмме развития АПК

до 2030 года. При этом наряду с ростом объемов производства должны быть рассмотрены возможности удешевления молока-сырья, конкурентность продукции и решена проблема кадров (специально для нас!). Если «влиять» в молочную отрасль 30 млрд рублей, то через 15 лет бюджет страны получит 150 млрд. рублей дополнительно!

Шестое положение. Реализация Федеральных Законов, например, ФЗ № 88 от 12 июня 2008 года «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» (ТР № 88 ФЗ) и его Изменения. Это отдельный, весьма болезненный и неоднозначный круг вопросов и проблем, который вольно или невольно актуализируется в отрасли. Особенно важна гармонизация стандартов с учетом мирового опыта в плане защиты отечественного товаропроизводителя. Нарботки экономистов, юристов, маркетологов и профессионалов других направлений (более 50 наименований – практически все специальности и направления СКФУ) могут быть востребованы пищевой индустрией в плане инноваций модернизации и «умной экономики». Например, юридическая защита, реклама, сервис и дизайн, которые осуществляются отечественными производителями продуктов питания, требуют современного подхода.

Эти и другие положения, возникающие в соответствии с появлением новых вызовов, должны быть положены в основу нашей деятельности. А начать целесообразно с кондиционирования сельскохозяйственного сырья, поступающего на промышленную обработку на предприятия пищевой индустрии. Эта операция должна стать типовой нормой, особенно в условиях вступления в ВТО и реалий биоценоза.

Седьмое положение. Реализация положений (обязательств), связанных с деятельностью Союзного государства Россия – Беларусь. Этот комплекс взаимодействия в сообществе двух самостоятельных, равноправных государств, реализованный на практике с уже имеющимся опытом (позитив и проблемы), можно ярко продемонстрировать на примере молочного дела. Для потребителей Российской Федерации, в том числе Ставрополья, – это многочисленные магазины с товарами из дружественного государства. Для «молочников» – здоровая конкуренция на открытом рынке, особенно сыров. Творческий коллектив научного направления (школы) «Живые Системы» нашего университета традиционно поддерживает с коллегами из Белоруссии профессиональные связи по производству лактулозы и электромембранным технологиям. Тема достойна отдельного освящения.

Восьмое положение. Организация Таможенного Союза (Россия – Беларусь – Казахстан) с определенной перспективой увеличения числа членов. Для пищевой индустрии и, в частности, молочного дела – это, прежде всего, гармонизация нормативной документации (Технические регламенты и др.), координация и согласованность действий внутри Союза и особенно на внешнем рынке. Следует отметить, что уровень научных разработок нашего университета, например, по мембранным технологиям (деминерализованная молочная сыворотка) творческого коллектива проф. И. А. Евдокимова, уже привлек внимание Комиссии Таможенного Союза и, надеемся, будет востребован. Это тема для отдельной публикации в нашем журнале.

Предстоит колоссальная работа по практической реализации изложенных выше положений. Альтернативы теперь нет: Россия в ВТО.

Таким образом, все кратко сформулированные выше положения по научному обеспечению инновационных приоритетов модернизации (выход на новый технологический уклад) пищевой индустрии в рамках АПК в условиях ВТО должны быть внедрены в учебный процесс по подготовке и переподготовке (особое внимание) профессионалов всех направлений в области прикладной биотехнологии для работы в сфере промышленной переработки сельскохозяйственного сырья животного и растительного происхождения в продукты функционального питания.

- ЛИТЕРАТУРА**
1. **Сергеев В. Н.** Россия на весах продовольственной безопасности. М., 2011. 146 с.
 2. **Харитонов В. Д.** Приоритетные направления развития пищевых технологий // Молочная промышленность. 2014. № 5. С. 4–5.
 3. **Храмцов А. Г.** Технологическая платформа модернизации пищевой индустрии Северного Кавказа в условиях глобализации мирового рынка // Биоразнообразии, биоресурсы, биотехнологии и здоровье населения Северо-Кавказского региона Материалы I научно-практической конференции «Университетская наука – региону». Ставрополь: СКФУ, 2013. С. 82–84.
 4. **Храмцов А. Г., Евдокимов И. А., Рябцева С. А., Лодыгин А. Д.** Результаты исследований научной школы «Живые системы» в рамках технологической платформы «БиоТех 2030» // Биоразнообразие, биоресурсы, биотехнологии и здоровье населения Северо-Кавказского региона Материалы II научно-практической конференции «Университетская наука – региону». Ставрополь: СКФУ, 2014. С. 61–62.

5. **Храмцов А. Г.** Инновационные приоритеты и практика технологической платформы модернизации молочной отрасли АПК России. Волгоград: Волгоградское научное издательство, 2013. 148 с.
6. **Khrantsov A. G., Evdokimov I. A., Lodygin A. D., Budkevich R. O.** Technology development for the food industry: a conceptual model // Foods and Raw Materials. 2014. Vol. 2, No. 1. P. 22–26.
7. **Горлов И. Ф., Рыкалина Л. А., Шерemet И. Н.** Всемирная торговая организация и АПК России. Волгоград: Волгоградское научное издательство, 2012. 83 с.
8. **Стратегия развития молочной отрасли России** // Молочная промышленность. № 5. 2014. С. 9–12

ОБ АВТОРЕ

Храмцов Андрей Георгиевич, профессор кафедры прикладной биотехнологии Северо-Кавказского федерального университета, доктор технических наук. Адрес: г. Ставрополь, ул. Маршала Жукова, 9 (корпус 7), ауд. 413. Телефон: (8652) 23-58-32.
E-mail: hramtsov@nsctu.ru

Hramtsov Andrew G., Professor of the Department of Applied Bio-Technology North Caucasus Federal University, Doctor of Technical Sciences-cal. Telephone: (8652) 23-58-32.
E-mail: hramtsov@nsctu.ru

УДК 681.518

Е. В. Лубенцова [E. V. Lubentsova]

В. Ф. Лубенцов [V. F. Lubentsov]

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ВЫБОР АЛГОРИТМОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ НЕЧЕТКИХ ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ

Algorithm multicriteria choice of control systems with fuzzy paired comparisons

В статье рассмотрена задача многокритериального объектно-ориентированного анализа и выбора алгоритмов нечеткого и нейросетевого управления. Определены ее особенности и обоснована целесообразность применения метода нечеткого многокритериального анализа при выборе наиболее эффективного алгоритма управления биотехнологическим процессом. Доказано, что метод нечетких множеств в совокупности с процедурами метода анализа иерархии является одним из возможных методов наилучшего многокритериального выбора эффективного алгоритма управления, поскольку условия, в которых проектировщики САУ осуществляют выбор алгоритмов управления, удовлетворяют условиям этих методов.

Ключевые слова: многокритериальный выбор, алгоритм управления, нечеткое множество, парное сравнение

The article considers the problem of multi-object-oriented analysis and selection algorithms and fuzzy neural network control. The features of this task, and the expediency of applying the method of fuzzy multi-criteria analysis in selecting the most effective control algorithm biotechnological process. It is proved that the method of fuzzy sets in conjunction with the procedures of the hierarchy analysis method is one of the best possible methods of multicriteria choice of effective control algorithm, since the conditions in which designers ACS selects control algorithms, these methods satisfy the conditions.

Key words: multi-criteria selection, control algorithm, fuzzy set of paired comparisons

Многокритериальная задача выбора характеризуется рядом особенностей: варианты решений выбираются не только по количественным, но и по качественным критериям; факторы, которые необходимо учитывать при решении задачи, не все поддаются количественному учёту, часть из них учитывается на качественном уровне; не все зависимости между переменными объективны и не все они могут быть получены. Из этого следует, что ситуация многокритериального выбора связана с преодолением неопределенностей.

В настоящее время среди методов решения задач многокритериального выбора в условиях неопределенностей большое распространение методы теории нечетких множеств [1, 2], метод анализа иерархий (МАИ) [3] и другие. Каждый из указанных методов, как отмечено в [4], имеет свои достоинства и недостатки. В частности, недостатками МАИ являются ограничение на число одновременно сравниваемых объектов, длительная по времени процедура парных сравнений и допущение о взаимной независимости критериев. В связи с этим в данной статье рассмотрен многокритериальный анализ задачи выбора на основе нечеткой теории принятия решений и процедур метода анализа иерархий. Эти методы на сегодняшний день можно считать рациональными, поскольку условия, в которых проектировщики САУ осуществляют выбор алгоритмов управления, удовлетворяют условиям этих методов: информация является неточной или неполной; выбор одной альтернативы из нескольких можно осуществить на основе не одного, а множества критериев как количественного, так и качественного характера; задачи выбора являются слабоструктурируемыми, поскольку требуют учета и качественных, и количественных аспектов, причем зачастую качественные, малоизвестные и неопределенные аспекты проблем имеют тенденцию доминировать.

В качестве исходных данных в задаче выбора алгоритмов управления используются результаты исследования разработанных авторами данной статьи алгоритмов нечеткого и нейро-нечеткого управления биотехнологическим объектом и экспертные парные сравнения альтернатив по каждому критерию.

Постановка задачи и нечеткая модель многокритериального анализа альтернатив.

Сложность задач выбора, составляющих основу принятия решений, определяется двумя основными факторами. Прежде всего, принятие решений осуществляется в условиях неопределенности. Второй фактор связан с многокритериальностью вариантов решений. Из обзора практических способов выбора можно сделать вывод, что на текущий момент времени не существует оптимального метода принятия решения по выбору алгоритмов управления интеллектуальных систем. Любой выбор связан с процессом обработки информации об альтернативах, о критериях, о возможных исходах, о системах предпочтений и способах отобра-

жения множества допустимых альтернатив во множество критериальных оценок возможных исходов.

Известно [5], что большинство методов многокритериального анализа преобразует вектор частных критериев, по которым оцениваются альтернативы, в скалярный интегральный критерий [6], поскольку решение задач с одним критерием хорошо отработано. Однако объединение критериев ухудшает значение качественных характеристик [7]. При таком подходе сложно учитывать качественные критерии, которые применяют эксперты [8]. Одним из хорошо зарекомендовавших себя в технических, экономических и социальных системах математических методов работы с качественной информацией в условиях неопределенности является теория нечетких множеств [3]. Для построения модели принятия решений воспользуемся методом нечеткого многокритериального анализа вариантов [10]. Данный метод не требует ни количественных оценок частных критериев, ни процедуры скаляризации. Метод позволяет учесть особенности проектирования систем и базируется на следующих принципах [8]:

- критерии рассматриваются как нечеткие множества, которые заданы на универсальном множестве альтернатив с помощью функции принадлежности;
- функции принадлежности нечетких множеств определяются по экспертным парным сравнениям альтернатив;
- коэффициенты важности критериев концентрируют соответствующие нечеткие множества;
- решения принимаются путем пересечения нечетких множеств-критериев, что соответствует выбору такого алгоритма управления, который лучше других удовлетворяет одновременно всем критериям [11].

Предположим, что известны:

$A = \{A_1, A_2, \dots, A_k\}$ – множество алгоритмов управления;

$K = \{K_1, K_2, \dots, K_k\}$ – множество количественных и качественных критериев оценки алгоритмов.

Многокритериальный анализ альтернатив состоит в упорядочении элементов множества A по критериям K . При разработке модели принятия решения будем учитывать некоторые особенности проектирования систем.

1. На первоначальном этапе проектирования исчерпывающие точные значения характеристик управляемого объекта (процесса) принципиально невозможно получить. В условиях такой неопределенности характеристикам алгоритмов управления соответствуют нечеткие множества «высокое быстродействие», «высокая помехозащищенность», «высокая надежность», «высокая доступность элементной базы», «низкая стоимость» и т. п. Нечеткие множества $\{K_k\}$, заданные на множествах возможных значений характеристик алгоритмов управления, ответственных за реализацию общих требований к проектируемой системе, определяют экспертные лингвистические оценки типа «очень низкий», «низкий», «средний», «выше среднего» и «высокий». Использование для лингвистической оценки свойств объектов пяти термов позволяет оценить объект достаточно точно при сохранении простоты модели.

2. При принятии решения самое важное определить преимущества одного варианта перед другими. Использование парных сравнений альтернатив типа «по критерию K_1 первый алгоритм A_1 превосходит второй A_2 » удобнее для эксперта, чем определение абсолютных значений критериев для каждого алгоритма управления.

3. Для разных технологических режимов управляемой системы, например биосистемы, важность критериев будет различной, но не всегда существенной. Знания о важности критериев отражены в экспертных высказываниях, например при управлении биосистемой для режима хемостата использование информации о концентрации биомассы значительно важнее информации о концентрации субстрата, чем для режима турбидостата, следовательно критерий K_1 значительно важнее критерия K_4 .

Обозначим как $\mu_{ki}(A_j)$ число из интервала $[0, 1]$, которым алгоритм управления $A_j \in A$ оценивают по критерию $K_j \in K$: чем больше число $\mu_{kj}(A_j)$, тем лучше алгоритм A_j по критерию $K_j, j = 1, k, I = 1, n$. Тогда критерий K_i можно представить нечетким множеством \tilde{K}_i на универсальном множестве алгоритмов управления A :

$$\tilde{K}_i = \left\{ \frac{\mu_{k_1}(A_1)}{A_1}, \frac{\mu_{k_2}(A_2)}{A_2}, \dots, \frac{\mu_{k_i}(A_k)}{A_k} \right\}, \quad (1)$$

где $\mu_{ki}(A_k)$ – степень принадлежности элемента A_k нечеткому множеству.

На первом этапе необходимо выбрать метод построения функций принадлежности нечетких множеств. При выборе метода построения функций принадлежности для формализации рассматриваемой задачи необходимо учитывать вид решаемой задачи, сложность получения экспертной информации для ее решения, достоверность экспертной информации, а также трудоемкость алгоритма обработки информации при построении функции принадлежности [12]. К методам, учитывающим данные особенности, относятся статистический метод, метод парных сравнений, метод экспертных оценок. В работе [12] установлено соответствие между данными методами построения функций принадлежности и задачами принятия решений. С использованием результатов сравнительного оценок соответствия методов построения функций принадлежности задачам принятия решений, приведенных в [12], можно отметить, что для решения задач оценки, выбора и выработки альтернатив метод парных сравнений для всех перечисленных задач имеет значение уровня соответствия не ниже 0,5 и для задачи выбора альтернатив превышает метод ранговых оценок в 1,9 раза, а для задачи выработки альтернатив – в 1,3 раза. Поэтому находить степени принадлежности нечеткого множества (1) целесообразно по методу построения функций принадлежности на основе парных сравнений [2].

Парные сравнения удобно задавать такой матрицей:

$$A = \begin{bmatrix} & \mathbf{K}_1 & \mathbf{K}_2 & \dots & \mathbf{K}_n \\ \mathbf{K}_1 & \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1k} \\ \mathbf{K}_2 & \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mathbf{K}_n & \alpha_{k1} & \alpha_{k2} & \dots & \alpha_{kk} \end{bmatrix},$$

где α_{ij} – преимущество алгоритма управления A_i перед алгоритмом A_j ($i, j = 1, \dots, k$), определяемое по шкале относительной важности [3].

Матрица парных сравнений A является диагональной ($\alpha_{ij}=1$) и обратнo симметричной ($\alpha_{ij} = \alpha_{ji}^{-1}$, $i, j = \overline{1, k}$). Степеням принадлежности нечеткого множества (1) соответствуют координаты собственного вектора $W = (w_1, w_2, \dots, w_k)^T$ матрицы A : $\mu_{ki}(A_j) = w_j, j = \overline{1, k}$, $\mu_G(P_j) = w_j, j = \overline{1, k}$. Собственный вектор W находят при помощи следующей системы уравнений:

$$(A - \lambda E) \cdot W = 0, \quad (2)$$

где W – собственный вектор;
 λ – собственное значение матрицы A .

Согласно принципу Беллмана-Заде [11], наилучшей будет альтернатива, которая в наибольшей степени одновременно удовлетворяет всем критериям. Нечеткое решение представляет собой пересечение частных критериев [10]:

$$\tilde{D} = \tilde{K}_1^{\alpha_1} \cap \tilde{K}_2^{\alpha_2} \cap \dots \cap \tilde{K}_n^{\alpha_n} = \left\{ \frac{\min_{i=1, n}(\mu_{ki}^{\alpha_i}(A_1))}{A_1}, \frac{\min_{i=1, n}(\mu_{ki}^{\alpha_i}(A_2))}{A_2}, \dots, \frac{\min_{i=1, n}(\mu_{ki}^{\alpha_i}(A_k))}{A_k} \right\}, \quad (3)$$

где α_i – коэффициент относительной важности критерия K_i , причем

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1.$$

Показатель степени α_i в формуле (3) концентрирует функцию принадлежности нечеткого множества K_i в соответствии с важностью критерия K_i .

Коэффициенты относительной важности критериев могут быть определены с помощью метода парных сравнений Саати [9]. В соответствии с нечетким решением (3) наилучшим будет алгоритм управления с максимальной степенью принадлежности [14]:

$$D = \arg \max (\mu_D(A_1), \mu_D(A_2), \dots, \mu_D(A_k)).$$

***Решение задачи многокритериального анализа
и выбора интеллектуальных алгоритмов
для управления биотехнологическим процессом.***

Рассмотрим разработанную и адаптированную к задаче управления процессом биосинтеза и режимам его функционирования – хемостату и турбидостату – методику выбора алгоритмов управления, которая позволяет проектировщику САУ на основе нескольких критериев получить результат, показывающий эффективное в данном случае решение, т.е. лучший алгоритм управления. Количество сравниваемых альтернатив в рассматриваемой задаче равно пяти, что исключает недостаток метода МАИ, проявляющийся в громоздкости при ранжировании по ряду критериев в случае анализа более девяти альтернатив [13]. Кроме того, это позволило правомочно использовать процедуры МАИ для проверки непротиворечивости суждений экспертов и определения коэффициентов относительной важности критериев с помощью метода парных сравнений.

С учетом проведенных исследований систем управления биосистемой сравним пять вариантов системы управления $A_1 \div A_5$ по критериям $K_1 \div K_5$. В качестве вариантов рассмотрим типовой ПИД-регулятор (A_1), нечеткий регулятор (A_2) с двумя входами: концентрацией биомассы и уровнем в аппарате, нечеткий регулятор (A_3) с двумя входами: концентрацией субстрата и концентрацией биомассы, нейро-нечеткий регулятор (A_4) с выводом по Мамдани, нейро-нечеткий регулятор (A_5) с выводом по Сугено. Ранжирование альтернатив, анализируемых на основе матриц парных сравнений, осуществляется на основании собственных векторов w , получаемых в результате решения уравнения: $M \times w = \lambda_{\max} \times w$.

В качестве основных были выделены критерии качественного содержания: возможность работы без априорного задания математической модели объекта управления (K_1); эффективность управления (K_2); вычислительная сложность реализуемых законов (алгоритмов) управления на объекте (K_3); способность интегрируемости в действующие схемы управления (K_4); сглаживание управляющего воздействия (K_5). Множество выбранных критериев является незамкнутым. Его можно дополнить с учетом требований к конкретной системе управления. Экспертные парные сравнения вариантов приведены в табл. 1.

Парные сравнения проводятся в терминах доминирования одного элемента модели над другим. Используемая в общем случае исходная информация может быть неточной, неполной и противоречивой. Для про-

Табл. 1. ЭКСПЕРТНЫЕ ПАРНЫЕ СРАВНЕНИЯ
АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ

Критерий	Парные сравнения
K ₁	Почти слабое преимущество A ₂ перед A ₁ Слабое преимущество A ₃ перед A ₁ Существенное преимущество A ₄ перед A ₁ Очевидное преимущество A ₅ перед A ₁
K ₂	Отсутствует преимущество A ₁ перед A ₂ Существенное преимущество A ₃ перед A ₁ Существенное преимущество A ₄ перед A ₁ Абсолютное преимущество A ₅ перед A ₁
K ₃	Слабое преимущество A ₂ перед A ₁ Существенное преимущество A ₃ перед A ₁ Существенное преимущество A ₄ перед A ₁ Очевидное преимущество A ₅ перед A ₁
K ₄	Существенное преимущество A ₂ перед A ₁ Очевидное преимущество A ₃ перед A ₁ Существенное преимущество A ₄ перед A ₁ Очевидное преимущество A ₅ перед A ₁
K ₅	Слабое преимущество A ₂ перед A ₁ Существенное преимущество A ₃ перед A ₁ Существенное преимущество A ₄ перед A ₁ Существенное преимущество A ₅ перед A ₁

верки непротиворечивости исходной информации с учетом, что случайная согласованность для матрицы парных сравнений размерностью 5×5 равна 1,12 [3], были вычислены вектор приоритетов, максимальное собственное значение λ_{\max} , индекс согласованности ИС и отношение согласованности ОС. Так как полученное оказалось равным $ОС = 2,46 \% < 10 \%$, то нет необходимости пересматривать высказывания экспертов [3].

Экспертным высказываниям соответствуют такие матрицы парных сравнений:

$$A(K_1) = \begin{bmatrix} & A_1 & A_2 & A_3 & A_4 & A_5 \\ A_1 & 1 & 1/2 & 1/3 & 1/5 & 1/7 \\ A_2 & 2 & 1 & 1/3 & 1/5 & 1/7 \\ A_3 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1/5 \\ A_4 & 5 & 5 & 1 & 1 & 1/3 \\ A_5 & 7 & 7 & 5 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad A(K_2) = \begin{bmatrix} & A_1 & A_2 & A_3 & A_4 & A_5 \\ A_1 & 1 & 1/3 & 1/5 & 1/5 & 1/7 \\ A_2 & 3 & 1 & 1/5 & 1/3 & 1/9 \\ A_3 & 5 & 5 & 1 & 1/2 & 1/2 \\ A_4 & 5 & 3 & 2 & 1 & 1/3 \\ A_5 & 7 & 9 & 2 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 A(K_3) &= \begin{bmatrix} & A_1 & A_2 & A_3 & A_4 & A_5 \\ A_1 & 1 & 1 & 1/5 & 1/5 & 1/9 \\ A_2 & 1 & 1 & 1/7 & 1/5 & 1/7 \\ A_3 & 5 & 7 & 1 & 1 & 1/3 \\ A_4 & 5 & 5 & 1 & 1 & 1/3 \\ A_5 & 9 & 7 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} & A(K_4) &= \begin{bmatrix} & A_1 & A_2 & A_3 & A_4 & A_5 \\ A_1 & 1 & 1/5 & 1/7 & 1/5 & 1/7 \\ A_2 & 5 & 1 & 1/3 & 1/5 & 1/7 \\ A_3 & 7 & 3 & 1 & 1/2 & 1/2 \\ A_4 & 5 & 5 & 2 & 1 & 1/2 \\ A_5 & 7 & 7 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix} \\
 A(K_5) &= \begin{bmatrix} & A_1 & A_2 & A_3 & A_4 & A_5 \\ A_1 & 1 & 1/3 & 1/5 & 1/5 & 1/5 \\ A_2 & 3 & 1 & 1/5 & 1/3 & 1/3 \\ A_3 & 5 & 5 & 1 & 3 & 2 \\ A_4 & 5 & 3 & 1/3 & 1 & 1 \\ A_5 & 5 & 3 & 1/2 & 1 & 1 \end{bmatrix}. & & & & & (4)
 \end{aligned}$$

В каждой матрице пять элементов соответствуют парным сравнениям из таблицы 1. Остальные элементы найдены с учетом свойств диагональности и обратной симметричности матрицы парных сравнений.

Степеням принадлежности нечеткого множества (1) соответствуют координаты собственного вектора $W = (w_1, w_2, \dots, w_k)^T$ матрицы A : $\mu_{ki}(A_j) = w_j, j = 1, \dots, k, \mu_G(P_j) = w_j, j = 1, k$. Собственный вектор W находят при помощи системы уравнений (2). Эта неоднородная система имеет нетривиальное решение тогда и только тогда, когда определитель матрицы $(A - \lambda E)$ равен нулю. Найдем его:

$$\begin{pmatrix} 1-\lambda & 1 & 3 & 5 & 9 \\ 1 & 1-\lambda & 3 & 5 & 7 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 1-\lambda & 3 & 5 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1-\lambda & 3 \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1-\lambda \end{pmatrix} \rightarrow 5 \cdot \lambda^4 - \lambda^5 + \frac{908 \cdot \lambda^2}{315} + \frac{1472 \cdot \lambda}{4725} + \frac{64}{2835}$$

Уравнение имеет решение:

$$\lambda_1 = 5,11; \lambda_2 = -0,00192; \lambda_3 = -0,00192; \lambda_4 = -0,0544; \lambda_5 = -0,0544.$$

Следовательно, $\lambda_{\max} = 5,11$. Найдем соответствующий вектор:

$$\begin{pmatrix} 1 - 5,11 & 1 & 3 & 5 & 9 \\ 1 & 1 - 5,11 & 3 & 5 & 7 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 1 - 5,11 & 3 & 5 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 - 5,11 & 3 \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 - 5,11 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \omega_0 \\ \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \end{pmatrix} = 0$$

Рассмотрим систему

$$-4,11\omega_0 + \omega_1 + 3\omega_2 + 5\omega_3 + 9\omega_4 = 0;$$

$$\omega_0 - 4,11\omega_1 + 3\omega_2 + 5\omega_3 + 7\omega_4 = 0;$$

$$0,333\omega_0 + 0,333\omega_1 - 4,11\omega_2 + 3\omega_3 + 5\omega_4 = 0;$$

$$0,2\omega_0 + 0,2\omega_1 + 0,333\omega_2 - 4,11\omega_3 + 3\omega_4 = 0;$$

$$0,111\omega_0 + 0,143\omega_1 + 0,2\omega_2 + 0,333\omega_3 - 4,11\omega_4 = 0. \quad (5)$$

Система (5) имеет только нулевое решение. Введем условие нормировки $\omega_0 + \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 = 1$. Для нахождения собственного вектора W используется замена одного из уравнений (5) условием нормировки. В результате решения системы получаем собственный вектор весов $W = (\omega_0, \omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4)$, $\omega_0 = 0,373$, $\omega_1 = 0,358$, $\omega_2 = 0,158$, $\omega_3 = 0,075$; $\omega_4 = 0,036$.

Применяя формулу (2) к матрицам (4), получим следующие нечеткие множества:

$$K_1 = \left\{ \frac{0,056}{A_1}, \frac{0,061}{A_2}, \frac{0,130}{A_3}, \frac{0,185}{A_4}, \frac{0,549}{A_5} \right\};$$

$$K_2 = \left\{ \frac{0,048}{A_1}, \frac{0,055}{A_2}, \frac{0,185}{A_3}, \frac{0,199}{A_4}, \frac{0,479}{A_5} \right\};$$

$$K_3 = \left\{ \frac{0,048}{A_1}, \frac{0,048}{A_2}, \frac{0,187}{A_3}, \frac{0,185}{A_4}, \frac{0,521}{A_5} \right\};$$

$$K_4 = \left\{ \frac{0,043}{A_1}, \frac{0,062}{A_2}, \frac{0,183}{A_3}, \frac{0,256}{A_4}, \frac{0,438}{A_5} \right\}; \quad (6)$$

$$K_5 = \left\{ \frac{0,053}{A_1}, \frac{0,082}{A_2}, \frac{0,448}{A_3}, \frac{0,181}{A_4}, \frac{0,221}{A_5} \right\}$$

Из (6) следует, что не существует варианта, доминирующего по всем критериям, поэтому решение будет зависеть от важности самих критериев. Коэффициенты важности критериев $K_1 \div K_5$ равны: $\alpha_1 = 0,376$; $\alpha_2 = 0,357$; $\alpha_3 = 0,156$; $\alpha_4 = 0,074$; $\alpha_5 = 0,036$. Следовательно, при принятии решения наиболее важны возможность работы в режиме хемостата без априорного задания математической модели объекта управления (K_1). С учетом важности критериев по формуле (3) получаем такие нечеткие множества:

$$\begin{aligned} \tilde{K}_1^{\alpha_1} &= \left\{ \frac{0,056^{0,376}}{A_1}, \frac{0,061^{0,376}}{A_2}, \frac{0,130^{0,376}}{A_3}, \frac{0,185^{0,376}}{A_4}, \frac{0,549^{0,376}}{A_5} \right\} = \\ &= \left\{ \frac{0,336}{A_1}, \frac{0,347}{A_2}, \frac{0,462}{A_3}, \frac{0,528}{A_4}, \frac{0,797}{A_5} \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{K}_2^{\alpha_2} &= \left\{ \frac{0,048^{0,357}}{A_1}, \frac{0,055^{0,357}}{A_2}, \frac{0,185^{0,357}}{A_3}, \frac{0,199^{0,357}}{A_4}, \frac{0,479^{0,357}}{A_5} \right\} = \\ &= \left\{ \frac{0,322}{A_1}, \frac{0,339}{A_2}, \frac{0,533}{A_3}, \frac{0,548}{A_4}, \frac{0,759}{A_5} \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{K}_3^{\alpha_3} &= \left\{ \frac{0,048^{0,156}}{A_1}, \frac{0,048^{0,156}}{A_2}, \frac{0,187^{0,156}}{A_3}, \frac{0,185^{0,156}}{A_4}, \frac{0,521^{0,156}}{A_5} \right\} = \\ &= \left\{ \frac{0,668}{A_1}, \frac{0,668}{A_2}, \frac{0,8}{A_3}, \frac{0,799}{A_4}, \frac{0,917}{A_5} \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{K}_4^{\alpha_4} &= \left\{ \frac{0,043^{0,074}}{A_1}, \frac{0,062^{0,074}}{A_2}, \frac{0,183^{0,074}}{A_3}, \frac{0,256^{0,074}}{A_4}, \frac{0,438^{0,074}}{A_5} \right\} = \\ &= \left\{ \frac{0,803}{A_1}, \frac{0,824}{A_2}, \frac{0,888}{A_3}, \frac{0,909}{A_4}, \frac{0,944}{A_5} \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{K}_5^{\alpha_5} &= \left\{ \frac{0,053^{0,036}}{A_1}, \frac{0,082^{0,036}}{A_2}, \frac{0,448^{0,036}}{A_3}, \frac{0,181^{0,036}}{A_4}, \frac{0,221^{0,036}}{A_5} \right\} = \\ &= \left\{ \frac{0,889}{A_1}, \frac{0,905}{A_2}, \frac{0,968}{A_3}, \frac{0,934}{A_4}, \frac{0,941}{A_5} \right\} \end{aligned}$$

Исходя из результатов нечетких множеств и согласно формуле (3), получаем следующий результат:

$$\tilde{D} = \left\{ \frac{0,322}{A_1}, \frac{0,339}{A_2}, \frac{0,462}{A_3}, \frac{0,528}{A_4}, \frac{0,759}{A_5} \right\}.$$

Анализируя полученное нечеткое решение, можно сделать вывод о преимуществе алгоритма A_5 перед остальными, а также о слабом преимуществе варианта A_2 над вариантом A_1 и варианта A_4 над вариантом A_3 .

Таким образом, сделаем выводы о результатах проделанной нами работы.

1. Обоснована целесообразность использования метода нечеткого многокритериального анализа в сочетании с процедурами МАИ при выборе наилучшего варианта алгоритма управления биотехнологическим процессом.
2. В качестве лучшего решения выбирается альтернатива, удовлетворяющая одновременно всем критериям в максимальной степени.
3. Рассмотренный подход может быть использован при многокритериальном анализе других алгоритмов управления, характеристики которым даются с помощью лингвистических переменных.
4. Данную методику можно реализовать в виде программного продукта и включить в состав алгоритмического и программного обеспечения САПР САУ, что значительно сократит время на принятие решения, повысит эффективность принимаемого решения и его обоснованность.

- ЛИТЕРАТУРА**
1. **Заде Л.А.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / пер. с англ. Под ред. Н. Н. Моисеева, С. А. Орловского. М.: Мир, 1976. 165 с.
 2. **Борисов А. Н., Крумберг О. А., Федоров И. П.** Принятие решений на основе нечетких моделей. Примеры использования. Рига: Зинатне, 1990. 184 с.

3. **Саати Т.Л.** Принятие решений. Метод анализа иерархий / пер. с англ. М.: Радио и связь, 1993. 320 с.
4. **Андрейчикова О.А.** Принятие решений в условиях взаимной зависимости критериев и альтернатив сложных технических систем // Информационные технологии, 2001. № 11. С. 14–19.
5. **Масютина Г. В., Лубенцов В. Ф.** Методика решения многокритериальной задачи выбора для управления динамической системой // Проблемы управления, передачи и обработки информации-АТМ-ТКИ-50 : сб. трудов междунар. науч. конф. / под ред. А. Г. Александрова и М.Ф. Степанова. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2009. С. 128–130.
6. **Хубка В.** Теория технических систем. М.: Мир, 1987. 208 с.
7. **Никутьчев Е. В.** Многокритериальные системы принятия решений для задач управления // Автоматизация в промышленности. 2005. № 7. С. 45–46.
8. **Ротштейн А. П., Штовба С. Д., Штовба Е. В.** Многокритериальный выбор бренд-проекта с помощью нечетких парных сравнений альтернатив // Управление проектами и программами. 2006. № 2. С. 138–146.
9. **Саати Т. Л.** Взаимодействие в иерархических системах // Техническая кибернетика. 1979. № 1. С. 68–84.
10. **Ротштейн А. П., Штовба С. Д.** Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений // Известия РАН. Теория и системы управления. 2001. № 3. С. 150–154.
11. **Беллман Р., Заде Л.** Принятие решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир, 1976. С. 172–215.
12. **Захаров В. А.** О выборе методов построения функций принадлежности для формализации задач принятия решений. URL: <http://www.smolensk.ru/user /sgma/MMORPH/N-12-html/borisov/zakharov/zakharov.htm> (дата обращения: 27.09.13).
13. **Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н.** Анализ, синтез, планирование решений в экономике. М.: Финансы и статистика, 2000. 368 с.
14. **Штовба С. Д.** Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. URL: http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/4_6.php (дата обращения: 27.01.14)

ОБ АВТОРАХ

Лубенцова Елена Валерьевна, доцент кафедры информационных систем, электропривода и автоматики Невинномысского технологического института (филиал) Северо-Кавказского федерального университета, кандидат технических наук. 357108, г. Невинномысск Ставропольского края, ул. Гагарина, д. 1. Телефон (86554) 7-17-32. E-mail: lubenchov@nti.ncstu.ru

Лубенцов Валерий Федорович, заведующий кафедрой информационных систем, электропривода и автоматики Невинномысского технологического института (филиал) Северо-Кавказского федерального университета, доктор технических наук, доцент. 357108, г. Невинномыск Ставропольского края, ул. Гагарина, д.1. Телефон: (86554) 7-17-32.

E-mail: lubenchov@nti.ncstu.ru

Lubentsova Elena Valerevna, assistant professor of information systems, electric drives and automation in the Nevinnomysk Technological Institute (branch) of the North Caucasus Federal University, Candidate of Technical Sciences. 357108, Stavropol Territory Nevinnomisk str. Gagarina, 1. Telephone: (86554) 7-17-32.

E-mail: lubenchov@nti.ncstu.ru

Lubentsov Valery Fedorovich, Head of the Department of Information Systems, drive and automation technology in the Nevinnomysk institute (branch) of the North Caucasus Federal University, doctor of technical sciences. 357108, Stavropol Territory Nevinnomisk str. Gagarina, 1. Telephone: (86554) 7-17-32.

E-mail: lubenchov@nti.ncstu.ru

УДК 637.07

**И. А. Евдокимов [I. A. Evdokimov],
М. В. Скороходова [M. V. Skorokhodova],
Л. А. Гордиенко [L. A. Gordiyenko]**

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ НАССР
ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ
НАПИТКА НА ОСНОВЕ
УЛЬТРАФИЛЬТРАТА
МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ
С ДОБАВЛЕНИЕМ ОСВЕТЛЕННОГО
ЭКСТРАКТА СТЕВИИ**

**Application of HACCP system
for development of technology of whey
permeate-based drink with addition
of clarified stevia extract**

В статье рассмотрены вопросы адаптации системы НАССР для производства напитка на основе ультрафильтрата молочной сыворотки. Определены основные контрольные критические точки при выработке напитка.

Ключевые слова: система НАССР, экстракт стевии, ультрафильтрат молочной сыворотки, технология напитка.

The adaptation of HACCP system for the production of whey permeate-based drink is examined. Basic critical control points of the drink manufacturing are determined.

Key words: HACCP (Hazard analysis and critical control points), stevia extract, whey permeate, technology of drink.

Предприятия, выпускающие пищевые продукты для выхода на мировой рынок и удержания позиций на локальных, внутренних рынках должны обеспечивать высокое качество и безопасность выпускаемой продукции.

Современная концепция управления качеством пищевой продукции исходит из того положения, что контроль качества и безопасности должен осуществляться в ходе производственного процесса, а не по его окончании. Данной концепции в полной мере отвечает система ХАССП (НАССР – *Hazard analysis and critical control points* – анализ рисков и определение критических контрольных точек), основанная на принципах обязательного обеспечения безопасности [1, 2].

Основу системы НАССР составляют 7 принципов, которые направлены на обеспечение выполнения и управления данной системой на производстве:

- проведение анализа возможных опасностей применительно к каждому технологическому процессу;
- выявление критических контрольных точек (ККТ) на каждом этапе технологического процесса;
- определение критических пределов для каждой выявленной ККТ;
- установление системы мониторинга за контролем на ККТ;
- разработка корректирующих действий и применение их в случае отрицательных результатов мониторинга;
- разработка и ведение процедур проверки с целью обеспечения эффективности функционирования системы НАССР;
- документирование процедур и регистрации данных, необходимых для функционирования системы НАССР [6].

Система НАССР делает упор на предотвращение опасности на ранней стадии производства пищевой продукции. Она строится на профилактическом подходе к обеспечению качества и безопасности в ходе производственного процесса, а также может применяться при разработке новых продуктов.

Одним из ключевых и наиболее важных элементов системы НАССР является анализ опасных факторов. Он включает сбор и обработку информации по опасным факторам и условиям, приводящим к их возникновению; принятие решения о том, какие из этих факторов влияют на безопасность пищи. Необходимо идентифицировать опасные факторы, связанные с производством продуктов питания на всех стадиях производства, начиная с переработки сырья, включая стадии обработки, переработки, реализации, и до конечного потребления.

Под опасным фактором понимают биологическое, химическое или физическое свойство объекта, которое с большей долей вероятности может стать источником болезни или травмы при отсутствии должного контроля. Для обеспечения производства качественной продукции, которая может храниться установленный срок без признаков появления посторон-

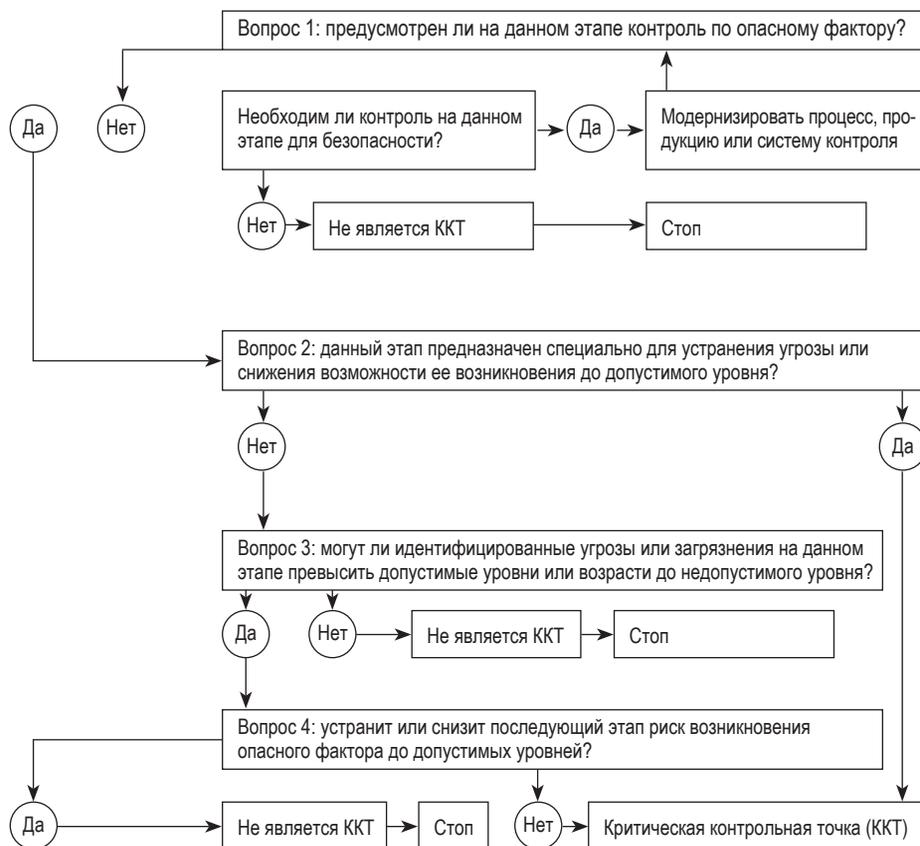


Рис. 1. «Дерево принятия решений» для определения ККТ.

них привкусов, запахов, изменения цвета и быть безопасной для потребителя необходимо внедрение системы НАССР [3, 4, 5].

Критические контрольные точки определялись методом «дерева принятия решений» (рис. 1).

При поэтапном рассмотрении всего технологического процесса, была составлена типовая система НАССР. Таким образом, определены факторы, которые настолько важны, что при неэффективном контроле за ними могут с большой вероятностью нанести неблагоприятное воздействие на организм человека: недостаточная термическая обработка основного и вспомогательного сырья; несоблюдение санитарных норм и правил; несоблюдение сроков и режимов хранения готовой продукции.

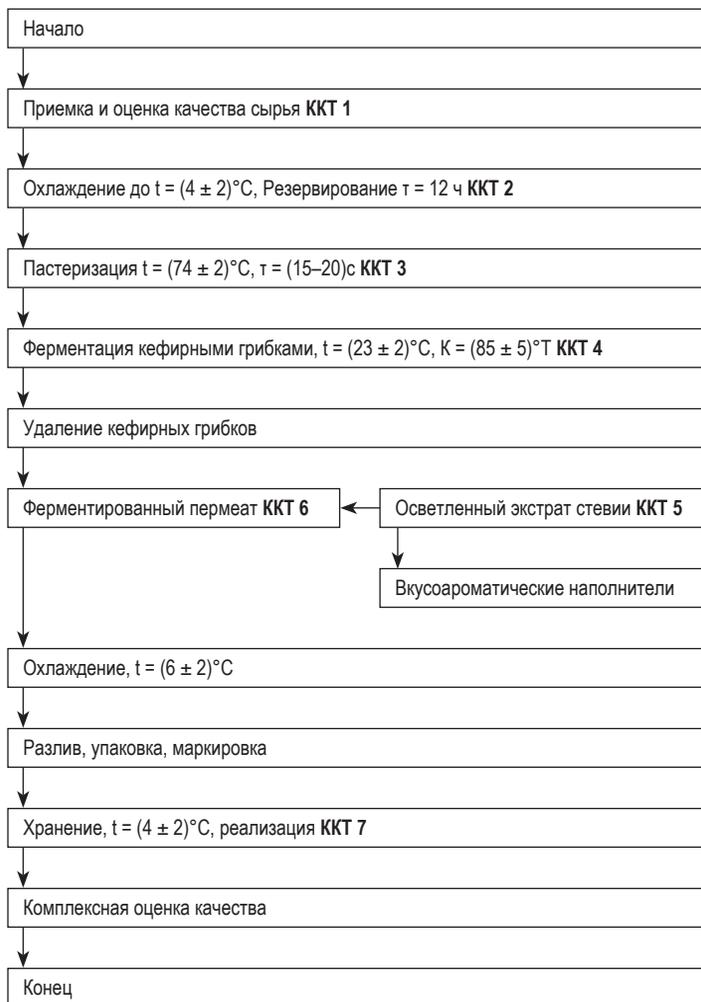


Рис. 2. Расположение выбранных ККТ в технологической схеме производства напитка.

В результате анализа исходной информации для предотвращения производства некачественной продукции, контроля качества и безопасности разработана технологическая блок-схема производства напитка на основе ультрафильтрата молочной сыворотки с добавлением осветленного экстракта стевии (рис. 2).

Таблица 1. ККТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ НАПИТКА НА ОСНОВЕ УЛЬТРАФИЛЬТРАТА МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ С ДОБАВЛЕНИЕМ ОСВЕТЛЕННОГО ЭКСТРАКТА СТЕВИИ

ККТ (этап технологического процесса)	Учитываемые факторы	Корректирующие действия или меры предупреждения
ККТ 1 (приемка и оценка качества сырья – ультрафильтрат молочной сыворотки)	<p>Микробиологические: БГКП, КМАФАнМ, дрожжи, плесени, а так же патогенных и условно-патогенных микроорганизмов</p> <p>Физико-химические показатели: титруемая кислотность, плотность, содержание сухих веществ, лактозы</p>	<p>В случае не соответствия не допускается для дальнейшей технологической обработки. Утилизация</p> <p>Корректировка рецептуры</p>
ККТ 2 (охлаждение, резервирование)	<p>Физико-химические: температура, время выдержки.</p> <p>Микробиологические: редуцтазная проба</p>	<p>ККТ – потенциальная, управляемая в рамках программы предварительных мероприятий в отношении оборудования</p>
ККТ 3 (пастеризация)	<p>Физико-химические: температура, время выдержки, проверка термограмм.</p> <p>Микробиологические: БГКП, КМАФАнМ</p>	<p>ККТ – потенциальная, управляемая в рамках программы предварительных мероприятий в отношении оборудования</p>
ККТ 4 (ферментация кефирными грибами)	<p>Физико-химические: температура, продолжительность ферментации, рН, кислотность. Микробиологические: БГКП</p>	<p>Регулировка температуры, времени. В случае несоответствия смеси заданным показателям не допускается к дальнейшей технологической обработке</p>
ККТ 5 (внесение осветленного экстракта стевии)	<p>Микробиологические: БГКП, КМАФАнМ, дрожжи, плесени. Физико-химические: рН, кислотность.</p> <p>Органолептические показатели безопасности</p>	<p>В случае несоответствия не допускается для дальнейшей технологической обработки. Утилизация</p>
ККТ 5 (ферментированный пермеат)	<p>Микробиологические: БГКП, дрожжи.</p> <p>Физико-химические: рН, кислотность.</p> <p>Органолептические показатели безопасности</p>	<p>В случае несоответствия не допускается для дальнейшей технологической обработки. Утилизация</p>
ККТ 6 (хранение)	<p>Физико-химические: температура хранения, влажность, рН, кислотность.</p> <p>Микробиологические: БГКП, дрожжи</p>	<p>При несоответствии утилизация</p>

Результаты определения ККТ при производстве напитка на основе ультрафильтрата молочной сыворотки с добавлением осветленного экстракта стевии представлены в табл. 1.

Регулярное и постоянное изменение, наблюдение, оценка всех аспектов комплексной переработки молочного сырья и реализации готовой продукции позволяет гарантировать соответствие параметров заданным нормативам и критическим пределам. Мониторинг позволяет оценить безопасность выпускаемой продукции для здоровья человека.

Разработка и реализация безотходных технологий позволяет рационально использовать все виды вторичного молочного сырья для производства высококачественных, биологически полноценных, лечебных, экологически безопасных продуктов питания, препаратов и полуфабрикатов.

Адаптация системы ХАССП позволит понизить количество некачественной продукции при производстве, завоевать доверие потребителей, и соответственно значительно повысить прибыль и расширить производство новых видов кисломолочной продукции.

- ЛИТЕРАТУРА**
1. **ТР ТС 033/2013** Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции».
 2. **ГОСТ Р 51705.1-2001**. Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования. Введ. 23.01.2001. М.: Стандартинформ, 2009. 12 с.
 3. **Дранкова Н. А., Сопин В. Ф.** ХАССП в современной ситуации, после вступления России в таможенный союз и ВТО // Вестник Казанского технологического университета. Казань. 2013. Т. 6. №6. С. 233–236.
 4. **Запорожский А. А., Касьянов Г. И., Мишкевич Э. Ю.** К вопросу о системе менеджмента качества и безопасности пищевых продуктов // Техника и технология пищевых производств. Кемерово. 2013. № 4 (31). С. 17–21.
 5. **Лаухина Г. Г.** О реализации технического регламента таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» // Здоровье. Медицинская экология. Наука. Владивосток. 2013. Т. 52. №2 (2–3). С. 12–14.
 6. **Смирнова Н. А., Пасько О. В.** Применение принципов ХАССП при разработке технологии ферментированного сливочного биокорректора // Техника и технология пищевых производств. Кемерово. 2012. № 24. С. 132–137.

ОБ АВТОРАХ

Евдокимов Иван Алексеевич, проректор по научной работе Северо-Кавказского федерального университета, доктор технических наук, профессор. Адрес: г. Ставрополь, ул. Пушкина 1, корпус 2, кабинет 116. Телефон (8652) 95-64-87.

E-mail: ievdokimov@ncfu.ru

Скороходова Марина Владимировна, старший лаборант химического анализа кафедры прикладной биотехнологии Северо-Кавказского федерального университета. Адрес: ул. Маршала Жукова, 9, корпус 7. Телефоны: (8652) 23-39-43, 23-58-34.

E-mail: tml@ncstu.ru

Гордиенко Людмила Александровна, ассистент кафедры прикладной биотехнологии Северо-Кавказского федерального университета, кандидат технических наук. Адрес: г. Ставрополь, ул. Маршала Жукова, 9 (корпус 7), ауд. 413.

Телефон (8652) 23-58-32

Evdokimov Ivan Aleseevich, Vice President for Research of the North Caucasus Federal University, doctor of technical sciences, professor. Address: Stavropol, street. Pushkina 1, Building 2, Room 116 Telephone (8652) 95-64-87.

E-mail: ievdokimov@ncfu.ru

Skorokhodova Marina Vladimirovna, Senior technician of laboratory chemical analysis of the Department of Applied Biotechnology North Caucasus Federal University. Address: ul. Marshala Zhukova, 9, Building 7, Telephone: (8652) 23-39-43, 23-58-34.

E-mail: tml@ncstu.ru

Gordienko Lyudmila Aleksandrovna, Assistant of the Department of Applied Biotechnology North Caucasus Federal University, candidate of technical sciences. Address: Stavropol, street. Marshala Zhukova, 9 (case 7), Rm. 413 Telephone (8652) 23-58-32

УДК 639.1.053

А. А. Лиховид [A. A. Likhovid]

А. Н. Панин [A. N. Panin]

Р. А. Приходько [R. A. Prihodko]

Д. В. Юрин [D.V. Urin]

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ОХОТНИЧЬЕГО ХОЗЯЙСТВА РЕГИОНА

Geoinformation monitoring of hunting areas in the region

В статье рассмотрены принципы мониторинга и управления охотничьими угодьями региона на основе использования геоинформационных технологий. Предложена концептуальная модель организации и функционирования ГИС «Реестр охотничьих ресурсов региона». Представлен опыт внедрения целевых ГИС в работу министерств природных ресурсов Ставропольского и Краснодарского краев.

Ключевые слова: геоинформационный мониторинг, пространственная база данных, охотничьи ресурсы, среда обитания

The article describes the principles of monitoring and managing the hunting areas of the region based on the use of geographic information technologies. Conceptual model of the organization and functioning of GIS «Registry of hunting resources in the region». The experience in the implementation of targeted GIS into work process of ministries of natural resources of Stavropol and Krasnodar regions.

Keywords:

geoinformation monitoring, spatial database, hunting resources, habitat.

Важным инструментом обеспечения рационального природопользования, эффективного функционирования охотничьего хозяйства и повышения его инвестиционной привлекательности в отдельно рассматриваемом регионе, по нашему мнению, является научно-обоснованный подход к проведению территориального охотустройства в субъектах РФ.

В свою очередь, рациональное использование имеющихся охотничьих ресурсов возможно только при правильной организации охотничьих угодий и наличии эффективных инструментов управления и мониторинга этой отрасли.

Мы уверены, что повышение эффективности планирования и управления охотничьими ресурсами должно обеспечиваться за счет развития отраслевой инфраструктуры пространственных данных определённой правительством страны как ключевой компонент инфокоммуникационных связей при переходе к единой системе информационного про-

странства страны. Поэтому применение интегрированных геоинформационных систем нового поколения в мониторинге и управлении охотничьим хозяйством является важным шагом к формированию инновационной концепции менеджмента, которая в конечном итоге позволит повысить социально-экономический и инвестиционный эффект модернизации охотничьего хозяйства.

Целесообразность внедрения ГИС в систему управления региональными охотничьими хозяйствами обусловлена рядом факторов и лежит в плоскости решения следующих задач:

- необходимость проведения комплексной пространственной инвентаризации охотничьих ресурсов и инфраструктуры;
- формирование, актуализация и ведение региональных схем размещения и охраны охотничьих ресурсов на основе комплексного анализа природных особенностей территории, ее хозяйственного освоения и нормативно-правового статуса земель потенциального развития охотничьего хозяйства;
- разработка новых более эффективных инструментов мониторинга и учета показателей охотничьей деятельности в связи с существенным увеличением количества охотхозяйствующих субъектов.
- создание мощного информационного ресурса на основе серверных технологий, который будет аккумулировать всю пространственную информацию о состоянии охотничьего хозяйства в регионе. Потребителями такого ресурса должны стать как сами охотники (только в Ставропольском и Краснодарском краях их более 200 тыс.), а так же инвесторы, желающие знать все о территориях потенциального вложения средств.

В связи с этим в рамках исполнения федерального закона «Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов» разработана специализированная информационная система для ведения охотхозяйственного реестра на территории Ставропольского и Краснодарского края под управлением ГИС (рис. 1).

Данная ГИС представляет собой экспертную информационно-аналитическую систему, обеспечивающую сбор, обработку, хранение данных

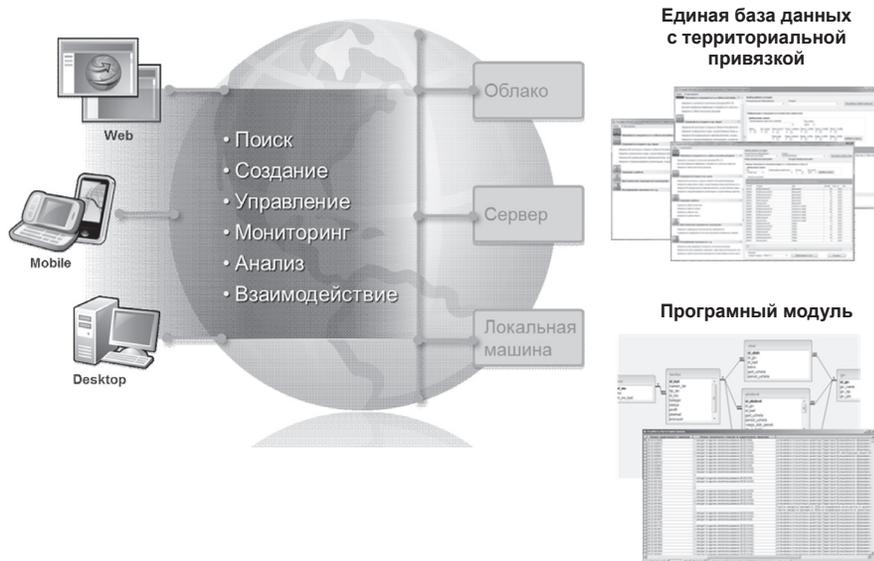


Рис. 1. Принципы организации геоинформационной системы «Охотхозяйственный реестр региона».

об объектах животного мира, сведениях о деятельности охотхозяйств, состоянии инфраструктуры и позволяющую осуществлять пространственный анализ и моделирование развития охотничьего хозяйства Ставропольского и Краснодарского края в целях поддержки принятия стратегических и оперативных управленческих решений.

В ГИС «Охотхозяйственный реестр региона» выделены следующие структурные подсистемы:

- 1) web-приложение – распределенное клиент-серверное приложение, для обработки и отображения пространственных данных. Обеспечивает вывод картографической и статистической информации через веб-интерфейс тонкого клиента, обеспечивает стандартные функции управления картой, масштабирование, управление слоями, получение информации об объекте на карте. Работает с хранилищем данных на аппаратном сервере;
- 2) локальное приложение – исполняемое приложение, устанавливаемое на рабочих станциях. Обеспечивает вывод картографической и атрибутивной информации в

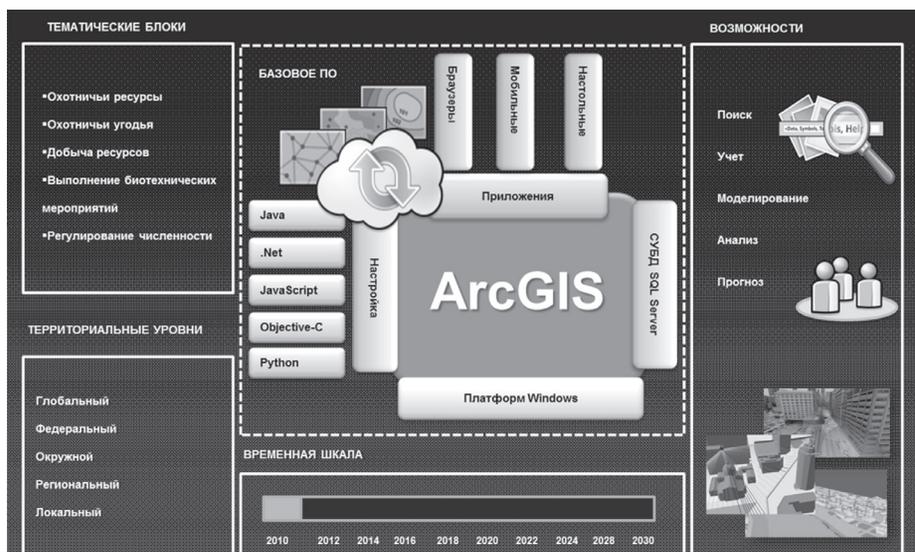


Рис. 2. Функциональная структура геоинформационной системы «Охотхозяйственный реестр региона».

окне стандартного приложения под управлением операционной системы Windows. Содержит локальный экземпляр картографических и атрибутивных данных.

В ГИС «Охотхозяйственный реестр региона» выделяются следующие функциональные подсистемы (рис. 2):

- подсистема сбора, обработки и загрузки данных, которая предназначена для реализации процессов сбора данных из систем источников, приведения указанных данных к виду, необходимому для наполнения подсистемы хранения данных;
- подсистема визуализации пространственных данных;
- подсистема хранения данных, которая предназначена для хранения данных в структурах, нацеленных на принятие решений;
- подсистема формирования и визуализации отчетности, которая предназначена для формирования отчетности соответствующих форм.

Основой геоинформационной системы охотничьих угодий и охотничьих ресурсов региона является база геоданных (привязанная к подробной картографической основе), характеризующая состояние охотничьего хозяйства и природной среды региона.

Исходными данными для разработки структуры геоинформационной базы данных послужили:

1. Федеральный закон от 24 июля 2009 г. № 209-ФЗ «Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (статья 39);
2. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 31 августа 2010 г. № 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».

Созданная информационно-картографическая система базируется на принципах пространственно-временной взаимосвязи отображаемых процессов и показателей. В соответствии с этим принципом, каждый территориальный объект региона рассматривается как информационная единица, содержащая тематические показатели и даты учета этих показателей [3].

Тематические показатели могут служить базой для построения тематических карт различного территориального уровня, а наличие фактора учета времени позволяет отслеживать динамику процессов и моделировать дальнейшее развитие ситуации. В терминологии математического моделирования тематические и временные показатели являются сущностями, находящимися в отношениях (связях) по территориальному признаку. Для создания цифровой картографической базы данных была разработана логическая модель (рис. 3):

Созданная информационная структура отражает состав показателей учета и перечень необходимых электронных картографических слоев:

Основные слои охотреестра:

- общие данные по охотничьим угодиям;
- данные о численности млекопитающих;
- данные о численности птиц;

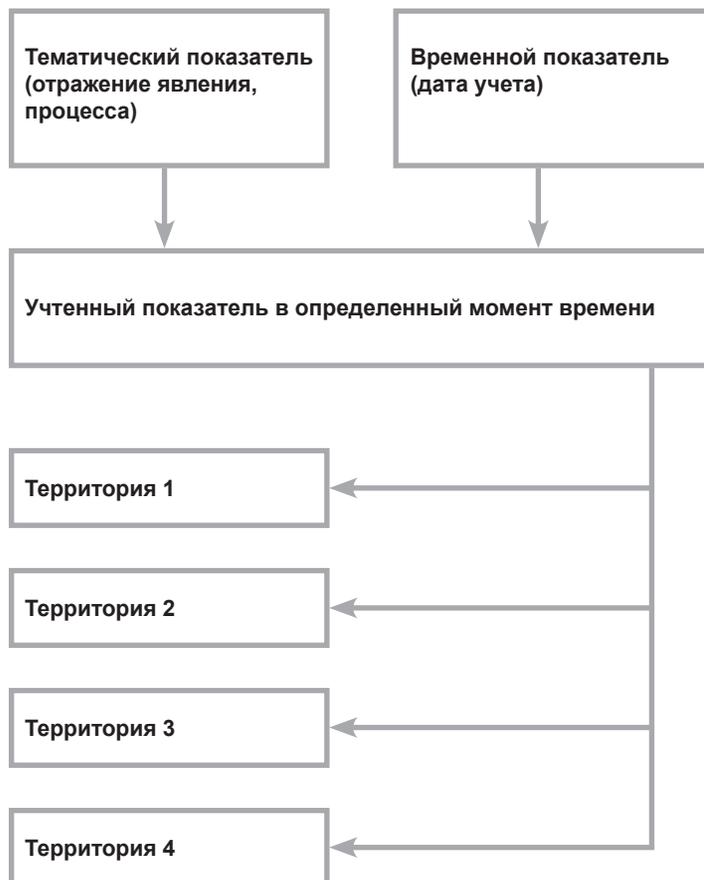


Рис. 3. Общая логическая модель базы данных.

- информация о плодовитости копытных животных;
- сведения о гибели охотресурсов;
- сведения о добыче копытных животных, отнесенных к объектам охоты;
- сведения о добыче пушных животных, отнесенных к объектам охоты;
- сведения о добыче птиц;
- сведения о добыче волка.

Дополнительные картографические слои:

- среды обитания;
- типы угодий;
- особо охраняемые природные территории;
- топография (дороги, границы, населенные пункты, гидрография, растительность, рельеф);
- данные спутниковой съемки.

На основании логической модели разработана физическая модель и непосредственно база данных. Для соответствия техническим требованиям к создаваемой информационно-картографической системе в качестве системы управления базами данных (СУБД) был выбран PostgreSQL.

Физическая модель базы данных имеет достаточно развернутую структуру, что обусловлено многочисленностью учитываемых показателей и территориальных единиц. Данная модель так же учитывает необходимость интеграции со средствами сетевой публикации, для отображения учтенных тематических показателей через «тонкий клиент». Общая структура таблиц, содержащих тематические показатели, в базе одинакова и позволяет учитывать каждый показатель с необходимой периодичностью.

Система состоит из нескольких совместимых компонентов, которые обеспечивают ее эффективную работу:

- атрибутивный модуль для ведения централизованного статистического наблюдения, сбора сведений о различных параметрах охотничьих угодий от всех муниципальных образований субъекта РФ и формирования форм строгой отчетности.
- гис оболочка под управлением ArcGis, позволяющая проводить пространственный анализ изменения охотустройства края и вести пространственный мониторинг динамики охотничьих ресурсов.
- геопортальное решение, предоставляющее Интернет пользователям (охотникам) получать доступ к пространственной и атрибутивной информации по каждому охотничьему угодью края (границы и расположение, наличие инфраструктуры, характеристика фауны и т.д.)

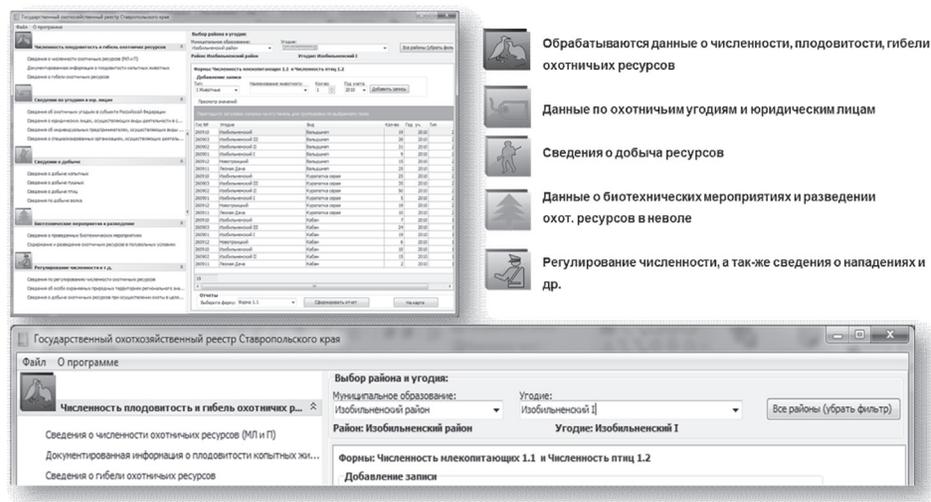


Рис. 4. Атрибутивный модуль сбора информации.

Атрибутивный модуль информационной системы «Государственный охотхозяйственный реестр» обеспечивает функции сбора сведений о различных параметрах охотничьих угодий от всех муниципальных образований региона (рис. 4). Данная процедура реализована с помощью шаблонов форм учета в формате MS Excel, обеспечивающем универсальность и привычную среду работы. Данные могут быть переданы в Министерство как по каналам связи, так и на электронных носителях. При импорте производится первичная проверка сведений и, при необходимости, обновление сведений.

Данные аккумулируются в единую базу, интегрированную непосредственно с геоинформационной системой. При этом данные, имеющие географическую привязку, могут быть отображены на соответствующем слое ГИС различными картографическими методами.

Данные каждой учетной формы могут быть отображены по любому показателю и переданы в систему вывода отчетности. Для каждой формы существует возможность просмотра, сохранения и распечатки в виде официального отчета.

Работа системы позволяет существенно повысить эффективность управления и привлечения инвестиций в охотничье хозяйство региона за

счет предоставления потенциальным инвесторам полного перечня пространственных, атрибутивных и описательных характеристик каждого из охотничьих угодий. Возможности ГИС позволяют проводить многокомпонентный пространственный анализ перспектив и ограничений ведения охотхозяйственной деятельности на конкретных территориях.

Система выполняет ряд функций имеющих большой управленческий и экономический эффект:

- ускорение и оптимизация статистической отчетности в области ведения охотничьей деятельности на территории края;
- формирование паспортов охотничьих ресурсов для выставления их на торги;
- проведение оперативного пространственно-статистического анализа динамики охотничьих ресурсов на различных территориальных уровнях;
- возможность осуществления ситуационного моделирования при разработке перспективных мероприятий в области охот устройства;
- повышение информационной открытости общедоступных пространственных данных через геопортальное решение.

При проектировании охотничьих хозяйств, планируемых в границах муниципальных образований (районов) Ставропольского и Краснодарского краев первоочередной являлась задача выделить каждое хозяйство (угодье), которое можно рассматривать в качестве полноценной самостоятельной охотхозяйственной единицы.

Принципы организации общедоступных охотничьих угодий базируются на социальной роли этих угодий, как средства обеспечения равнодоступности их для граждан-охотников, дающих возможность реализации для них социально значимого права на охоту. Не менее значимой является и роль общедоступных угодий на территории субъекта в качестве важной составляющей системы рационального использования и охраны природных ресурсов.

Требования к составлению схемы территориальной организации охотничьих хозяйств по возможности предусматривают выделение общедоступных угодий в каждом муниципальном районе субъекта [2]. Для

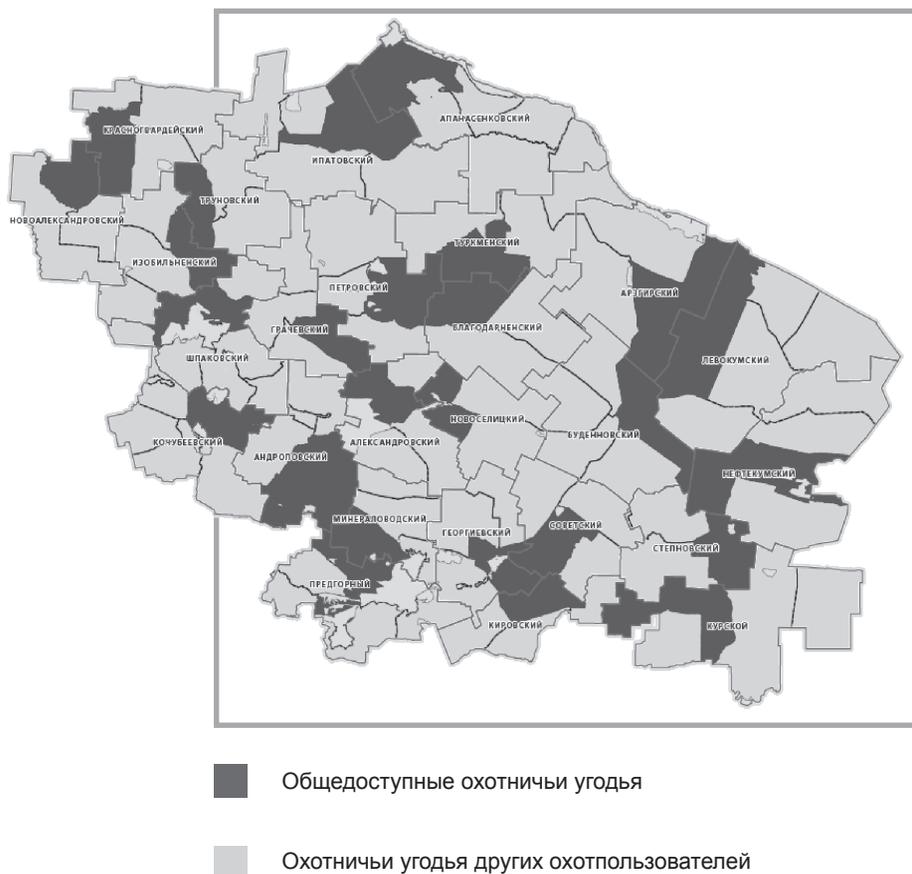


Рис. 5. Схема размещения общедоступных угодий.

соблюдения принципа равнодоступности угодий данной категории, общедоступные угодья в каждом районе выделены с учетом определенных требований.

Районный центр, как правило, располагается непосредственно в границах общедоступных угодий или угодья примыкают к нему или крупным городам в границах района, что в значительной степени решает вопрос фактической доступности данных угодий для большинства охотников (рис. 5).

Типологическая характеристика охотничьих угодий, отведенных на территории района в общедоступные, отражает аналогичную характерис-

тику угодий по муниципальному району в целом. Соблюдение данного условия позволяет обеспечить в общедоступных угодьях возможность производить охоту на все виды животных, то есть, реализовать принцип доступа граждан ко всем видам охоты. Например, при наличии на территории муниципального района лесных и (или) водно-болотных угодий, часть данных территорий в обязательном порядке была выделена в состав общедоступных угодий. Аналогичные подходы применялись и в отношении иных типов (групп типов) охотничьих угодий.

Данный принцип выделения охотничьих угодий в состав общедоступных – более правильный, нежели ориентация исключительно на бонитеты данных угодий для различных видов охотфауны, с последующим выделением в общедоступные угодья средних по бонитетам угодий. Во-первых, одни и те же угодья имеют различные бонитеты по разным видам животных, во-вторых, бонитет угодий неустойчивая во временном отношении их характеристика. Кроме того, выделение в общедоступные угодья только угодий среднего качества заведомо ущемляет права тех граждан, которые будут производить в них охоту, то есть, нарушается важнейший принцип равнодоступности всех категорий граждан к охотничьим ресурсам.

Общедоступные охотничьи угодья на территории края должны играть важную роль в выстраивании целостной региональной системы рационального природопользования. Установление режима охраны и использования данных угодий отнесено к исключительной компетенции специально уполномоченных органов власти субъекта. То есть, общедоступные угодья, учитывая их значительную площадь, должны использоваться и как эффективный инструмент управления природными ресурсами и животным миром в частности.

Для выполнения данной задачи общедоступные угодья выделялись с соблюдением принципов рационального природопользования и создания условий для эффективного управления угодьями:

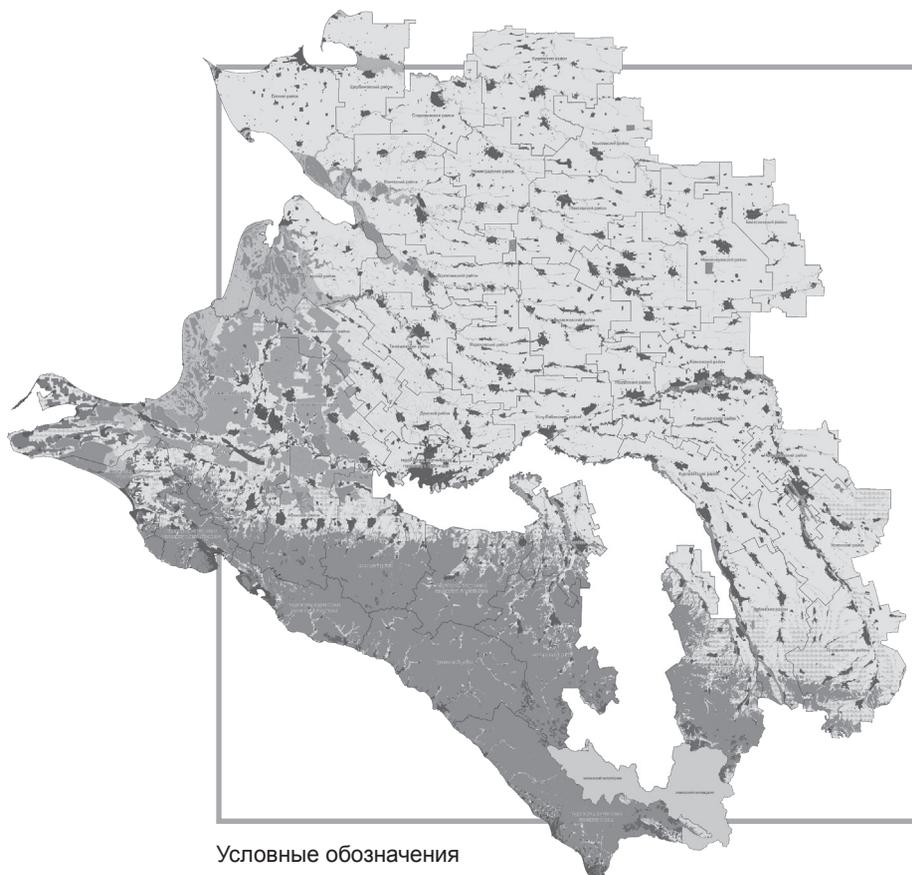
- 1) управляемость территорий обеспечивается их географическим положением (близость районного центра и, следовательно, местных органов власти: администрация, РОВД и т.д.);
- 2) границы общедоступных угодий проходят по четко выраженным на местности и долго сохраняющимся ориен-

тирам (автодороги, реки, каналы, линии ЭП и т.п.), что облегчит в дальнейшем описание их границ и натурное обозначение;

- 3) соблюден принцип сравнительно равномерного распределения общедоступных угодий по территории края. В результате образуется довольно равномерная сеть территорий с единой системой управления ресурсами, что позволит успешно реализовывать на территории региона различные программы по охране и воспроизводству отдельных видов охотфауны;
- 4) кадровый потенциал существующих природоохранных учреждений (егерская служба, Управление ООПТ и др.) при необходимости может быть задействован в мероприятиях по охране и воспроизводству охотничьих животных на территории общедоступных охотничьих угодий, поскольку общедоступные угодья в географическом положении имеют привязку к существующим (или проектируемым) ООПТ. Таким образом, повышаются возможности эффективного управления угодьями;
- 5) предусмотренное законодательством положение, согласно которому общедоступные охотничьи угодья должны составлять не менее чем двадцать процентов от общей площади охотничьих угодий субъекта Российской Федерации должны соблюдаться в полной мере.

На основе анализа административно-территориального устройства Краснодарского края, ведомственных, архивных и иных материалов, данных дистанционного зондирования Земли выделены элементы среды обитания охотничьих ресурсов и проведена их комплексная качественная оценка. Из 13 наиболее крупных таксонов среды обитания – категорий, полный перечень которых приведен в приложении к приказу Минприроды России № 335 от 31 августа 2010 г., на территории субъектов выделяются 12 категорий.

1. Леса (территории, покрытые кронами древесной и древесно-кустарниковой растительности более чем на 20 % площади и с высотой растений более 5 м).



Условные обозначения

Категории среды обитания охотничьих ресурсов	Классы среды обитания охотничьих ресурсов	Площадь, га	Доли общей площади края, %
Леса (территории, покрытые кронами древесной и древесно-кустарниковой растительности более чем на 20% площади и с высотой растений более 5 м)	Хвойные вечнозеленые (хвойных вечнозеленых пород более 80%)	43437	0,58
	Мелколиственные (мелколиственных пород более 80%)	16730	0,22
	Широколиственные (широколиственных пород более 30%)	1403218	19,78
Молодняк и кустарники (территории, покрытые кронами древесной и древесно-кустарниковой растительности более чем на 20% площади и с высотой растений до 5 м)	Вырубки и зарастающие поля	424	0,01
	Лиственные кустарники	62888	0,83
	Вечнозеленые кустарники	2488	0,03
	Травяные	24358	0,32
Болота (территории, постоянно или большую часть года избыточно насыщенные водой и покрытые специфической гидрофитной растительностью)	Луга	5195	0,07
Лугово-степные комплексы (территории, занятые многолетней мезофитной и коерофитной травянистой растительностью)	Полностью покрытые травой (каменной, лесов или кустарников до 20%)	75509	1,00
Альпийские луга (территории, занятые высокогорной травянистой растительностью, расположенные за верхними пределами горных лесов)	Горы без растительности	9929	0,13
Пустыни и камыи (территории, покрытые растительностью менее чем на 20% площади. К данной категории также относят солончак, ледники, осыпи и каменистые россыпи без растительности)	Ледники	711	0,01
Сельскохозяйственная (территории, вовлеченные в сельскохозяйственный оборот – пашни (в т.ч. заливные), залежи, сенокосы)	Пашни	3835562	50,81
	Луга сельскохозяйственного назначения (сенокосы и пастбища)	517368	6,85
	Заливные пашни	288979	3,83
Внутренние водные объекты (все акватории водотоков (рек, ручьев, мелководных каналов), озер, прудов и водохранилищ)	Водотоки	84585	1,12
	Водохранилища	36823	0,49
	Озера, пруды	158154	2,10
Пойменные комплексы (территории, затопляемые в период половодья водотоков, находящиеся между среднестатистическими минимальным и максимальным уровнями воды, в том числе покрытые древесно-кустарниковой растительностью)	С преобладанием леса (лес более 80%)	46072	0,61
	С преобладанием травянистой растительности (лес и кустарники до 20%)	101598	1,35
Береговые комплексы (периодически затопляемые прибрежные территории (в том числе притивно-отливные) озер, прудов, водохранилищ, морей к озерам, находящиеся между среднестатистическими минимальным и максимальным уровнями воды, а также мелководные участки этих водных объектов, занятые прибрежной наземной гидрофитной растительностью)	Береговой комплекс внутренних водных объектов	61306	0,81
	Береговой комплекс внешних водных объектов	164795	2,18
Преобразованные и поврежденные участки (леса поврежденные пожарами (гари), территории нефтегазов, торфоразработки, участки с нарушенным почвенным покровом в результате добычи полезных ископаемых к другим техногенным воздействиям)	Преобразованные и поврежденные участки (гари, торфоразработки, ветровалы и др.)	1466	0,02
Непригодные для ведения охотничьего хозяйства (территории, занятые населенными пунктами, промышленными комплексами, рудеральными территориями (свалки, кладбища и др.))	Промышленные и рудеральные комплексы, населенные пункты и др.	514461	6,82
		7548767	100

Рис. 6. Схема сред обитания охотничьих ресурсов.

2. Молодняки и кустарники (территории, покрытые кронами древесной и древесно-кустарниковой растительности более чем на 20% площади и с высотой растений до 5 м).
3. Болота (территории, постоянно или большую часть года избыточно насыщенные водой и покрытые специфической гигрофитной растительностью).
4. Лугово-степные комплексы (территории, занятые многолетней мезофитной и ксерофитной травянистой растительностью).
5. Альпийские луга (территории, занятые высокогорной травянистой растительностью, расположенные за верхними пределами горных лесов).
6. Пустыни и камни (территории, покрытые растительностью менее чем на 20% площади. К данной категории также относят солончаки, ледники, скалы и каменистые россыпи без растительности).
7. Сельхозугодья (территории, вовлеченные в сельскохозяйственный оборот – пашни (в т. ч. заливные), залежи, сенокосы).
8. Внутренние водные объекты (все акватории водотоков (рек, ручьев, мелиоративных каналов), озер, прудов и водохранилищ).
9. Пойменные комплексы (территории, затопляемые в период половодья водотоков, находящиеся между среднестатистическим минимальным и максимальным урезами воды, в том числе покрытые древесно-кустарниковой растительностью).
10. Береговые комплексы (периодически затапливаемые прибрежные территории (в том числе приливно-отливные) озер, прудов, водохранилищ, морей и океанов, находящиеся между среднестатистическим минимальным и максимальным урезами воды, а также мелководные участки этих водных объектов, занятые прикрепленной надводной гигрофитной растительностью).

11. Преобразованные и поврежденные участки (леса, поврежденные пожарами (гари), территории ветровалов, торфоразработок, участки с нарушенным почвенным покровом в результате добычи полезных ископаемых и других техногенных воздействий).
12. Непригодные для ведения охотничьего хозяйства (территории, занятые населенными пунктами, промышленными комплексами, рудеральные территории – свалки, кладбища и др. (рис. 6) [2].

Выделение и картографирование комплексов происходило на основании данных дистанционного зондирования Земли, с уточнением на местности наиболее сложных контуров. Отделение достигалось путем создания растровых масок на определенные виды угодий и ландшафтов. Сущность подхода заключается в следующем. К исходному мультиспектральному изображению применяются растровые маски, что повышает надежность дешифрирования ландшафтов и угодий на каждом из последовательных шагов алгоритма. Дешифрирование ландшафтов и угодий осуществляется от наиболее легко дешифрируемых объектов к наиболее сложно дешифрируемым объектам [1]. Таким образом, на выходе вместо обычного классифицированного изображения было получено несколько файлов, соответствующих различным категориям и классам элементов среды обитания. Все эти файлы были получены на различных этапах последовательного иерархического дешифрирования. Растровые файлы классов были объединены в единый файл, который затем был подвергнут автоматизированной генерализации. На заключительном этапе карта была переведена в векторный формат и дополнена файлом легенды.

Визуальный анализ по полученным целевым классам показывает их хорошую сходимость с реальной ландшафтной структурой изучаемой территории. Однако строгий научный подход требует проведения валидационных и верификационных исследований, которые в данной работе, к сожалению, не проводились. В дальнейшем, при выполнении аналогичных работ, планируется оценка достоверности результатов дешифрирования с построением матрицы ошибок. Информация, полученная в ходе исследования среды обитания, служит основой проведения бонитировки охотничьих угодий.

Организационная структура базы данных и архитектуры разработанной ГИС позволяет реализовать ее на территории любого субъекта РФ, что является еще одним шагом к формированию единой системы ведения охот хозяйственного реестра на территории страны и реализации инфокоммуникационных инструментов привлечения инвестиций в отрасль.

- ЛИТЕРАТУРА**
1. **Мышляков С. Г.** Особенности дешифрирования ландшафтов по мультиспектральным космическим снимкам для создания карты элементов среды обитания охотничьих ресурсов // Геоматика. 2013. № 1.
 2. **Приказ Минприроды России** от 31 августа 2010 г. № 335 «Об утверждении требований к содержанию, формам отчетности об осуществлении переданных полномочий РФ в области охоты и сохранении охотничьих ресурсов».
 3. **Схема размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории Ставропольского края.** Ставрополь. 2011.
 4. **Федеральный Закон «Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»** № 209-ФЗ от 17 июля 2009 года.

ОБ АВТОРАХ

Лиховид Андрей Александрович, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт математики и естественных наук, доктор географических наук, профессор, завкафедрой геоинформатики и картографии. тел: 8 (962) 440-80-60, e-mail: likhovid@mail.ru.

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

Приходько Роман Александрович, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт математики и естественных наук, старший преподаватель кафедры геоинформатики и картографии, тел. 8 (918) 779-06-88, e-mail: prihodko_roman@mail.ru.

Юрин Дмитрий Викторович, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт математики и естественных наук, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и ландшафтоведения, тел: 8 (905) 415-56-23, e-mail: phisgeo@yandex.ru.

Likhovid Andrey Alexandrovich, FGAOU VPO «North Caucasian Federal University», Doctor of Geographical Sciences, Department of Geoinformatics and Cartography. Phone 8 (962) 440-80-60.
E-mail: likhovid@mail.ru.

Panin Alexander Nikolaevich, FGAOU VPO «North Caucasian Federal University», candidate of geographical sciences, associate professor of Geoinformatics and Cartography. Phone 8 (915) 023-77-77.
E-mail: alex_pandin@mail.ru.

Prihodko Roman Alexandrovich, FGAOU VPO «North Caucasian Federal University», a senior lecturer in Geoinformation and Cartography. Phone 8 (918) 779-06-88.
E-mail: prihodko_roman@mail.ru.

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

УДК 911.37

**В. С. Тикунов [V. S. Tikunov],
В. С. Белозеров [V. S. Beloseroov],
А. Н. Панин [A. N. Panin],
А. А. Черкасов [A. A. Cherkasov].**

ПОЛИМАСШТАБНЫЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ: ОБЩИЕ ПОДХОДЫ¹

Polimasshtabny geoinformation monitoring migration processes: general approaches

В статье рассматриваются общие подходы для проведения мониторинга миграционных процессов на основе ГИС-технологий. Большое внимание уделяется полимасштабному подходу в исследовании. Подробно представлены функциональные блоки ГИС-мониторинга, а так же возможности моделирования миграционных процессов.

Ключевые слова: геоинформатика, система, мониторинг, миграционные процессы, геоинформационное моделирование.

This article discusses common approaches to monitor migration processes based on GIS technologies. Much attention is paid polimasshtabnomu approach in the study. Detail the functional blocks GIS monitoring, as well as the possibility of modeling of migration processes.

Keywords: geo-information system, monitoring, migration, GIS modeling.

Постсоветский период характеризуется изменением факторов и основных характеристик миграционных процессов в странах бывшего СССР. В новых социально-экономических условиях изменилась в целом география миграционных потоков, этнических миграций как на страновом, так и региональном, а также локальном и поселенческом уровне. Миграция чутко реагировала на изменения в целом на постсоветском пространстве, в России, ее регионах [9]. Вначале 1990-х годов Россия «... оставалась домом для многих титульных народов стран ближ-

1 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».

него зарубежья», однако активно развивались репатриационные процессы; поменялись «ролями» принимающие и отдающие мигрантов регионы; на время изменились миграционные потоки в системе «город – село». Крупномасштабный анализ миграционных потоков показал, что стрессовый характер миграции и ее массовость повлияли на географию расселения мигрантов в сети сельских поселений. В последующие годы миграционные потоки постепенно восстанавливают отдельные традиционные черты или приобретают новые.

Исследование интенсивных изменений пространственно-временных характеристик миграционных потоков, получение оперативной информации, в т. ч. в визуализированном формате, требует применения современных геоинформационных технологий, позволяющих оперативно систематизировать, визуализировать, моделировать большой массив статистической информации. Для решения этой задачи нами разработана геоинформационная система полимасштабного мониторинга миграционных процессов.

Принцип полимасштабности используется при исследовании демографических, миграционных процессов [2], этнической структуры населения [7].

Используемый в работе принцип полимасштабности опирается на исследования И. М. Маергойза, А. И. Трейвиша, других ученых и понимается как метод оперирования масштабами–рангами территории при исследовании миграционных процессов для выявления пространственно-временных особенностей миграции. Полимасштабность исследования включает следующие уровни: государственный – Российская Федерация (другие страны), региональный – субъект РФ, районный – муниципальный район и поселенческий – город, сельский населенный пункт.

Геоинформационный мониторинг миграционных процессов. Система геоинформационного мониторинга миграционных процессов – это комплексная система, консолидирующая географическую и атрибутивную информацию об исследуемой территории в едином хранилище, для целей проведения пространственно-временного анализа, оперативного мониторинга, а также моделирования миграционных процессов. Геоинформационный мониторинг понимается нами как система сбора данных о состоянии пространственно-временных индикаторов территориально распределенных объектов, явлений и процессов, обработка и анализ результатов

с использованием ГИС-технологий, визуализация (картографирование), анализ и оценка, и прогнозирование изменения состояния с целью поддержки принятия управленческих решений. Система геоинформационного мониторинга реализована на основе реляционной системы управления базами данных Microsoft SQL Server и семейства программных продуктов ESRI ArcGIS: настольная часть на базе ESRI ArcGIS.

Основными принципами геоинформационного мониторинга являются:

- иерархичность территориальных уровней;
- множественность форм исходных данных;
- анализ динамики и моделирование миграционных процессов.

Для организации мониторинга миграционных процессов нами разработана концептуальная схема (рис. 1). При ее создании нами использован опыт разработки в лаборатории «Народонаселение и ГИС-технологии» СКФУ концептуальных схем геоинформационного мониторинга этнодемографических процессов [10], демографических процессов [12], этнических процессов [13].

Основными этапами построения геоинформационной системы мониторинга миграционных процессов являются:

- 1) создание концепции по реализации ГИС-мониторинга, выбор логической структуры и создание на основе собранных материалов пространственной базы геоданных, подготовка картографической основы;
- 2) формирование базы геоданных статистическими показателями о миграционных процессах в России, регионах, муниципальных районах, поселениях;
- 3) построение пространственно-временных моделей, картографирование миграционных процессов в России, регионах, муниципальных районах, поселениях;
- 4) мониторинг и экспертиза миграционных процессов на разных территориальных уровнях (страновом, региональном, муниципальном, поселенческом).

Разработанная геоинформационная система мониторинга включает пять ключевых составляющих: аппаратные средства, программное обес-

ПОЛИМАСШТАБНЫЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

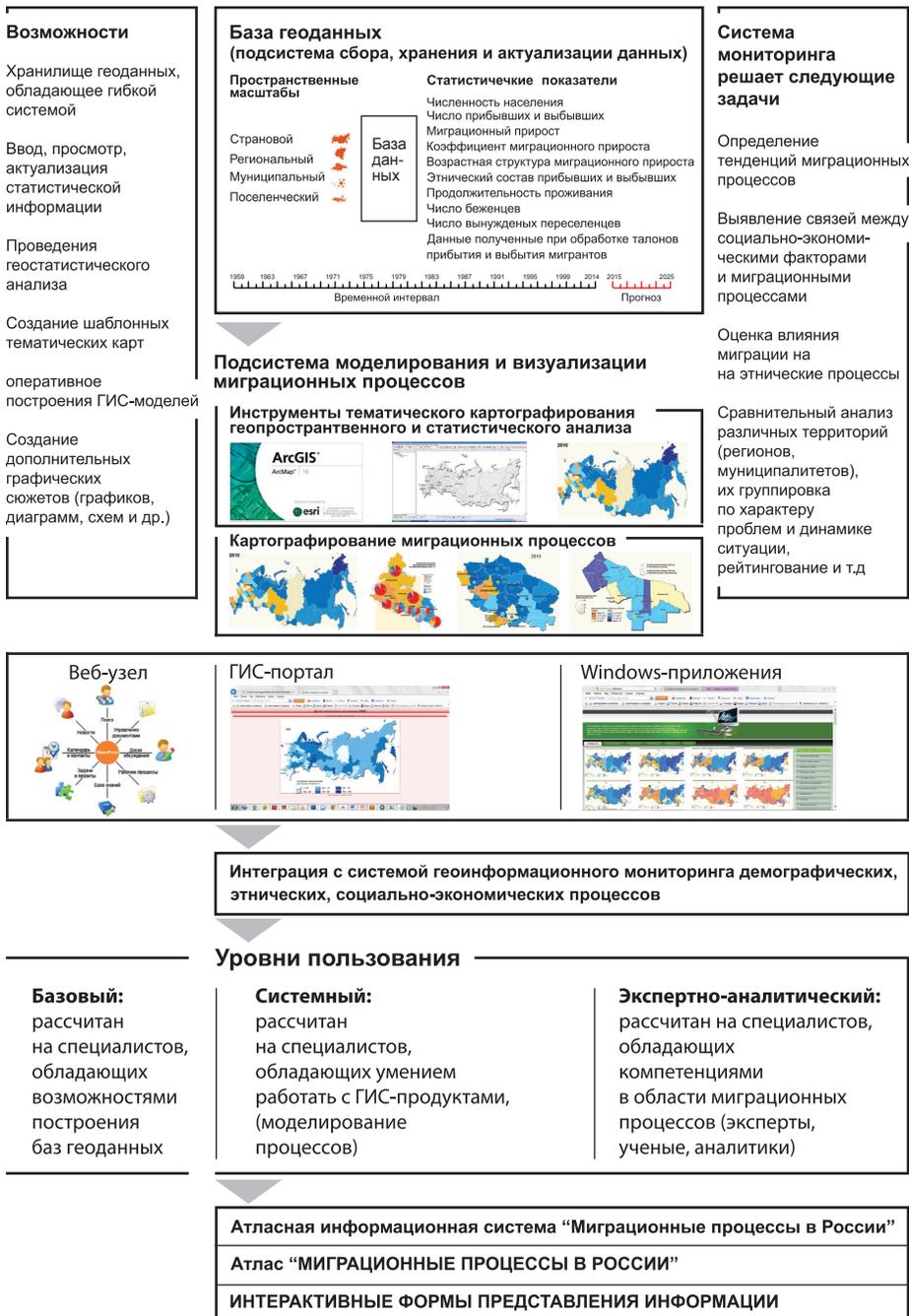


Рис. 1. Концептуальная схема геоинформационного мониторинга миграционных процессов в России.

печение, данные, исполнители и методы. Программное обеспечение ГИС содержит функции и инструменты, необходимые для хранения, анализа и визуализации географической (пространственной) информации об этнических аспектах урбанизации. В данном случае это функции и инструменты, основанные на программной платформе ArcGIS Spatial Analyst фирмы ESRI. Система ArcGIS, подобно другим мощным информационным системам, обладает четко определенной моделью для работы с данными, прежде всего пространственными. Эта модель – база данных (база геоданных) – является основной для хранения информации о миграционных процессах [7].

Важным элементом системы являются функциональные блоки. Первый блок – хранилище пространственной информации. Реализованы возможности использования различных типов данных, обеспечивающих проведение геоинформационного мониторинга (статистические данные; отрывные талоны к листку статистического учета мигрантов; материалы социологических опросов). Временная шкала в системе геоинформационного мониторинга делится на этапы: начало постсоветского периода – 1992 г., середина 1990-х г., вторая половина 1990-х – 2000 гг., начало 2000-х – 2005 гг.; середина первого десятилетия XXI в. – 2012–2014 гг.

Второй блок – веб-узел, позволяющий оперативно моделировать на веб-странице тематические карты, отражающие состояние миграционных процессов на территории. Организация и содержание картографических материалов обеспечивают аналитическую поддержку при оценке состояния адаптационно-интеграционных процессов и их территориальную дифференциацию на разных временных этапах.

Третий блок – модуль автоматического формирования запросов к базе геоданных, являющийся частью веб-страницы, позволяет просмотреть и проанализировать в онлайн-режиме хранящуюся в базе геоданных статистическую информацию, а также производить ее корректировку или вводить новую, ранее не имеющуюся в системе мониторинга.

Данные – это наиболее важный компонент геоинформационного мониторинга миграционных процессов. Это статистические показатели, основанные на данных Федеральной службы государственной статистики (миграционный прирост населения, число прибывших и выбывших мигрантов, коэффициент миграционного прироста и др.), а так же данные, полученные в результате обработке талонов прибытия и выбытия мигрантов с помощью программного комплекса «Миграция», «Анкета»

[1]. Данные ГИС мониторинга миграционных процессов интегрируются с пространственными показателями других систем геоинформационного мониторинга, в том числе с демографическими, этническими, социально-экономическими данными.

Геоинформационный мониторинг миграционных процессов разработан специалистами, обладающими навыками работы с программным продуктом ArcGIS Spatial Analyst. В свою очередь ГИС-мониторинг миграционных процессов в России предполагает три уровня пользования. Первый – базовый: рассчитан на специалистов, обладающих возможностями построения баз геоданных. Второй – системный: рассчитан на специалистов, работающих с ГИС-продуктами, (моделирование процессов). Третий – экспертно-аналитический: рассчитан на специалистов, обладающих компетенциями в области миграционных процессов (эксперты, ученые, аналитики, управленцы).

Эффективность использования ГИС-мониторинга миграционных процессов во многом заключается в правильно разработанном плане и определённых правилах работы, которые соответствуют специфике поставленной задачи. В данном случае концептуальная схема геоинформационного мониторинга миграционных процессов в России отражает общий план работы по созданию и использованию системы.

Полимасштабная геоинформационная система содержит крупные массивы миграционных показателей, тесно связана с интернет-технологиями и позволяет на качественно новом уровне и оперативно проводить мониторинг миграционных процессов. Это значительно расширяет доступ к миграционным показателям разного территориального уровня, упрощает процедуру отображения статистической информации, ее дополнения и оперативного изменения; автоматизирует процесс анализа миграционных процессов; повышает оперативность и эффективность работы органов государственной власти при разработке региональной политики с учетом особенностей миграционной ситуации различных территорий.

База геоданных системы включает 11 миграционных показателей на страновом, 12 – на региональном, 13 – на локальном и 14 – на поселенческом уровне (табл.1).

Визуализация является важным элементом любой ГИС, в том числе позволяющая готовить пространственно-временные модели. Полимасштабный геоинформационный мониторинг миграционных процессов предполагает привлечение математических программных продуктов с

Табл. 1. ПОКАЗАТЕЛИ МИГРАЦИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ
ДЛЯ МОНИТОРИНГА МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ
НА РАЗНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ УРОВНЯХ

№	Показатели	Страно- вой	Регио- нальный	Локаль- ный	Поселен- ческий
1.	Количественный				
	Число прибывших	+	+	+	+
	Число выбывших	+	+	+	+
	Миграционный прирост/МП	+	+	+	+
	Коэффициент МП	+	+	+	+
2.	Территориальная структура				
	Международная	+	+	+	+
	Межрегиональная	+	+	+	+
	Внутрирегиональная		+	+	+
	Локальная			+	+
	Межселенная				+
3.	Качественная характеристика				
	Этнический состав	+	+	+	+
	Половой состав	+	+	+	+
	Возрастной состав	+	+	+	+
	Уровень образования	+	+	+	+
4.	Продолжительность проживания	+	+	+	+

использованием информации, хранящейся в базе геоданных. Геоинформационный мониторинг позволяют конструировать модели динамики явления, конструировать модели структуры явлений [11], а так же повысить автоматизацию воспроизводства картографических изображений.

При моделировании миграционных процессов активно используются метод полигонов, где каждый регион (полигон) окрашивался в цвет заданной ему градации. Данные модели позволяют выявлять пространственные особенности миграционного прироста (убыли) населения на всех территориальных рангах. Для моделирования этнических процессов в России использован центрографический метод [14], который применим и для исследования миграционных процессов. Созданный на основе этого метода картографический материал позволяет демонстрировать в динамике смещения центра тяжести регионов выбытия и демонстрировать центр тяжести регионов прибытия. В целях более наглядного отражения миграционных процессов нами используется прием построения эпюр [8]. Построенные при помощи данного приема картографические материал позволяет визуализировать миграционный обмен между территориями, как на страновом, так и региональном, локальном уровне.

Миграционные процессы рассматриваются через характеристику общего миграционного потока, его территориальных, этнических, демографических особенностей на разных территориальных уровнях – от странового до поселенческого. В настоящее время возможности геоинформационного мониторинга апробированы при исследовании миграционных процессов в Ставропольском крае на региональном, локальном [3], поселенческом уровне [6].

Предложенная система мониторинга миграционных процессов позволяет совершенствовать принципы принятия управленческих решений при разработке программ развития территорий различных масштабов.

- ЛИТЕРАТУРА**
1. **Белозеров В. С., Панин А. Н.** Формирование региональной базы данных по миграции в Ставропольском крае // Миграции и пространственная мобильность в сельско-городском континууме России в 20 веке: управляемость, адаптивность и стратегии преодоления. Ставрополь, 2011, С. 154–166.
 2. **Белозеров В. С., Раужин И. Г.** Геоинформационная система полимасштабного мониторинга миграционных процессов в России // ИнтерКарто-ИнтерГИС-18: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт / ред. С. П. Евдокимов. Смоленск, 2012.

- С. 280 – 283.
3. **Белозеров В. С., Панин А. Н. Чихичин В. В.** Этнический атлас Ставропольского края – Ставрополь: из-во СГУ, 2008. 208 с.
 4. **Белозеров В. С., Панин А. Н.** Мониторинг этнических процессов Северного Кавказа с помощью ГИС-технологий // Расселений, этнокультурная мозаика, геополитика и безопасность горных стран: тезисы Международной конференции. Ставрополь: Из-во СГУ, 2001. С. 226.
 5. **Белозеров В. С., Черкасов А. А.** Исследование этнических аспектов урбанизации в России с помощью ГИС технологий // Вестник Ставропольского государственного университета. 2012. Вып. 80 (3). С. 183–188.
 6. **Белозеров В. С., Щитова Н. А., Панин А. Н., Чихичин В. В., Фурщик М. А., Черкасов А. А. и др.** Миграционные процессы в России: Атлас. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2011. 52 с.: Ил.
 7. **Белозеров В. С., Черкасов А. А.** ГИС-мониторинг этнических процессов в России // Современная наука и инновации. Ставрополь. 2013. № 1 С. 157–161.
 8. **Берлянт А. М.** Картографический метод исследования. М.: Изд-во МГУ. 1978 (2-е изд. 1988).
 9. **Зайончковская Ж. А.** Миграционные связи России после распада СССР // Миграционные процессы после распада СССР. М., 1994. С 21–35.
 10. **Панин А. Н.** Атласная информационная система «Этнодемографические процессы в Ставропольском крае»: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ставрополь, 2005.
 11. **Тикунов В. С.** Моделирование в картографии. М.: Изд-во Моск. унта, 1997. 405 с.
 12. **Раужин И. Г.** Полимасштабный мониторинг демографических процессов в России с использованием геоинформационных технологий: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ставрополь, 2011.
 13. **Черкасов А. А.** Мониторинг этнических аспектов урбанизации на основе ГИС-технологий: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ставрополь, 2013.
 14. **Vitaly S. Belozeroov, Vladimir S. Tikunov, Alexander A. Cherkasov, Auydyn Ibrahimov, Vedat Caliskan** Geoinformation technologies in the study of ethnic aspects of urbanization in Russia // Geography, environment, sustainability. 2013. № 4(6). С. 19–30.

ОБ АВТОРАХ

Тикунов Владимир Сергеевич, заведующий Лабораторией комплексного картографирования и Лаборатории устойчивого развития территорий географического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, доктор географических наук, профессор. Телефон +7-495-939-1339, e-mail: tikunov@geogr.msu.ru

Белозеров Виталий Семёнович, заведующий кафедрой экономической и социальной географии Института математики и естес-

твенных наук (ИМЕН), заместитель проректора по учебной работе и академическому развитию Северо-Кавказского федерального университета, доктор географических наук, профессор. Телефон 61-77-88.

E-mail: vsbelozarov@yandex.ru.

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

E-mail: alex_panin@mail.ru.

Черкасов Александр Александрович, старший преподаватель кафедры картографии и геоинформатики Института математики и естественных наук Северо-Кавказского федерального университета, кандидат географических наук. Телефон 8 (906) 460-99-98.

E-mail: cherkasov_stav@mail.ru.

Tikunov Vladimir Sergeevich, head of the Laboratory complex mapping and sustainable development of territories, Faculty of Geography in the Moscow State University. MV University, Doctor of Geographical Sciences, Professor. Phone +7-495-939-1339.

E-mail: tikunov@geogr.msu.su.

BeloseroV Vitaly Semenovich, head of economic and social geography in the Institute of Mathematics and Natural Sciences (NAMES), vice provost for academic affairs and academic development of the North Caucasus Federal University, Doctor of Geographical Sciences, professor. Phone 61-77-88.

E-mail: vsbelozarov@yandex.ru.

Panin Alexander Nikolaevich, a senior fellow at the Center World Data System MSU. Lomonosov University, candidate of geographical sciences. Telephone 89150237777.

E-mail: alex_panin@mail.ru.

Cherkasov Alexander Alexandrovich, a senior lecturer in cartography and geoinformatics in the Institute of Mathematics and Natural Sciences of the North Caucasus Federal University, candidate of geographical sciences. Telephone 8 (906) 460-99-98.

E-mail: cherkasov_stav@mail.ru.

УДК 911.2

Л. А. Афонин [L. A. AFONIN]

ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАВОДКОВ И НАВОДНЕНИЙ

Problems of forecasting floods and flooding

В статье обращается внимание на то, что наводнения происходят в России ежегодно, некоторые из них с гигантским ущербом для страны. Надежное их прогнозирование требует своевременного определения объема и временные параметры дождевых водотоков и мощности и скорости русловых потоков на всем протяжении реки. Обсуждаются вопросы повышения точности измерения этих параметров.

Ключевые слова: прогнозирование водотоков, водоносность облаков, уровень потока, профиль и уклон реки, наводнение.

The article draws attention to the fact that floods take place every year in Russia and some of them bring a huge damage to the country. Their reliable prediction requires timely determine of the amount and timing of rain and streams of power and speed channel flow throughout the river. Questions of improving the accuracy of measurement of these parameters are discussed.

Keywords: forecasting watercourses, water content of clouds, the level of flow, profile and slope of the river, flood

На реках России паводки нередко переходят в наводнения, часто нанося гигантский ущерб территориям. По данным, опубликованным в различных СМИ в 2013 году, первым в России было наводнение в низовье р. Дон. Из-за сгона воды при сильном ветре из Таганрогского залива в Азовский район Ростовской области сложилась чрезвычайная ситуация. Вода тогда поднялась выше семи метров и подтопила 21 населенный пункт. В трех населенных пунктах отключили газоснабжение. Без газа остались около 1,8 тыс. человек. Всего в зоне подтопления, как сообщало региональное МЧС, оказались более двух тысяч домовладений, в которых проживали около 5 100 человек. Из-за наводнения пришлось эвакуировать около 320 человек. Людей селили к родственникам и в пункты временного размещения [1].

Весенний паводок 2013 г. в Якутии затопил поселки и основные транспортные коммуникации. Ущерб составил почти 1 миллиард рублей. Всего подтоплено 5 населенных пунктов, на территории 2 муниципальных образований и одного городского округа, которые включают 108 дворовых территорий, где проживает 305 человек, в том числе 102 ребенка,

419 жилых домов, с населением 1 356 человек, из них 450 детей и 4 социально-значимых объекта [2].

Наибольший ущерб принесло наводнение на реке Амур в июле – ноябре 2013 г., когда были затоплены территории пяти регионов страны: Амурской области, Хабаровского края, Еврейской автономной области, Республики Саха (Якутия) и Приморского края. В результате наводнения на Дальнем Востоке подтоплено свыше 11 тысяч домов. Более 100 тысяч человек потеряли кров и все имущество. В зоне подтопления оказались 130 населенных пунктов. Общий ущерб от наводнения превысил 30 миллиардов рублей [3].

Всегда у населения возникает вопрос, почему его не предупредили о предстоящем наводнении. Прокуратура ищет виновных среди сотрудников администрации территорий и руководителей местных подразделений МЧС. А главные причины несвоевременного оповещения о начале такого грозного природного явления, по нашему мнению, заключаются в том, что:

- разобщены научные учреждения страны; на сегодня не разработаны надежные методики оперативных (сутки – часы) прогнозов наводнений, в основе которых использовались бы современные аэрокосмические и информационные технологии;
- нет достаточного приборного оснащения измерений различных параметров этого грозного явления на всех этапах его зарождения и развития;
- нет организационной структуры, способной владеть необходимым приборным и методическим арсеналом, применять его на всём бассейне реки, а не на отдельных его участках.

В настоящей статье с системных позиций рассматриваются проблемы оперативного прогнозирования наводнений рек с горным водозабором и равнинным основным руслом, рек кавказского типа [7] .

Явления, предшествующие наводнению.

Цепочка явлений, предшествующая наводнению, следующая: скопление дождевых облаков над бассейном водосбора – интенсивный дождь со снеготаянием – формирование водотока по руслам рек

горного водосборного участка – прохождение водотока по основному равнинному руслу до устья реки.

Если водоток по своему объему вмещается в существующее русло, то наводнений не будет. Обычно русло реки имеет несколько критических участков, где небольшое превышение паводкового уровня вызывает перелив воды через ограждающие дамбы, их размыв и затопление территорий. Это обычно в нижней части реки. Чаше встречаются по руслу реки сравнительно небольшие низменные участки (район стариц), которые раз в несколько лет затопляются. Такие участки должны быть объектом усиленного контроля местных властей с целью запрета поселений в них и исключения возможных больших социальных потерь.

Прогнозированию поведения рек посвящены много работ [4, 5]. Наиболее точные результаты были достигнуты при прогнозе уровня Невских наводнений, где уверенный прогноз составляется на 6 часов. Достаточно грубые ошибки прогнозирования других паводков описаны в работе [5].

Работы по прогнозированию поведения рек можно разделить по назначению на две группы. Первая, самая многочисленная, посвящена прогнозированию поведения реки с целью создания надежных гидротехнических сооружений. Вторая – краткосрочным прогнозам уровня рек (сутки) для своевременного предупреждения катастрофических наводнений. Вторая группа изучена слабо, ибо требует знания рельефа и профиля водосборного участка и русла рек с высокой точностью (сантиметры уровня). Это очень трудозатратные работы. Их отсутствие и объясняет низкую оперативность и недостаточную точность суточных прогнозов.

Ошибочность свойственна всем этапам прогнозирования развития ливневых потоков. Повышение точности оперативных прогнозов быстро текущих ливневых процессов, вызывающих большие материальные потери, требует достаточно точных знаний географических параметров русла, гидрометеорологических характеристик, математических моделей развития опасных береговых и донных явлений и механизма ежегодной корректировки их параметров. Под оперативным прогнозом мы понимаем прогноз на время, меньшее времени продвижения потока от истока до устья. Решающая роль при прогнозировании принадлежит полноте и точности количественных характеристик выпадающих осадков, дефицита почвенной влаги, уровнях воды в реке, геометрических характеристик водосбора и водотока, параметров общей синоптической обстановки, ветра, атмосферного давления, гидрологии всего русла. Для неевских наводнений

благодаря труду ученых за несколько десятилетий удалось создать модели точного прогноза (6 часов). А вот дать точный прогноз по наводнениям, описанным в начале статьи, оказалось непосильной задачей для служб Росгидромета.

Ошибки прогнозирования возникают прежде всего при определении общего объема дождевой воды над водосборным участком. Сейчас он определяется качественно радиолокацией по всему объему облачности. Но остаются неопределенными топографические характеристики осадков, момент начала дождя и его окончания, процент превращения водяных паров в дождь, количество влаги, поглощаемой почвой. Именно эти данные снижают качество оперативного прогноза водотока на начальных этапах.

Следующий этап – количественная формализация потока в начале русла реки. Весь бассейн водосбора всегда можно разделить на участки, которые в нижней части имеет русло. При прогнозировании объема потока в начале русла необходимо знать площадь дождевых осадков и их плотность, площадь и объем снеговых осадков, общую синоптическую обстановку, скорость выходного потока в русле водосборного участка и динамику его уровня.

Далее должны быть известными точные топографические характеристики русла, позволяющие рассчитывать скорости потока воды и её уровень в существующем рельефе. Модель потока должна обеспечивать периодичность расчетов в среднем через каждые 100 м. Ошибка оценки уровня должна быть несколько сантиметров в местах возможного перелива через обвалование русла. Расчет должен заканчиваться картой риска перелива через существующие границы русла и объемами затопления, а также разрушения боковых бортов русла.

Определение количества выпадающих осадков.

Наиболее опасны для ливневых процессов кучево-дождевые облака. Это белые облака с темными, иногда синеватыми основаниями, поднимающиеся в виде огромных масс, подобных горам с ослепительно белыми вершинами. Высота основания 0,4–2 км. Осадки имеют ливневый характер, часто наблюдается гроза [5].

Кучево-дождевые облака содержат капельки воды и ледяные кристаллы. Мощность их колеблется от 5–7 км до 13–14 км. Последние не-

сут очень сильные ливни, грозы, град. По принятой классификации выделяются три типа кучево-дождевых облаков: одноячейковые, многоячейковые и облака типа сверхячеек (суперячеек). Одноячейковые облака состоят из одной конвективной ячейки с восходящим потоком в центральной части и имеют осесимметричную форму. Осадки этих облаков могут достигать грозовой и градовой интенсивности, но быстро разрушаются. Продолжительность жизни таких облаков около 1 часа, верхняя граница достигает уровня 8–12 км, поперечный размер 5–20 км.

Более мощные и долгоживущие облака имеет несколько конвективных ячеек разной стадии развития (многоячейстые). С ними связаны сильные грозы и ливни, град. Продолжительность жизни в среднем около полутора часов. Поперечный размер 20–40 км высотой до 16 км.

Наиболее интенсивные облака – это сверхячейки. Они имеют одноячейковую структуру с горизонтальными размерами 20–40 км и высотой 12–16 км. Наблюдаются большие скорости ветра до 40 м/с. В окрестностях вершин имеет место сложная картина вертикальных движений. С такими облаками связаны градообразование и катастрофические ливни. Продолжительность жизни до 4 часов.

Основная задача прогнозирования осадков из кучево-дождевых облаков требует определения проекции дождевого потока на земную поверхность, его плотность и динамику изменения интенсивности. Эти данные позволяют вычислять характеристики осадков, выпадающие на рассматриваемую территорию. Хотя в литературе имеются сообщения о создании численных моделей полей конвективной облачности, решение поставленной задачи требует большого эмпирического материала о топографии исследуемой местности.

Раннее обнаружение таких кучево-дождевых облаков возможно методами радиолокации. При помощи радиолокаторов обнаруживаются облака, осадки, области повышенных градиентов температуры и влажности, ионизированные следы молниевых разрядов и др. Из радиолокационных наблюдений получают информацию о пространственном положении, перемещении, структуре, форме и размерах обнаруживаемых объектов, а также их физических свойствах.

Определение численных характеристик облаков основаны на эмпирических зависимостях интенсивности отражения и количества выпадающих осадков на площади радиолокационного обзора. Более высокая точность достигается при измерении ослабления радиоволн. По степени де-

поляризации отраженных сигналов судят об агрегатном состоянии облаков форме частиц облаков и осадков. Однако точность всех таких измерений недостаточна для надежных прогнозов выпадающих осадков.

Прогнозирование характеристик руслowych потоков.

Интерес математиков к формализации речного потока был проявлен еще в XVII веке. Французским инженером-гидравликом А. Шези была выведена формула для определения средней скорости потока при установившемся равномерном турбулентном движении жидкости в области квадратичного сопротивления для случая безнапорного потока [9]. Формула учитывает коэффициент сопротивления трения по длине, являющийся интегральной характеристикой сил сопротивления, гидравлический радиус и гидравлический уклон.

На сегодняшний день наука достаточно далеко продвинулась в разработке технологий прогнозирования. Используются: теория вероятностей, теория численных методов анализа, дифференциальные уравнения. Для оперативного прогнозирования по нашему опыту целесообразно использовать формулы потока в трапецеидальном многоугольнике при заданных трапециях входного и выходного сечения, а также уклона. Причем верхняя сторона трапеции горизонтальная. Аналогичные многоугольники применяются для расчетов паводков и наводнений. В общем виде используются три смежные между собой по горизонтали трапецеидальные многоугольники. Для каждого многоугольника формулы расчета потока и уровня разные. Такая модель позволяет упростить прежде всего топографические работы, точность которых достаточно высокая – не более 2 см.

Для точных измерений координат на поверхности земли применяются методы оптической локации [8]. Оптическая локация использует электромагнитные волны в диапазонах от ультрафиолетовых до дальних инфракрасных, генерируемых лазером. Лазерные импульсы, рассеянные в атмосфере газами и аэрозолями, регистрируются приемником лазерного локатора, принося информацию о распределении молекул и аэрозолей. По этой информации можно вычислять высоту, толщину, водность облаков и концентрацию капель в них, положение и состояние слоев аэрозолей. Для топографической съемки необходима аэросъемка по всему

руслу реки на расстояние, по профилю превосходящее максимальную зону наводнения.

Следующая проблема – корректировка расчетов уровня и потока в заданной точке русла. Расчетные характеристики сравниваются с реальными измерениями уровня стационарными уровнемерами. Уровнемеры должны быть бесконтактными и съемными, оснащенными устройствами передачи данных. Для точки расположения уровнемера снимается фактическая зависимость скорости потока от уровня.

Программа прогнозирования.

Прогнозирование паводков и наводнений выполняется последовательно. Вначале собираются исходные топографические данные: площадь водосбора по существующим картам и аэрокосмическим снимкам, участки водосбора с единственным истоком, участки русла с подобными берегами, участки паводков, участки наводнений. Определяются места установления уровнемеров. Это обычно мосты, плотины и т.п.

Для всех выделенных участков составляются математические модели стока и уровня, которые многократно проверяются в реальных условиях стока. Прогнозирование выполняется в реальных условиях интенсивного потока реки. Для Северного Кавказа – это период мая – июля. Минимальный срок составления полной модели прогнозирования уровня и стока рек Северного Кавказа – один – два года.

- ЛИТЕРАТУРА**
1. **Наводнение в Ростовской области:** паводок затопил Азов, Таганрог и села [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mr7.ru/articles/80339/>
 2. **Паводок-2013:** в Якутии подтоплено 5 населенных пунктов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://yakutsk.bezformata.ru/listnews/yakutii-podtopleno-5-naselennih-punktov/11582611/>
 3. **История трагических наводнений** на Амуре [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://деревенька-моя.рф/istoriya-tragicheskix-navodnenij-na-amure/>
 4. **Шабает Р. И., Моргунова И. Е.** Моделирование и прогнозирование катастрофических наводнений в СПб [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://do.gendocs.ru/docs/index-146717.html>
 5. **Мониторинг и прогнозирование наводнений** [Электронный ре-

- сурс]. Режим доступа: <http://survincity.ru/2012/02/monitoring-i-prognozirovanie-navodnenij/#ixzz2rfv1qpU8/>
6. **Кучево-дождевые облака** [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://igras.ru/index.php?id=7241&r=207/>
 7. **Течение и расход воды в реках** [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://big-archive.ru/geography/>
 8. **Медведев Е. М., Данилин И. М., Мельников С. Р.** Лазерная локация земли и леса. Красноярск, Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН.: Геолитар, Геокосмос, 2007. 229 с
 9. **Формула Шези** [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>

ОБ АВТОРЕ

Афонин Леонид Алексеевич, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт математики и естественных наук, доктор технических наук, профессор кафедры землеустройства и кадастра, тел.: 8652 35-34-02, 89054143267.
E-mail: afoninla@mail.ru

Leonid Alekseevich Afonin, VPO «North Caucasian Federal University», Institute of Mathematics and Natural Sciences, Doctor of Technical Sciences, professor of land management and cadaster, tel: 8652 35-34-02, 89054143267.
E-mail: afoninla@mail.ru

УДК 910.1

В. А. Шальнев [V. A. Shalnev]

УСПЕХИ И ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОГРАФИИ НА РУБЕЖЕ ВЕКОВ

Successes and challenges of modern geography at the turn of the century

В статье рассмотрены основные этапы истории развития географических идей, отражающие интеграционные подходы в теории географии, и сложности построения теории общей географии.

Ключевые слова: единая география, зонально-комплексная концепция, антропогеография, хорологическая концепция, теоретическая география, геоэкология, общая география, геOVERSUM.

The article describes the main stages of the history of geographical ideas, reflecting integration approaches in the theory of geography, and the complexity of constructing a theory of general geography.

Keywords: single geography, zonal-integrated concept anthropogeography, chorological concept, theoretical geography, geoeology, general geography, geoversum.

Любая наука как форма общественного сознания проходит сложный путь развития от описательного этапа до этапа теоретического и методологического осмысления. История же любой науки – это не только ее достижения и успехи, а в первую очередь люди, которые творили эту историю. Их мысли, чувства, переживания, сомнения, искания. Это аура той эпохи, в которой они жили и трудились, которую они сумели «впитать» и концентрированно передать в своих делах и наследии. В.И. Вернадский писал, что «каждое поколение научных исследователей ищет и находит в истории науки отражение научных течений своего времени».

География – наука «всеядная», и за несколько тысяч лет она накопила огромный материал научных и ненаучных фактов, которые осмыслить и, как писала Б. Ахмадулина, «вылепить из лунного свечения тяжелый осязаемый предмет» не смогла. Невозможно в одной работе вспомнить всех «сеятелей» и «искателей истины», которые трудились на ниве «географических полей». Наша задача здесь – более скромная: во-первых, рассмотреть основные достижения в области интеграционных подходов теоретико-методологического осмысления и наследия географии как науки;

во-вторых, еще раз вспомнить тех великих географов, на плечах которых держится современное здание географии, одряхлевшее в текучести времени и требующее капитального ремонта в сфере своего фундамента – общей географии, интегральных идей ее составных частей.

Можно выделить несколько основных этапов и интеграционных тенденций в истории географии:

– создание *единой (нерасчлененной) географии, которая описывала поверхность Земли, ее отдельные регионы и страны*. Накопившийся огромный фактический материал требовал своего обобщения, и такой путь был найден в создании картографии и карт со своим языком и символикой. Это было великое время в истории географии. Создавались картографические модели-образы поверхности Земли, прообразы будущих ГИС. Однако такая география могла отвечать лишь на два вопроса: что описывается и где находится объект описания. Объяснительная часть (почему и как?) у нее отсутствовала. Пространственный подход реализовался лишь в мировоззренческом понимании трехчленного глобального пространства: макрокосма (божественные слои), мезокосма (земная природа) и микрокосма (духовная суть человека). Доминантой в таком пространстве был географический детерминизм;

– важным событием конца XIX века и большим вкладом в мировую географию стала *русская зонально-комплексная концепция*, у истоков которой стоял В. В. Докучаев. Его идеи реализовались в самобытную российскую ландшафтно-географическую школу. Этому предшествовало появление понятия *географический комплекс*, которое ввел А. Н. Краснов для природных объектов, где ключевым для сущности географии стало «взаимодействие компонентов». Позже Н. Н. Колосовский сформулирует понятие *производственного комплекса*. Основы ландшафтоведения были заложены Л. С. Бергом, Г. Н. Высоцким, Г. Ф. Морозовым и др. Л. С. Берг объединил учение о ландшафте с концепцией зональности, опубликовав «Ландшафтные зоны СССР». Затем работы Н. А. Солнцева и А. Г. Исаченко дали серьезный толчок в проведении полевых ландшафтных исследований и ландшафтном картировании морфологических единиц. Оформилось и процессоведческое направление. Б. Б. Полюнов заложил основы геохимии, а Д. Л. Арманд – геофизики ландшафтов. Работы С. В. Калесника сыграли решающую роль в преодо-

лении разрыва между общим землеведением и ландшафтоведением [Исаченко, 2000]. Укреплению синтеза в физической географии способствовали учения о геосистеме В.Б. Сочавы и ландшафтной сфере Ф.Н. Милькова. Были четко определены и объекты изучения физической географии. Общий объект – географическая оболочка. Частные объекты – множество индивидуальных региональных ТПК (от географического пояса, материка до ландшафта), а также морфологические единицы ландшафта, изучаемые методами типологии;

– *попытка реализоваться в антропогеографии*, где с помощью биологического детерминизма и поппублицизма рассматривалась роль природного фактора в жизни человека (человечества). Наиболее ярко это отразилось в теории этногенеза Л.Н. Гумилева, когда ландшафт формирует этнос как субстанцию биосферы. Здесь проявляется также природно-экологическая и природно-общественная особенность культуры (линия К. Риттера), этнического культурогенеза. Этим объяснялся механизм обустройства природного пространства человеком в рамках концепции географического детерминизма. В дальнейшем с развитием тенденций глобализации общества ведущей становится социорегулятивная часть культуры, ее духовно-ментальная и интеллектуальная составляющие. Начинает формироваться новая парадигма о природно-общественном объекте географии, получившая название культурного ландшафта (К. Зауэр, О. Шлютер, Ю. А. Веденин), механизмом понимания которого становятся процессы культурогенеза индустриального общества и позиции антропоцентризма с ведущей ролью законов развития общества. Однако в целом эти идеи привели к консолидации в географии лишь в виде биогеографии (учение о биосфере и природном ландшафте на базе идей витализма) и учения о социосфере;

– *произошла смена методологических позиций в географии, связанных с отказом от географического и биологического детерминизмов*. Это привело к другой крайности – *индетерминизму*, когда главенствовать стала свобода воли человека. В социальной философии и, как следствие, в географии стали утверждаться идеи антропоцентризма. На арену истории вышел человек как сила, соперничающая с силами природы. В середине XX века появилась концепция «технологического оптимизма», у истоков которой стоял лозунг преобразования при-

роды. В географии становится популярной хронологическая концепция (А. Геттнер, Р. Хартшорн), связанная с описанием множества индивидуальных заполненных пространств и местностей. В конце XX века она трансформируется в *постхронологическую* концепцию (Д. Н. Замятин, Э. Л. Фейбусович, Б. Б. Родоман, А. Н. Ласточкин, М. М. Голубчик) с приложением в виде теоретической географии. Основой ее был *геотопологический детерминизм*, где познание сложного объекта сводится к предельно упрощенной модели (геотопологический редукционизм). Хронологический антропоцентризм Р. Хартшорна сказался и на взглядах советских (российских) представителей общественной географии, которые, гипертрофируя роль человеческой деятельности и научно-технического прогресса, считали общественные закономерности в системе «природа – общество» определяющими, поэтому вся география у них превращается в гуманитарную науку;

– *развитие отечественной социально-экономической географии* во второй половине XX века прошло под большим влиянием идей англо-американской школы, которые отражали «революционные события»: количественную революцию (квантификацию), теоретическую революцию (авангардийский геомодернизм), создание радикальной географии и др. Это способствовало использованию системного подхода, математических методов, методов моделирования в географических исследованиях и попыток создания *теоретической географии*. Однако однозначного подхода к основам теоретической географии не сложилось. Обозначились два подхода: во-первых, в широком смысле, когда общая теория географии понимается как совокупность всех теорий, учений, концепций современной географии. Такой подход обобщен в работе В. П. Максаковского (1998). Во-вторых, в узком смысле, когда теоретическая география понимается как общая теория географических пространственных систем. Такое направление реализовалось усилиями В. Бунге, П. Хаггета, В. М. Гохмана, Б. Л. Гуревича и др. в блоке социально-географических наук, в частности теории размещения и пространственном аспекте человеческой деятельности. Ю. Г. Саушкин писал о теоретической географии как новой науке, которая исследует пространственные системы на наиболее абстрактном уровне (1976). По Б. Б. Родоману, эта география конструирует ландшафтные сети, их переплетения на уровне цивилизаций и биосферы (1999). Он ассоциирует ее с метагеографией;

фией. Однако консолидации географических идей не произошло, так как в ней не нашлось места физической географии. Это с сожалением отмечал Р. Джонстон, говоря о том, что точек соприкосновения между социогеографией и физической географией становится все меньше и меньше (1988);

– *появление объединительных тенденций географии с выявлением экологического подхода*, набравшего популярность во второй половине XX века. Появлению *геоэкологии* предшествовала оживленная дискуссия с большим количеством участников. Однако на этом поле играли, к сожалению, не географы-профессионалы. К тому же без наличия теории общей географии создать качественный теоретический фундамент геоэкологии было невозможно. Поэтому в зарубежной географии «флюсом» стала социальная экология. У российских геоэкологов делалась попытка адаптации геоэкологических идей к общеземлеведческому наследию. Не помогла и региональная концепция территориальной организации общества, так как геоэкологическая парадигма еще не реализовывалась в своих фундаментальных положениях, таких как учение о географической среде;

– *исторический обзор* достижений отдельных ученых в вопросах разработки теории и методологии географии привел к удивительному выводу о том, что наиболее интересные идеи и новые концептуальные положения в географии были сформулированы чаще всего *учеными, которые не имели базового географического образования* (И. Кант, В. В. Докучаев, Л. С. Берг, А. А. Григорьев, В. И. Вернадский, В. Б. Сочава, Н. Н. Баранский, Н. Н. Колосовский и др.). Видимо, система образования, сложившаяся в университетах мира и России (СССР) в XX веке с углубленным погружением в узкоспециализированные направления с большими объемами информации для запоминания, не оправдывает себя. «Посредственный ученик специального класса лицея, – писал А. де Сент-Экзюпери, – знает больше о природе и ее законах, чем Декарт и Паскаль. Однако разве такой ученик способен мыслить, как они?». Современные учебные планы по специальности «География» дают обширные знания об отраслевых науках и интегральных дисциплинах отдельных групп наук (общее землеведение, биогеография, общая социально-экономическая география), но не дают интегральные знания об общем объекте и предмете географии. Не решает эти проблемы и итоговый курс «Теория и методология

географической науки» [Голубчик и др., 2005]. Теоретические основы географии, изложенные в нем, не составили конкуренции биосферной концепции, широко распространенной в мировом сообществе, так как не раскрывают фундаментальных основ географического подхода;

– не могут не *тревожить тенденции утраты культуры научных дискуссий в географическом сообществе*, их открытости и бескомпромиссности, рост корпоративных подходов и снижения профессиональной требовательности к качеству научных исследований. Об этом на исходе XX века писал В. С. Преображенский: «Наука ведь не выживет, избегая профессиональной требовательности в оценках... в атмосфере самоуспокоенности (прекрасно отражаемой отзывами оппонентов и головных организаций)... Не уйти от загнивания... Серость не только генетическое, но и социальное явление... И генетический код социальной памяти формирует не кто-то, а мы своей терпимостью к низкому качеству работы (лишь бы «числом поболее...»)» [2001, с. 114].

Ядром новых интегральных подходов может стать *общая география* [Исаченко, 2000; Шальнев, 2000, 2013; Ласточкин, 2008; Трофимов, Шарыгин, 2008; Розанов, 2010] с ее глобальными и региональными аспектами. Ее качественное содержание должно ответить на сложные вопросы фундаментальных положений теории системы географических наук:

1. Что такое географическая действительность или географический мир? Каковы основные этапы познания этой действительности?
2. Как отражались в теории географических наук мировоззренческие позиции философии при смене общественных формаций с позиций категорий взаимодействия, целого и части, а также общего, единичноно и особенного?
3. Можно ли сформировать в научном сообществе представление об идеализированном предельном объекте (образе) и его частных объектах изучения в географии с позиций эволюционного подхода в усложнении их структуры?
4. В чем особенности предмета изучения географии с учетом эволюционных изменений структуры предельного объекта общей географии и особенностей взаимодействия человека(человечества) и природы?

5. Какова роль деятельностного подходов и процессов культурогенеза общества в формировании сложного современного глобального геопространства и его структур разной иерархичности?
6. Какие общенаучные и географические теоретико-методологические основы важны в создании общей географии?
7. В чем сложности построения теории общей географии, ее категориального аппарата и законов.

Центральное положение в этом перечне проблем занимает понятие об общем объекте географии. Обозначить такой объект изучения в географии пытались неоднократно. В. И. Вернадский предложил для этих целей ноосферу, Э. Реклю, Л. И. Мечников, Н. А. Гвоздецкий, Н. К. Мукитанов – географическую среду, Г. П. Высоцкий – геосоциосферу, В. М. Котляков и В. С. Преображенский называли географическую оболочку. На наш взгляд, таким объектом может быть *геоверсум*, или географическая оболочка истории человека. Такой объект общей географии представляет собой географическую действительность планеты Земля, сложную глобальную геосистему:

- возникшую и развивающуюся в пространственно-временных параметрах Солнечной системы и планеты Земли, но ограниченную от них средой своего геопространства, своей системой оборота энергии, вещества и информации;
- имеющую свою вертикальную(набор геосфер) и горизонтальную (набор территориальных геосистем) структуру;
- обладающую уникальными свойствами в связи с наличием живого вещества и культуры человеческого общества, которые изменяют его природную сущность и создают современную географическую картину мира (Шальнев, 2000, 2013).

С позиций философско-мифологического осмысления *геоверсум* – это такое пространство Земли, где природа создала земной рай, а человечество чистилище и ад.

И все же, подводя итоги дискуссии о тенденциях интеграционных процессов в географии, хотелось бы думать о географии с оптимизмом и вспомнить слова В. С. Преображенского: «В географии не исчезла романтика трудных и дальних дорог, романтика полевого костра. Добавляется новое – радость от изящества формулы, романтики раздумья, теоретического поиска. Эпоха больших теоретических открытий в географии впереди» (1988).

- ЛИТЕРАТУРА**
1. **Голубчик М. М., Евдокимов С. П., Максомов Г. Н., Носонов А. М.** Теория и методология географической науки. М.: Изд-во Владос, 2005.
 2. **Исаченко А. Г.** Общая география в системе географических знаний // Известия РГО. Т. 132. 200. Вып. 2.
 3. **Ласточкин А. Н.** Назначение общей географии в современном мире // География и геоэкологические аспекты природы и общества. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2008.
 4. **Максаковский В. П.** Географическая культура. М.: Изд-во Владос, 1998.
 5. **Преображенский В. С.** Быть географом // Газета география, 1998. №23.
 6. **Преображенский В. В.** Я – географ. М.: Изд-во ГЕОС, 2001.
 7. **Родоман Б. Б.** Теоретические ареалы и сети. Очерки теоретической географии. Смоленск: Изд-во Ойкумена, 1999.
 8. **Розанов Л. Л.** Общая география. М.: Изд-во Дрофа, 2010.
 9. **Саушкин Ю. Г.** История и методология географической науки: курс лекций. М.: Изд-во МГУ, 1976.
 10. **Трофимов А. М., Шарьгин М. Д.** Общая география (вопросы теории и методологии). Пермь, 2008.
 11. **Шальнев В. А.** История и методология общей географии. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2000.
 12. **Шальнев В. А.** История, теория и методология географии. Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2013.
 12. **Jonston R. J.** Fragmentation around a defenden core: the territoriality of geography. Geogr. J. 1988, № 2. P. 146.

ОБ АВТОРЕ

Шальнев Виктор Александрович, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и ландшафтоведения, тел.: 8-962-44705-24, e-mail: phisgeo@yandex.ru.

Shalnev Viktor Alexandrovich, North Caucasus Federal University, doctor of geographical Sciences, professor in the Department of physical geography and landscape

УДК 332.12

Н. А. Щитова [N. A. Shitova]
В. В. Чихичин [V. V. Chihichin]

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Comparative analysis of social and economic development of North Caucasus regions

В статье дана комплексная характеристика социально-экономического развития территории, опирающаяся на большое количество простых и интегральных показателей, позволяющих оценить его уровень на конкретный момент времени, выявить потенциал и определить территориальные диспропорции. На примере Северного Кавказа проанализированы региональные диспропорции уровня социально-экономического развития.

Integrated assessment of territory social and economic development is based on a large amount of ordinary and integrated indexes. Using such indexes it is allowed to identify development potential and estimate region imbalances at a point in time. Region imbalances of social and economic development was analyzed on the case of North Caucasus area.

Ключевые слова: социально-экономическое развитие, Северный Кавказ, территориальные диспропорции, факторы социально-экономического развития, социально-экономический потенциал территории.

Keywords: socio-economic development, the North Caucasus, territorial disparities, factors of socio-economic development, socio-economic potential of the area.

Россия – страна контрастов, в том числе и по уровню социально-экономического развития. Разница между сверхбогатыми и отстающими регионами впечатляет. Первые (Москва, Санкт-Петербург, Московская, Свердловская области, Красноярский край, ХМАО) обладают внушительными финансово-экономическим или природными потенциалом, накопленными человеческим, инфраструктурным и инвестиционным капиталами. Причины отставания последних (в основном, это национальные республики) в целом ясны, но далеко не однозначны. Проблемы здесь носят комплексный характер и обусловлены в большей степени не столько материальными, сколько идеологическими факторами: политическая нестабильность и коррумпированность властей всех уровней, безработица и деградация человеческого капитала, негативный имидж и т. д.

*

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №12-06-00241а).

Рейтинги успешности российских регионов, которые регулярно составляются и публикуются, достаточно убедительно демонстрируют динамику изменения социально-экономических показателей, стимулируют поиск истинных причин и механизмов преодоления территориального неравенства. При этом важно рассматривать процессы не только на уровне всего региона, но и в разрезе муниципальных районов и отдельных населенных пунктов.

В связи с этим возникает необходимость выработки универсальной методики комплексного анализа социально-экономического развития территории не только через описание сложившейся на данный момент ситуации, но, прежде всего, путем выявления факторов, обуславливающих ход важнейших процессов, оценки потенциала развития, определения наиболее проблемных участков и обозначения возможных полюсов и точек роста.

Основной целью предлагаемого исследования является обоснование подходов к региональному анализу факторов и территориальных диспропорций социально-экономического развития.

Северный Кавказ, как одна из устойчиво периферийных и стабильно отстающих территорий России, отличающаяся высокой контрастностью составляющих его территориальных единиц, является достаточно привлекательным полигоном для отработки предлагаемой схемы анализа.

Социально-экономическое развитие территории:

основные понятия и компоненты анализа. Понятийно-терминологический аппарат, используемый при анализе процессов развития территорий, находится в стадии становления. Одни и те же понятия, то наполняются разным смыслом, то, напротив, используются в одном и том же значении. Детальный анализ понятийного аппарата требует отдельного, более глубокого и пристального рассмотрения.

В данной работе в качестве основных операционных категорий будем использовать следующие термины: «социально-экономическое развитие территорий» (в качестве синонима, «территориальное развитие»), «потенциал территориального развития», «социально-экономическое неравенство или социально-экономические диспропорции территориального развития».

Само понятие «развитие» многогранно и многоаспектно. Оно отражает различные стороны и свойства разномасштабных и разноуровневых

явлений. В географии в качестве основных маркеров развития чаще всего указывается на присутствие количественных и качественных изменений, смену состояний, структурные трансформации. При этом обязательным условием развития является наличие прогрессивных изменений [1, 3, 6].

Рассматривая территориальное развитие, мы акцентируем внимание на происходящих позитивных структурных изменениях или динамике воспроизводства территориального потенциала. Одновременно следует учитывать одно из основных свойств развития – его неравномерность, в связи с чем и формируются заметные различия в социально-экономической ситуации, уровне и качестве жизни населения отдельных территориальных образований. Эти различия и определяют суть территориального неравенства, которое в отдельных случаях может возрастать и переходить в диспропорции территориального развития.

Территориальное социально-экономическое неравенство является объективным следствием концентрации конкурентных преимуществ в одних территориях и их отсутствия или дефицита в других [2]. В нашей логике исследования оно является результатом территориальных диспропорций развития, выявление и анализ которых более ценен, нежели простая, хотя и комплексная, оценка ситуации в целом. Более продуктивным такой анализ будет в разрезе таксонов разной размерности: макрегионы (федеральные округа, экономико-географические районы), регионы (субъекты РФ), субрегионы, муниципальные образования, отдельные населенные пункты. То есть, важнейшим принципом анализа диспропорций территориального развития является полимасштабность. Он опирается на классические географические труды и понимается как оперирование масштабами-рангами территории в рамках конкретных задач исследования.

Комплексный подход к оценке уровня социально-экономического развития территории предполагает выявление влияющих на него факторов. По мнению Н. В. Зубаревич, в «новой экономической географии» выделяют две группы таких базовых факторов:

- факторы «первой природы»: обеспеченность природными ресурсами, выгодное географическое положение;
- факторы «второй природы»: агломерационный эффект, развитая инфраструктура, человеческий капитал, институты [2].

В качестве ключевого понятия, определяющего основные резервы развития территории, мы предлагаем рассматривать потенциал социально-экономического развития территории. При этом оценка потенциала выступает как определение созидательного эффекта от действия факторов первой и второй природы, указанных выше. Таким образом, потенциал территориального развития понимается нами как комплекс возможностей, совокупность условий и ресурсов территории, которые влияют или могут влиять на уровень ее социально-экономического развития. Структурно потенциал территориального развития неоднороден и включает несколько блоков, отражающих природно-экологические, производственно-финансовые, социокультурные, человеческие, инновационные преимущества.

Опираясь на изложенные подходы и, исходя из основной цели исследования, считаем, что анализ социально-экономического развития территории должен включать:

- 1) сравнительную оценку уровня достигнутых социально-экономических показателей,
- 2) выявление потенциала и определение ключевых факторов, обуславливающих значения его параметров;
- 3) анализ межрегионального и внутрирегионального социально-экономического неравенства, или территориальных диспропорций.

Структурно предлагаемое исследование основано на логике сравнительного анализа. Оценить уровень социально-экономического развития территории можно, сравнивая конкретные ситуации, как между собой, так и анализируя их положение на общероссийском фоне, выявляя в каждом территориальном образовании центры роста и периферию.

При анализе потенциала территориального развития рассматривался комплекс показателей в соответствии с выделенными блоками:

- *сырьевой потенциал*
(6 показателей:
 - индекс добычи полезных ископаемых;
 - производство электроэнергии, газа и воды;
 - добыча угля;
 - добыча нефти;

- добыча природного и попутного газа;
производство лесоматериалов);
- *производственный потенциал*
(7 показателей:
 - ВРП на душу населения;
 - индекс физического объема ВРП;
 - индекс промышленного производства;
 - индекс производства сельхозпродукции;
 - индекс предпринимательской уверенности организаций;
 - удельный вес убыточных организаций;
 - задолженность организаций);
 - *финансовый потенциал*
(4 показателя:
 - дефицит (профицит) бюджета;
 - объем собственных бюджетных средств на 1 жителя;
 - вклады (депозиты) физических и юридических лиц на рублевых и валютных счетах в Сберегательном банке Российской Федерации;
 - инвестиции в основной капитал на душу населения);
 - *инновационный потенциал*
(6 показателей:
 - внутренние затраты на научные исследования и разработки;
 - удельный вес организаций, осуществляющих инновации;
 - объем инновационных товаров, работ, услуг;
 - удельный вес организаций, имевших веб-сайт;
 - число персональных компьютеров с доступом в интернет на 100 работников;
 - число предприятий с иностранным участием);
 - *демографический потенциал*
(4 показателя:
 - коэффициент естественного прироста;
 - коэффициент младенческой смертности;
 - ожидаемая продолжительность жизни;
 - коэффициент миграционного прироста);

- *человеческий потенциал*
(3 простых и 3 сложных показателя:
 - простые – численность студентов образовательных учреждений высшего профессионального образования на 10000 чел. населения;
 - уровень безработицы;
 - уровень экономической активности населения;
 - сложные – уровень предпринимательской инициативности;
 - уровень благосостояния населения, уровень культуры);
- *экологический потенциал*
(4 показателя:
 - выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников;
 - инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов;
 - государственные природные заповедники и национальные парки;
 - ввод в действие мощностей по охране от загрязнения водных ресурсов и атмосферного воздуха).

Предлагаемый набор показателей, обработанной с помощью методов многомерного рейтингового анализа и линейного масштабирования в динамическом ряду (с 2000 по 2010 гг.), позволил оценить уровень социально-экономического развития территории Северного Кавказа и ее отдельных образований, определить ключевые факторы развития и их влияние на формирование территориальных диспропорций.

***Социально-экономическое развитие
Северного Кавказа: место в стране
и внутренняя неоднородность.***

Говоря о Северном Кавказе как едином образовании, мы будем придерживаться официально-административной трактовки, и рассматривать его в рамках Северо-Кавказского федерального округа (СКФО).

МЕСТО РЕГИОНОВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА
В РЕЙТИНГЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ
СУБЪЕКТОВ РФ, 2012 Г. (основные показатели)

Регионы СКФО	Общий рейтинг	Объем производства товаров и услуг	Объем инвестиций в основной капитал на душу населения	Объем иностранных инвестиций на душу населения	Доля прибыльных предприятий	Объем доходов консолидированного бюджета на одного жителя	Уровень безработицы	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении	Уровень младенческой смертности
Ставропольский край	42	33	69	44	7	81	28	7	73
Республика Дагестан	63	49	56	71	67	83	79	3	79
Карачаево-Черкесская Республика	74	74	71	нет	14	43	75	4	63
Чеченская Республика	76	76	70	нет	83	19	82	7	82
Кабардино-Балкарская Республика	78	72	81	нет	68	82	75	7	22
Республика Северная Осетия – Алания	79	75	80	нет	82	79	66	4	74
Республика Ингушетия	81	83	82	нет	42	37	83	1	75

Составлено на основе [4].

Прежде всего, определим современное положение северокавказских регионов по уровню социально-экономического развития в России, для чего воспользуемся данными рейтинга группы «РИА новости» [4].

Наиболее благоприятная ситуация сложилась в Ставропольском крае – 42-е место из 83 (см. таблицу), рядом с ним в списке расположи-

лись Мурманская и Саратовская области. Далее с достаточно большим отрывом следует Республика Дагестан – 63-е место («соседи» – республики Бурятия и Карелия). Ближе к концу списка на 74, 76 и 78 местах разместились Карачаево-Черкесская, Чеченская и Кабардино-Балкарская республики. Замыкают рейтинг, как на фоне Северного Кавказа, так и всей России – республики Северная Осетия – Алания и Ингушетия (79 и 81 места соответственно). Хуже в стране ситуация только в республиках Тыва и Алтай.

Ставропольский край занимает лидирующие позиции в СКФО практически по всем основным показателям, кроме объема инвестиций в основного капитала на душу населения (здесь лидер – Дагестан, инвестиции в который вкладывает, в основном, государство), объема доходов консолидированного бюджета на одного жителя (впереди Чечня и Ингушетия, где также велики «вливания» федерального бюджета), ожидаемой продолжительности жизни при рождении (уступает всем регионам) и уровня младенческой смертности (лучше ситуация в Кабардино-Балкарии). На фоне всей России Северный Кавказ отличается в лучшую сторону только по средней продолжительности жизни – первые 7 мест.

На основе многомерного рейтингового анализа частных и интегральных показателей, характеризующих потенциал территориального развития в регионах Европейской части РФ, нами были получены результаты несколько отличные от материалов группы «РИА Новости».

Было выделено 6 типов регионов Европейской части России с различным типом социально-экономического развития:

- с высоким уровнем и потенциалом развития – 8 регионов:
 - Московская,
 - Калининградская,
 - Самарская области,
 - Татарстан и некоторые северные регионы,для них характерны высокие показатели инновационного, финансового и производственного потенциалов;
- с повышенным уровнем и потенциалом развития – 6 регионов:
 - Белгородская,
 - Воронежская области,
 - Краснодарский край и др.

- за счет хороших показателей инновационного, человеческого и производственного (в том числе за счет развитого АПК) потенциалов;
- со средним с тенденцией к повышенному уровню и потенциалом развития – 9 регионов:
 - Ставропольский край,
 - Рязанская,
 - Нижегородская области,
 - Республика Дагестан и др. – динамично развивающиеся регионы с повышенными показателями отдельных потенциалов;
 - со средним с тенденцией к пониженному уровню и потенциалом развития – 5 регионов – типичные «средняки»:
 - Тамбовская область,
 - Мордовия и др.;
 - с пониженным уровнем и потенциалом развития – 10 регионов, которые отстают практически по всем показателям, однако по отдельным параметрам (в частности, демографическому потенциалу) они имеют лидирующие значения:
 - Кабардино-Балкария,
 - Карачаево-Черкесия,
 - Северная Осетия – Алания и др.;
 - с низким уровнем и потенциалом развития – 11 регионов: территории, занимающие последние места, практически, по всем показателям (Псковская область, Калмыкия, Ингушетия и др.).

Если рассматривать все регионы Европейской части России, то становится очевидно, что наиболее благоприятная социально-экономическая ситуация складывается в регионах, которые:

- а) имеют сырьевые ресурсы;
- б) являются финансово-экономическими центрами;
- в) имеют выгодное географическое положение;
- г) накопили за длительную историю значительный производственно-промышленный потенциал.

На Северном Кавказе частично выражены только два из указанных факторов. Имеющиеся запасы углеводородов и полиметаллических руд в Чеченской и Кабардино-Балкарской республиках имеют локальное значение и не оказывают масштабного влияния на развитие. Достаточно выгодным географическим положением обладает Дагестан, имея обширный выход к Каспийскому морю, но другие, более мощные факторы негативного характера нивелируют положительный эффект от ЭГП, только усиливая его нереализованную потенциальность.

Неконкурентоспособная промышленность северокавказских республик пережила сильнейший спад в 1990-е годы, из крупных объектов сохранились гидроэлектростанции, принадлежащие федеральным структурам, частично восстановлено цементное производство в Карачаево-Черкесии. Бывшие крупные предприятия тяжелой промышленности либо закрыты, либо с трудом выживают, резко сократив объемы производства. Более устойчиво развиваются пищевые предприятия, работающие частично на местном сырье. В основном это средний и малый бизнес [5].

Все регионы СКФО имеют сельскохозяйственную специализацию, а аграрный сектор в России малоэффективен и не создает возможностей для улучшения социально-экономического положения. Агропромышленные регионы РФ имеют и самые низкие объемы инвестиций. Даже самый видный представитель агропромышленной группы – Краснодарский край (который является в настоящее время одним из фаворитов государственного и общественного внимания) «просел» на 16-е место в РИА-рейтинге именно из-за аграрной специализации.

Республики СКФО лидируют по степени напряженности ситуации на рынке труда, что наблюдается уже достаточно давно, несмотря на определенные усилия федеральной и региональных властей. Самый высокий уровень безработицы зафиксирован в Ингушетии: почти половина её жителей не имеют постоянного места приложения труда. Еще в двух регионах – Чечне и Дагестане – уровень безработицы составляет более 10 %. Есть мнение (например, [2]), что такие показатели недостоверны, так как для населения этих республик характерна теневая занятость существующая, как минимум, в двух формах. Первая – предприниматели без образования юридического лица, занятые в фермерском хозяйстве, на индивидуальной основе, в домашнем хозяйстве производством продукции, предназначенной для реализации. Вторая форма – занятость у физических лиц [5, 7].

Неблагополучная ситуация на рынка труда большинства республик Северного Кавказа наталкивает на мысль о неоднозначной трактовке эффекта их демографического потенциала. Сами по себе эти показатели не являются прямыми индикаторами успешности развития территории. Более убедительно выглядят их динамические тенденции. Снижение смертности или повышение рождаемости, изменение сальдо миграции могут свидетельствовать об изменении социально-экономической ситуации. Особенно показательны в этом отношении данные о миграционной активности населения. Практически всегда механический прирост населения свидетельствует об успешности территории, а убыль наоборот – красноречиво говорит о проблемах.

В настоящее время в северокавказских республиках с самой благополучной демографической ситуацией постоянно растет приток молодежи на рынок труда, а новых легальных рабочих мест создается мало из-за многочисленных институциональных и прочих барьеров. При этом рейтинг по продолжительности жизни стал одним из немногих, в котором лидирующие позиции заняли эти депрессивные регионы. Среди 16 субъектов РФ, где продолжительность жизни превышает 70 лет, 7 – находятся в Северо-Кавказском федеральном округе, и это не смотря на неблагоприятную социальную ситуацию. Численность населения республик Северного Кавказа растет за счет естественно-го прироста. Например, по данным официальной статистики численность населения Республики Дагестан увеличилась с 2002 по 2013 гг. более чем на 400 тыс. человек, или на 116%. В связи с этим доходы на душу населения не могут заметно увеличиться, несмотря на активизацию экономики. Высокие рождаемость и продолжительность жизни увеличивают иждивенческую нагрузку на экономически активное население. В связи с этим миграции становятся саморегулирующим механизмом для рынков труда республик Северного Кавказа. Высокая миграционная активность населения республик СКФО, направленная на выезд за его пределы, недвусмысленно свидетельствует о серьезных трудностях в социально-экономическом развитии, обусловленных целым комплексом противоречивых факторов, преодолеть которые легко и за короткое время не удастся.

Некоторые выводы и перспективы исследования.

Комплексный анализ социально-экономического развития территории предполагает использование большого количества простых и интегральных показателей, позволяющих оценить его уровень на конкретный момент времени, выявить потенциал и определить территориальные диспропорции.

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о стабильно низком уровне развития всех регионов Северного Кавказа и одновременно отражают неэффективность использования имеющегося потенциала социально-экономического развития этой территории. К сожалению, эта давняя, болезненная проблема пока не находит должного решения.

Наиболее благоприятная социально-экономическая ситуация сложилась к настоящему времени в Ставропольском крае, имеющий средний с тенденцией к повышенному потенциал развития. Относительно высоки здесь финансовый и человеческий потенциалы, но низок – демографический.

Второе место в Северо-Кавказском федеральном округе занимает Республика Дагестан, потенциал которой также средний с тенденцией к повышенному. Наиболее развиты производственный и финансовый потенциалы, хуже всего обстоят дела с инновационным потенциалом.

Остальные северокавказские регионы застряли в российских аутсайдерах социально-экономического развития. В республиках Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия, Северная Осетия – Алания потенциал пониженный, в Ингушетии и Чечне – низкий. Вместе с тем по ряду частных потенциалов позиции республик достаточно высоки. Выявление через анализ потенциалов сильных и слабых сторон территориального развития, позволит определить наиболее рациональные пути социально-экономической модернизации. Так в Карачаево-Черкесии относительно высок производственный потенциал, но крайне низок финансовый и понижен демографический. Кабардино-Балкария выделяется по инновационному потенциалу, но отстает по производственному, финансовому и человеческому. В Республике Северная Осетия – Алания наиболее благоприятна ситуация для развития инноваций, в том числе и благодаря повышенному качеству человеческого капитала, слабое звено – производственный потенциал. Чечня и Ингушетия лидируют по показателям, характеризующим демографический потенциал, не только в СКФО, но и в России.

Других ресурсов развития здесь не выявлено. Высокий демографический потенциал, как показывает анализ, не только не способствует, но явно сдерживает возможности развития позитивного сценария социально-экономического развития.

В рамках данной статьи мы не смогли показать внутрорегиональные различия в социально-экономическом развитии субъектов Северо-Кавказского федерального округа. Однозначно ситуация будет разной в городской и сельской местности, в крупных и малых городах, в пригородных и периферийных селах. Более конкретное рассмотрение этого вопроса будет предметом для дальнейших исследований. Одновременно наряду с анализом объективных показателей, планируется исследование субъективных оценок населения. Этот аспект анализа потенциала территориального развития пока не получил должного внимания. Однако, все чаще применительно к территории используются такие понятия, как «экономический образ», «привлекательный имидж», «инвестиционная привлекательность». Сформированный привлекательный имидж территории, готовность населения активно участвовать в модернизации общественной жизни становятся важным ресурсом инновационного социально-экономического развития.

- ЛИТЕРАТУРА**
1. **Алаев Э. Б.** Социально-экономическая география: Понятийно-терминологический словарь. М.: Мысль, 1983.
 2. **Зубаревич Н. В.** Регионы России: неравенство, кризис, модернизация. М.: Независимый институт социальной политики, 2010. 160 с.
 3. **Лажнецов В.** Территориальное развитие : методология, опыт и регулирование. СПб.: Наука, 1996. 109 с.
 4. **Рейтинг социально-экономического положения** субъектов РФ. Итоги 2012 года. URL: http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating_regions_2013.pdf (дата обращения 14.04.2014).
 5. **Стародубровская И. В., Зубаревич Н. В., Соколов Д. В. и др.** Северный Кавказ: модернизационный вызов. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2011. 328 с.
 6. **Трейвиш А. И.** Город, район, страна и мир. Развитие России глазами страноведа. М.: Новый хронограф, 2009. 372 с.
 7. **Щитова Н. А.** География образа жизни: теория и практика регионального исследования. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2005.

ОБ АВТОРАХ

Щитова Наталия Александровна, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт математики и естественных наук, доктор географических наук, профессор кафедры экономической и социальной географии, тел. 8 (905) 466-91-20.

E-mail: stavgeo@mail.ru.

Чихичин Василий Васильевич, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт математики и естественных наук, кандидат географических наук, доцент кафедры экономической и социальной географии, тел. 8 (905) 496-26-10.

E-mail: wawachi@yandex.ru.

Shchitova Natalia, FGAOU VPO «North Caucasian Federal University», Doctor of Geographical Sciences, professor of economic and social geography.

Chihichin Vasily, FGAOU VPO «North Caucasian Federal University», candidate of Geographical Sciences, associate professor of economic and social geography.

УДК 612.4:
612.6: 612.44

Т. И. Джандарова [T. I. Dzhandarova]
Е. А. Милашечкина [E. A. Milashechkina]

ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ СТУДЕНТОК, ОТНЕСЕННЫХ К СПЕЦИАЛЬНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ГРУППЕ, ИМЕЮЩИХ ОТКЛОНЕНИЕ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

**Physical development of students,
assignment to special medical groups with
deviating activities of cardiovascular system**

В статье приводятся данные комплексного обследования физического развития студенток, отнесенных к специальной медицинской группе, имеющих нарушения в деятельности сердечно-сосудистой системы. Установлены отличия их показателей по сравнению с контрольной группой.

Ключевые слова: здоровье, специальная медицинская группа, сердечно-сосудистая система, физическое развитие, адаптация.

The paper presents a comprehensive survey data physical development of students in the special medical group with violations of the cardiovascular system. The differences of their performance compared with the control group.

Keywords: Health, Special Medical Group, the cardiovascular system, physical development, adaptation.

За последние годы в высшей школе произошла резкая интенсификация учебного процесса. Овладение знаниями при современном развитии науки и техники требует от студентов высокой интеллектуальной продуктивности, рационального использования учебного времени, четкой организации режима дня [1, 2]. Длительная и напряженная умственная работа, которая протекает на фоне большого нервно-эмоционального напряжения, значительно ограничивает двигательную активность студентов [2, 3], при этом наиболее уязвимыми становятся студенты с ослабленным здоровьем, занимающиеся в специальной медицинской группе (СМГ).

Табл. 1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТУДЕНТОВ ПЕРВОГО КУРСА
ПО МЕДИЦИНСКИМ ГРУППАМ
С 2004–2005 ПО 2008–2009 УЧ. ГГ.
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МЕДИЦИНСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ, %

Учебный год	Основная группа	Подготовительная группа	Специальная медицинская группа
2004–2005	59	7	34
2005–2006	33	36	31
2006–2007	28	33	39
2007–2008	31	46	23
2008–2009	21	51	28

Многие авторы отмечают из года в год увеличение количества студентов СМГ с 10 до 20–25 %, а в некоторых вузах до 40% [1, 3, 4]. Такая же тенденция наблюдается в Северо-Кавказском Федеральном университете [2].

На сегодняшний день объективно установлено, что постоянно увеличивается число студентов с врожденными и приобретенными патологиями и отнесенных по этой причине к специальной медицинской группе. По данным литературных источников анализ функционального состояния, физической и спортивно-технической подготовленности абитуриентов показал, значительное ухудшение состояния здоровья: в 70-е годы студентов специального медицинского отделения среди первокурсников было до 10 %, в 80-е годы их становится до 20 %, в 90-е – 25–45% , а вместе с подготовительной группой – до 75 % [2, 3].

В табл. 1 приведены данные за пять лет распределения студентов Северо-Кавказского Федерального университета по медицинским группам (было исследовано более 6 000 результатов медицинского обследования).

Как видно из таблицы, с каждым годом уменьшается число практически здоровых молодых людей, поступивших в университет. За

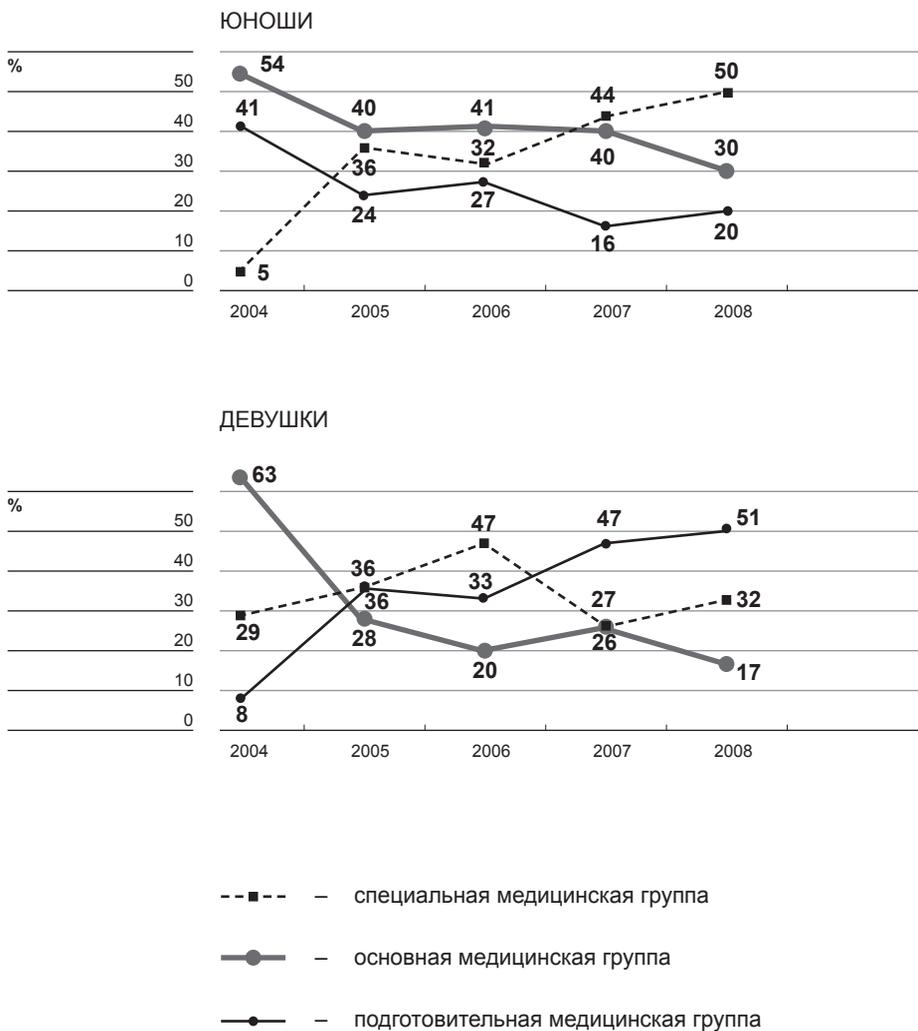


Рис. 1.

за пять лет количество молодежи, отнесенных к основной медицинской группе, снизилось более чем в два раза, а количество, отнесенных к подготовительной и специальной медицинским группам увеличилось с 41 до 79 %.

Количество юношей в основной группе с каждым годом стремитель-

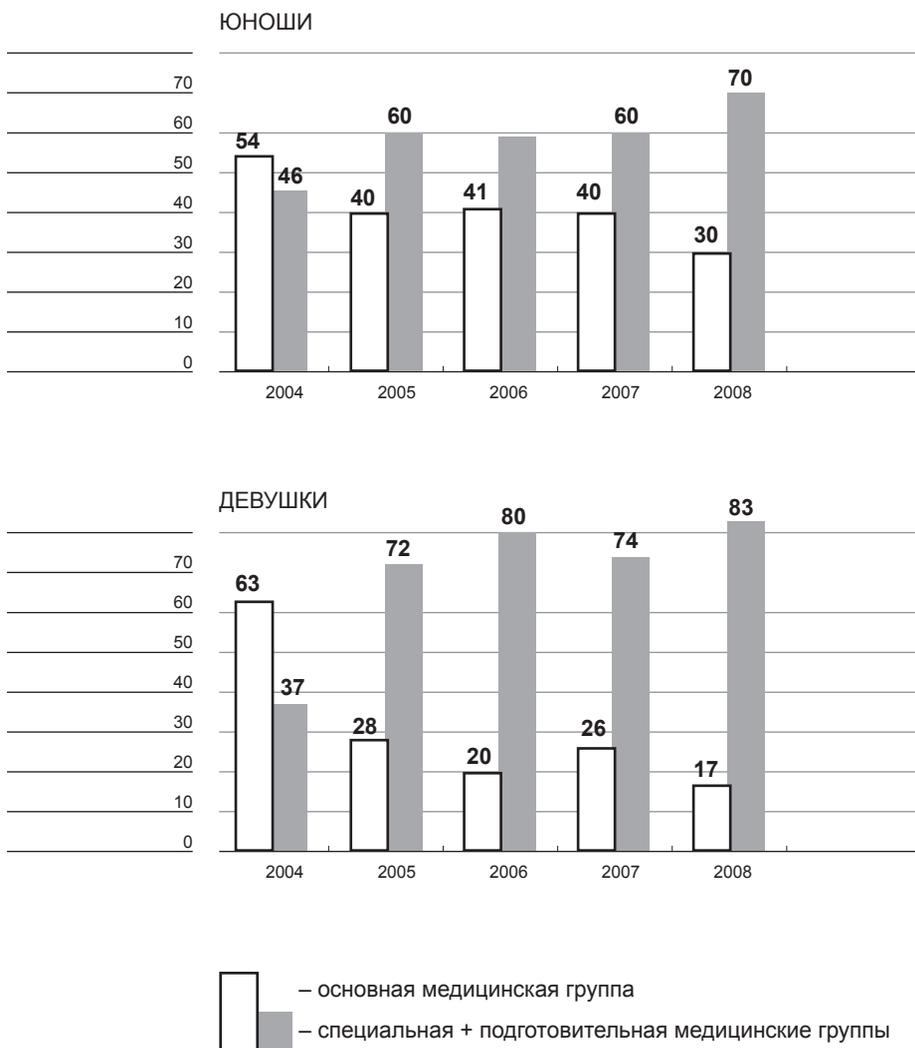


Рис. 1. Распределение студентов СГУ (с 2012 г. СКФУ) по медицинским группам.

но уменьшается: с 54% в 2004 году до 30% в 2008 году (рис. 1). У девушек наблюдается такая же тенденция, однако, количество студенток, отнесенных по состоянию здоровья к основной группе, за пять лет уменьшилась более чем в 3 раза (с 63 до 17%).

В 2008–2009 учебном году отмечается рекордное число студентов,

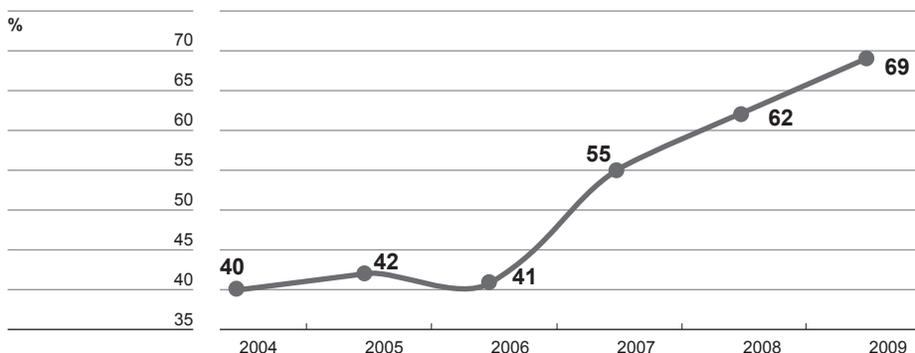


Рис. 2. Динамика роста количества студенток, отнесенных к СМГ, имеющих сердечно-сосудистую патологию, в %.

имеющих отклонения в состоянии здоровья и отнесенных к подготовительной и специальной медицинским группам (у девушек – 83 %, у юношей – 70 %).

Среди обнаруженных отклонений в уровне здоровья у студенток СМГ на первом месте стоят заболевания сердечно-сосудистой системы (рис. 2). С каждым годом число таких диагнозов неуклонно растет: с 40 % в 2004 году доля сердечно-сосудистой патологии у девушек увеличилась к 2009 году до 68 %.

Помимо уже существующих отклонений в здоровье, на него так же оказывает влияние процесс адаптации студентов к учебной нагрузке. Как известно, сердечно-сосудистая система является одной из ведущих адаптационных систем организма [5–9]. Постоянные воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды, неправильный образ жизни, вредные привычки, недостаточная двигательная активность ведут к снижению адаптационных возможностей организма и вследствие этого – к развитию уже имеющихся заболеваний, т. е. ухудшению состояния здоровья.

У девушек обнаружено большее количество отклонений в состоянии здоровья, чем у юношей, из них самый высокий процент приходится на сердечно-сосудистую систему.



Рис. 3. Индекс массы тела в процентах у студенток СМГ, имеющих сердечно-сосудистую патологию:

1 – норма, 2 – избыточная, 3 – ожирение 1 степени, 4 – недостаточная масса тела, 5 – выраженный дефицит массы тела

В связи с выше изложенным, целью нашего исследования является оценка физического развития студенток с заболеваниями сердечно-сосудистой системы.

Организация и методы исследования.

В исследовании принимали участие 2 группы:

- 1 – контрольная (n = 45) состояла из студенток, не имеющих отклонений в состоянии здоровья;

Табл. 2. ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ДЕВУШЕК СМГ ИМЕЮЩИХ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТУЮ ПАТОЛОГИЮ

Показатели	Контрольная группа	Опытная группа	P
Масса, кг	55,76 ± 1,19	61,41 ± 2,12	< 0,05
Рост, см	163,26 ± 1,11	164, ± 1,08	> 0,5
ОГК, см	87,40 ± 0,96	83,36 ± 1,40	< 0,001
ЭГК, см	4,92 ± 0,26	3,5 ± 0,36	< 0,001

Примечание: P – достоверность различий средних величин между контрольной и опытной группами.

2 – опытная (n = 27) – студентки, отнесенные по стоянию здоровья к специальной медицинской группе, имеющие сердечно-сосудистую патологию.

Одним из основных признаков здоровья и адаптоспособности организма является уровень физического развития [4]. Его мы определяли по показателям массы и длины тела, окружности грудной клетки (ОГК), экскурсии грудной клетки (ЭГК) индекса массы тела, результатам физической подготовленности.

Как видно из табл. 2, величина массы тела у студенток СМГ достоверно выше ($P < 0,05$), чем у студенток контрольной группы, а показателях длины тела достоверных различий не обнаружено ($P > 0,5$). Величины ОГК и ЭГК у девушек контрольной группы достоверно выше ($P < 0,001$), чем у студенток опытной группы, что может говорить о недостаточном функционировании легких при практически одинаковых показателях длины тела.

Наиболее объективным показателем соотношения массы и длины тела является индекс массы тела (ИМТ), разработанный ученым Альфредом Кетле в 1869. В 1997 году Всемирная организация здравоохранения приняла ИМТ как классификацию ожирения, для выявления сопутствующих соматических расстройств.

Табл. 3. ОБЩАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВЛЕННОСТЬ ДЕВУШЕК СМГ, ИМЕЮЩИХ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТУЮ ПАТОЛОГИЮ

Показатели	Контрольная группа	Опытная группа	P
Ходьба, бег 2000 м, мин	11,10 ± 0,19	14,59 ± 0,47	< 0,001
Бег 30 м, с	5,06 ± 0,04	5,74 ± 0,10	< 0,001
Отжимание от гимн. скамейки, кол-во раз	13,83 ± 0,79	7,96 ± 0,78	< 0,001
Поднимание туловища из положения лежа, кол-во раз	64,65±4,95	46,74±2,43	<0,001

Примечание: P – достоверность различий средних величин между контрольной и опытной группами

В результате полученных данных (рис. 3) в контрольной группе 8 % девушек имеют избыточную массу тела, а 92 % – ИМТ в пределах нормы. В опытной групп лишь 51,9 % студенток имеют массу тела в пределах нормы. 3,7% имеют выраженный дефицит массы тела; 18 % – недостаточную массу тела; 22,2 % – избыточную массу тела; 3,7 % ожирение 1-й степени.

По мнению специалистов, студенты с более высокой двигательной подготовленностью без особых затруднений адаптируются к вузовским условиям и различным негативным факторам окружающей среды [2, 4].

В таблице 3 представлены результаты контрольных испытаний студенток с заболеваниями сердечно-сосудистой системы. Выявлено, что у девушек опытной группы значительно ниже уровень развития общей выносливости, так как результат в беге на 2000 м достоверно ($P < 0,001$) хуже, чем в контрольной группе. А общая выносливость, по мнению многих исследователей является одним из маркеров работы кардиореспираторной системы и уровня здоровья вообще [4, 3].

Уровень развития быстроты (бег, 30 м) у студенток СМГ так же несколько ниже в контрольной группе ($P < 0,001$). В тестах на определение развития силы (отжимание, поднимание туловища) значительно хуже результат у студенток опытной группы по сравнению с контрольной на 54,56 и 27,7 %, соответственно ($P < 0,001$).

Такие низкие показатели физической подготовленности и уровень физического развития студенток, имеющих сердечно-сосудистую патоло-

гию могут говорить об их недостаточной двигательной активности, так как в большинстве случаев они никогда не занимались физическими упражнениями [10].

По уровню физического развития можно судить об общем состоянии здоровья, то есть, чем хуже показатели физической подготовленности физического развития, тем хуже состояние здоровья. Недостаточная двигательная активность у здоровых людей может привести к стрессовым состояниям, а у лиц, уже имеющих нарушения в деятельности той или иной системы организма неминуемо приведет к ухудшению здоровья.

По предварительным данным, занятия оздоровительной физической культурой, направленные на развитие общей выносливости и других физических качеств, в щадящем режиме в рамках научно-консультативного центра дополнительного образования удовлетворяют потребность в движении и нивелирует стрессовое воздействие окружающей среды на организм.

- ЛИТЕРАТУРА**
1. **Агаджанян Н. А., Пономарева В. В., Ермакова Н. В.** Проблема здоровья студентов и перспективы развития // Образ жизни и здоровье студентов: Матер. первой Всеросс. конф. М. РУДН, 1995. С. 5–9.
 2. **Милашечкина Е. А., Джандарова Т. И.** Адаптационные возможности студентов, занимающихся в специальной медицинской группе // Фундаментальные исследования в биологии и медицине: Сборник научных трудов. Вып. 1. Ставрополь: Изд-во СГУ, 2006. 210 с.
 3. **Романченко С. А.** Коррекция состояния здоровья студентов в процессе занятий физической культурой: автореф. дисс. ... канд. пед. наук. Санкт-Петербург, 2006. 19 с.
 4. **Милашечкина Е. А.** Комплексный подход к оценке психосоматического здоровья и личностно-ориентированные методы его коррекции у подростков, проживающих в экологически неблагоприятных районах: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2005. 21 с.
 5. **Баевский Р. М., Кириллов О. И., Клёцкин С. М.** Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М.: Наука, 1984. 222 с.
 6. **Баевский Р. М., Берсенева А. И., Палеев Н. Р.** Оценка адаптационного потенциала системы кровообращения при массовых профилактических обследованиях. М.: Экспресс-информация ВНИИ-МИ, 1987. 19 с.
 7. **Баевский Р. М., Берсенева А. И., Максимов А. Л.** Валеология и проблемы самоконтроля здоровья в экологии человека. Учеб.-метод.

- тод. пособие. В двух частях. Ч. 1. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 1996. 55 с.
8. **Сивакова Н. Н.** Использование адаптационного потенциала системы кровообращения в оценке адаптации учащихся к условиям повседневной деятельности // Современные проблемы физической культуры и Олимпийского движения: Материалы региональной научн.-практ. конф. Р-н/Д.: РИЦ, 1994. Ч. II. С. 19–23.
 9. **Филеши П. А., Сивакова Н. Н., Труфанова Т. Е.** Определение биологического возраста школьника по уровню здоровья // Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков / Тез. IV Всесоюзной конф. «Физиология развития человека». М., 1990. С. 294.
 10. **Милашечкина Е. А.** Мотивационно-ценностные ориентации студентов, отнесенных к специальной медицинской группе в области физической культуры // Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре, спорту и туризму. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Минск. Т. 2. 2010. 300 с.

ОБ АВТОРАХ

Джандарова Тамара Исмаиловна, ФГАОУ «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт живых систем, доктор биологических наук, профессор. Телефон 8-962-740-68-05.
E-mail: k-biochem-nch@stavsu.ru

Милашечкина Елена Анатольевна, ФГАОУ «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт живых систем, кандидат биологических наук, доцент. Телефон 8-962-740-68-05.
E-mail: k-biochem-nch@stavsu.ru

Dzhandarova Tamara Ismailovna, FGAOU «North Caucasian federal university», Institute of living systems Doctor of Biological sciences, professor. Phone 8-962-740-68-05.
E-mail: k-biochem-nch@stavsu.ru

Milashchikina Elena Anatol'evna, FGAOU «North Caucasian federal university», Institute of living systems, candidate of biological sciences, docent. Phone 8-962-740-68-05.
E-mail: k-biochem-nch@stavsu.ru

УДК 581.93

А. Л. Иванов [A. L. Ivanov]**И. Н. Гусева [I. N. Guseva]**

СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛЕСНОЙ ФЛОРЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Systematic analysis of forest flora of the Central Ciscaucasia

В статье рассматриваются параметры региональной лесной флоры в сравнительном аспекте, обсуждаются пропорции флоры, систематические спектры семейств и родов, констатируется отсутствие в составе спектра крупнейших семейств и родов, высокий процент монотипных семейств и олиготипных родов, низкий родовой коэффициент.

Ключевые слова: флора, пропорции флоры, систематический спектр, родовой коэффициент.

In article parameters of regional forest flora in comparative aspect are considered, flora proportions, systematic ranges of families and genera are discussed, absence as a part of a range of the largest families and genera, high percent of monotype families and the oligotype genera, low genera's coefficient is stated.

Keywords: flora, flora proportions, systematic range, genera's coefficient.

Одной из основных характеристик любой флоры является её систематическая структура, а именно соотношение семейств, родов и видов, с одной стороны, и количественные показатели этих таксонов, определяющие её богатство – с другой. Эти показатели являются составляющими систематического анализа флор в целом и ценофлор в частности, полученные при помощи такого анализа данные являются важным материалом для сравнительной флористики.

Под лесной флорой нами понимается совокупность мезофильных видов, составляющих лесной фитоценоз, к которым относятся лесообразующие виды и виды, обитающие под пологом леса. Среди них могут быть как факультативные лесные виды, так и облигатные. Последние являются экологически пластичными, могут обитать также на опушках, в прилегающих луговых фитоценозах, на окраинах лесных полян, как сорные растения встречаются на садовых участках. По нашим данным основу лесной флоры Центрального Предкавказья составляют ценотипно верные виды, составляющие 77 % от всех лесных видов [3].

В этой связи следует упомянуть исследование Н. Г. Шевченко «Леса Центрального Предкавказья: флористический состав, растительность и проблемы их охраны» [9]. Эта работа носит большей частью геоботанический характер и посвящена, в основном, типификации лесов Центрального Предкавказья. Автором установлено наличие в составе лесной флоры 738 видов, куда включены не только лесные, но и луговые и степные виды, то есть инвентаризирована не собственно лесная флора, а флора лесных территорий, включая участки лугов и степей, которые могут находиться в окружении лесной растительности, а также многие сорняки. В более позднем издании [10] количество видов увеличено до 746. Собственно лесных видов автором выявлено 368. Лесными, по мнению автора, являются такие виды, как *Hordeum leporinum*, *Dipsacus laciniatus*, *Phlomis tuberosa*, *Tussilago farfara* и др. Эти виды и другие им подобные нами в исследовании не включаются.

Лесная флора Центрального Предкавказья представлена всеми отделами высших сосудистых растений. Пропорции лесной флоры Центрального Предкавказья приведены в табл. 1.

Из таблицы видно, что подавляющее большинство видов лесной флоры представлено покрытосеменными растениями (93,4 %), среди которых преобладают двудольные. Споровые растения составляют всего лишь 6,3 % от всех видов флоры. Голосеменные – самый малочисленный таксон, представленный одним видом (0,3 %). Такой состав и пропорции близки к параметрам всей флоры Предкавказья [4] и соответствуют умеренным флорам Голарктики.

Систематический спектр лесной флоры Центрального Предкавказья в сравнительном аспекте с лесной флорой Предкавказья и общей флорой Предкавказья приведён в таблице 2. Лесная флора этого региона насчитывает 379 видов, входящих в состав 204 родов и 78 семейств.

Крупнейших семейств с числом видов более 50 в исследуемой флоре нет. Крупных семейств с числом видов от 20 до 50 всего 3, они насчитывают 90 видов (23,7%). Средних семейств, насчитывающих от 10 до 20 видов – 10 (12,8%), они включают 125 видов, составляющих 33,0 % флоры. Всего на долю всех крупных и средних семейств приходится 215 видов (57,0 %). Мелких семейств, насчитывающих от 5 до 9 видов 7, они насчитывают 45 видов (11,9 %).

Десять ведущих семейств насчитывают 182 вида и составляют 48,0 % общего количества видов лесной флоры.

Табл. 1. ПРОПОРЦИИ ЛЕСНОЙ ФЛОРЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Таксон	Число видов	%	Число родов	%	Число сем-в	%	Пропорции	Род. коэф.
Lycopodiophyta	2	0,5	2	1,0	2	2,7	1:1:1	1,0
Equisetophyta	3	0,8	1	0,5	1	1,3	1:1:3	3,0
Polypodiophyta	19	5,0	11	5,4	7	9,0	1:1,6:2,7	1,7
Pinophyta	1	0,3	1	0,5	1	1,3	1:1:1	1,0
Magnoliophyta	354	93,4	189	92,6	67	85,9	1:2,8:5,3	1,9
в том числе:								
Magnoliopsida	281	74,1	153	74,9	54	69,2	1:2,8:5,2	1,8
Liliopsida	73	19,3	36	17,7	13	16,7	1:2,8:5,6	2,0
ВСЕГО	379	100	204	100	78	100	1:2,6:4,9	1,9

Спектр крупных семейств в основном соответствует закономерностям, присущим спектрам бореальных флор [5, 6], а именно:

- 1) положение на первом месте семейства *Asteraceae*;
- 2) богато представленные семейства *Rosaceae*, *Poaceae*;
- 3) высокая численность видов трех первых семейств, составляющих почти треть флоры (23,7 %);
- 4) видная роль семейств *Brassicaceae*, *Cyperaceae*, *Fabaceae*, *Ranunculaceae*.

Отличие спектра лесной флоры Центрального Предкавказья от типичных бореальных спектров является присутствие в нём семейств *Ariaceae* и *Orchidaceae*, которые в бореальных флорах не входят в десятку семейств головной части спектра, а также отсутствие в головной части таких семейств, как *Caryophyllaceae* и *Scrophulariaceae*. Но самым существенным отличием является ранжирование. Если ранги спектра лесных флор Центрального Предкавказья и Предкавказья в целом примерно совпадают (отличаются незначительно), то спектр всей флоры резко отличен, единственным общим ранжированным семейством является *Asteraceae*.

Табл. 2. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ СПЕКТР ЛЕСНОЙ ФЛОРЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ, ПРЕДКАВКАЗЬЯ И ВСЕЙ ФЛОРЫ ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Семейство	Лесная флора ЦПр			Лесная флора Пр			Вся флора Пр		
	Ранг	Кол-во	%	Ранг	Кол-во	%	Ранг	Кол-во	%
Asteraceae	1	40	10,6	1	42	10,3	1	316	13,4
Rosaceae	2	27	7,1	2	30	7,3	8	85	3,6
Apiaceae	3	23	6,1	3	25	6,1	5	103	4,4
Poaceae	4	19	5,0	4	19	4,6	2	194	8,2
Cyperaceae	5	13	3,4	6	15	3,7	10	77	3,3
Brassicaceae	6	13	3,4	7	14	3,4	4	124	5,3
Fabaceae	7	12	3,2	5	16	3,9	3	177	7,5
Orchidaceae	8	12	3,2	8	14	3,4	16	35	1,5
Ranunculaceae	9	12	3,2	9	13	2,9	12	64	2,7
Lamiaceae	10	11	2,9	10	12	2,9	7	101	4,3
Boraginaceae	11	11	2,9	11	12	2,9	13	60	2,6
Caryophyllaceae	12	11	2,9	12	11	2,9	6	102	4,3
Scrophulariaceae	13	11	2,9	13	11	2,7	9	84	3,6
		215	57,0		234	57,2		1522	28,4

Соотношение семейств и видов лесной флоры с учётом мелких и олиготипных семейств приведено в табл. 3. Из неё видно, что на долю олиготипных семейств, насчитывающих от 1 до 4 видов, приходится 119 видов (31,4 %).

Больше всего семейств, содержащих по одному виду – 23, на долю которых приходится 31,4 % флоры. Среди этих семейств мало по-настоящему олиготипных таксонов (например, *Hyperziaceae*, *Taxaceae*, *Dioscoreaceae*, *Monotropaceae*), в основном они относятся к тропическим и подтропическим семействам, бедным видами лишь в лесных фитоценозах и вообще в умеренных широтах. К ним относятся семейства

Табл. 3. СООТНОШЕНИЕ СЕМЕЙСТВ И ВИДОВ ЛЕСНОЙ ФЛОРЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Семейства (кол-во видов)	Крупнейшие, более 50	Крупные 20–49	Средние 10–19	Мелкие 5–9	Олиготипные с числом видов			
					4	3	2	1
Кол-во семейств	–	3	10	7	7	12	16	23
% от общего числа семейств	–	3,8	12,8	9,0	9,0	15,4	20,5	29,5
Количество видов	–	90	125	45	28	36	32	23
					119			
% от общего числа видов	–	23,7	33,0	11,9	7,4	9,5	8,4	6,1
					31,4			

Selaginellaceae, *Ophioglossaceae*, *Onocleaceae*, *Polypodiaceae*, *Colchicaceae*, *Asparagaceae*, *Viscaceae*, *Chenopodiaceae*, *Papaveraceae*, *Saxifragaceae*, *Linaceae*, *Rutaceae*, *Balsaminaceae*, *Vitaceae*, *Thymelaeaceae*, *Onagraceae*, *Araliaceae*, *Ericaceae*, *Valerianaceae*. Эти семейства не играют заметной роли в лесном растительном покрове не только изучаемой территории, но и стран умеренной и северной Евразии.

Семейств, представленных двумя видами, 16: *Hypolepidaceae*, *Juncaceae*, *Alliaceae*, *Corylaceae*, *Aristolochiaceae*, *Polygonaceae*, *Grossulariaceae*, *Euphorbiaceae*, *Rhamnaceae*, *Tiliaceae*, *Cornaceae*, *Pyrolaceae*, *Oleaceae*, *Convolvulaceae*, *Sambucaceae*, *Viburnaceae*; тремя видами – 12: *Equisetaceae*, *Athyriaceae*, *Araceae*, *Betulaceae*, *Ulmaceae*, *Fumariaceae*, *Aceraceae*, *Аросунасеае*, *Solanaceae*, *Orobanchaceae*, *Caprifoliaceae*, *Dipsacaceae*; четырьмя видами – 7: *Aspleniaceae*, *Hyacinthaceae*, *Amaryllidaceae*, *Fagaceae*, *Celastraceae*, *Primulaceae*, *Rubiaceae*. В целом олиготипные семейства насчитывают 119 видов, и составляют 31,4 % от всей флоры, что свидетельствует о ее значительном возрасте [1].

Родовой спектр лесной флоры Центрального Предкавказья приведён в табл. 4. Крупнейших (сверхполиморфных) родов, насчитывающих 20 и более видов, в исследуемой флоре нет. Крупных (полиморфных) ро-

Табл. 4. СПЕКТР КРУПНЫХ И СРЕДНИХ РОДОВ ЛЕСНОЙ ФЛОРЫ
ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Род	Кол-во видов	Род	Кол-во видов
1. <i>Carex</i>	12	12. <i>Populus</i>	4
2. <i>Hieracium</i>	11	13. <i>Cerastium</i>	4
3. <i>Viola</i>	8	14. <i>Anemonoides</i>	4
4. <i>Campanula</i>	7	15. <i>Sorbus</i>	4
5. <i>Veronica</i>	6	16. <i>Rosa</i>	4
6. <i>Rubus</i>	5	17. <i>Vicia</i>	4
7. <i>Geranium</i>	5	18. <i>Euonymus</i>	4
8. <i>Dryopteris</i>	4	19. <i>Chaerophyllum</i>	4
9. <i>Festuca</i>	4	20. <i>Scrophularia</i>	4
10. <i>Polygonatum</i>	4	21. <i>Centaurea</i>	4
11. <i>Galanthus</i>	4	Итого	110

дов, насчитывающие от 10 до 19 видов, всего два – *Carex* (12) и *Hieracium* (11). На их долю приходится всего 6,1 % от всех видов флоры. Следует отметить, что род *Carex* занимает первое место в родовом спектре флоры Предкавказья [4] и флоры Нижнего Дона [7, 8], а род *Hieracium* во флоре Предкавказья занимает четвертое место. Ведущие места они занимают и в лесной флоре.

Небольшим количеством представлены также средние рода, насчитывающие от 9 до 5 видов, их всего пять: *Viola* (8), *Campanula* (7), *Veronica* (6), *Rubus* (5), *Geranium* (5). На их долю приходится 31 вид (8,2 %). Всего на долю крупных и средних родов приходится 54 вида (14,2 %).

Бедных родов, насчитывающих от 4 до 2 видов, в лесной флоре Центрального Предкавказья 73 (35,8 % от общего количества родов). Из них

Табл. 5. ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО МОНОТИПНЫХ РОДОВ
В СИСТЕМАТИЧЕСКОМ СПЕКТРЕ ЛЕСНОЙ ФЛОРЫ
ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Семейство	Ранг по количеству видов	Кол-во родов, ранг	Кол-во монотипных родов, ранг	% от числа родов в семействе, ранг
Asteraceae	1	19 (1)	11(2)	57,9 (7)
Rosaceae	2	14 (3)	9 (3)	64,3 (5)
Apiaceae	3	16 (2)	12(1)	75,0 (2)
Poaceae	4	12 (4)	8 (4)	66,7 (4)
Cyperaceae	5	2 (11)	1 (8)	50,0 (8)
Brassicaceae	6	8 (6)	5 (5)	62,5 (6)
Fabaceae	7	6 (8)	3 (6)	50,0 (8)
Orchidaceae	8	7 (7)	3 (6)	42,9 (9)
Ranunculaceae	9	6 (8)	3 (6)	50,0 (8)
Lamiaceae	10	10 (5)	9 (3)	90,0 (1)
Boraginaceae	11	7 (7)	5 (5)	71,4 (3)
Caryophyllaceae	12	5 (9)	2 (7)	40,0 (10)
Scrophulariaceae	13	3 (10)	1 (8)	33,3 (11)

по 4 вида содержат 14 родов (см. табл. 4), по 3 вида – 27 и по 2 вида – 32 рода. Всего на долю бедных родов приходится 201 вид (53,0%).

Наибольшим количеством представлены монотипные рода, их 124, что составляет 60,8 % от всего числа родов, на их долю приходится около трети видов (32,7 %).

Представляет интерес представительство монотипных родов в спектре ведущих семейств (табл. 5).

По количеству родов первая пятёрка выстраивается в следующей последовательности: *Asteraceae* (19), *Apiaceae* (16), *Rosaceae* (14), *Poaceae* (12), *Lamiaceae* (10). По количеству монотипных родов последовательность несколько иная: *Apiaceae* (12), *Asteraceae* (11), *Rosaceae* и *Lamiaceae* (по 9 родов), *Poaceae* (8), *Brassicaceae* и *Boraginaceae* (по 5 родов).

Но полное представление о степени участия монотипных родов в семействах даёт процентное соотношение монотипных родов к общему числу родов в семействе (табл. 5). В этом случае первая пятёрка выстраивается в следующей последовательности: *Lamiaceae* (90%), *Apiaceae* (75%), *Boraginaceae* (71,4%), *Poaceae* (66,7%), *Rosaceae* (64,3%). Семейство *Asteraceae* не входит в первую пятёрку, оно занимает седьмое место (57,9%). Таким образом, самым «монотипным» по родовому представительству является семейства *Lamiaceae*. Здесь следует отметить, что монотипными эти рода являются лишь в изучаемой флоре, где представлены одним видом. Это такие рода, как *Matteuccia*, *Limodorum*, *Viscum*, *Chrysosplenium*, *Aruncus*, *Cydonia*, *Robinia*, *Impatiens*, *Mespilus*, *Vitis*, *Sanicula*, *Albovia*, *Aegopodium*, *Laser*, *Orthilia*, *Hypopitis*, *Lygustrum*, *Periploca*, *Aegonichon*, *Glechoma*, *Atropa*, *Physalis*, *Lathraea*, *Telekia* и др. По-настоящему монотипными являются лишь рода *Pachyphragma*, *Macroselinum* и *Hablitzia*.

Родовой коэффициент довольно низок. При общем количестве родов 204 на один род приходится 1,9 вида. То есть подавляющее большинство родов лесной флоры содержит по 1–2 вида. Для лесной флоры Предкавказья этот коэффициент имеет такое же значение (1,9) [2], а для всей флоры Предкавказья он равен 3,2 [4]. То есть лесная флора в видовом богатстве родов значительно менее разнообразна, чем флора в целом.

Таким образом, в систематическом отношении лесная флора Центрального Предкавказья характеризуется достаточно высокой степенью гетерогенности, что отражается в пропорциях флоры, систематическом спектре семейств и родов. К числу особенностей относятся отсутствие крупнейших семейств, малая доля участия крупных семейств (основу головной части спектра составляют средние семейства), а также высокий процент участия семейств, насчитывающих один вид. Особенности родового спектра также являются отсутствие крупнейших родов, малая представленность крупными и средними родами, доминирование бедных и монотипных родов, низкий родовой коэффициент.

- ЛИТЕРАТУРА**
1. **Галушко А. И.** Анализ флоры западной части Центрального Кавказа // Флора Северного Кавказа и вопросы её истории, вып. 1. Ставрополь, 1976. С. 5–130.
 2. **Гусева И. Н.** Систематический спектр лесной флоры Предкавказья // Биоразнообразие, биоресурсы, биотехнологии и здоровье

- населения Северо-Кавказского региона. Материалы 57-й научно-методической конференции «Университетская наука – региону». Ставрополь: Изд-во СГУ, 2012. С 150–153.
3. **Гусева И. Н.** Эколого-ценотический анализ лесной флоры Центрального Предкавказья // Биоразнообразие, биоресурсы, биотехнологии и здоровье населения Северо-Кавказского региона. Материалы 1-й научно-практической конференции «Университетская наука – региону». Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2013. С. 207–212.
 4. **Иванов А. Л.** Флора Предкавказья и её генезис. Ставрополь: Изд-во СГУ, 1998. 204 с.
 5. **Камелин Р. В.** Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии. Л.: Наука, 1973. 355 с.
 6. **Толмачёв А. И.** Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. Новосибирск: Наука, 1986. 195с.
 7. Флора Нижнего Дона, часть 1 / под ред. Г. М. Зозулина и В. В. Федяевой. Ростов: Изд-во РГУ, 1984. 279 с.
 8. Флора Нижнего Дона, часть 2 / под ред. Г. М. Зозулина и В. В. Федяевой. Ростов: Изд-во РГУ, 1985. 239 с.
 9. **Шевченко Н. Е.** Леса Центрального Предкавказья: флористический состав, растительность и проблемы их охраны. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата биологических наук. М., 2013. 22 с.
 10. **Шевченко Н. Е., Белоус В. Н.** Конспект флоры лесов Центрального Предкавказья. Ставрополь: Изд-во Параграф, 2014. 136 с.

ОБ АВТОРАХ

Гусева Ирина Николаевна, преподаватель Ставропольского государственного политехнического колледжа. 355001, г. Ставрополь, ул. Октябрьская, 164а. Телефон 8 (962)000-55-82.
E-mail: irina.guseva12@mail.ru

Иванов Александр Львович, заведующий кафедрой ботаники, зоологии и общей биологии Северо-Кавказского федерального университета, доктор биологических наук, профессор. 355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1. Телефон 8 (961)443-07-66.
E-mail: ali-ivanov@mail.ru

Irina Nikolaevna Guseva, lecturer in the the Stavropol State Polytechnic College. 355001, Stavropol, street. October, 164a. Phone 8 (962) 000-55-82. E-mail: irina.guseva12 @ mail.ru

Aleksandar L'vovich Ivanov, head of the department of botany, zoology and general biology in the North Caucasus Federal University Doctor of Biology, Professor. 355009, Stavropol, street. Pushkin, 1. 8 (961) 443-07-66. E-mail: ali-ivanov@mail.ru

УДК: 612.171.1

**О. А. Бутова [O. A. Butova]
А. С. Ермакова [A. S. Ermakova]**

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ КАРДИОРИТМА ЖЕНСКОГО ОРГАНИЗМА В УСЛОВИЯХ СТАВРОПОЛЬЯ

Age features of the mechanisms of regulation of heart rate of the female body in terms of Stavropol

В статье представлены результаты исследования вариабельности и спектральной мощности сердечного ритма женского организма. Выявлены возрастные различия, свидетельствующие о разной степени адаптационных возможностей организмов в исследуемые периоды онтогенеза.

The article presents the results of a study of variability and heart rate spectral power of the female body. The age differences, showing varying degrees of adaptation capabilities of organisms studied periods of ontogenesis.

Ключевые понятия: вариационная пульсометрия, вариабельность сердечного ритма, спектральный анализ кардиоритма.

Key words: Variation pulsometriya, heart rate variability, spectral analysis of heart rate.

Одной из актуальных проблем современной физиологической науки и возрастной биологии человека является изучение вариабельности сердечного ритма и спектрального анализа кардиоритма женского организма в возрастном аспекте с целью изучения уровней и эффектов адаптации и выявления резервных возможностей систем жизнеобеспечения.

Существенные возрастные различия в реализации биологических и социальных функций женского организма в разных периодах онтогенеза в значительной мере обусловлены морфофункциональными особенностями организма [Филимонова, Кравец, 2010]. В рамках теории индивидуального развития человека в юношеском периоде онтогенеза морфофункциональные изменения обуславливают статус функционирования систем жизнеобеспечения – «физиологическая норма». В то время как в зрелом

возрасте второго периода онтогенеза начинают происходить возрастные изменения систем организма, что ведет к манифестации заболеваний, в том числе, болезней сердца и кровообращения [Захарова, Михайлов, 2008].

Исходя из вышесказанного, поставленная для рассмотрения физиологическая проблема по оценке механизмов регуляции кардиоритма женского организма в указанные периоды онтогенеза является актуальной.

Следует отметить, что интенсивное развитие средств для математической обработки и анализа ритма сердца обусловлено углублением теоретических представлений о том, как осуществляется регуляция сердечного ритма, работу каких физиологических механизмов отражают те или иные показатели variability ритмасердца.

Важен и ещё один аспект: поиск возрастных особенностей механизмов регуляции кардиоритма и спектральной мощности ритма сердца, имеющий первостепенное значение для оценки адаптивных возможностей организма человека.

Целью исследования являлась характеристика variability и спектральной мощности кардиоритма у женщин юношеского и зрелого возраста в условиях Ставрополя.

В соответствии с разработанной программой исследования оценены и проанализированы вариационно-пульсометрические и мощностные характеристики сердечного ритма у 29 девушек юношеского периода онтогенеза, являющихся студентами ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет» и 27 женщин зрелого возраста второго периода онтогенеза, относящиеся к работникам умственного труда (учителя, библиотекари). Исследование проводилось на базе кафедры анатомии и физиологии и лаборатории патологической физиологии центра «Инновационные образовательные и научные технологии в медицине и фармации» института живых систем ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет».

При анализе ритма сердца были использованы методы вариационной пульсометрии и спектрального анализа с использованием клиноортостатической пробы на диагностическом приборе «Варикард 2.5» производства ООО «Институт Внедрения Новых Медицинских Технологий. Рамена, г. Рязань», с применением специализированного программного обеспечения «Иским 6.1», позволяющего рассчитать до 40 показателей, соответствующих стандартам по измерению [Губкина, Кайко, 2009; Андросова, 2010].

Статистическая и биометрическая обработка материала осуществлена при помощи пакета анализа MicrosoftOfficeExcel2003 и STATISTIKA6.0.

При анализе показателей вариационной пульсометрии на групповом уровне в условиях физиологического покоя в группе девушек выявлено умеренное ($ИН = 426,6 \pm 44,2$ усл. ед.) а в группе женщин – выраженное ($ИН = 538,1 \pm 64,6$ усл. ед.) преобладание симпатических влияний на кардиоритм.

Анализ вариационных пульсограмм в клиноположении выявил, что в механизме регуляции кардиоритма у девушек доминируют гуморальные влияния, а у женщин возрастает роль вагусных воздействий.

Справедливо полагать, что в организме девушек доминирует гуморальный канал регуляции, отражающий наиболее вероятный уровень функционирования синусового узла, а в женском организме выявлен вегетативный дисбаланс.

Выполнение девушками клино-ортостатической пробы привело к снижению роли гуморального канала регуляции, но не вызвало дополнительного подключения симпатического отдела вегетативной нервной системы. Таким образом, выполнение нагрузочной пробы в юношеском периоде онтогенеза по данным вариационной пульсометрии выразилось в регуляции ритма сердца импульсами синусового узла, что подтверждает достоверное увеличение ЧСС (рис. 1).

Выполнение нагрузочной пробы у женщин зрелого возраста второго периода вызвало снижение роли вагусных воздействий, но без дополнительного подключения симпатического отдела вегетативной нервной системы, что указывает на дисбаланс звеньев регуляторного механизма кардиоритма (рис. 2).

В ходе анализа спектральной мощности ритма сердца в клиноположении, общая мощность спектра (ТР), отражающая суммарный эффект воздействия на сердечный ритм всех уровней регуляции, у девушек составила $3217,3 \pm 756,2 \text{ мс}^2$, а у женщин $-5216,72 \pm 501,2 \text{ мс}^2$. С учетом имеющихся в литературе сведений, что среднее абсолютное значение ТР, составляющее $3446 \pm 102,4 \text{ мс}^2$, характерно для здоровых людей и отражает оптимальный уровень функционирования сердечнососудистой системы [Бабунц, Мириджанян, 2010], полагаем, что обнаруженное нами увеличение этого параметра в 1,5 раза у женщин зрелого возраста свидетельствует о повышении функциональной активности звеньев регуляторного механизма в женском организме зрелого возраста.

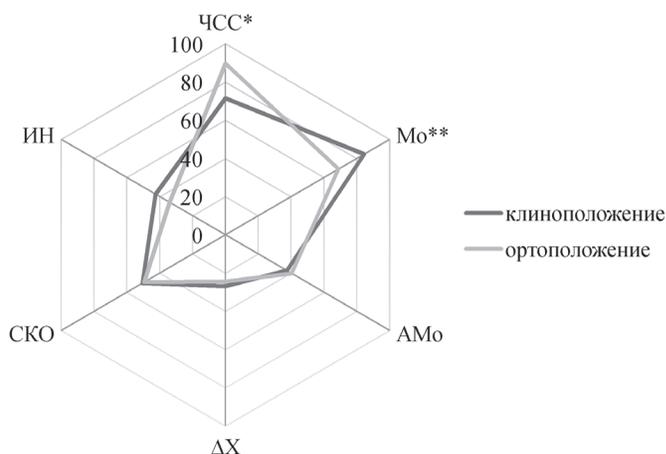


Рис. 1. Показатели вариационной пульсометрии у девушек юношеского периода ортогенеза.

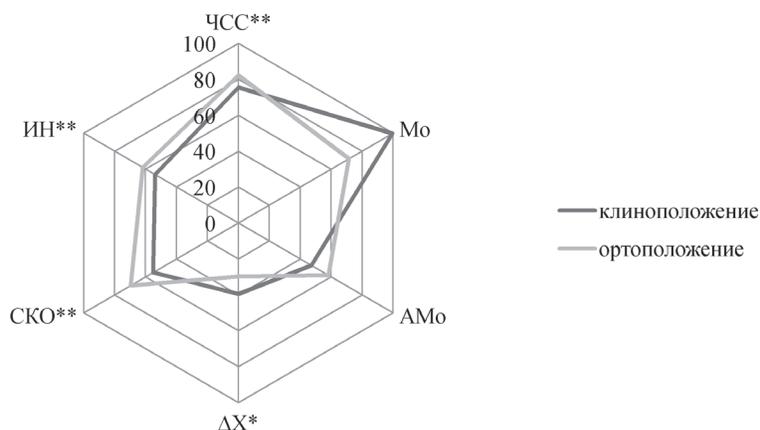


Рис. 2. Показатели вариационной пульсометрии женщин зрелого возраста.

Анализ параметров волновых характеристик кардиограмм выявил у девушек в регуляции кардиоритма в условии физиологического покоя одинаковую степень влияния высокочастотных (HighFrequency [HF]) волн, характеризующих автономный контроль регуляции и низкочастотных (LowFrequency–LF) волн, отражающих регуляторную активность 3-го уровня центрального контура (см. табл.):

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАРДИОРИТМА

Группы	Тр, мс ²	HF, мс ²	LF, мс ²	VLF, мс ²
1 группа				
клино	3217,3 ± 756,2	1266 ± 105,82	1269,5 ± 102,71	681,7 ± 54,01
орто	3123,7 ± 269,3	497,6 ± 33,78	1801,7 ± 104,14	824 ± 53,68
P	> 0,1	< 0,01	< 0,01	> 0,1
2 группа				
клино	5216,7 ± 501,2	2085,1 ± 204,3	2060,6 ± 226,6	1242,1 ± 120,5
орто	5883,9 ± 493,1	1363,9 ± 135	2448,3 ± 244,8	2104,7 ± 252,6
P	> 0,1	< 0,05	< 0,01	< 0,05
P1	< 0,01	> 0,01	> 0,01	> 0,01
P2	> 0,01	> 0,01	< 0,01	> 0,01

Примечание:

1 группа – девушки юношеского периода онтогенеза;

2 группа – женщины зрелого возраста;

P – уровень достоверности между клино- и ортоположением в каждой группе;

P1 – уровень достоверности клино/клино между группами;

P2 – уровень достоверности орто/орто между группами.

Выполнение клиноортостатической пробы девушками привело к возрастанию роли 3-го уровня центрального контура регуляции кардиоритма в 1,4 раза за счет снижения автономного контура (вагусного воздействия) в 2,5 раза. В организме женщин сохраняется ведущая роль 3-го уровня центрального контура (LF волн) на фоне снижения роли автономного контура регуляции кардиоритма (HF). Подобная реакция на нагрузочную пробу с физиологической точки зрения представляется адекватной испытываемым нагрузкам [Яблучанский, Мартыненко, 2010].

Сравнительный анализ спектральной плотности мощности колебаний ритма сердца в условиях физиологического покоя выявил в женском организме зрелого возраста возрастания роли автономного контура, 3-го и 2-го уровней центрального контура регуляции.

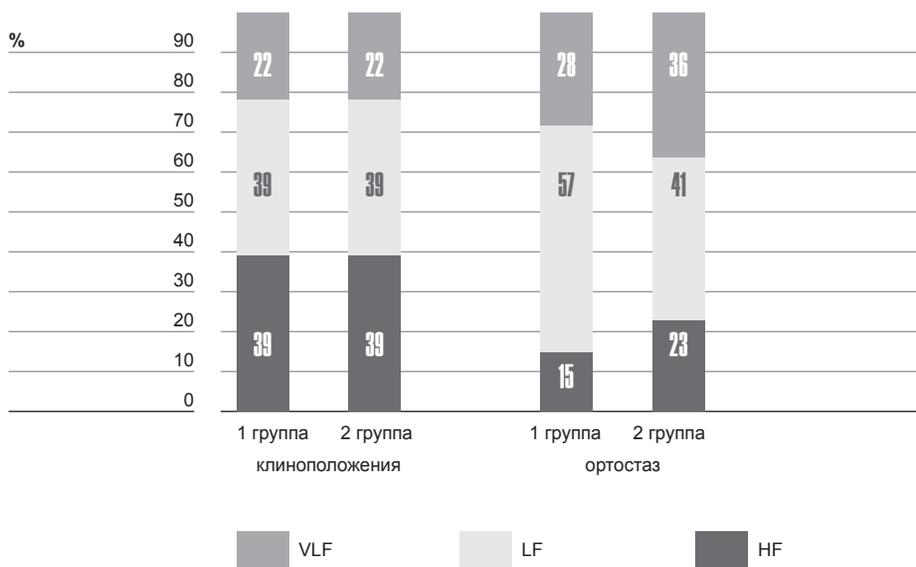


Рис. 3. Спектральная мощность колебаний ритма сердца.

При этом если роль автономного контура и 3-го уровня центрального контура возросла в 1,6 раза, то роль 2-го уровня – в 1,8 раза.

Таким образом, в организме женщин выявлена максимальная степень влияния на кардиоритм центральных эрготропных влияний, позволяющих судить о функциональном состоянии коры головного мозга и определенной степени психоэмоционального напряжения.

Оценка спектральной мощности плотности колебаний ритма сердца, дающая информацию о распределении мощностей в зависимости от частот колебаний, отражает активность звеньев регуляторного механизма (рис. 3).

В условиях физиологического покоя как в организме девушек, так и в организме женщин зрелого возраста ведущую роль в регуляции кардио-

ритма играют автономный контур (39% – у девушек, 39% – у женщин) и 3-й уровень центрального контура (39% – у девушек, 39% – у женщин зрелого возраста).

То есть в изучаемых периодах онтогенеза рабочими контурами, обеспечивающими регуляцию кардиоритма являются: синусовый узел, *n. Vagus* и его ядра продолговатого мозга и вазомоторный центр, осуществляющий афферентный синтез и посылающий в сосудистую систему эфферентную импульсацию.

Справедливо полагать, что в условиях физиологического покоя у девушек и женщин зрелого возраста в ведущих рабочих структурах контуров управления сердечным ритмом половых различий не выявлено.

При выполнении нагрузочной пробы в организме девушек доминирует 3-й уровень центрального контура, обусловленный симпатической модуляцией сердечного ритма и характеризующий состояние системы регуляции сосудистого тонуса.

В организме женщин зрелого возраста на фоне симпатической модуляции кардиоритма (3-й уровень центрального контура) существенную роль играют церебральные эрготропные воздействия и влияния гипоталамо-гипофизарной системы.

Подводя общий итог проведенному исследованию, можно заключить, что при выполнении физиологически адекватной нагрузочной пробы выявлены половые отличия в звеньях регуляторного механизма сердечного ритма.

В женском организме юношеского периода онтогенеза ведущим в регуляции кардиоритма является 3-й уровень центрального контура, – маркер симпатической модуляции с обратной связью контроля сосудистого тонуса.

В женском организме зрелого возраста на фоне симпатической модуляции проявляются церебральные воздействия и влияния гипоталамо-гипофизарной системы, в совокупности характеризующих активность 2-го уровня центрального контура регуляции кардиоритма.

Однако в организме женщин зрелого возраста для адекватной реакции на нагрузочную пробу подключения только вазомоторного центра оказалось не достаточным и обусловило включение коркового и гипоталамо-гипофизарного уровней.

Сравнительный анализ спектральной плотности мощности колебаний ритма сердца в условиях физиологического покоя выявил в женском

организме зрелого возраста возрастание роли автономного контура, 3-го и 2-го уровней центрального контура.

При этом если роль автономного контура и 3-го уровня центрального контура возросла в 1,6 раза, то роль 2-го уровня – в 1,8 раза.

Таким образом, в организме женщин выявлена максимальная степень влияния на кардиоритм центральных эрготропных влияний, позволяющих судить о функциональном состоянии коры головного мозга и психоэмоциональном напряжении.

При выполнении нагрузочной пробы в женском организме наряду сохранения установленной активации и автономного, и двух уровней центрального контура изменилась степень их влияний на кардиоритм. А именно, возросла в 2,7 раза роль вагусных воздействий и в 2,5 раза – воздействий церебральных и гипоталамо-гипофизарных воздействий.

- ЛИТЕРАТУРА**
1. **Адельшина Г. А., Гавриков К. В., Радышевская Т. Н., Луцки И. В., Полеткина И. И., Балуева В. А.** Экспертная оценка применимости метода вариационной пульсометрии для диагностики типов вегетативных регуляций // Современные наукоемкие технологии. 2009. №3. 34 с.
 2. **Андросова Д. А.** Статистическая обработка данных, полученных ПАК «Варикард 2.5», в электронных таблицах MICROSOFT EXCEL для оценки состояния здоровья человека // Биоразнообразие, биоресурсы, новые материалы и здоровье населения региона. Ставрополь. 2010. С. 191–192.
 3. **Бабунц И. В., Мириджанян Э. М., Мшаех Ю. А.** Азбука variability сердечного ритма. Ставрополь. 2010. С. 68–73.
 4. **Губкина Д. Г., Кайко С. А., Сеттарова З. С., Павленко В. Б.** Изменение показателей вариационной пульсометрии под влиянием сеансов обратной связи по ЭЭГ // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». 2009. № 4. С. 36–40.
 5. **Захарова Н. Ю., Михайлов В. П.** Физиологические особенности variability ритма сердца в разных возрастных группах // Вестник аритмологии. № 23. 2008. С. 78.
 6. **Миронова Т. Ф., Давыдова Е. В., Соколова Т. А.** Variability сердечного ритма при профессиональных заболеваниях. Клиническая информатика и телемедицина. 2010. Т. 6. Вып. 7. 200 с.
 7. **Филимонова Н. Б., Кравец Т. В.** Определение индивидуальных особенностей динамики кардиоритма при тестировании оперативной памяти человека // Ученые записки Таврического национально-

- го университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». Том 23 (62). 2010. № 3. С. 176–187.
8. **Яблучанский Н. И., Мартыненко А. В.** Вариабельность сердечного ритма. 2010. 256 с.
 9. **Biger J. T., Fleiss J. L., Steinman R. C. et al.** RR variability in healthy, middle-aged persons compared with patients with chronic coronary heart disease or recent acute myocardial infarction // *Circulation*. 2007. P. 56–70.

ОБ АВТОРАХ

Бутова Ольга Алексеевна, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт живых систем, кафедра анатомии и физиологии, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой. Почтовый адрес: 355009 г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1. Телефоны: 8 (8652) 353-465, 8-928-304-43-67, e-mail: olga_butova@mail.ru

Ермакова Анна Сергеевна, ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт живых систем, аспирант. Телефон: 8961-475-38-22. E-mail: gerberanet@rambler.ru

Butova Olga Alekseevna, FGAOU VPO «North Caucasian Federal University», Institute «Living Systems», Department of Anatomy and Physiology Doctor of Medical sciences, Professor, Head of Department. Mailing address: 355009, Stavropol, st. Pushkina, 1. Phone: 8 (8652) 353-465, 8-928-304-43-67, e-mail: olga_butova@mail.ru

Ermakova Anna S., FGAOU VPO «North Caucasian Federal University», Institute «Living Systems», graduate student. Phone: 8961-475-38-22. E-mail: gerberanet@rambler.ru

УДК 612.821

Л. И. Губарева [L. I. Gubareva]
А. Г. Соловьев [A. G. Soloviev],
А. Я. Бочкарева [A. Ya. Bochkareva]

УРОВЕНЬ АГРЕССИИ И ТОНИЧЕСКАЯ МЫШЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ У ЖЕНЩИН, СТРАДАЮЩИХ ОСТЕОХОНДРОЗОМ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

The level of aggression and tonic muscle activity in women with cervical osteochondrosis

В статье описаны результаты проведенного обследования 20 женщин зрелого возраста (22÷44 лет) г. Ставрополя, страдающих остеохондрозом позвоночника, с целью выявления механизмов и причин формирования остеохондроза позвоночника. Установлено, что физиологической основой остеохондроза позвоночника является асимметричное нарушение мышечного тонуса, грубое нарушение реципрокности и адекватности тонической активности при максимальном произвольном напряжении, сочетающееся с более высокими показателями косвенной агрессии, обиды и чувства вины при более низких показателях вербальной агрессии. Полученные данные могут быть использованы для ранней диагностики и разработки методов психокоррекции остеохондроза позвоночника.

Ключевые слова: уровень агрессии, тоническая активность мышц шеи, асимметрия мышечного тонуса, остеохондроз позвоночника.

In order to identify the causes and mechanisms of formation of osteochondrosis surveyed 20 older women (22÷44 y.o.) of Stavropol suffering from spinal osteochondrosis. Found that the physiological basis of osteochondrosis is asymmetric violation muscle tone, gross violation of reciprocity and the adequacy of tonic activity during maximum voltage, combined with higher performance of indirect aggression, resentment and guilt at lower rates of verbal aggression. The data obtained can be used for early diagnosis and the development of methods of psychological correction of osteochondrosis.

Keywords: aggression level, tonic activity of the muscles of the neck, the asymmetry of muscle tone, spinal osteochondrosis.

По данным ВОЗ, до 80% населения в мире страдает клиническими проявлениями остеохондроза позвоночника [1], а неспецифические болевые мышечные синдромы в течение жизни беспокоит 60–85 % населения, у 6–20 % они носят хронический характер [3, 4]. В качестве основных механизмов формирования нарушений опорно-двигательного аппарата рассматриваются патологические процессы: воспалительный процесс в мышцах (миозит), гемангиома в теле позвонка, уменьшение просвета канала нервного корешка за счёт жировой клетчатки, истончение

межпозвонковых дисков, гиалиновых пластин, их обезвоживание, снижение тургора и другие дегенеративные изменения [5, 6]. В то же время, имеются единичные работы, показывающие роль страха, гнева в формировании гипертонуса мышц, спастических состояний мышц [2], обуславливающих нарушение трофики и дегенеративные изменения в скелетных мышцах.

С учетом вышеизложенного, целью исследования явилось изучение зависимости тонической активности мышц шеи от уровня агрессии у женщин с остеохондрозом шейного отдела позвоночника.

В обследовании приняли участие 30 женщин зрелого возраста (22 ÷ 44 лет). Контрольную группу составили женщины (10 человек), не имеющих проблем с позвоночником (28,6 ± 1,3 лет), в опытную группу вошли женщины (20 человек) с остеохондрозом позвоночника (32,6 ± 1,6 лет). Все обследуемые не имели генетической патологии. Исследованию подвергались лица, страдающие хроническими болями в позвоночнике в течение года и более.

Тоническую активность мышц шейного отдела позвоночника изучали методом компьютерной электромиографии на приборе «Нейромиан». Уровень агрессивности определяли с помощью «Опросника Басса – Дарки». Исследования проводили с учетом циркадианного, циркасептального и сезонного биоритмов. Результаты исследования подвергались вариационно-статистической обработке на компьютере с использованием статистического пакета анализа данных в Microsoft Excel-2003.

Исследование было проведено в соответствии с Хельсинской декларацией по правам человека на базе проблемной научно-исследовательской лаборатории «Экологическая психофизиология» Северо-Кавказского федерального университета.

Анализ показателей агрессивности и враждебности (табл. 1) выявил достоверные различия по ряду шкал. В частности, у женщин, страдающих остеохондрозом позвоночника, ниже, чем у практически здоровых женщин, были показатели вербальной агрессии ($p < 0,05$), но выше – показатели косвенной агрессии ($p < 0,05$). То есть женщины, страдающие остеохондрозом позвоночника, более сдержаны, поскольку вербальная агрессия – это выражение негативных чувств, как через форму (крик, визг), так и через содержание словесных ответов (проклятия, угрозы). При этом их негативная энергия может быть направлена окольным путем на другое лицо (косвенная агрессия) или не направлена ни на кого; в последнем

Табл. 1. ПОКАЗАТЕЛИ УРОВНЯ АГРЕССИИ У ЖЕНЩИН ФЕРТИЛЬНОГО ВОЗРАСТА С ОСТЕОХОНДРОЗОМ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА (M ± M)

Показатели	Контроль	Остеохондроз	P
1. Уровень физической агрессии, балл	4,2 ± 0,2	3,5 ± 0,4	> 0,05
2. Уровень косвенной агрессии, балл	4,2 ± 0,1	5,0 ± 0,2	< 0,05
3. Уровень раздражительности, балл	4,2 ± 0,4	4,5 ± 0,3	> 0,5
4. Негативизм, балл	2,6 ± 0,2	2,1 ± 0,1	≤ 0,05
5. Обида, балл	2,2 ± 0,3	3,3 ± 0,3	< 0,05
6. Подозрительность, балл	4,4 ± 0,4	3,5 ± 0,3	≥ 0,05
7. Уровень вербальной агрессии, балл	7,0 ± 0,5	5,3 ± 0,4	< 0,05
8. Чувство вины, балл	4,6 ± 0,3	5,8 ± 0,3	< 0,01
9. Индекс агрессивности, балл	15,4 ± 0,7	13,3 ± 0,8	> 0,05
10. Индекс враждебности, балл	6,6 ± 0,8	6,8 ± 0,8	> 0,05

Примечание: P1 – достоверность различий показателей средних величин у женщин контрольной и опытной групп.

случае допустимо полагать, что агрессия будет направлена на себя (ауто-агрессия).

В целом, женщины, страдающие остеохондрозом позвоночника, менее подозрительны и более позитивно относятся к обычаям и закону ($3,5 \pm 0,3$, в контрольной группе – $4,4 \pm 0,4$ баллов) (табл. 1), но при этом они в большей степени, чем здоровые женщины, испытывают обиду ($p < 0,05$) – зависть и ненависть к окружающим за действительные и вымышленные действия и чувство вины ($p < 0,01$) (табл. 1), которое, согласно А.Бассу и А.Дарки [7] выражает возможное убеждение субъекта в том, что он является плохим человеком и поступает зло, а также ощущаемые им угрызения совести.

Согласно современным представлениям психосоматической медицины, чувства вины и обиды – фрустрирующие чувства, ибо вина требует наказания, а обида разрушает изнутри. Выявленная тенденция к снижению индекса агрессивности может приводить к пассивности, ведомости, конформности с последующим формированием чувства зависти и ненависти к более успешным людям, а сдерживание этих чувств может быть причиной соматических нарушений.

Исходя из этого представляло интерес изучение функционального состояния мышц шеи, выполняющих не только познотоническую функцию, но и участвующих в поведенческих актах при субъект-субъектных отношениях (кивок – согласие, поворот головы в сторону, подъем головы вверх, вращение головой, взгляд вверх).

Гипотетически мы предположили, что нарушение тонической активности мышц шеи в ответ на испытываемые чувства может лежать в основе формирования остеохондроза шейного отдела позвоночника. Для этого нами была использована методика записи поверхностной ЭМГ, которая позволяет оценить тоническую активность мышцы в норме и при рефлекторном и произвольном напряжении, а также определить степень выраженности асимметрии мышечного напряжения справа и слева. Для исследования были выбраны две латерально симметричные мышцы шеи и головы – грудино-ключично-сосцевидная мышца (*M. sternocleidomastoideus*) и полуостистая мышца головы (*M. semispinalis capitis*).

Анализ результатов электромиограммы (ЭМГ) показал, что у женщин, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника, в покое тоническая активность полуостистой мышцы справа выше по сравнению с контрольной группой в 2,1 раза ($p < 0,05$); при рефлекторном напряжении тоническая активность полуостистой мышцы головы также имеет более высокие показатели и составляет в среднем справа $76,0 \pm 9,3$ мкВ, что в 1,3 раз выше, чем в контрольной группе, а слева – $57,4 \pm 10,3$ мкВ, что превышает контрольные показатели в 1,7 раза ($p < 0,05$).

В режиме максимального произвольного напряжения тоническая активность полуостистой мышцы головы возрастает и составляет у женщин контрольной группы $99,2 \pm 9,6$ мкВ справа и $57,8 \pm 8,6$ мкВ слева. У женщин, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника, тоническая активность полуостистой мышцы головы в режиме максимального произвольного напряжения справа составляет $154,5 \pm 26,4$ мкВ, что в 1,6 раз выше, чем в контрольной группе ($p \leq 0,05$). Слева тоническая

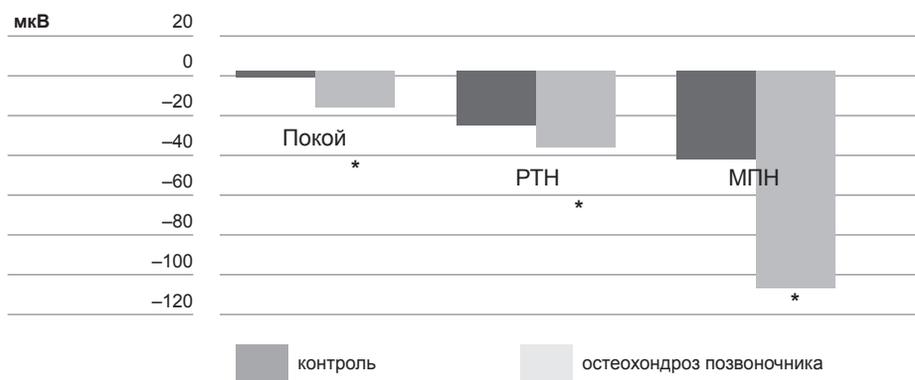


Рис. 1. Показатели разницы тонической активности полуостистой мышцы головы справа и слева у женщин фертильного возраста, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника (достоверность различий показателей средних величин у женщин контрольной и опытной групп):

РТН – рефлекторное тоническое напряжение;

МПН – максимальное произвольное напряжение

активность полуостистой мышцы головы в режиме максимального произвольного напряжения у женщин, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника, не отличается от такового показателя у женщин контрольной группы ($58,6 \pm 10,1$ мкВ, $p > 0,5$).

Таким образом, у женщин, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника, тоническая активность самой мощной разгибающей мышцы головы – *M. semispinalis capitis* – существенно отличается как в покое, так и в состоянии рефлекторной тонической активности, а также максимального произвольного напряжения. Особого внимания заслуживает факт латеральной асимметрии мышечного тонуса полуостистой мышцы головы.

Как видно на рис. 1, степень выраженности асимметрии мышечного напряжения полуостистой мышцы в мкВ в контрольной группе нарастает по мере интенсивности мышечной нагрузки, но не превышает 40 мкВ. У женщин, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника, в покое асимметрия тонической активности имеет диаметрально противоположную направленность по сравнению со здоровыми женщинами, а при нагрузке – однонаправлена, но значительно выше – в 1,5–2,0 раза ($p < 0,05$).

В пользу патологической асимметрии мышечного напряжения полуостистой мышцы головы свидетельствует и коэффициент реципрокности (КР), который характеризует взаимодействие мышц-антагонистов и показывает степень ее активации в процентах по отношению к величине активности мышцы-агониста. Согласно результатам исследования, КР у здоровых женщин фертильного возраста для полуостистой мышцы головы слева составляет $7,2 \pm 0,7 \%$, а справа $9,0 \pm 0,7 \%$ ($p > 0,05$), то есть находится в пределах физиологической нормы (до 15 %). У женщин, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника, КР имеет диаметрально противоположную направленность, а его величина достоверно выше, как справа $24,5 \pm 4,2\%$ ($p < 0,01$), так и слева $16,2 \pm 2,0 \%$ ($p < 0,01$) и превышает физиологическую норму (15 %).

Еще более выраженные количественные сдвиги выявлены при сопоставлении коэффициента адекватности (КА): у женщин, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника, КА полуостистой мышцы головы значительно превышает показатели контрольной группы, особенно справа $142,6 \pm 34,4 \%$ ($p < 0,01$), превышая физиологическую норму в 9,5 раз.

Анализ показателей поверхностной ЭМГ грудино-ключично-сосцевидной мышцы выявил, что у здоровых женщин тоническая активность данной мышцы находится в пределах физиологической нормы – 6-10 мкВ. У женщин, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника, тоническая активность грудино-ключично-сосцевидной мышцы повышена в 2,2 раза ($p < 0,05$).

При рефлекторном напряжении у женщин, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника, рефлекторная тоническая активность грудино-ключично-сосцевидной мышцы имеет достоверно более высокие показатели, чем в контрольной группе и составляет справа $131,6 \pm 20,7$ мкВ, что в 8,3 раз выше, а слева – $179,1 \pm 22,7$ мкВ, превышая контрольные показатели в 5,9 раза ($p < 0,001-0,01$).

В режиме максимального произвольного напряжения тоническая активность грудино-ключично-сосцевидной мышцы у женщин контрольной группы возрастает практически одинаково справа и слева, составляя $54,3 \pm 1,3$ мкВ и $49,3 \pm 5,2$ мкВ, соответственно. У женщин, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника, тоническая активность грудино-ключично-сосцевидной мышцы в режиме максимального произвольного напряжения справа в 5,6 раз выше, чем в контрольной группе

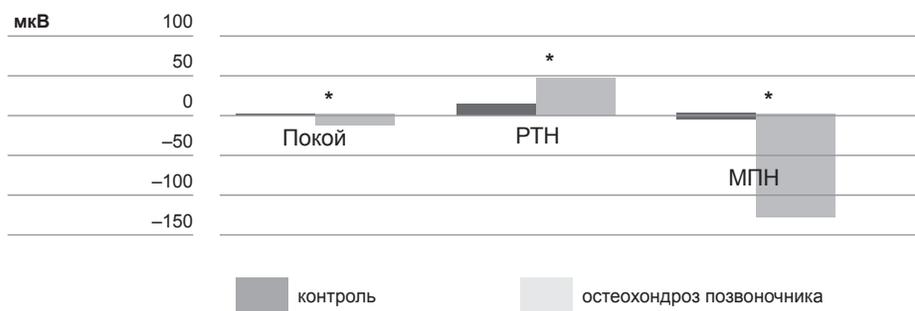


Рис. 2. Показатели разницы тонической активности грудино-ключично-сосцевидной мышцы справа и слева у женщин фертильного возраста, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника:

РТН – рефлекторное тоническое напряжение;

МПН – максимальное произвольное напряжение

($p < 0,001$). Слева тоническая активность грудино-ключично-сосцевидной мышцы в режиме максимального произвольного напряжения у женщин, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника, в 3,6 раз выше по сравнению с женщинами контрольной группы ($179,1 \pm 22,7$ мкВ, $p < 0,01$).

Таким образом, у женщин, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника, тоническая активность грудино-ключично-сосцевидной мышцы, обеспечивающей наклон головы назад, поворот и вращение головы в сторону существенно выше как в покое, так и в состоянии рефлекторной тонической активности, а также максимального произвольного напряжения.

Кроме того, у женщин, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника, асимметрия тонической активности грудино-ключично-сосцевидной мышцы достоверно выше во всех функциональных состояниях (рис. 2).

В пользу патологической асимметрии мышечного напряжения грудино-ключично-сосцевидной мышцы свидетельствует и коэффициент реципрокности, показатели которого у женщин, страдающих остеохондрозом шейного отдела позвоночника, значительно превышают таковые показатели у здоровых женщин (в 22,1 раз справа и в 2,4 раза слева) и зна-

чимо выше среднестатистической нормы (50 %) как справа, так и слева, что указывает на грубое нарушение реципрокности.

Таким образом, результаты исследования показывают, что физиологической основой остеохондроза позвоночника является асимметричное нарушение мышечного тонуса, грубое нарушение реципрокности и адекватности тонической активности при максимальном произвольном напряжении, сочетающееся с более высокими показателями косвенной агрессии, обиды и чувства вины при более низких показателях вербальной агрессии.

- ЛИТЕРАТУРА**
1. **Министерство здравоохранения РФ**, Приказ №39 от 10 февраля 1998 г. «О мерах по улучшению организации помощи по мануальной терапии в Российской Федерации».
 2. **Психосоматические заболевания**. Полный справочник / под ред. Ю. Ю. Елисеева. 2003. 369 с.
 3. **Стефаниди А. В.** Мышечно-фасциальная боль (патогенез, алгоритмы диагностики и лечения). Иркутск. Изд-е Иркут. гос. мед. ун-та, 2008. 252 с.
 4. **Фергюсон Л. У., Гервин Р.** Лечение миофасциальной боли. Клиническое руководство / пер. с англ. под общ. ред. М. Б. Цыркунова, М. А. Еремушкина. М.: Мпресс-информ, 2008. 544 с.
 5. **Черкасов А. Д.** Пути предотвращения остеохондроза позвоночника. Часть 1. Локализация дегенеративно-дистрофических изменений в позвоночнике // *Фундаментальные исследования*. М., 2008. № 7. С. 41–45.
 6. **Черкасов А. Д.** Пути предотвращения остеохондроза позвоночника. Часть 2. Характеристики мышечных блоков в позвоночнике // *Фундаментальные исследования*. М., 2008. № 7. С. 45–50.
 7. **Buss A. H., Durkee A.** An inventory for assessing different kinds of hostility // *Journal of consulting psychology*. 1957. № 21. P. 343–349.

ОБ АВТОРАХ

Губарева Любовь Ивановна, профессор кафедры анатомии и физиологии Северо-Кавказского федерального университета, доктор биологических наук. 355009 г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1. Телефон +7 962 499 22 00.
E-mail: l-gubareva@mail.ru

Соловьев Андрей Горгоньевич, заведующий кафедрой психиатрии и клинической психологии Северного государственного медицинского университета, доктор медицинских наук, профессор. Адрес: г. Архангельск, пр. Троицкий, 51. Тел./факс +7 8182 209284; мобил. тел. +79217203458.
E-mail: asoloviev1@yandex.ru

Бочкарева Александра Яковлевна, магистр кафедры анатомии и физиологии Северо-Кавказского федерального университета. Адрес: г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1. Телефон 8-9197341061.
E-mail: v.sasha@list.ru

Gubareva Lyubov Ivanovna, professor of anatomy and physiology in the North Caucasus Federal University, Doctor of Biological Sciences. 355009 Stavropol, street. Pushkina, 1. Telephone +7 962 499 22 00.
E-mail: l-gubareva@mail.ru

Solov'ev Andrey Gorgonevich, Chair of Psychiatry and Clinical Psychology, Northern State Medical University Doctor of Medical sciences, professor. Address: Arkhangelsk, Troitsky Prospect, 51.
Tel. / Fax +7 209 284 8182; mobil. tel.: 79217203458.
E-mail: asoloviev1@yandex.ru

Bochkareva Alexandra Yakovlevna, Master of Anatomy and Physiology in the North Caucasus Federal University. Location: Stavropol str. Pushkina, 1. Telephone 8-9197341061.
E-mail: v.sasha @ list.ru

УДК 577.861:
615.214/015.45

**Э. А. Манвелян [E. A. Manveljan],
Н. А. Анисимова [N. A. Anisimova],
И. М. Лисова [I. M. Lisova].**

КОСИНОР-АНАЛИЗ СУТОЧНЫХ РИТМОВ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ И ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ РЕАКТИВНОСТИ ПРИ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОМ ТЕСТИРОВАНИИ КРЫС, ПОЛУЧАВШИХ ДИАЗЕПАМ

**Kosinor-analysis of circadian rhythms
of locomotor activity and emotional reactivity
in multivariable testing rats treated
with diazepam**

В статье проведен косинор-анализ циркадианных ритмов индексов двигательной активности и эмоциональной реактивности интактных и адреналэктомированных самцов и самок крыс при введении диазепама (0,1; 0,5 мг/кг) до и после стресса при многопараметрическом тестировании.

Ключевые слова: диазепам, двигательная активность и эмоциональная реактивность, циркадианный ритм, самки и самцы, косинор-анализ, стресс, адреналэктомия.

In the article there kosinor method analysis evaluated daily rhythms of indices of motor activity and emotional reactivity in intact and adrenalectomized male and female rats when administered diazepam (0,1 and 0,5 mg/kg) before and after stress in multivariable testing.

Keywords: diazepam, locomotor activity and emotional reactivity, circadian rhythm, males and females, kosinor-analysis, stress, adrenalectomy.

Изменения эффективности лекарственных средств под влиянием стресса с учетом суточного периодизма, фактора пола, функционального состояния надпочечников недостаточно изучены в клинических и экспериментальных условиях. Установлено стресс-индуцированное ограничение антиконфликтной и противотревожной активности транквилизаторов, инверсия антиагрессивного действия (9, 13, 15, 16).

Целью исследования является оценка суточных ритмов индексов двигательной активности и эмоциональной реактивности интактных и адреналэктомированных самцов и самок крыс при введении диазепама в

дозах 0,1 и 0,5 мг/кг до и после стресса при многопараметрическом тестировании методом косинор-анализа.

Материалы и методы.

Серии исследований были проведены на половозрелых белых крысах – самцах и самках линии Wistar (по 10 в группах), содержащихся в условиях вивария при стандартной температуре и естественном освещении. Кормление и уход осуществляли с 8 до 10 ч в привычном для животных режиме вивария. Обеспечивался свободный доступ крыс к пище и воде. При работе с крысами полностью соблюдались международные принципы Хельсинкской декларации о гуманном обращении с животными.

Для комплексной оценки тревожно-фобического статуса у крыс использовали многопараметрическое тестирование – МПТ (17). С этой целью каждой крысе в специальной камере предъявляли в определенной последовательности 9 тестов на определение латентных периодов:

- 1 – спуска с высоты,
 - 2 – прохождение через отверстие,
 - 3 – выхода из темного «домика»,
 - 4 – выхода из центра «открытого поля»; реакцию на смену освещенности:
 - 5 – пячение-1;
- а также реакции на руку экспериментатора:
- 6 – пячение-2,
 - 7 – затаивание,
 - 8 – вокализация,
 - 9 – прижимание ушей.

Ответ на каждый тест оценивали от 0 до 3 баллов (большая оценка в баллах соответствовала более выраженной ответной реакции у животного):

по тестам I–II: 0 – $0 < t < 30$ с; 1 – $30 < t < 60$ с; 2 – $60 < t < 180$ с; 3 – не спускается (не проходит) за 180 с.

По тесту III: 0 – $0 < t < 15$ с; 1 – $15 < t < 30$ с; 2 – $30 < t < 180$ с; 3 – не выходит за 180 с.

По тесту IV: 0 – $0 < t < 15$ с; 1 – $15 < t < 30$ с; 2 – $30 < t < 60$ с; 3 – не выходит за 60 с.

По тестам VI–IX отсутствие реакций животного в ответ на «живой объект» оценивалось по минимуму – 0 баллов. При возникновении реакции на контактный раздражитель (поглаживание) присуждали меньшее число баллов – 1, чем на дистантный (приближение руки) – 2 балла. Сохранение указанных реакций (в случае возникновения) после прекращения действия раздражителей оценивалось по максимуму – 3 балла.

С учетом особенностей поведения животных и интерпретации действия препаратов в ОП, в других поведенческих ситуациях, а также изменения показателей МПТ в других работах (8, 9, 13) по изменению суммарного показателя по тестам 1–4 (ИДА – индекс двигательной активности) судили о «седативном» (повышение показателей, снижение двигательной активности) или активирующем (снижение показателей, повышение двигательной активности) эффекте, а по изменению показателей по тестам 5–9 (ИЭР – индекс эмоциональной реактивности) – о «противотревожном» (снижение показателей и снижение эмоциональной реактивности) или «анксиогенном» (повышение показателей и повышение эмоциональной реактивности) эффекте использованного препарата.

Унилатеральная адреналэктомия проводилась под эфирным наркозом (5, 7). Все запланированные эксперименты начинали спустя неделю после операции. Стрессирование животных проводили путем подвешивания крысы за дорсальную кожную шейную складку в течение одного часа за 3 часа до начала тестирования (9, 14).

На модели МПТ оценивали свойства: эталонного транквилизатора бензодиазепиновой структуры диазепама (0,1; 0,5 мг/кг). Контрольной в каждой серии экспериментов для каждой методики была группа животных, получавших растворитель. Диазепам вводили за 30 минут до начала экспериментов внутривентриально.

При сравнении эффектов анксиолитика у самцов и самок использовали средние арифметические показатели по результатам полного тестирования. Для наилучшего выявления половых различий и учитывая неодинаковую циркадианную чувствительность к психотропным веществам, заметно меняющуюся в переходные фазы суток (4, 8), использовали хронобиологический подход: исследования проводили в 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 3 ч.

При обработке результатов сопоставляли данные, полученные в опытных группах, с контрольными и исходными показателями. Результа-

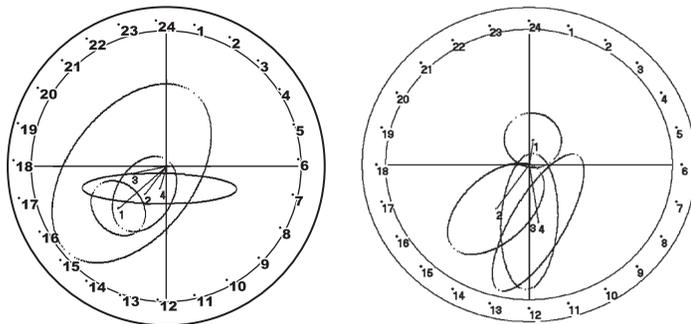


Рис. 1. Суточная динамика циркадианного ритма ИДА у самок (А) и самцов (Б), получавших физиологический раствор:

1 – интактные животные; 2 – стрессированные; 3 – АЭ; 4 – АЭ стрессированные.

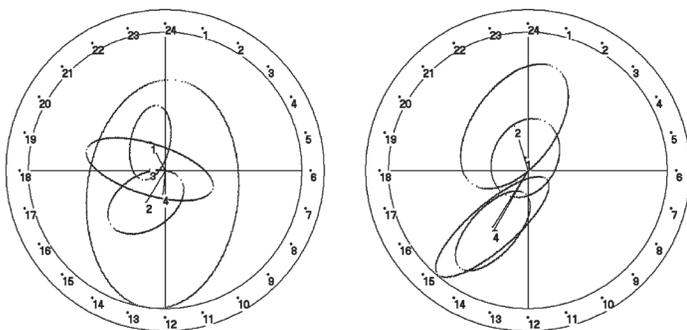


Рис. 2. Суточная динамика циркадианного ритма ИЭР у самок (А) и самцов (Б), получавших физиологический раствор:

1 – интактные животные;
2 – стрессированные;
3 – АЭ;
4 – АЭ стрессированные.

ты наблюдений над животными после адреналэктомии сравнивали с данными ложнооперированных и интактных крыс.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием стандартных компьютерных программ. Результаты многопараметрического тестирования были проанализированы с помощью косинор-анализа (2).

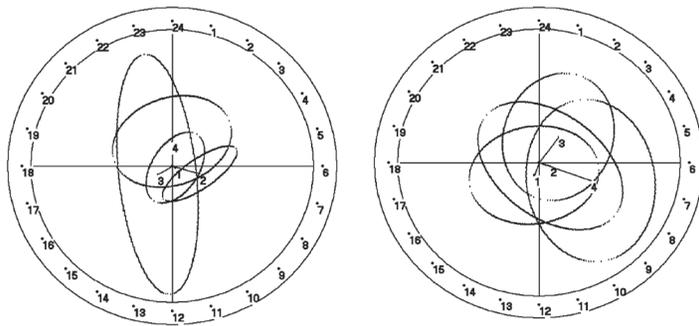


Рис. 3. Суточная динамика циркадианного ритма ИДА у самок (А) и самцов (Б), получавших диазепам в дозе 0,1 мг/кг:
1 – интактные животные; 2 – стрессированные; 3 – АЭ; 4 – АЭ стрессированные.

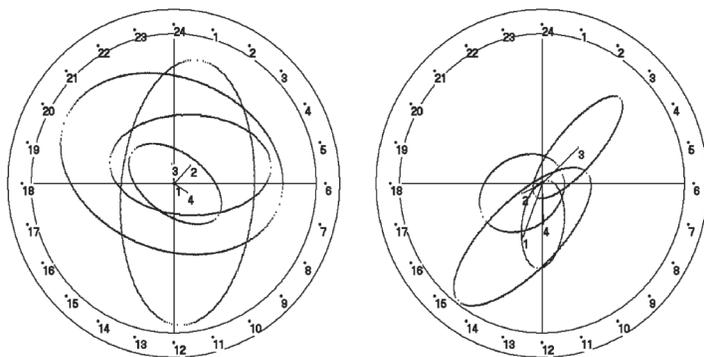


Рис. 4. Суточная динамика циркадианного ритма ИЭР у самок (А) и самцов (Б), получавших диазепам в дозе 0,1 мг/кг:
1 – интактные животные; 2 – стрессированные; 3 – АЭ; 4 – АЭ стрессированные.

Результаты и их обсуждение.

Проведенный косинор-анализ циркадианных ритмов индексов двигательной активности и эмоциональной реактивности животных, получавших физиологический раствор, выявил сформированность суточного ритма ИДА у интактных самок (акрофаза – 15,26 ч), а также у самок и самцов, перенесших операцию по удалению надпочечника (адреналэктомия) и подвергшихся влиянию стресса (акрофаза – 13,08 ч и 11,42 ч соответственно). Остальные группы контрольных самок и самцов

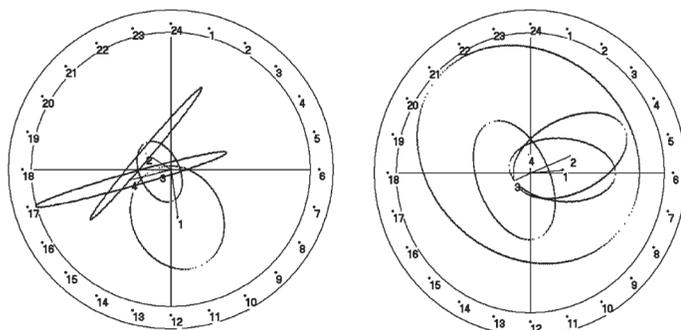


Рис. 5. Суточная динамика циркадианного ритма ИДА у самок (А) и самцов (Б), получавших диазепам в дозе 0,5 мг/кг:
1 – интактные животные; 2 – стрессированные; 3 – АЭ; 4 – АЭ стрессированные.

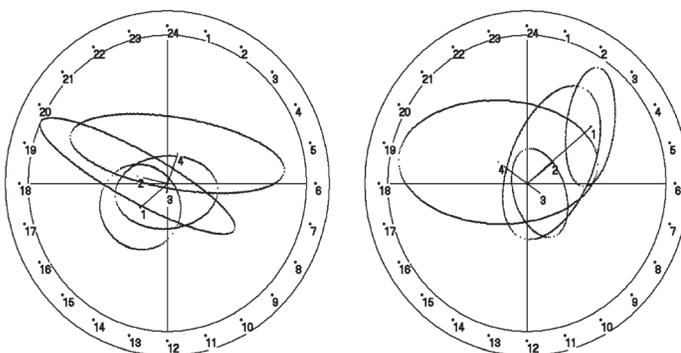


Рис. 6. Суточная динамика циркадианного ритма ИЭР у самок (А) и самцов (Б), получавших диазепам в дозе 0,5 мг/кг:
1 – интактные животные; 2 – стрессированные; 3 – АЭ; 4 – АЭ стрессированные.

демонстрировали разрушение ритма суточной организации ИДА, возможно, под влиянием стрессовых факторов (рис. 1).

Суточная организация ритма ИЭР была выявлена у интактных и стрессированных самок, получавших физиологический раствор (акрофазы – 22,13 ч и 14,08 ч соответственно), также у АЭ и АЭ стрессированных самцов с акрофазой ритма в 14,23 ч и 13,98 ч соответственно. Другие группы животных характеризовались отсутствием организованного циркадианного ритма ИЭР (рис. 2).

Косинор-анализ ритма ИДА при введении диазепама в дозе 0,1 мг/кг выявил его сформированность только в группе стрессированных самок (акрофаза – 7,11 ч). Группы интактных самок и самцов, стрессированных самцов, АЭ самок и самцов и АЭ стрессированных самок и самцов продемонстрировали разрушение ритма, что, возможно, связано с угнетающим влиянием диазепама на локомоторную активность – седативным действием, наиболее отчетливым в меньшей из использованных доз (10, 11) (рис. 3).

По результатам косинор-анализа ритмов эмоциональной реактивности животных, получавших анксиолитическое средство в меньшей дозе, четкая структура не была выявлена ни в одной группе исследованных особей. Диазепам в большей степени влиял на разрушение ритма данного показателя (рис. 4).

Введение транквилизатора в дозе 0,5 мг/кг показало сформированность циркадианного ритма ИДА у стрессированных самок (акрофаза – 20,24 ч), АЭ стрессированных самок (акрофаза – 17,02 ч). Остальные животные характеризовались разрушенной структурой ритма (рис. 5).

Косинор-анализ ритма ИЭР при введении анксиолитика в большей дозе выявил четкую структуру ритма у интактных самцов с акрофазой в 3,35 ч, что согласуется с наблюдениями о большей эффективности препарата в указанной дозе у самцов (11, 12). Остальные группы характеризовались отсутствием ритма данного параметра, вероятно, обусловленным использованной дозой транквилизатора (рис. 6)

Таким образом, результаты косинор-анализа выявили более частую сформированность циркадианного ритма показателей поведения при МПТ – индексов двигательной активности и эмоциональной реактивности – у самок, нежели у самцов крыс. Полученные данные согласуются со сложившимся представлением о более высоких резервах адаптационных систем женского организма по сравнению с мужским (1, 3, 6, 8, 12–14).

Также проведенный косинор-анализ подтвердил наличие суточного ритма седативной и противотревожной активности транквилизирующего средства, выявил чувствительность доз к половым различиям. Следовательно, дозы соответствуют решению поставленных задач и правильно выбраны как доказательство адекватности модели МПТ при оценке функционального состояния противотревожной системы. Кроме того, исследование подтвердило необходимость и целесообразность использования и анализа хронограмм при разрушении суточного ритма активности транквилизатора.

- ЛИТЕРАТУРА**
1. **Басенко С. Н.** Взаимодействие яичников и надпочечников у крыс в регуляции адаптационного ответа на стресс: автореф. дис. ... канд. биол. наук: Астрахань, 1999. 19 с.
 2. **Батурич В. А.** Хронобиологические аспекты фармакодинамики антидепрессантов: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 1992. 48 с.
 3. **Батурич В. А., Колодийчук Е. В.** Половая диссимилиация эффектов кардиотропных средств. Ставрополь, 2003. 111 с.
 4. **Батурич В. А., Манвелян Э. А.** Противотревожная активность психотропных препаратов у самок и самцов крыс в разное время суток // Экология человека. 2006. № 4/2. С. 47–49.
 5. **Буреш Я., Бурешова О., Хьюстон Дж. П.** Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения. М.: Высш. шк., 1991. 398 с.
 6. **Игошева Н. Б.** Роль физиологических и средовых факторов в обеспечении половых различий в кардиоваскулярной чувствительности к стрессам человека и животных: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Астрахань, 2009. 43 с.
 7. **Кабак Я. М.** Практикум по эндокринологии. Основные методики экспериментально-эндокринологических исследований. М.: Изд-во Московского университета, 1968. 276 с.
 8. **Манвелян Э. А.** Половая диссимилиация эффектов психотропных средств. Ставрополь, Изд.- во: СГУ, 2008. 106 с.
 9. **Манвелян Э. А., Анисимова Н. А.** Циркадианные различия эффективности диазепама у стрессированных самок и самцов крыс // Вестник СГУ. 2011. Выпуск 74. №3. С. 46–52.
 9. **Манвелян Э. А., Батурич В. А.** Влияние мелатонина на поведение крыс в условиях конфликтной ситуации // Эксперим. и клинич. фармакология. 1995. № 6. С. 17–18.
 10. **Манвелян Э. А., Батурич В. А.** Половые и хронобиологические различия в активности диазепама у крыс в тесте конфликтной ситуации // Эксперим. и клинич. фармакол. 2008. № 4. С. 11–13.
 11. **Манвелян Э., Батурич В.** Гендерные различия в эффектах психотропных препаратов. Saarbrücken: Lap-publishing.com., 2011. с. 126.
 12. **Манвелян Э. А., Батурич В. А., Анисимова Н. А.** Изменение эффективности диазепама у адреналэктомированных самцов и самок крыс при многопараметрическом тестировании // Эксперим. и клинич. фармакол. 2013. № 4. С. 7–10.
 13. **Манвелян Э. А., Батурич В. А., Булгакова М. Д.** О выраженности галоперидоловой каталепсии у животных, зависимой от дозы, времени суток и пола // Биомедицина». 2012. № 2. С. 14–21.
 14. **Молодавкин Г. М., Воронина Т. А., Рамхин Е. Я., Мелетова О. К.** Изменение антиконфликтного действия анксиолитиков под влиянием стресса // Эксперим и клинич. фармакол. 2002. Т. 65. № 4. С. 3–6.
 15. **Молодавкин Г. М., Воронина Т. А., Алдармаа Ж., Мелетова О. К.** Изменение антиагрессивного действия анксиолитиков под влиянием стресса // Эксперим и клинич. фармакол. 2004. Т. 67. № 4. С. 3–6.
 16. **Родина В. И., Крупина Н. А., Крыжановский Г. Н., Окнина Н. Б.** Многопараметровый метод комплексной оценки тревожно-фоби-

ческих состояний у крыс // Журн. высш. нерв. деятельности им. И.П. Павлова. 1993. № 5. С. 1006–1017.

ОБ АВТОРАХ

Манвелян Элеонора Аслибековна

Доктор фармацевтических наук, профессор кафедры медицинской биохимии, клинической лабораторной диагностики и фармации СКФУ. 355013, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1а. Тел. 35-50-68; моб. 8-909-770-66-95.

E-mail: manveljan@rambler.ru

Manveljan Eleonora Aslibekovna

Doctor of pharmaceutical sciences, professor of chair of medical biochemistry, clinical laboratory diagnostics and pharmacy SKFU, 355013, Stavropol, Pushkin St., 1a. Office phon. 35-50-68; mobile. 8-909-770-66-95.

E-mail: manveljan@rambler.ru

Анисимова Наталья Александровна

ассистент кафедры медицинской биохимии, клинической лабораторной диагностики и фармации СКФУ. Адрес: 355000, Ставрополь, ул. Пушкина, 1а. Тел. раб. 35-50-68; моб. 8-928-264-94-65.

Anisimova Natalia Aleksandrovna

Assistant of chair of medical biochemistry, clinical laboratory diagnostics and pharmacy SKFU, 355013, Stavropol, Pushkin St., 1a. Office phon. 35-50-68; mobile. 8-928-264-94-65.

E-mail: ya.anisimova-natali28@yandex.ru

Лисова Ирина Михайловна

доцент кафедры анатомии и физиологии СКФУ. Адрес: 355000, Ставрополь, ул. Пушкина, 1а. Тел. раб. 35-34-65.

E-mail: lisovairen@gmail.com

Lisova Irina Michaylovna

Docent of chair of anatomy and physiology SKFU, 355013, Stavropol, Pushkin St., 1a. Office phon. 35-34-65.

E-mail: lisovairen@gmail.com

УДК 611.08

Т. П. Бондарь [T.P. Bondar]
В. С. Боташева [V. S. Botasheva]
А. И. Суховеев [A. I. Sukhoveev]
А. А. Власов [A. A. Vlasov]

ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРЕНХИМАТОЗНЫХ ОРГАНОВ ПРИ ТРОМБОПАТИИ БЕРЕМЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ

Histological features of changes in parenchymal organs of pregnant experimental animals with thrombopathia

В данной статье исследованы гистологические особенности паренхиматозных органов лабораторных крыс, при моделировании гипокоагуляции в 3 триместре беременности. В паренхиме печени обнаружены неравномерный перисинусоидальный отёк, сосудистые изменения в виде полнокровия и диапедезных кровоизлияний, гидропическая дистрофия вплоть до колликвационных некрозов, очаги экстрамедуллярного кроветворения; в ткани селезёнки – диффузная гиперплазия лимфоидной ткани, увеличение количества лимфатических фолликулов и появление очагов экстрамедуллярного кроветворения.

Ключевые слова: гипокоагуляция, экстрамедуллярное кроветворение, тромбоциты, гемостаз, паренхима печени и селезёнки.

In this article were investigated the histological features of parenchymal organs of 12 laboratory rats, when modeling hypocoagulation in 3 trimester of pregnancy. In the liver parenchyma found uneven perisinusoidal edema, vascular changes in the form of hyperemia and diapedetic hemorrhage, hydropic dystrophy until colliquative necrosis, foci of extramedullary hematopoiesis; in the spleen tissue – diffuse hyperplasia of lymphoid tissue, increasing the number of lymph follicles and the appearance of foci of extramedullary hematopoiesis.

Keywords: hypocoagulation, extramedullary hematopoiesis, platelets, hemostasis, liver and spleen parenchyma.

Беременность – это процесс, который с первых дней сопровождается комплексом систематических адаптационных реакций, направленных на поддержание гомеостаза и обеспечения нормального развития плода. От состояния материнского организма зависит структурно-функциональная организация всей системы мать – плацента – плод. Многочисленными исследованиями доказано, что беременность всегда протекает с явлениями гиперкоагуляции, кроме того, в третьем семестре беременности она становится необходимым условием долговременной адаптации системы гемостаза [*Протопова, 2005*].

Дизадаптация системы гемостаза, когда вместо физиологической адаптивной гиперкоагуляции развивается гипокоагуляция у беременных может наблюдаться при таких патологических процессах, как тромбоцитопеническая пурпура, гемофилия и др. При этом нарушение в системе гемостаза во время беременности и родов изменяют гемодинамические реакции как матери, так и плода, что значительно повышает риск антенатальной гибели плода. По данным В. М. Синельниковой и П. А. Кирющенко (2004), показатель перинатальной смертности детей, рождённых от матерей с тромбгеморрагическими осложнениями беременности и родов, повышается в 15 раз.

В научной литературе широко представлены типичные изменения клеточного состава периферической крови у животных в условиях экспериментальной гипокоагуляции, при этом описание гистологических изменений паренхиматозных органов, в которых возможно образования очагов экстрамедуллярного кроветворения не обнаружено, что и делает наше исследование актуальным.

В связи с вышеуказанным, целью нашего исследования было изучение гистологических особенностей паренхиматозных органов лабораторных крыс в третьем триместре беременности при моделировании у них гипокоагуляции.

Объектом исследования были выбраны белые крысы линии Вистар. При проведении лабораторного эксперимента были полностью соблюдены международные принципы декларации о гуманном отношении к животным, используемых в научных целях, изложенные в современных рекомендациях европейских независимых комитетов по вопросам этике [Брюссель, 1995, 1997] и рекомендации комитетов по этике, проводящим экспертизу биомедицинских исследований [Женева, 2000].

Для исследования были выбраны белые крысы линии Вистар в количестве 24 особи.

На 3–4 сутки после спаривания и установления наличия беременности самок крыс распределяли в группы: первую группу составили 12 животных с физиологической протекающей беременностью; вторую – 12 самок для создания модели гипокоагуляции. Крысы с физиологической протекающей беременностью получали обычный рацион питания, и находились на обычном питьевом режиме. Крысы с созданной экспериментальной моделью гипокоагуляции, в течении всей беременности получали обычный рацион питания и кардиомагнил, растворённый в

суточном объёме воды (30–32 мл), в дозе, рассчитанной по аспирину (0,38–0,39 мг), в зависимости от массы животного [Бондарь, Шаталова, Муратова, 2011].

Доказательством гипокоагуляции у крыс явилось увеличение длительности кровотечения по Дьюку до 8 минут 23 секунд (в норме 2–4 минуты), а также удлинение активированного парциального тромбопластинового времени до 35,5 сек по сравнению с данными животных с физиологически протекающей беременностью – 20,5 сек в день родов.

Исследование клеточного состава ткани печени и селезенки животных проводили в день родов, когда наблюдается пик напряжения адаптивных возможностей системы гемостаза, проявляющаяся физиологической гиперкоагуляцией у здоровых особей. При экспериментальной гипокоагуляции у животных после взятия и дальнейшего исследования паренхиматозных органов, микроскопические изменения показывают наличие адаптивных и патологических признаков нарушения морфологической картины клеток ткани печени и селезёнки [Пальцев, Пономарев, Берестова, 2003].

Изменения в ткани печени проявлялись наличием неравномерного перисинусоидального отёка, сосудистыми изменениями в виде полнокровия и диапедезных кровоизлияний, гидropической дистрофией вплоть до колликвационных некрозов паренхимы печени, а также очагами экстремедуллярного кроветворения [Жаров, Иванов, Стрельникова, 2000].

В ткани селезёнки прослеживались следующие изменения: диффузная гиперплазия лимфоидной ткани, увеличение количества лимфатических фолликулов и появление очагов экстремедуллярного кроветворения.

При описании цитологической картины ткани печени обращает на себя внимание преобладание сосудистых изменений в виде полнокровия, которое носит неравномерный характер и наиболее выражено в субкапсулярной зоне.

Изменения проницаемости стенок печёночных сосудов и гипокоагуляция создают условия для появления участков диапедезных кровоизлияний, которые обнаруживаются преимущественно в перипортальных зонах.

Нарушение проницаемости стенок сосудов, а также множественные диапедезные кровоизлияния, перисинусоидальный отек, и гипоксия приводят к нарушению трофики гепатоцитов, а также к накоплению продуктов метаболизма. Это является причиной дистрофических и некротических

ких изменений в клетках печени. При этом в цитоплазме гепатоцитов обнаруживаются вакуоли, в которых содержится тканевая жидкость, цитоплазма становится вакуолизированной. Вакуоли сливаются между собой, и образуется одна большая вакуоль, в которой плавает ядро гепатоцита, т. е. развивается гидropическая дистрофия гепатоцитов. Дистрофические изменения гепатоцитов носят неравномерный характер. Местами гепатоциты подвергаются колликвационному некрозу или баллонной дистрофии.

В некоторых наблюдениях определяются «пятнистые» колликвационные некрозы паренхимы печени с аутолизом некротических масс (рис. 1).

Результатом гипокоагуляции сопряжённой с сосудистыми нарушениями, отёками и множественными диапедезными кровоизлияниями, явилось появление в ткани печени и селезёнки очагов экстрамедуллярного кроветворения. Очаги кроветворения образовались как приспособительная реакция организма в ответ на снижение количества форменных элементов крови. Так в печени обнаружены очаги экстрамедуллярного кроветворения, состоящие из крупных гиперхромных клеток (рис. 2). Очаги кроветворения в печени локализованы в периферической части печёночной дольки, в соединительной ткани дольки, а также в перипортальных трактах.

В селезёнке, подобно печени обнаруживаются очаги экстрамедуллярного кроветворения. В ткани селезёнке на фоне выраженной гиперплазии лимфатических фолликулов, неравномерного полнокровия красной пульпы и крупноочаговых кровоизлияний (рис. 3), выявлены крупные гиперхромные клетки по типу мегакариобластов (рис. 4).

Исходя из вышесказанного, можно предположить, что очаги экстрамедуллярного кроветворения в печени и селезёнке есть не что иное, как защитно-приспособительная реакция организма направленная на поддержания оптимального уровня форменных элементов крови. Такая адаптивная реакция по данным других исследователей, может наблюдаться при различных патологических процессах, сопровождающихся угнетением нормального кроветворения, например, при разных видах лейкозов, злокачественных анемий, массивных кровопотерях при различных вирусных и бактериальных заболеваниях, а также коагулопатиях [Момот, 2006]. Провоцирующим фактором в нашем исследовании явилась экспериментальная гипокоагуляция, которая запустила каскад реакций, таких как сосудистые нарушения (изменения проницаемости стенок сосудов),

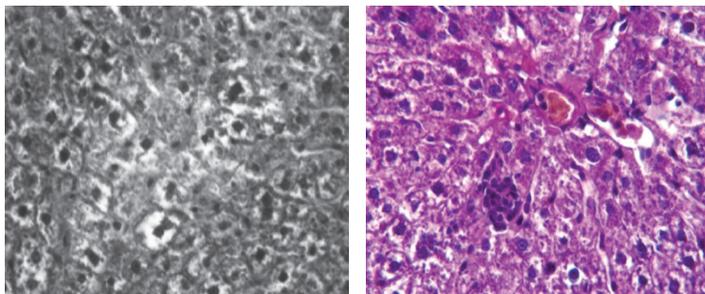


Рис. 1. Колликативные некрозы паренхимы печени. Окраска гематоксилин и эозин.

Рис. 2. Очаг экстремедуллярного кроветворения на периферии печёночной дольки. Окраска гематоксилин и эозин.

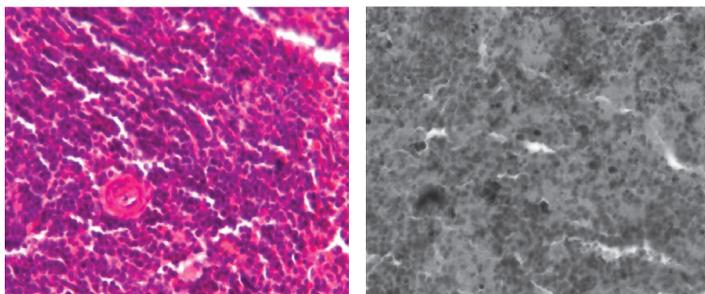


Рис. 3. Гиперплазия лимфатических фолликулов. Окраска гематоксилин и эозин.

Рис. 4. Крупные гиперхромные клетки в белой пульпе селезёнки. Окраска гематоксилин и эозин.

изменение реологических свойств крови, множественные диапедезные и геморрагические кровоизлияния, гипоксия, а также дистрофические и некротические изменения в ткани печени и селезёнки.

- ЛИТЕРАТУРА**
1. **Бондарь Т. П., Шаталова Г. Ю., Муратова А. Ю.** Влияние лекарственных препаратов на состояние тромбоцитарного гемостаза у лабораторных животных. Медицинский вестник Северного Кавказа, 2011. 4 с.
 2. **Жаров А. В., Иванов И. В., Стрельникова А. П.** Вскрытие и патоморфологическая диагностика болезней животных. М.: Колос, 2000. 400 с.
 3. **Момот А. П.** Патология гемостаза. СПб.: Форма. 2006. 208 с.

4. **Пальцев М. А., Пономарев А. Б., Берестова А. В.** Атлас по патологической анатомии. М.: Медицина, 2003. 432 с.
5. **Сидельников В. М., Кирющенко П. А.** Гемостаз и беременность М.: Триада-Х, 2004. 206 с.

ОБ АВТОРАХ

Бондарь Татьяна Петровна, завкафедрой медицинской биохимии Северо-Кавказского федерального университета, доктор медицинских наук, профессор. Адрес: 355000, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1. Телефон (8652) 35-50-68.
E-mail: Tatiana_bond_st@mail.ru.

Боташева Валентина Салиховна, завкафедрой патологической анатомии с курсом судебной медицины Ставропольского государственного медицинского университета, доктор медицинских наук, профессор. Адрес: 355000, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1. Телефон (8652) 71-34-67.
E-mail: Enver-V@list.ru.

Власов Александр Александрович, аспирант Северо-Кавказского федерального университета. Телефон (8652) 35-50-68.
E-mail: eia@ncstu.ru.

Суховеев Андрей Иванович, студент Северо-Кавказского федерального университета. Телефон (8652) 35-50-68.
E-mail: eia@ncstu.ru.

Tatiana Petrovna Bondar, head of the Department of Medical Biochemistry in the North Caucasus Federal University, doctor of medical sciences, professor. Address: 355000, Stavropol, street. Pushkina, 1. Telephone (8652) 35-50-68.
E-mail: Tatiana_bond_st@mail.ru.

Botasheva Valentina Salihovna, Head of the Department of Pathological Anatomy with the course of forensic medicine in the North Caucasus Federal University, doctor of medical sciences, professor. Address: 355000, Stavropol, street. Pushkin 1. Tel. (8652) 71-34-67.
E-mail: Enver-V@list.ru.

Alexander Alexandrovich Vlasov, a graduate student in the North Caucasus Federal University. Tel. (8652) 35-50-68.
E-mail: eia@ncstu.ru.

Sukhovееv Andrei Ivanovich, a student in the North Caucasus Federal University. Telephone (8652) 35-50-68.
E-mail: eia@ncstu.ru.

CONTENTS

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

L.A. Dinevich. Recognition radio echo birds on the basis of radar
mrl-5 7

N.I. Chervyakov, P.A. Lyakhov, K.S. Shulzhenko
Digital filters in two-stage residue number system
with sprcial modules 41

M.K. Makuashev. About one stochastic model of condensation of
water vapor in atmosphere 56

A.V. Shapovalov, V.A. Shapovalov
Three-dimensional visualisation of the geophysi-
cal information for the decision of applied prob-
lems. 65

S.G. Rassomahin, O. P. Malofey, A. O. Malofey
Finding the optimal power transmission param-
eters positional codes in automated control sys-
tems 74

TECHNICAL SCIENCES

A.G. Khramtsov Scientific providing of food industry modernization
innovative priorities in terms of WTO 81

E. V. Lubentsova, V. F. Lubentsov

Algorithm multicriteria choice of control systems
with fuzzy paired comparisons 97

I. A. Evdokimov, M. V. Skorokhodova, L. A. Gordiyenko

Application of haccp system for development of
technology of whey permeate-based drink with
addition of clarified stevia extract. 111

A. A. Likhovid, A. N. Panin, R. A. Prihodko, D.V. Urin

Geoinformation monitoring of hunting areas in the
region 118

EARTH SCIENCES**V.S. Tikunov, V.S. Beloseroov, A. N. Panin, A.A. Cherkasov**

Polimasshtabny geoinformation monitoring mi-
gration processes: general approaches 135

L.A. Afonin. Problems of forecasting floods and flooding 145

V. A. Shalnev. Successes and challenges of modern geography
at the turn of the century 153

N.A. Shitova, V.V. Chihichin

Comparative analysis of social and economic
development of North Caucasus regions. 161

BIOLOGICAL SCIENCES**T. I. Dzhandarova, E. A. Milashechkina**

Physical development of students, assignment to
special medical groups with deviating activities of
cardiovascular system 175

A. L. Ivanov, I. N. Guseva

Systematic analysis of forest flora of the Central
Ciscaucasia. 185

O. A. Butova, A. S. Ermakova

Age features of the mechanisms of regulation of
heart rate of the female body in terms of Stav-
ropol 194

L. I. Gubareva, A. G. Soloviev, A. Ya. Bochkarev

The level of aggression and tonic muscle activity
in women with cervical osteochondrosis 203

E.A. Manveljan, N.A. Anisimova, I.M. Lisova

Kosinor-analysis of circadian rhythms of loco-
motor activity and emotional reactivity in multivari-
able testing rats treated with diazepam. 212

T.P. Bondar, V. S. Botasheva, A. I. Sukhoveev, A. A. Vlasov

Histological features of changes in parenchymal
organs of pregnant experimental animals with
thrombopathia 221

Научное издание

НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ

2014

Выпуск 1(5)

Подписано в печать 25.02.2014. Формат 70 x 108 1/16. Гарнитура Times New Roman. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 20,13. Уч-изд. л. 15,94. Тираж 1000 экз. Заказ № 172.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе
ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет»
355029, г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2