



ЕСТЕСТВЕННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

*Сборник статей по материалам
XIV международной научно-практической конференции*

№ 1 (13)
Январь 2014 г.

Издается с декабря 2012 года

Новосибирск
2014

УДК 50

ББК 20

Е 86

Ответственный редактор: Гулин А.И.

Председатель редакционной коллегии:

Козьминых Владислав Олегович — д-р хим. наук, проф., зав. кафедрой химии естественнонаучного факультета Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета.

Редакционная коллегия:

Гукалова Ирина Владимировна — д-р геогр. наук, доц. ведущий научный сотрудник Института географии НАН Украины, доц. кафедры экономической и социальной географии Киевского национального университета им. Т. Шевченко;

Данилов Виктор Павлович — канд. с.-х. наук, зам. дир. по научной работе СибНИИ кормов СО Россельхозакадемии;

Елисеев Дмитрий Викторович — канд. техн. наук, доцент, бизнес-консультант Академии менеджмента и рынка, ведущий консультант по стратегии и бизнес-процессам, «Консалтинговая фирма «Партнеры и Боровков»;

Зеленская Татьяна Евгеньевна — канд. физ.-мат. доц. кафедры высшей математики Югорского государственного университета;

Романова Алла Александровна — канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной физики Санкт-Петербургского государственного университета сервиса и экономики;

Рымкевич Павел Павлович — канд. физ.-мат. наук, доц., проф. кафедры физики Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург, чл.-кор. Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы, член Экспертного совета по энергоэффективности зданий и сооружений Санкт-Петербурга;

Сулеймен Ерлан Мэлсұлы — канд. хим. наук, PhD, директор института прикладной химии при Евразийском национальном университете им. Л.Н. Гумилева;

Харченко Виктория Евгеньевна — канд. биол. наук, доц. Луганского национального аграрного университета;

Яковичина Татьяна Федоровна — канд. с.-хоз. наук, доц., заместитель заведующего кафедрой экологии и охраны окружающей среды Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры, член Всеукраинской экологической Лиги.

Е 86 Естественные и математические науки в современном мире / Сб. ст. по материалам XIV междунар. науч.-практ. конф. № 1 (13). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. 132 с.

Учредитель: НП «СибАК»

Сборник статей «Естественные и математические науки в современном мире» включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

При перепечатке материалов издания ссылка на сборник статей обязательна.

Оглавление

Секция 1. Математика	7
1.1. Вещественный, комплексный и функциональный анализ	7
АНАЛИТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ОБОБЩЕННОГО КОМПЛЕКСНОГО ПЕРЕМЕННОГО И НЕКОТОРЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Сагиндыков Бимурат Жумабекович Бимурат Жанар	7
1.2. Математическая физика	20
СХОДИМОСТЬ ПЕРВОЙ НАЧАЛЬНО-КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ С НЕЛОКАЛЬНЫМ ЛИНЕЙНЫМ ИСТОЧНИКОМ Саиег Тимур Хайтам	20
1.3. Теория вероятностей и математическая статистика	29
МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ ПО ВЫБОРКЕ ИЗ ГЕНЕРАЛЬНОЙ СОВОКУПНОСТИ Акимов Сергей Сергеевич	29
1.4. Дискретная математика и математическая кибернетика	36
ВЕРОЯТНОСТЬ НЕСВЯЗНОСТИ ПЛАНАРНОГО ГРАФА С ВЕСАМИ Цициашвили Гурами Шалвович Осипова Марина Анатольевна Лосев Александр Сергеевич	36
Секция 2. Информационные технологии	42
2.1. Системный анализ, управление и обработка информации	42
СЖАТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ КВАДРАТИЧНЫХ КРИВЫХ БЕЗЪЕ Анисимова Эллина Сергеевна	42

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕАЛИЗАЦИИ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬЮ В АСУ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА Котенко Игорь Витальевич Саенко Игорь Борисович	46
ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА Саенко Игорь Борисович Куваев Валерий Олегович Алышев Сергей Владимирович	51
Секция 3. Физика	57
3.1. Механика жидкости, газа и плазмы	57
ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ В АНИЗОТРОПНОЙ СРЕДЕ Филиппов Александр Иванович Ахметова Оксана Валентиновна Ковальский Алексей Алексеевич Повленкович Рената Фанилевна	57
Секция 4. Биология	64
4.1. Зоология	64
АНАЛИЗ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И ДИНАМИКИ АКТИВНОСТИ ЖУЖЕЛИЦ (INSECTA: COLEOPTERA, CARABIDAE) ПРИРОДНОГО КОМПЛЕКСА «ЕРГАЧ» В ПЕРМСКОМ КРАЕ Козьминых Владислав Олегович	64
4.2. Общая биология	82
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МЯСЕ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА НА РЫНКАХ Г. АСТАНЫ Айткалиева Светлана Владимировна Айдарханова Гульнар Сабитовна	82

4.3. Экология и природопользование	89
ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕКИ УФА КАРАИДЕЛЬСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН Лыгин Сергей Александрович Кабилова Лиана Рустамовна	89
Секция 5. Химия	97
5.1. Неорганическая химия	97
СТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСА $[ZNSO_4 \cdot 2(CH_2)_6N_4]$ Маматураимова Назгул Абдумиталиповна Туленбаева Мавлюда Абдыганиевна Алтыбаева Дилбара Тойчуевна Камалов Жылдызбек Камалович	97
5.2. Органическая химия	102
ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ГИДРИРОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ НА АЛЮМОПЛАТИНОВЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ Шайжанов Нуриман Серикболатович Загидуллин Шамиль Галиевич Ахметов Артур Вадимович Габдраупов Артур Радикович Ахметов Арслан Фаритович	102
Секция 6. Науки о Земле	108
6.1. Физическая география и ландшафтоведение	108
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЛЕСОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ НА РУБЕЖЕ XX—XXI ВВ. Богатырёва Маргарита Алексеевна Лукашова Ольга Павловна	108
ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО Быкова Анна Владимировна Мальцева Наталия Евгеньевна Павлова Дарья Сергеевна Субботина Марина Николаевна Соклакова Ольга Сергеевна Лукашова Ольга Павловна	114

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА КУРСКОЙ ОБЛАСТИ В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА РОССИИ Лукашова Ольга Павловна Пьяных Евгений Александрович Заволокин Михаил Владимирович Васюрин Владимир Михайлович Петров Сергей Сергеевич	121
ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА ГОРОДА КУРСКА Шевцова Екатерина Лукашова Ольга Павловна	126

СЕКЦИЯ 1.

МАТЕМАТИКА

1.1. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ, КОМПЛЕКСНЫЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ОБОБЩЕННОГО КОМПЛЕКСНОГО ПЕРЕМЕННОГО И НЕКОТОРЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Сагиндыков Бимурат Жумабекович
канд. физ.-мат. наук, доцент КазНТУ,
Республика Казахстан, г. Алматы
E-mail: bimurat55@gmail.com

Бимурат Жанар
магистр КазНТУ,
Республика Казахстан, г. Алматы

ANALYTICAL FUNCTIONS OF GENERALIZED COMPLEX VARIABLES AND IT'S APPLICATIONS

Bimurat Sagindykov
candidate (PhD) of Physical and Mathematical sciences, KazNTU,
Republic of Kazakhstan, Almaty

Zhanar Bimurat
master of Science KazNTU,
Republic of Kazakhstan, Almaty

АННОТАЦИЯ

Целью данного направления является применение функции обобщенного комплексного переменного к задачам гидродинамики и теории упругости. В этой работе для таких функций получены условия Коши-Римана и соответственно обобщенное уравнение Лапласа. Получена обобщенная формула Пуассона.

ABSTRACT

The object of this work is the use of generalized functions of a complex variable to solve the problems of fluid dynamics and elasticity theory. In this paper for this kind of functions we obtained Cauchy-Riemann conditions and, accordingly, the generalized Laplace equation and the generalized Poisson formula.

Ключевые слова: условия Коши-Римана; обобщенное уравнение Лапласа; формула Пуассона.

Keywords: Cauchy-Riemann conditions; generalized Laplace equation; Poisson formula.

Введение

Обобщенные комплексные числа делятся на типы [1]. А именно, различают эллиптические, гиперболические и параболические комплексные числа. Это означает следующее. Пусть $z = x + py$ обобщенное комплексное число и $p^2 = -\theta_0 + p\theta_1$, где θ_0, θ_1 — вещественные числа. Тогда числа делятся на указанные типы в зависимости от того, какими являются θ_0, θ_1 . Если $D = \frac{\theta_1^2}{4} - \theta_0 < 0$, то такие обобщенные комплексные числа относятся к эллиптическому типу, если же $D = \frac{\theta_1^2}{4} - \theta_0 > 0$ — то к гиперболическому, если $D = \frac{\theta_1^2}{4} - \theta_0 = 0$ — параболическому типу.

Если взять $\theta_0 = 1, \theta_1 = 0$, то мы получим обычные комплексные числа. Если $\theta_0 = -1, \theta_1 = 0$, то мы получим двойные числа. Если $\theta_0 = \theta_1 = 0$, то получим дуальные числа.

В данной работе теория аналитических функций $f(z) = u(x, y) + pv(x, y)$ обобщенного комплексного переменного $z = x + py$, удовлетворяющих системе уравнений Коши-Римана :

$$u_x + \theta_1 v_x = v_y, u_y + \theta_0 v_x = 0, \quad (1)$$

которая по существу эквивалентна уравнению Лапласа

$$\Delta u = \frac{1}{-4D} (\theta_0 u_{xx} - \theta_1 u_{xy} + u_{yy}) = 0. \quad (2)$$

Аналогично для мнимой части функции $v(x, y) = \text{Im } f(z)$ имеем

$$\Delta v = \frac{1}{-4D} (\theta_0 v_{xx} - \theta_1 v_{xy} + v_{yy}) = 0. \quad (3)$$

Эквивалентность условий Коши-Римана и условия $\frac{\partial f}{\partial \bar{z}} = 0$

Пусть дана функция $f(z) = u(x, y) + pv(x, y)$. Переменные x и y легко выразить через $z = x + py$ и $\bar{z} = x + \theta_1 y - py$:

$$\begin{aligned} x &= \frac{\theta_1 - p}{\theta_1 - 2p} z - \frac{p}{\theta_1 - 2p} \bar{z}, \\ y &= \frac{-1}{\theta_1 - 2p} z + \frac{1}{\theta_1 - 2p} \bar{z}, \end{aligned}$$

где $p^2 = -\theta_0 + p\theta_1$. Поэтому функцию $f(z)$ формально можно рассматривать как функцию двух переменных z и \bar{z} . Найдем $\frac{\partial f}{\partial \bar{z}}$. Для этого рассмотрим дифференциальные операторы

$$\frac{\partial}{\partial z} = \frac{1}{\theta_1 - 2p} \left[(\theta_1 - p) \frac{\partial}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} \right], \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial \bar{z}} = \frac{1}{\theta_1 - 2p} \left[-p \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \right], \quad (5)$$

которые обладают следующим свойством:

$$\frac{\partial^p}{\partial z^p} \left(\frac{\partial^q}{\partial \bar{z}^q} \right) = \frac{\partial^q}{\partial \bar{z}^q} \left(\frac{\partial^p}{\partial z^p} \right), \quad (p, q = 0, 1, 2, \dots).$$

Поэтому однозначно определены операторы вида

$$\frac{\partial^{p+q}}{\partial z^p \partial \bar{z}^q} = \frac{1}{(\theta_1 - 2p)^{p+q}} \left[(\theta_1 - p) \frac{\partial}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} \right]^p \left[-p \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \right]^q.$$

В частности при $p = q = 1$, имеем

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2}{\partial z \partial \bar{z}} &= \frac{1}{(\theta_1 - 2p)^2} \left[-p(\theta_1 - p) \frac{\partial^2}{\partial x^2} + p \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} + (\theta_1 - p) \frac{\partial^2}{\partial y \partial x} - \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right] \\ &= \frac{1}{-4D} \left(\theta_0 \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \theta_1 \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

где $D = \frac{\theta_1^2}{4} - \theta_0$.

В случае когда $p = q = 2$; обобщенный бигармонический оператор записывается в виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^4}{\partial z^2 \partial \bar{z}^2} &= \frac{1}{16D^2} \left(\theta_0^2 \frac{\partial^4}{\partial x^4} - 2\theta_0\theta_1 \frac{\partial^4}{\partial x^3 \partial y} + (\theta_1^2 + 2\theta_0) \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} - \right. \\ &\quad \left. 2\theta_1 \frac{\partial^4}{\partial x \partial y^3} + \frac{\partial^4}{\partial y^4} \right), \end{aligned} \quad (7)$$

Отсюда при $\theta_0 = 1, \theta_1 = 0$ как следствие получим обычный бигармонический оператор

$$\frac{\partial^4}{\partial z^2 \partial \bar{z}^2} = \frac{1}{16} \left(\frac{\partial^4}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4}{\partial y^4} \right).$$

Здесь $z = x + iy, \bar{z} = x - iy$ и $p^2 = -\theta_0 + p\theta_1 = -1$, т.е. $p = i$.

Теорема. Условия Коши-Римана и $\frac{\partial}{\partial \bar{z}} = 0$ эквивалентны.

Если $\frac{\partial}{\partial \bar{z}} = 0$, то $\frac{\partial}{\partial \bar{z}} = \frac{1}{\theta_1 - 2p} \left[-p \left(\frac{\partial u}{\partial x} + p \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial u}{\partial y} + p \frac{\partial v}{\partial y} \right] = \frac{1}{\theta_1 - 2p} \left[\frac{\partial u}{\partial y} + \theta_0 \frac{\partial v}{\partial x} - p \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \theta_1 \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y} \right) \right] \equiv 0$. Отсюда следует справедливость условий Коши-Римана

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x} + \theta_1 \frac{\partial v}{\partial x} &= \frac{\partial v}{\partial y}, \\ \frac{\partial u}{\partial y} + \theta_0 \frac{\partial v}{\partial x} &= 0. \end{aligned}$$

В общем случае интеграл $\int_{AB} f(z) dz$, здесь $z = x + py, p^2 = -\theta_0 + p\theta_1$ зависит от формы пути. Выясним условия, при которых интеграл от формы пути не зависит. Ответ на этот вопрос содержится в следующей теореме.

Теорема Коши. Если функция $f(z)$ обобщенно-аналитическая в односвязной области Ω , то интеграл от этой функции вдоль всякого замкнутого кусочно-гладкого контура L , целиком лежащего в Ω , равен нулю.

Доказательство. Пусть $f(z) = u(x, y) + pv(x, y)$ — аналитическая в области Ω функция. Имеем

$$\begin{aligned} \oint_L f(z)dz &= \oint_L u(x, y)dx - \theta_0 v(x, y)dy + \\ &+ p \oint_L v(x, y)dx + (u(x, y) + \theta_1 v(x, y))dy = \\ &= - \iint_G \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \theta_0 \frac{\partial v}{\partial x} \right) dx dy + p \iint_G \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \theta_1 \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y} \right) dx dy = \\ &= (2p - \theta_1) \iint_G \frac{\partial f}{\partial z} dx dy. \end{aligned}$$

Из условия Коши-Римана следует, что $\frac{\partial f}{\partial z} = 0$. Это условие и непрерывности функций u, v, u_x, v_x, u_y, v_y достаточно для обращения интегралов в нуль.

Условия Коши-Римана в полярных координатах

От алгебраической формы $z = x + py, p^2 = -\theta_0 + p\theta_1$ обобщенного комплексного числа переходим к его показательной-тригонометрической форме

$$z = |z| e^{(-\frac{\theta_1}{2} + p)\varphi} = |z| [T(\varphi) + pS(\varphi)],$$

где

$$e^{(-\frac{\theta_1}{2} + p)\varphi} = T(\theta_0, \theta_1, \varphi) + pS(\theta_0, \theta_1, \varphi) = \begin{cases} \left[\left(\cos \sqrt{-D}\varphi - \frac{\theta_1}{2\sqrt{-D}} \sin \sqrt{-D}\varphi \right) + p \frac{1}{\sqrt{-D}} \sin \sqrt{-D}\varphi \right], D < 0 \\ \left[\left(1 - \frac{\theta_1}{2} \varphi \right) + p\varphi \right], D = 0 \\ \left[\left(\cosh \sqrt{D}\varphi - \frac{\theta_1}{2\sqrt{D}} \sinh \sqrt{D}\varphi \right) + p \frac{1}{\sqrt{D}} \sinh \sqrt{D}\varphi \right], D > 0 \end{cases} \quad (9)$$

В частности при $\theta_0 = 1, \theta_1 = 0$ имеем: $p^2 = -1, D = -1$; отсюда получаем формулу Эйлера $e^{i\varphi} = \cos \varphi + i \sin \varphi$.

Теперь учитывая формулу связи между декартовыми и обобщенно полярными координатами точки на плоскости запишем: $x = rT(\theta_0, \theta_1, \varphi)$, $y = rS(\theta_0, \theta_1, \varphi)$, где $r^2 = |z|^2 = z \cdot \bar{z} = x^2 + \theta_1 xy + \theta_0 y^2$.

Некоторые вычисления необходимые в дальнейшем. Пусть

$$z = x + py = re^{(-\frac{\theta_1}{2}+p)\varphi}.$$

Тогда $\bar{z} = re^{(\frac{\theta_1}{2}-p)\varphi}$ и $z \cdot \bar{z} = r^2$. Из последних двух равенств по формулам вычисления частных производных сложной функции от переменных находим

$$\begin{aligned} r^2 &= x^2 + \theta_1 xy + \theta_0 y^2 = z \cdot \bar{z}, \\ 2r \frac{\partial r}{\partial z} &= z, \quad \frac{\partial r}{\partial \bar{z}} = \frac{z}{2r} = \frac{1}{2} e^{(-\frac{\theta_1}{2}+p)\varphi}, \\ \bar{z} &= e^{(\theta_1-2p)\varphi} z, \quad 1 = z(\theta_1 - 2p) e^{(\theta_1-2p)\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial \bar{z}}. \end{aligned}$$

Отсюда $\frac{\partial \varphi}{\partial \bar{z}} = \frac{\theta_1-2p}{4D} \frac{1}{r} e^{(-\frac{\theta_1}{2}+p)\varphi}$, $\frac{\partial r}{\partial \bar{z}} = \frac{1}{2} e^{(-\frac{\theta_1}{2}+p)\varphi}$, где $D = \frac{\theta_1^2}{4} - \theta_0$.

Чтобы написать условия Коши-Римана в полярных координатах, вводим следующий дифференциальный оператор

$$\frac{\partial}{\partial \bar{z}} = \frac{\partial r}{\partial \bar{z}} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial \varphi}{\partial \bar{z}} \frac{\partial}{\partial \varphi} = \frac{1}{2} e^{(-\frac{\theta_1}{2}+p)\varphi} \left(\frac{\partial}{\partial r} + \frac{\theta_1-2p}{2D} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} \right).$$

Тогда условия Коши-Римана можно записать в виде $\frac{\partial f}{\partial \bar{z}} = 0$ и оно эквивалентно следующей системе.

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\theta_1}{2D} \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \varphi} + \frac{\theta_0}{D} \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \varphi} = 0, \\ \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{1}{D} \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \varphi} - \frac{\theta_1}{2D} \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \varphi} = 0. \end{cases} \quad (10)$$

В частности имеем при $\theta_0 = 1, \theta_1 = 0$ имеем $\frac{\partial u}{\partial r} = \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \varphi}$, $\frac{\partial v}{\partial r} = -\frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \varphi}$.

Далее (10) запишем в компактной форме. Для этого систему (10) решим относительно $\frac{\partial u}{\partial r}, \frac{\partial u}{\partial \varphi}$.

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & \frac{\theta_1}{2Dr} \\ 0 & \frac{1}{Dr} \end{vmatrix} = \frac{1}{Dr}, \quad \Delta \frac{\partial u}{\partial r} = \begin{vmatrix} -\frac{\theta_0}{Dr} \frac{\partial v}{\partial \varphi} & \frac{\theta_1}{2Dr} \\ \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{\theta_1}{2Dr} \frac{\partial v}{\partial \varphi} & \frac{1}{Dr} \end{vmatrix} = -\frac{\theta_1}{2Dr} \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{1}{Dr^2} \frac{\partial v}{\partial \varphi},$$

$$\Delta \frac{\partial u}{\partial \varphi} = \begin{vmatrix} 1 & -\frac{\theta_0}{Dr} \frac{\partial v}{\partial \varphi} \\ 0 & \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{\theta_1}{2Dr} \frac{\partial v}{\partial \varphi} \end{vmatrix} = \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{\theta_1}{2Dr} \frac{\partial v}{\partial \varphi},$$

$$\frac{\partial u}{\partial r} = \frac{\Delta \frac{\partial u}{\partial r}}{\Delta} = -\frac{\theta_1}{2} \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \varphi}, \quad \frac{\partial u}{\partial \varphi} = \frac{\Delta \frac{\partial u}{\partial \varphi}}{\Delta} = Dr \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{\theta_1}{2} \frac{\partial v}{\partial \varphi}.$$

Аналогично решая систему (10) относительно $\frac{\partial v}{\partial r}, \frac{\partial v}{\partial \varphi}$. Имеем

$$\frac{\partial v}{\partial r} = -\frac{\theta_1}{2\theta_0} \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{1}{\theta_0 r} \frac{\partial u}{\partial \varphi}, \quad \frac{\partial v}{\partial \varphi} = -\frac{Dr}{\theta_0} \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{\theta_1}{2\theta_0} \frac{\partial u}{\partial \varphi},$$

которые по существу эквивалентны уравнению Лапласа записанному в обобщенной полярной системе координат

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{1}{Dr^2} \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} &= 0, \\ \frac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{1}{Dr^2} \frac{\partial^2 v}{\partial \varphi^2} &= 0, \end{aligned} \tag{11}$$

где $D = \frac{\theta_1^2}{4} - \theta_0$.

Рассмотрим ряд примеров

Пример 1. Функция $u(x, y; x_0, y_0) = \ln \frac{1}{r}$, где r — расстояние между точками (x, y) и (x_0, y_0) обобщенной плоскости \mathbb{R}^2 , т. е. $r = \sqrt{(x - x_0)^2 + \theta_1(x - x_0)(y - y_0) + \theta_0 y^2}$ является гармонической в любой области обобщенной плоскости \mathbb{R}^2 , не содержащей точку (x_0, y_0) .

Решение. Для удобства вычисления расстояние между точками представим в следующем виде

$$r^2 = (x - x_0)^2 + \theta_1(x - x_0)(y - y_0) + \theta_0 y^2.$$

Отсюда $r_x = \frac{2(x-x_0)+\theta_1(y-y_0)}{2r}$, $r_y = \frac{\theta_1(x-x_0)+2\theta_0(y-y_0)}{2r}$,
 $r_{xx} = -\frac{D(y-y_0)^2}{r^3}$, $r_{xy} = \frac{D(x-x_0)(y-y_0)}{r^3}$, $r_{yy} = -\frac{D(x-x_0)^2}{r^3}$. Тогда для
 функции $u(x, y; x_0, y_0) = \ln \frac{1}{r}$, имеем:

$$u_x = -\frac{r_x}{r}, u_y = -\frac{r_y}{r}, u_{xx} = -\frac{r_{xx}r - r_x^2}{r^2},$$

$$u_{xy} = -\frac{r_{xy}r - r_x r_y}{r^2} \text{ и } u_{yy} = -\frac{r_{yy}r - r_y^2}{r^2}.$$

Подставляя найденные значения производных u_{xx}, u_{xy} и u_{yy} в уравнение Лапласа получим

$$\Delta u = -\frac{1}{4D} \left(\theta_0 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \theta_1 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) = \frac{1}{4D} (\theta_0 r_{xx} - \theta_1 r_{xy} + r_{yy}) \frac{1}{r} -$$

$$-\frac{1}{4D} (\theta_0 r_x^2 - \theta_1 r_x r_y + r_y^2) \frac{1}{r^2} = \frac{1}{4D} \frac{1-D}{r} - \frac{1}{4D} \frac{1}{r^2} (-D) = \frac{1}{4r^2} - \frac{1}{4r^2} \equiv 0,$$

во всех точках (x, y) обобщенной плоскости R^2 , за исключением точки (x_0, y_0) , так как $\theta_0 r_{xx} - \theta_1 r_{xy} + r_{yy} = -\frac{D}{r}$, $\theta_0 r_x^2 - \theta_1 r_x r_y + r_y^2 = -D$.

Таким образом, функция $u = \ln \frac{1}{r}$ является решением уравнения Лапласа на обобщенной плоскости R^2 за исключением точки (x_0, y_0) где она обращается в $+\infty$.

Пример 2. Решение задачи Дирихле для обобщенного уравнения Лапласа

Рассмотрим внутреннюю краевую задачу для уравнения Лапласа с граничным условием Дирихле

$$\Delta u = \frac{1}{-4D} \left(\theta_0 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \theta_1 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) = 0$$

в области $\Omega = \{(x, y) | x^2 + \theta_1 xy + \theta_0 y^2 < 1\}$ с границей

$$\Gamma: x^2 + \theta_1 xy + \theta_0 y^2 = 1;$$

где θ_0, θ_1 — вещественные управляющие параметры. Здесь

$$D = \frac{\theta_1^2}{4} - \theta_0 < 0, p^2 = -\theta_0 + p\theta_1.$$

Задача Дирихле. Найти в области Ω функцию $u(x, y)$, удовлетворяющую следующим условиям:

$$u(x, y) \in C(\bar{\Omega}) \cap C^2(\Omega), \quad (12)$$

$$\Delta u = \frac{1}{-4D} \left(\theta_0 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \theta_1 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) = 0, \quad (x, y) \in \Omega \quad (13)$$

$$u(x, y) |_{\Gamma} = f(\varphi), \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi \quad (14)$$

где: $f(\varphi)$ — заданная функция; будем считать, что $f(\varphi) \in C^1(\Gamma)$,
 $f(0) = f(2\pi)$.

В области Ω перейдем к обобщенно полярным координатам $x = rT(\theta_0, \theta_1, \varphi)$, $y = rS(\theta_0, \theta_1, \varphi)$. Тогда уравнение (13) в полярных координатах имеем вид (см. 11)

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{1}{Dr^2} \frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} = 0. \quad (15)$$

Решение $u(x, y) = u(rT(\varphi), rS(\varphi)) = \tilde{u}(r, \varphi) = u(r, \varphi)$ уравнения (15) будем искать в виде произведения двух функций.

$$u(r, \varphi) = R(r) \cdot \Phi(\sqrt{-D}\varphi) \neq 0 \text{ в } \Omega \quad (16)$$

Подставляя предполагаемую форму решения (16) в уравнение (15) и разделяя переменные, получим

$$r^2 \frac{R''(r)}{R(r)} + r \frac{R'(r)}{R(r)} = - \frac{\Phi''(\sqrt{-D}\varphi)}{\Phi(\sqrt{-D}\varphi)} = \lambda.$$

Отсюда следует, что функция $R(r)$ должна быть найдена из решения уравнения

$$r^2 R''(r) + rR'(r) - \lambda R(r) = 0, \quad (17)$$

а для функции $\Phi(\sqrt{-D}\varphi)$ получим задачу на собственные значения

$$\begin{aligned} \Phi''(\sqrt{-D}\varphi) + \lambda \Phi(\sqrt{-D}\varphi) &= 0, \\ \Phi(\sqrt{-D}\varphi) &= \Phi(\sqrt{-D}\varphi + 2\pi). \end{aligned} \quad (18)$$

Здесь условие периодичности функции $\Phi(\sqrt{-D}\varphi)$ является следствием периодичности искомого решения $u(r, \varphi)$ по угловой переменной с периодом 2π . Это возможно только в том случае, когда $\lambda = -Dn^2$ и когда $n\sqrt{-D}$ - целое. Тогда общее решение дифференциального уравнения (18) определяется по формуле

$$\Phi(\sqrt{-D}\varphi) = a_n \cos(n\sqrt{-D}\varphi) + b_n \sin(n\sqrt{-D}\varphi),$$

где a_n и b_n — произвольные постоянные.

Уравнение (17) при $\lambda = -Dn^2$ имеет два линейно независимых решения

$$R_1(r) = r^{\sqrt{-D}n}, R_2(r) = r^{-\sqrt{-D}n}.$$

где $D < 0$. Так как частные решения уравнения (17) при $\lambda = -Dn^2$ ищем в виде степенной функции $R(r) = r^k, k = const$. Подставив эту функцию в уравнение (17) установим, что показатель степени k определяется из уравнения

$$k^2 = -Dn^2, \text{ т.е. } k = \pm\sqrt{-D}n.$$

Решение внутренней задачи Дирихле должно быть ограничено в рассматриваемой области при $r = 0$. Поэтому из двух найденных решений следует взять лишь

$$R_n(r) = r^{\sqrt{-D}n}.$$

Таким образом, согласно (16) частные решения уравнения (15) можно записать так:

$$u(r, \varphi) = r^{\sqrt{-D}n} [a_n \cos(n\sqrt{-D}\varphi) + b_n \sin(n\sqrt{-D}\varphi)].$$

В силу линейности и однородности уравнения (15) суперпозиция частных решений

$$u(r, \varphi) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} r^{\sqrt{-D}n} [a_n \cos(n\sqrt{-D}\varphi) + b_n \sin(n\sqrt{-D}\varphi)], \quad (19)$$

также будет удовлетворять этому уравнению.

Таким образом, ряд (19) внутри области Ω является гармонической функцией. Из общего курса известно, что ряд (19) сходится равномерно на $\bar{\Omega}$. Тогда удовлетворяя ряд (19) граничному условию (14), получим

$$u(r, \varphi)|_{r=1} = f(\varphi)$$

или

$$f(\varphi) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(n\sqrt{-D}\varphi) + b_n \sin(n\sqrt{-D}\varphi)]. \quad (20)$$

Ряд (20) представляет собой разложение в ряд Фурье функции $f(\varphi)$ на промежутке $[0, 2\pi]$. Тогда коэффициенты a_n и b_n определяются по формулам:

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\varphi) \cos(n\sqrt{-D}\varphi) d\varphi, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad (21)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\varphi) \sin(n\sqrt{-D}\varphi) d\varphi, \quad n = 1, 2, \dots \quad (22)$$

Теорема. Если функция $f(\varphi) \in C^1[0, 2\pi]$ и $f(0) = f(2\pi)$, то существует единственное решение задачи Дирихле в области Ω , которое определяется рядом (19).

Формула Пуассона

Преобразуем ряд (19) с учетом выражений (21) и (22):

$$\begin{aligned} u(r, \varphi) &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(t) dt + \\ &+ \frac{1}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} r^{\sqrt{-D}n} \left[\int_0^{2\pi} f(t) \cos(n\sqrt{-D}t) dt \cos(n\sqrt{-D}\varphi) + \right. \\ &\quad \left. + \int_0^{2\pi} f(t) \sin(n\sqrt{-D}t) dt \sin(n\sqrt{-D}\varphi) \right] = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(t) dt + \\ &+ \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \sum_{n=1}^{\infty} r^{\sqrt{-D}n} [\cos(n\sqrt{-D}t) \cos(n\sqrt{-D}\varphi) + \\ &\quad + \sin(n\sqrt{-D}t) \sin(n\sqrt{-D}\varphi)] dt = \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} r^{\sqrt{-D}n} \cos n\sqrt{-D}(t - \varphi)] dt \quad (23) \end{aligned}$$

Учитывая обобщенную формулу Эйлера (9), имеем:

$$z^{\sqrt{-D}n} = r^{\sqrt{-D}n} e^{i\sqrt{-D}n\omega} = r^{\sqrt{-D}n} [\cos(n\sqrt{-D}\omega) + i \sin(n\sqrt{-D}\omega)], \omega = t - \varphi.$$

Найдем сумму ряда

$$\begin{aligned} 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} r^{\sqrt{-D}n} \cos(n\sqrt{-D}(t - \varphi)) &= 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} r^{\sqrt{-D}n} \cos n\omega = \\ &= -1 + 2 \operatorname{Re} \sum_{n=0}^{\infty} z^{\sqrt{-D}n} = -1 + 2 \operatorname{Re} \frac{1}{1 - z^{\sqrt{-D}}} = \\ &= -1 + \frac{2 - 2r^{\sqrt{-D}} \cos \sqrt{-D}\omega}{1 - 2r^{\sqrt{-D}} \cos \sqrt{-D}\omega + r^{2\sqrt{-D}}} = \frac{1 - r^{2\sqrt{-D}}}{1 - 2r^{\sqrt{-D}} \cos \sqrt{-D}\omega + r^{2\sqrt{-D}}} \end{aligned} \quad (24)$$

Тогда, подставляя (24) в (23), найдем формулу

$$u(r, \varphi) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \frac{1 - r^{2\sqrt{-D}}}{1 - 2r^{\sqrt{-D}} \cos \sqrt{-D}(t - \varphi) + r^{2\sqrt{-D}}} dt, \quad (25)$$

которая называется формулой Пуассона.

Пример 3. Вычислить интеграл $\int P_n(x) e^{ax} \sin bx \, dx$.

Решение. в случае, когда $D = \frac{\theta_1^2}{4} - \theta_0 < 0$ формулу (9) можно записать в виде

$$\begin{aligned} e^{px} &= J(\theta_0, \theta_1, x) + pK(\theta_0, \theta_1, x) = \\ &= e^{\frac{\theta_1}{2}x} \left[\left(\cos \sqrt{-D}x - \frac{\theta_1}{2\sqrt{-D}} \sin \sqrt{-D}x \right) + p \frac{1}{\sqrt{-D}} \sin \sqrt{-D}x \right]. \end{aligned} \quad (26)$$

Тогда $\int J(x) \, dx + p \int K(x) \, dx = \frac{e^{px}}{p} + C_1 + pC_2$. Отсюда

$$\int J(x) \, dx = \frac{\theta_1}{\theta_0} J(x) + K(x) + C_1, \quad \int K(x) \, dx = -\frac{1}{\theta_0} J(x) + C_2;$$

так как $\bar{p} = \theta_1 - p$ и $p \cdot \bar{p} = \theta_0$. Последний интеграл можно переписать в виде

$$\int e^{\frac{\theta_1}{2}x} \sin \sqrt{-D}x \, dx = -\frac{\sqrt{-D}}{\theta_0} e^{\frac{\theta_1}{2}x} \left(\cos \sqrt{-D}x - \frac{\theta_1}{2\sqrt{-D}} \sin \sqrt{-D}x \right) + C.$$

Здесь $\frac{\theta_1}{2} = a, \sqrt{-D} = b$ и $\theta_0 = a^2 + b^2$. Таким образом

$$\int e^{ax} \sin bx \, dx = \frac{e^{ax}(a \sin bx - b \cos bx)}{a^2 + b^2} + C.$$

Из разложения экспоненты (26), имеем следующее соотношения:
 $J^{(x)} = -\theta_0 K(x), K^{(x)} = J(x) + \theta_1 K(x)$. Применим эти соотношения

$$\begin{aligned} \theta_0 \int K(x) \, dx &= -J(x) + C, \\ \theta_0 \int xK(x) \, dx &= K(x) + \left(-x + \frac{\theta_1}{\theta_0}\right)J(x) + C. \end{aligned}$$

Далее параметры θ_0, θ_1 заменим через параметры a и b , и имеем:

$$\int x e^{ax} \sin bx \, dx = \frac{e^{ax}}{a^2 + b^2} \left[\sin bx - \left(x - \frac{2a}{a^2 + b^2}\right) (b \cos bx - a \sin bx) \right] + C.$$

Теперь не трудно вычислить искомый интеграл, используя полученные выше результаты.

Интегрирование по частям приводит к понижению степени n под интегралом.

Действительно,

$$\begin{aligned} \int x^n e^{ax} \sin bx \, dx &= \int x^n d \left[\frac{e^{ax}(a \sin bx - b \cos bx)}{a^2 + b^2} \right] = \\ &= x^n \frac{e^{ax}(a \sin bx - b \cos bx)}{a^2 + b^2} - n \int x^{n-1} \left[\frac{e^{ax}(a \sin bx - b \cos bx)}{a^2 + b^2} \right] dx. \end{aligned}$$

Список литературы:

1. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Проблемы гидродинамики и их математические модели. М.: Наука, 1973. — 416 с.
2. Сагиндыков Б.Ж., Бимурат Жанар. Обобщенная комплексная экспонента и ее применения для отыскания суммы // Естественные и математические науки: вопросы и тенденции развития. 2013. г. Новосибирск, — с. 7—15.

1.2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

СХОДИМОСТЬ ПЕРВОЙ НАЧАЛЬНО-КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ С НЕЛОКАЛЬНЫМ ЛИНЕЙНЫМ ИСТОЧНИКОМ

Саиег Тимур Хайтам

*канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Высшая Алгебра
и Геометрия», Северо-Кавказского федерального университета,
РФ, г. Ставрополь
E-mail: dr.timor@mail.ru*

CONVERGENCE OF FIRST INITIAL BOUNDARY VALUE PROBLEM WITH NONLOCAL LINEAR SOURCE

Timur Haitham Saieg

*candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor
of Higher Algebra and Geometry department,
North-Caucasus Federal University,
Russia, Stavropol*

АННОТАЦИЯ

Получена априорная оценка для решения первой краевой задачи для уравнения теплопроводности с нелокальным линейным источником, откуда следует сходимости метода Ротэ.

ABSTRACT

There is deduced a prior estimate for the solution of the first boundary value problem for a heat conduction equation with a nonlocal linear source which implies the convergence of Rothe's method.

Ключевые слова: Априорная оценка; метод Ротэ.

Keywords: prior estimate; Rothe's method.

В области $Q_{t_0} = (0,1) \times (0,t_0)$ рассмотрим задачу

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \int_0^t K(x,t,\tau)U(x,\tau)d\tau + f(x,t) \quad (1)$$

$$U(0,t) = U(1,t) = 0 \quad (2)$$

$$U(x,0) = U_0(x) \quad (3)$$

где $K(x,t,\tau)$, $f(x,t)$, $U_0(x)$ — известные достаточно гладкие в Q_{t_0} функции.

Пусть задача (1)-(3) имеет регулярное решение. Умножим уравнение (1) скалярно на U :

$$(U_t, U) - (U_{xx}, U) - \left(\int_0^t K(x,t,\tau)U(x,\tau)d\tau, U \right) = (f, U) \quad (4)$$

Преобразуем каждое слагаемое тождество (4)

$$(U_t, U) = \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \|U\|_0^2,$$

$$(U_{xx}, U) = - \int_0^1 U_x^2 dx = - \|U\|_0^2,$$

$$\int_0^1 U(x,t) dx \int_0^t K(x,t,\tau)U(x,\tau)d\tau = \int_0^1 \int_0^t U(x,t)K(x,t,\tau)U(x,\tau) dx d\tau$$

Оценим внутренний интеграл

$$\begin{aligned} \int_0^1 K(x,t,\tau)U(x,t)U(x,\tau) dx &\leq M_1 \int_0^1 |U(x,t)| |U(x,\tau)| dx \leq \\ &\leq M_1 \left(\int_0^1 |U(x,t)|^2 dx \right)^{\frac{1}{2}} \left(\int_0^1 |U(x,\tau)|^2 dx \right)^{\frac{1}{2}} = M_1 \|U(x,t)\|_0 \|U(x,\tau)\|_0, \end{aligned}$$

Или

$$\int_0^t d\tau \int_0^1 K(x, t, \tau) U(x, t) U(x, \tau) dx \leq M_1 \|U(x, t)\|_0 \int_0^t \|U(x, \tau)\|_0 d\tau,$$

$$(f, U) \leq \frac{1}{4\varepsilon} \|f\|_0^2 + \varepsilon \|U\|_0^2,$$

$$|K(x, t, \tau)| \leq M_1.$$

Подставляя последние соотношения в тождество (4), находим

$$\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \|U\|_0^2 + \|U_x\|_0^2 \leq M_1 \|U(x, t)\|_0 \int_0^t \|U(x, \tau)\|_0 d\tau + \frac{1}{4\varepsilon} \|f\|_0^2 + \varepsilon \|U\|_0^2,$$

$\varepsilon > 0$ — любое число.

$$\text{Так как } \|U\|_0^2 \leq \frac{1}{2} \|U_x\|_0^2,$$

То имеем

$$\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \|U\|_0^2 + (1 - \frac{\varepsilon}{2}) \|U_x\|_0^2 \leq M_1 \|U(x, t)\|_0 \int_0^t \|U(x, \tau)\|_0 d\tau + \frac{1}{4\varepsilon} \|f\|_0^2.$$

Пусть $\varepsilon = 1$, тогда

$$\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \|U\|_0^2 + \frac{1}{2} \|U_x\|_0^2 \leq M_1 \|U(x, t)\|_0 \int_0^t \|U(x, \tau)\|_0 d\tau + \frac{1}{4} \|f\|_0^2 \quad (5)$$

Проинтегрируем (5) по τ от 0 до t , тогда получим

$$\|U(x, t)\|_0^2 + \|U_x\|_{2, Q_t}^2 \leq 2M_1 \int_0^t \|U(x, \tau)\|_0 d\tau \int_0^\tau \|U(x_1, \tau_1)\|_0 d\tau_1 + \quad (6)$$

$$+ \frac{1}{2} \|f\|_{2, Q_t}^2 + \|U(x, 0)\|_0^2,$$

$$\|U_x\|_{2, Q_t}^2 = \int_0^t \|U\|_0^2 d\tau.$$

Оценим интегральный член в соотношении (6) таким образом:

$$\begin{aligned}
 & \int_0^t \|U(x, \tau)\|_0 d\tau \int_0^\tau \|U(x_1, \tau_1)\|_0 d\tau_1 \leq \\
 & \leq \int_0^t \|U(x, \tau)\|_0 d\tau \int_0^t \|U(x, \tau)\|_0 d\tau = \left(\int_0^t \|U(x, \tau)\|_0 d\tau \right)^2 \leq \\
 & \leq \int_0^t d\tau \int_0^t \|U(x, \tau)\|_0^2 d\tau = t \|U\|_{2, Q_t}^2.
 \end{aligned}$$

Подставляя последнее в (6), получаем

$$\|U\|_0^2 + \|U_x\|_{2, Q_t}^2 \leq 2M_1 t \|U\|_{2, Q_t}^2 + \frac{1}{2} \|f\|_{2, Q_t}^2 + \|U_0(x)\|_{2, Q_t}^2 \quad (7)$$

Из (7) имеем

$$\|U\|_0^2 \leq 2M_1 t \|U\|_{2, Q_t}^2 + F(t), \quad F(t) = \frac{1}{2} \|f\|_{2, Q_t}^2 + \|U_0(x)\|_0^2,$$

или,

$$\|U\|_0^2 \leq 2M_1 t \int_0^t \|U\|_0^2 d\tau + F(t). \quad (8)$$

При получении априорных оценок решений различных нестационарных задач часто используется следующая

Лемма. Пусть неотрицательная абсолютно непрерывная функция $Y(t)$ удовлетворяет для почти всех $t \in [0, t_0]$ неравенству

$$\frac{dy(t)}{dt} \leq C_1(t)Y(t) + C_2(t),$$

где $C_i(t)$ — суммируемые на $[0, T]$ неотрицательные функции. Тогда

$$Y(t) \leq \exp \left\{ \int_0^t C_1(\tau) d\tau \right\} \left[Y(0) + \int_0^t C_2(\tau) d\tau \right].$$

Доказательство леммы приведено в [1].

Применяя к неравенству (8) лемму, получаем

$$Y(t) \leq \exp(M_1 t^2) F(t), \quad Y(t) = \int_0^t \|U\|_0^2 d\tau.$$

С помощью последней оценки из (7) находим априорную оценку

$$\|U\|_0^2 + \|U_x\|_{2,Q_t}^2 \leq 2M(t) \left(\|f\|_{2,Q_t}^2 + \|U_0(x)\|_0^2 \right) \quad (9)$$

В частности, из оценки (9) следует единственность решения исходной задачи (1)-(3).

Введём на $[0, t_0]$ сетку $\overline{\omega}_\tau = \{t_j = j\tau : j = 0, 1, \dots, j_0\}$.

Задаче (1)–(3) поставим в соответствие схему Рунге

$$\begin{aligned} y_i &= \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \sum_{j=1}^j k(x, t, t_j) y(x, t_j) \tau + f(x, t), \\ y(0, t) &= y(1, t) = 0, \\ y(x, 0) &= u_0(x), \end{aligned} \quad (10)$$

где $y_i = (y - \tilde{y}) / \tau$, $y = y^j$, $y = y^{j-1}$, $\tau = \frac{t_0}{j_0}$ — шаг сетки

по времени.

Для доказательства сходимости метода Рунге, получим дискретный аналог оценки (9). Для чего умножим уравнение (10) скалярно на $2\tau y$.

$$2\tau(y_i, y) = 2\tau(y_{xx}, y) + 2\tau \left(\sum_{j=1}^j k(x, t, t_j) y(x, t_j) \tau, y \right) + 2\tau(f, y). \quad (11)$$

Преобразуем интегралы, входящие в (11) следующим образом:

$$\begin{aligned}
 2\tau(y_t, y) &= \|y\|_0^2 - \|\tilde{y}\|_0^2 + \tau^2 \|y_t\|_0^2. \\
 (y_{xx}, y) &= -\|y_x\|_0^2. \\
 \int_0^1 \sum_{j=1}^j k(x, t, t_j) y(x, t_j) \tau y(x, t) dx &= \\
 = \sum_{j=1}^j \tau \int_0^1 k(x, t, t_j) y(x, t_j) y(x, t) dx. & \quad (12)
 \end{aligned}$$

Оценим интеграл таким образом:

$$\begin{aligned}
 \int_0^1 k(x, t, t_j) y(x, t_j) y(x, t) dx &\leq M_1 \int_0^1 |y(x, t_j)| |y(x, t)| dx \leq \\
 \leq M_1 \left(\int_0^1 y^2(x, t_j) dx \right)^{1/2} \left(\int_0^1 y^2(x, t) dx \right)^{1/2} &= M_1 \|y(x, t)\|_0 \|y(x, t_j)\|_0.
 \end{aligned}$$

Стоящую в правой части (12) сумму оценим теперь так:

$$\begin{aligned}
 \sum_{j=0}^j \tau \int_0^1 k(x, t, t_j) y(x, t_j) y(x, t) dx &\leq M_1 \|y(x, t)\|_0 \sum_{j=1}^j \|y(x, t_j)\|_0 \tau. \\
 (f, y) &\leq \frac{1}{4\varepsilon} \|f\|_0^2 + \varepsilon \|y\|_0^2.
 \end{aligned}$$

С учётом этих соотношений из тождества (11) получаем

$$\begin{aligned}
 \|y\|_0^2 - \|\tilde{y}\|_0^2 + \tau^2 \|y_t\|_0^2 + 2\tau \|y_x\|_0^2 &\leq 2M_1 \|y(x, t)\|_0 \sum_{j=1}^j \|y(x, t_j)\|_0 \tau + \\
 + \frac{\tau}{4\varepsilon} \|f\|_0^2 + \varepsilon \|y\|_0^2. &
 \end{aligned}$$

Откуда, с учётом неравенства

$$\|y\|_0^2 \leq \frac{1}{2} \|y_x\|_0^2,$$

Находим

$$\|y\|_0^2 - \|\tilde{y}\|_0^2 + \nu \|y_x\|_0^2 \tau \leq M_1 \|y(x, t)\|_0 \sum_{j'=1}^j \|y(x, t_{j'})\|_0 \tau + \frac{\tau}{4\varepsilon} \|f\|_0^2,$$

$$\nu = 2 - \frac{\varepsilon}{2} > 0.$$

Суммируя последнее неравенство по j' от 1 до j , получаем

$$\|y\|_0^2 + \nu \sum_{j'=1}^j \|y_x^{j'}\|_0^2 \tau \leq 2M_1 \sum_{j'=1}^j \|y(x, t_{j'})\|_0 \tau \sum_{j'=1}^j \|y(x, t_{j'})\|_0 \tau +$$

$$+ \frac{1}{4\varepsilon} \sum_{j'=1}^j \|f^{j'}\|_0^2 \tau + \tau \|u_0(x)\|_0^2.$$

Откуда

$$\|y\|_0^2 + \nu \sum_{j'=1}^j \|y_x^{j'}\|_0^2 \tau \leq 2M_1 \left(\sum_{j'=1}^j \|y(x, t_{j'})\|_0 \tau \right)^2 +$$

$$\frac{1}{4\varepsilon} \sum_{j'=1}^j \|f^{j'}\|_0^2 \tau + \|u_0(x)\|_0^2,$$

Или

$$\|y\|_0^2 + \nu \sum_{j'=1}^j \|y_x^{j'}\|_0^2 \tau \leq 2M_1 t_j \sum_{j'=1}^j \|y(x, t_{j'})\|_0^2 \tau +$$

$$+ \frac{1}{4\varepsilon} \sum_{j'=1}^j \|f^{j'}\|_0^2 \tau + \|u_0(x)\|_0^2. \quad (13)$$

Лемма 2. Пусть q_j, ρ_j — функции, заданные на $\overline{\omega_\tau}, j = 1, 2, \dots, \rho_j$ — неотрицательная неубывающая функция ($\rho_{j+1} \geq \rho_j$), тогда из неравенства

$$q_{j+1} \leq c_0 \sum_{j'=1}^j \tau q_{j'} + \rho_j$$

следует

$$q_{j+1} \leq e^{c_0 t_j} \rho_j.$$

На основании леммы 2 из (13), при малом $\tau \leq \tau_0 = \frac{1}{2M_1 t_0}$,

находим

$$\|y\|_0^2 + \nu \sum_{j'=1}^j \|y_x^{j'}\|_0^2 \tau \leq M \left(\sum_{j'=1}^j \|f^{j'}\|_0^2 \tau + \|u_0(x)\|_0^2 \right), \quad (14)$$

где $M > 0$ — постоянная, не зависящая от τ .

Обозначим через $z = y - u$, тогда для погрешности я имеем задачу

$$\begin{aligned} z_i &= z_{xx} + \sum_{j'=1}^j k(x, t, t_{j'}) z(x, t_{j'}) \tau + \psi^j, \\ z(0, t_j) &= z(1, t_j) = 0, \\ z(x, 0) &= 0, \end{aligned} \quad (15)$$

где $\psi^j = O(\tau)$.

Применяя оценку (14) к задаче для погрешности (15) находим

$$\|z\|_0^2 + \nu \sum_{j'=1}^j \|z_x^{j'}\|_0^2 \tau \leq M \sum_{j'=1}^j \|\psi^{j'}\|_0^2 \tau$$

Откуда следует сходимость метода Рунге со скоростью $O(h)$.

Список литературы:

1. Андреев В.Б. О сходимости разностных схем, аппроксимирующих третью краевые задачи для эллиптических уравнений. Ж. Вычислительная математика и математическая физика. — 1968, — 8 № 6, — с. 1218—1231.
2. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. М.: Наука 1976, — 286 с.
3. Кожанов А.И. Параболические уравнения с нелинейным нелокальным источником. сиб. матем. журн., — 1994, — Т. 35, — № 5, — С. 1062—1073.
4. Самарский А.А. теория разностных схем. М.: Наука, 1989. — 616 с.

1.3. ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ ПО ВЫБОРКЕ ИЗ ГЕНЕРАЛЬНОЙ СОВОКУПНОСТИ

Акимов Сергей Сергеевич

*аспирант факультета информационных технологий,
ФГБОУ ВПО ОГУ,
РФ, г. Оренбург
E-mail: elite17@yandex.ru*

THE TASK SOLUTION'S METHODS OF RECOVERY OF PROBABILITY'S DENSITY ON SAMPLE FROM GENERAL SET

Akimov Sergey Sergeevich,

*postgraduate of Faculty of Informational Technology, OSU,
Russia, Orenburg*

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается обзор некоторых методов восстановления плотности вероятности по выборке из генеральной совокупности. Показываются достоинства и недостатки каждого метода, а также приводится сравнение некоторых методов между собой.

ABSTRACT

The review of several task solution's methods of recovery of probability's density on sample from general set is presented in the article. The comparison of several methods between each other and advantages and disadvantages of them are showed in the article.

Ключевые слова: обзор; восстановление плотности.

Keywords: review, recovery of density.

В практике статистического анализа и моделирования точный вид закона распределения анализируемой генеральной совокупности, как правило, бывает неизвестен; зачастую, исследователь располагает лишь выборкой из интересующей его генеральной совокупности [15].

При восстановлении данных по выборке из генеральной совокупности большинство исследователи данной области считают плотность вероятности исчерпывающей характеристикой для любого закона распределения вероятности [13, 15]. Принципиальная возможность решать все самые основные задачи статистического анализа данных исходит из знания закона распределения вероятности [13].

На сегодняшний момент существует достаточно большое количество методов восстановления плотности распределения вероятности. Кратко рассмотрим наиболее известные из них.

Самым распространенным методом восстановления является метод гистограмм. Данный метод рассматривался многими отечественными и зарубежными учеными [13, 15, 16, 17]. Гистограммный метод характеризуется простотой и доступностью. Минусами данного метода считаются низкая надежность при малых значениях выборки, неустойчивость к выбросам и др.

Большинство известных методов восстановления плотности рассматривались такими авторами как Лапко А.В., Ченцов С.В., Фельдман Л.А., Крохов С.И. [10]. Рассмотрим самые основные методы восстановления плотности закона распределения.

1. Метод Парзена-Розенблатта (называемого иногда ядерным методом) — самый распространенный метод, после метода гистограмм. В основе этого метода лежит предположение, что плотность вероятности возрастает в точках, в непосредственной близости от которых находится наибольшее количество элементов выборки. В методе Парзена-Розенблатта используется сглаженная эмпирическая функция распределения, а также введено понятие «ядерная функция». Однако представленный метод сопряжен с целым рядом трудностей. Как известно, что смещение и вариация оценки данной функции зависят от вида ядра $K(t)$ и значения параметра размытости h_N . И если для выделения среди числа функция $K(t)$ наиболее подходящей имеется достаточно подходящий критерий отбора, выраженный через особым образом определенный информационный функционал, то задача оценивания оптимальной величины h_N является более сложной, нежели исходная задача восстановления плотности распределения [13]. Кроме того, существуют и другие проблемы, связанные с использованием метода Парзена-Розенблатта, например проблема локальных сгущений или проблема размерности. Кроме Лапко А.В.

с соавторами, данный метод описан и у многих других авторов [3, 8, 12].

2. Метод интегральной оценки плотности вероятности. Этот метод является доработкой метода Парзена-Розенблатта для решения задач в области автоматической классификации или распознавания образов, решая проблему сглаживания скачкообразной плотности, не ухудшая, при этом, аппроксимационные свойства оценки. В работе «Обучающиеся системы обработки информации и принятия решений» [10] показано сравнение методов интегральной оценки и Парзена-Розенблатта и при решении задач восстановления плотности, наиболее точное приближение, при этом, давала интегральная оценка плотности. Некоторые авторы считают данный метод синонимом регуляризованному методу гистограмм [8], тогда как другие считают, что это два в корне различных метода [3].

3. Метод стохастической регуляризации. Данный метод состоит в том, что за основу приближенного решения обратной задачи берутся значения некоторого регуляризирующего оператора; при этом учитывается приближенный характера входящей информации. К недостаткам данного метода можно отнести медленную сходимость, а, зачастую и расходимость в локальных минимумах. Приведенный метод также является одним из весьма распространенных, его реализация рассматривалась в трудах множества отечественных и зарубежных исследователей [9, 12].

4. Оценки максимума правдоподобия — метод, сродни параметрической оценке. Также как и в параметрической задаче вводится оптимизационная функция, стремящаяся к максимуму и известные ограничения. Отличие от параметрической модели состоит в том, что в параметрической модели введена фиксированная функция, а решением является вектор параметров модели, равный данной функции.

5. Метод рекуррентных ядерных оценок. Первенство в изучении рекуррентных ядерных оценок плотности принадлежит зарубежным авторам [16, 17]. За основу взято предположение о том, что совокупность данных представляет собой не просто выборку, а некоторую последовательность пар с заданными координатами. Это обеспечивает основное преимущество метода — достаточно простая возможность реализации на машинном языке, относительная простота настройки и отсутствует требование громоздких перерасчетов данных с каждым новым поступлением входящей информации, что существенно экономит как машинную память, так и время расчетов [5].

Рассмотрим, также и другие методы восстановления плотности.

Ю.Е. Воскобойников, А.И. Седельников и Н.Г. Преображенский рассматривали проблему постановки и решения обратных задач в молекулярной газовой динамике с использованием дескриптивного приближения сплайнами [2]. Основные достоинства сплайн-оценок является относительная простота расчетов и последующего анализа, а также обладают отличными аппроксимативными свойствами [6]. Однако сплайн-оценки имеют ряд недостатков, прежде всего, достаточно узкая сфера их применения, поскольку в относительно небольшом количестве реальных физических процессов можно отыскать соответствие сплайновой зависимости.

В работах авторов Чебуркина А.Н., Харченко С.А., Савеловой Т.И., Аганина К.П., Крянева А.В., Лукина Г.В. [8. 11, 14] и других рассматривается такой метод восстановления плотности вероятности как проекционный. Проекционный метод нашел свое применение, в первую очередь, в задачах оптической физики для описания фотоэффекта, хотя, в дальнейшем он нашел свое применения в таких областях, как хемометрика. Суть же проекционного метода состоит в значительном снижении размерности входных массивов данных. Например, метод главных компонент представляет собой наиболее известный и традиционный проекционный метод.

Проекционные методы, как правило, характеризуются высокой точностью и надежностью (например, метод Ченцова); при этом сложны в расчетах и реализации.

Вапник В.Н., Стефанюк А.Р., Червоненкис А.Я., Михальский А.И., Кошечев В.А., Глазкова Т.Г. [1] и другие авторы рассматривали метод структурной минимизации риска для оценки плотности распределения вероятности. В основе этого метода лежит фундаментальный постулат о равномерной сходимости частот к соответствующим по классу вероятностям событий. Этот результат позволил получить числовые оценки скорости сходимости, при обосновании, основанном на минимизации эмпирического риска (в результате чего метод и приобрел свое название). Данный метод широко применяется в задачах восстановления регрессионных зависимостей, распознавания образов и при решении множества прикладных задач.

Метод корневой оценки — как один из методов восстановления плотности вероятности — рассматривался в трудах уже названных авторов Крянева А.В., Лукина Г.В. [8]. Данный метод предполагает использование особой итерационной процедуры для обнаружения коэффициентов разложения с целью построения оценки плотности. Однако значительным недостатком данного метода является

требование предварительной нормировки случайной величины, сопряженной с рядом трудностей [7].

Достаточно оригинальным методом является метод Карандеева-Эйсымонта [4]. В основе этого метода также лежит метод регуляризации Тихонова, однако он используется со значительными дополнениями. Так, одним из важнейших условий является построение сетки по узлам через определенную функцию; по полученным же узлам строится кусочно-линейная непрерывная функция. Далее, через теорему Гливенко-Кантелли, согласно методу регуляризации, определяется решение регуляризирующего функционала и через производную Ферше находится функция плотности.

В том же исследовании [4] проводится сравнение полученного метода с методом Парзена-Розенблатта. Как показало исследование, для выборок небольшого объема более точное решение дает описанный метод Карандеева-Эйсымонта. Добавим, что для описанного метода оценка плотности является более устойчивой вне зависимости от выбора константы регуляризации.

Существует еще ряд методов восстановления плотности — метод ядерных оценок с пониженным смещением или же ядерных оценок с переменным параметром сглаживания. Однако данные методы еще не в полной мере исследованы, потому не станем на них останавливаться.

Подобное разнообразие методов сформировалось в результате того, что задача восстановления данных является актуальной для очень широкого спектра прикладных наук. Поскольку обратная задача является одной из основных задач математической статистики, очевидно, что все области науки, так или иначе использующие статистические методы в своих исследованиях, рано или поздно сталкиваются с обратной задачей в целом, и с задачей восстановления плотности вероятности в частности.

Перечисленные методы, в настоящее время не имеют четкой классификации; их взаимосвязь между собой очень сильна, поскольку при заданных параметрах один метод может быть абсолютно идентичным другому.

В заключение необходимо отметить, что универсального способа оценки плотности не существует. Все методы, с учетом описанной выше некорректности обратной задачи, дают лишь приближенное решение. Различие методов обуславливает различную точность полученного решения, сложность вычислений, универсальность метода в зависимости от конкретных характеристик и параметров.

Список литературы:

1. Вапник В.Н., Глазкова Т.Г., Кошечев В.А., Михальский А.И., Червоненкис А.Я. Алгоритмы и программы восстановления зависимостей. М.: Наука. 1984.
2. Воскобойников Ю.Е., Преображенский Н.Г., Седельников А.И. Математическая обработка эксперимента в молекулярной газодинамике. Новосибирск: Наука. СО. 1984.
3. Глаголев М.В., Головацкая Е.А., Шнырев Н.А. Эмиссия парниковых газов на территории Западной Сибири // Сибирский экологический журнал, — № 14(2), — с. 197—210. — 2007.
4. Карандеев Д.А., Эйсымонт И.М. Проблема оценивания плотности вероятности по эмпирическим данным / Управление большими системами, Вып. 1. М.: ИПУ РАН. — С. 48—57. 1998.
5. Китаева А.В., Кошкин Г.М. Полурекуррентные ядерные оценки базовых функционалов по независимым наблюдениям // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 312. — № 2. — С. 8—12.
6. Корнейчук Н.П., Бабенко В.Ф., Лигун А.А. Экстремальные свойства полиномов и сплайнов / отв. ред. А.И. Степанец; ред. С.Д. Кошис, О.Д. Мельник, АН Украины, Ин-т математики. К.: Наукова думка, 1992. — 304 с.
7. Крянев А.В. Итерационный метод решения некорректных задач, Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 14:1 (1974), — с. 25—35.
8. Крянев А.В., Лукин Г.В. Математические методы обработки неопределенных данных. М. ФИЗМАТЛИТ. — 216 с. 2006.
9. Кузякина М.В. Стохастическая регуляризация обратных задач в математических моделях, представленных краевыми задачами для уравнений параболического типа (на примере математической модели рассеяния примеси в атмосфере): дис. ... кандидата физико-математических наук: 05.13.18 / Краснодар, 2012.
10. Лапко А.В., Ченцов С.В., Крохов С.И., Фельдман Л.А. Обучающиеся системы обработки информации и принятия решений. Новосибирск: Наука. — 296 с. 1996.
11. Савелова Т.И., Аганин К.П. Аналитические и численные оценки точности ядерных и проекционных методов восстановления плотности распределения ориентаций на группе вращений SO(3): препринт 004-2007. М.: МИФИ, 2007. — 48 с.
12. Стефанюк А.Р. Об оценивании отношения правдоподобия. — Статистические проблемы управления. Вып. 83, Вильнюс: ИМК АН ЛитССР, 1986.
13. Сызранцев В.Н., Невелев Я.П., Голофаст С.Л. Адаптивные методы восстановления функции плотности распределения вероятности: Известия ВУЗов. Машиностроение. — 2006 г. — № 12 — с. 3—11.

14. Чебуркин А.Н., Харченко С.А. Проекционное восстановление распределения электронов по начальным скоростям для источника в электрическом поле // Электронный журнал «Исследовано в России», — № 1—4, — с. 892—908, — 2000.
15. Шепель В.Н. Алгоритм определения эмпирической функции плотности $\hat{f}^{(n)}(x)$ по выборке из генеральной совокупности. Современные информационные технологии в науке и практике. Материалы VIII всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2009, — с. 224—226.
16. Banon G. Sur un estimateur non parametrique de la densite de probabillite // Rev. Statist. appl. — 1976. — V. 24. — № 4. — P. 61—73.
17. Wolverton C.T., Wagner T.J. Asymptotically optimal discriminant functions for pattern classification // IEEE Trans. — 1969. — V. IT_15. — № 2. — P. 258—266.

1.4. ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

ВЕРОЯТНОСТЬ НЕСВЯЗНОСТИ ПЛАНАРНОГО ГРАФА С ВЕСАМИ

Цициашвили Гурами Шалвович

*д-р физ.- мат. наук, зав. лаборатории вероятностных методов
и системного анализа ИПМ ДВО РАН, профессор ДВФУ,
РФ, г. Владивосток
E-mail: guram@iam.dvo.ru*

Осипова Марина Анатольевна

*канд. физ.- мат. наук, доцент ДВФУ,
РФ, г. Владивосток
E-mail: mao1975@list.ru*

Лосев Александр Сергеевич

*канд. физ.- мат. наук, мнс лаборатории вероятностных методов
и системного анализа ИПМ ДВО РАН,
РФ, г. Владивосток
E-mail: alexax@bk.ru*

DISCONNECTION PROBABILITY OF PLANAR GRAPH WITH WEIGHTS

Tsitsiashvili Gourami Shalvovich

*doctor of physical and mathematical sciences, head of laboratory
of probability methods and systems analysis,
IAM FEB RAS, Professor of FEFU,
Russia, Vladivostok*

Osipova Marina Anatolievna

*candidate of physical and mathematical sciences,
associate professor of FEFU,
Russia, Vladivostok*

Losev Alexandr Sergeevich

*candidate of physical and mathematical sciences, junior research
fellow of laboratory of probability methods and systems analysis,
IAM FEB RAS,
Russia, Vladivostok*

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе построен алгоритм вычисления вероятности несвязности взвешенного планарного графа с высоконадежными ребрами на основе полученного асимптотического соотношения. Асимптотические константы (минимальный объем разреза и весовой коэффициент) вычислены с помощью известных ранее и вновь полученных формул. Предложенный алгоритм удобен в реализации и имеет кубическую сложность по числу ребер в графе.

ABSTRACT

In this paper an algorithm of a calculation of a disconnection probability for a planar weighted graph with high reliable edges is constructed on a base of special asymptotic relations. Asymptotic constants (a minimal volume of cross sections and a weighted coefficient) are calculated by known formulas and their modifications. Suggested algorithm is convenient in a realization and has cubic complexity by a number of the graph nodes.

Ключевые слова: вес; грань; цикл; вероятность несвязности.

Keywords: a weight; a face; a cycle; a disconnection probability.

Введение

В настоящей работе построен алгоритм вычисления вероятности несвязности для планарного взвешенного графа с высоконадежными ребрами. Ранее такой алгоритм кубической сложности по числу ребер графа был построен в [3] для планарного графа с единичными весами ребер. Основу алгоритма данной работы, как и работы [3], составляет доказательство асимптотического соотношения и получение формул вычисления его параметров. В настоящей работе речь идет о минимальном объеме разреза и о некотором весовом коэффициенте. Расчет асимптотических констант в обоих случаях осуществлялся с использованием перехода к двойственному графу. Основным результатом работы является то, что построенный алгоритм имеет кубическую сложность по числу ребер в графе.

Основной результат

Рассмотрим неориентированный связный граф G без петель и кратных ребер с конечным множеством вершин U и ребер W . Пусть каждому ребру графа $w \in W$ соответствует вес $b_w > 0$. Обозначим L множество разрезов графа, $d(L)$ число ребер (объем) разреза L , D минимальный объем разрезов. Предположим, что ребра графа G отказывают независимо с вероятностями $\bar{p}(w)$, $w \in W$.

Для вероятности несвязности \bar{P} графа G (отсутствия хотя бы между двумя вершинами графа работающего пути) в работе [3] была сформулирована теорема.

Теорема. Если $\bar{p}(w) \sim b_w h$, $h \rightarrow 0$, $w \in W$, то

$$\bar{P} \sim h^D \mathbf{B}_D, \quad \mathbf{B}_D = \sum_{L \in \mathcal{L}: d(L)=D} \prod_{w \in L} b_w, \quad h \rightarrow 0. \quad (1)$$

Доказательство этой теоремы аналогично доказательству теоремы 1 в работе [3]. В настоящей работе построен алгоритм вычисления параметра \mathbf{B}_D для планарного графа G , каждое ребро которого принадлежит какому-либо простому циклу.

Ребра планарного графа G разбивают плоскость на грани, обозначим n число граней (включая внешнюю), m число ребер графа. Графу G сопоставим двойственный граф G^* : грани z графа G соответствует вершина z графа G^* , ребру w графа G , принадлежащему

граням Z_1, Z_2 , соответствует ребро w , соединяющее вершины Z_1, Z_2 графа G^* .

Пусть элементы a_{ij} , $i, j=1, \dots, n$, $a_{ii}=0$, матрицы A определяют число ребер, содержащихся в пересечении граней $Z_i \cap Z_j$, $i \neq j$. Известно [1], что

$$D = \min (k: 2 \leq k \leq 5: C_k > 0),$$

где C_k число простых циклов длины k в G^* и определяется оно в случае $k > 2$ по формулам из [2], в случае $k=2$ по формуле из [3] следующим образом

$$c_2 = \frac{1}{4} \sum_{1 \leq i, j \leq s} a_{ij}(a_{ij}-1), \quad c_3 = \frac{1}{6} \text{tr} A^3, \quad c_4 = \\ = \frac{1}{8} \left(\text{tr} A^4 - 2m - 2 \sum_{1 \leq i \neq j \leq s} a_{ij}^{(2)} \right),$$

где $a_{ij}^{(1)}$ элементы степени матрицы A^l , $l > 1$, а $\text{tr} A$ след матрицы A .

Обозначим K^* множество циклов K^* графа G^* , $d(K^*)$ длину цикла K^* , D^* минимальную длину цикла. Известно [1], что циклам минимальной длины графа G^* соответствуют разрезы минимального объема графа G , причем $D^*=D$. Тогда

$$V_D = \sum_{K^* \in K^*: d(K^*)=D} \prod_{w \in K^*} b_w.$$

Пусть константы $b_{ij}(k) = b_{w_k}$, $k=1, \dots, a_{ij}$, определяют веса ребер w_k , содержащихся в пересечении граней

$z_i \cap z_j, 1 \leq i \neq j \leq n$, графа G , при этом $b_{ij}(k)=0$. В частности, в случае $D>2, a_{ij}=1, 1 \leq i \neq j \leq n$.

Теорема. Для планарного графа G , каждое ребро которого принадлежит какому-либо простому циклу, имеют место соотношения

$$\mathbf{B}_2 = \frac{1}{4} \sum_{1 \leq i, j \leq n} \left(\left(\sum_{1 \leq k \leq a_{ij}} b_{ij}(k) \right)^2 - \sum_{1 \leq k \leq a_{ij}} b_{ij}^2(k) \right),$$

$$\mathbf{B}_3 = \frac{1}{6} \text{tr} \mathbf{B}^3,$$

$$\mathbf{B}_4 = \frac{1}{8} \left(\text{tr} \mathbf{B}^4 - 2 \sum_{1 \leq i, j, k \leq n} b_{ij}^2(1) b_{jk}^2(1) + \sum_{1 \leq i, j \leq n} b_{ij}^4(1) \right), \quad (2)$$

$$\mathbf{B}_5 = \frac{1}{10} \left(\text{tr} \mathbf{B}^5 + 5 \sum_{1 \leq i, j \leq n} b_{ij}^2(1) b_{jj}^{(3)}(1) - 5 \sum_{1 \leq i, j, k \leq n} b_{ij}^3(1) b_{jk}(1) b_{ki}(1) \right),$$

где $\mathbf{B} = \|b_{ij}(1)\|_{i,j=1}^n$, а $b_{ij}^{(l)}(1), 1 \leq i, j \leq n$, элементы матрицы $\mathbf{B}^l, l > 1$.

Доказательство теоремы основано на доказательствах формул вычисления $\mathbf{C}_2, \mathbf{C}_3, \mathbf{C}_4, \mathbf{C}_5$, предложенных в [3], [2].

Вычислительный эксперимент

В работе был проведен вычислительный эксперимент на примере планарного графа с $D=4$ (рис. 1). Зададим веса ребер графа, находящихся в пересечении граней $z_i \cap z_j, 1 \leq i \neq j \leq 10$: $b_{12}(1)=b_{13}(1)=b_{14}(1)=b_{15}(1)=1.01$ (ребра выделены фиолетовым цветом), остальные веса положим равными 1.02.

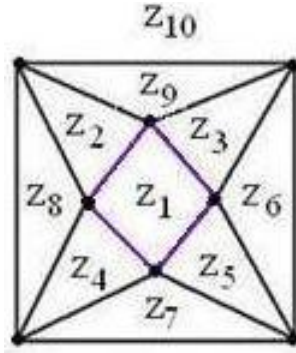


Рисунок 1. Пример графа с $D=4$

Из формулы (2) нетрудно получить $\mathbf{B}_4 = 8.56190839$. Положим $h=0.05$ и вычислим вероятность несвязности \bar{P} по асимптотической формуле (1) и методом Монте-Карло, обозначив ее \bar{P}^* , с числом реализаций 10^7 :

$$\bar{P} \approx 0.0000535119, \bar{P}^* \approx 0.0000523.$$

Время счета по формуле (1) составляет несколько секунд, а методом Монте-Карло — несколько часов.

Список литературы:

1. Прасолов В.В.. Элементы комбинаторной и дифференциальной топологии. 2004. М.: МЦНМО — с. 352.
2. Harary F., B. Manvel. On the Number of Cycles in a Graph // *Matematicky casopis* — 1971. — Vol. 21, — № 1. — 55—63 с.
3. Tsitsiashvili G.Sh.. Complete calculation of disconnection probability in planar graphs // *Reliability: Theory and Applications* — 2012. — Vol. 7, — № 1. — 154—159 с.

СЕКЦИЯ 2.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

2.1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

СЖАТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ КВАДРАТИЧНЫХ КРИВЫХ БЕЗЬЕ

Анисимова Элина Сергеевна

*магистр прикладной математики и информатики, ассистент
кафедры информатики и дискретной математики
Елабужского Института Казанского Федерального Университета,
РФ, Республика Татарстан, г. Елабуга
E-mail: ellin_a@mail.ru*

IMAGE COMPRESSION USING A QUADRATIC BEZIER CURVES

Anisimova Ellina

*master of Applied of Mathematics and Informatics,
assistant Department of Computer Science and Discrete Mathematics
of Yelabuga Institute of the Kazan Federal University,
Russia, Republic of Tatarstan, Yelabuga*

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается метод фрактального сжатия изображений, основанный на обнаружении самоподобных участков в изображении. В качестве системы итерируемых функций используется система квадратичных кривых Безье.

ABSTRACT

In this report we describe a method of fractal image compression based on the detection of self-similar areas in the image. As a system of iterated function system is used quadratic Bezier curves.

Ключевые слова: фрактал; фрактальное сжатие; квадратичные кривые Безье; неподвижная точка.

Keywords: fractal; fractal compression; quadratic Bezier curves; fixed point.

Одним из методов цифровой стеганографии (направление классической стеганографии, основанное на сокрытии или внедрении дополнительной информации в цифровые объекты) является метод фрактального кодирования изображений. Идея фрактального кодирования состоит в замене самого изображения некоторым сжимающим отображением, для которого исходное изображение (или некоторое близкое к нему) является неподвижной точкой, а для восстановления достаточно многократно применить это отображение к любому стартовому изображению. По теореме Банаха, такие итерации всегда приводят к неподвижной точке, то есть к исходному изображению [2, с. 48].

В качестве системы итерируемых функций используем систему отображений с помощью квадратичных кривых Безье:

$$\tilde{w}(x, y) : \begin{cases} u(x) = a_0(1-x)^2 + 2a_1x(1-x) + a_2x^2, \\ v(y) = b_0(1-y)^2 + 2b_1y(1-y) + b_2y^2 \end{cases} \quad (1)$$

где $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2 \in [0, 1]$.

Исследование проведём в пакете прикладных математических программ SciLab. В качестве исходного изображения возьмём изображение размерности 256x256. Применим к нему базовый алгоритм фрактального кодирования [1, с. 3].

Разобьём изображение на неперекрывающиеся ранговые блоки методом квадродерева. Установим максимальную глубину квадродерева равной 6.

Покрываем изображение размерности 128x128 (после применения к нему выборки) последовательностью доменных блоков — прямоугольников. Количество строк и столбцов устанавливаем равными 16, горизонтальное и вертикальное перекрывания — половинными.

Для каждого рангового блока находим домен и соответствующее преобразование, которое наилучшим образом покрывает ранговый блок (рис. 1).

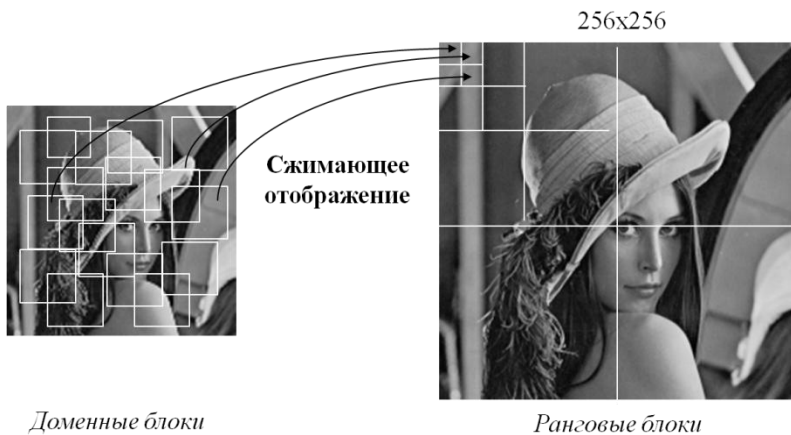


Рисунок 1. Отображение доменных блоков изображения в ранговые блоки

Посредством интерполяции определяем значения пикселей в доменном блоке после отображения. Вычисляем контрастность, яркость и значение ошибки. Если значение ошибки оказывается меньше допустимой погрешности, значит, ранговый блок покрыт с допустимой погрешностью, записываем в текстовый файл номер домена, коэффициенты преобразования Безье, значения яркости и контрастности. Переходим к следующему ранговому блоку.

Для реализации итерационной схемы декодирования определим два массива изображений: *domen* и *im*. В качестве массива *domen* можно взять любое начальное изображение. Содержимое каждого рангового блока вычисляется применением преобразования к соответствующему доменному блоку и хранится в массиве *im*. Одна итерация завершается, когда обработаны все ранговые блоки. Перед началом новой итерации необходимо заменить массив *domen* массивом *im*, массив *im* очистить.



Рисунок 2. Декодирование изображения с начальным однородным изображением

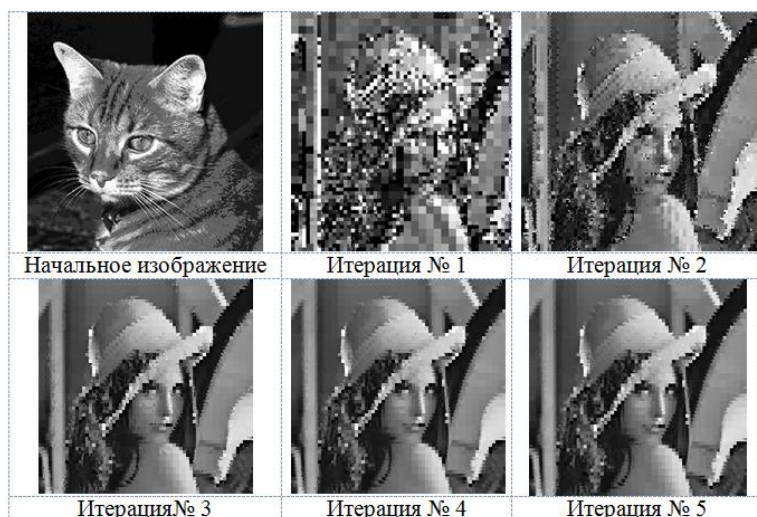


Рисунок 3. Декодирование изображения с произвольным начальным изображением

Вне зависимости от начального изображения, итерации сходятся к одной и той же неподвижной точке (рис. 2, 3).

Средняя пиксельная ошибка после предварительного сжатия обоих изображений (исходного и декодированного) до размеров 64x64 равна 0,026. Стандартная количественная оценка искажений 25, 4Дб.

Таким образом, было проведено фрактальное сжатие изображения с использованием среды SciLab на основе квадратичных кривых Безье, вычислены количественные оценки искажений.

Список литературы:

1. An Introduction to Fractal Image Compression: Texas Instruments Europe, 1997, — 20 p.
2. Welstead, Stephen. Fractal and Wavelet Image Compression Techniques // SPIE. Washington DC, USA, 2009, — 320 p.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕАЛИЗАЦИИ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬЮ В АСУ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Котенко Игорь Витальевич

*д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией проблем компьютерной безопасности Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН),
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: ivkote@comsec.spb.ru*

Саенко Игорь Борисович

*д-р техн. наук, профессор, вед. научн. сотрудник лаборатории проблем компьютерной безопасности Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН),
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: ibsaen@comsec.spb.ru*

PROPOSALS ON THE LOGICAL INFERENCE IMPLEMENTATION FOR CYBER SECURITY MANAGEMENT IN THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF RAILWAY TRANSPORT

Kotenko Igor Vitalievich

*ph.D., Professor, Head of Laboratory of Computer Security Problems,
St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS (SPIIRAS),
Russia, St. Petersburg*

Saenko Igor Borisovich

*ph.D., Professor, Leading research scientist of Laboratory
of Computer Security Problems, St. Petersburg Institute for Informatics
and Automation of RAS (SPIIRAS),
Russia, St. Petersburg*

АННОТАЦИЯ

В статье приводится описание обобщенной архитектуры системы логического вывода для управления кибербезопасностью в АСУ железнодорожного транспорта. Приводится характеристика отдельных модулей данной системы и реализованных в ней механизмов логического вывода — исчисления событий и метода «проверки на модели». Обсуждаются входные данные и этапы алгоритма реализации метода «проверки на модели».

ABSTRACT

The paper outlines the general architecture of the logical inference system for cyber security management in the automated control system of railway transport. The characteristics of the modules of this system based on Event Calculus and Model checking as well as the inference mechanisms realized are considered. The input data and stages of the algorithm implementing Model checking are discussed.

Ключевые слова: логический вывод; кибербезопасность; железнодорожный транспорт; управление безопасностью.

Keywords: reference; cyber security; rail transport; security management.

Развитие автоматизированных систем управления (АСУ) на железнодорожном транспорте (ЖТ) неизбежно поднимает вопрос обеспечения ее кибербезопасности. Внедрение в АСУ ЖТ продуктов современных информационных и телекоммуникационных технологий

влечет появление новых видов угроз кибербезопасности (компьютерных атак), с которыми традиционные средства защиты справляются не достаточно эффективно [4, с. 8]. Это обусловлено тем, что традиционные средства киберзащиты, как правило, относятся к группе «априорных» средств, действующих до попытки нарушения кибербезопасности (т. е. до обнаружения атаки) [1, с. 69]. В критических инфраструктурах, к числу которых относится и ЖТ, необходимо активно развивать и внедрять средства «апостериорной» киберзащиты, которые действуют после обнаружения атак, однако при этом способны, анализируя данные о произошедших событиях безопасности, осуществлять прогностический анализ защищенности, оказывать поддержку в выработке адекватных контрмер и, тем самым, реализовывать принцип «проактивной» киберзащиты [2, с. 38]. К числу таких систем можно отнести системы мониторинга и управления безопасностью нового поколения, обладающие широкими интеллектуальными возможностями в области представления, хранения, обработки и отображения информации о безопасности [3, с. 28]. Важнейшей задачей, решаемой для построения такого рода систем, является реализация логического вывода данных по кибербезопасности на основе современных логических языков и систем [5, с. 101].

Для решения данной задачи разработана и предлагается к внедрению в АСУ ЖТ общая архитектура системы логического вывода, включающая онтологическое информационное хранилище и модули для реализации механизмов логического вывода — исчисления событий и метода «проверки на модели». В общем виде основными элементами этой архитектуры являются: онтология, хранилище триплетов, редактор метаданных, транслятор, навигатор, ассоциатор, классификатор и ризонер (reasoner).

Онтология в формате RDF/XML или OWL/XML содержит как логическую теорию (метаданные), так и базу фактов. Хранилище триплетов (RDF Triple store) предназначено для хранения онтологий.

Редактор метаданных служит для создания и редактирования логической теории.

Транслятор в онтологическое представление преобразует данные по кибербезопасности, поступающие от интеллектуальных сервисов сбора и предварительной обработки данных, во внутренний формат. Навигатор осуществляет поиск необходимой информации, находящейся в хранилище.

Ассоциатор осуществляет поиск ассоциаций между экземплярами понятий по кибербезопасности, необходимых для анализа информации и выявления корреляций различной глубины.

Классификатор ресурсов является основным и наиболее оперативным инструментом логического вывода.

Ризонер является модулем логического вывода, реализующим один из двух методов вывода — на основе исчисления событий (Event Calculus) или на основе метода «проверки на модели» (Model checking).

Модуль исчисления событий использует процедуру абдуктивного вывода CIFF, реализованную в CIFF 4.0 с использованием SICStus Prolog. Как один из вариантов, в процедуре CIFF используется предметно-независимая аксиоматика, состоящая из пяти аксиом. Имея в качестве входа формулу, которая выражает противоречивое состояние системы, процедура абдуктивного вывода определяет последовательность событий, которая приводит систему к этому состоянию [7, с. 122].

В качестве исходных данных модуль исчисления событий использует следующие данные:

- описание информационно-телекоммуникационной системы (АСУ ЖТ);
- описание политик разграничения доступа;
- описание аномалий (конфликтов).

В качестве результата функционирования этого модуля выдаются данные об итогах верификации политик разграничения доступа и модифицированные правила, которые позволяют разрешить конфликты.

Метод «проверки на модели» позволяет исследовать пространство состояний, покрывающих с некоторой степенью точности, все возможные пути спецификации системы [8, с. 10]. Данный метод позволяет доказать утверждение о том, что специфицированная система (программа) обладает желаемыми свойствами, за счет изучения всех возможных путей выполнения программы. В случае, если эти свойства не выполняются, то метод предоставляет контрпримеры с нарушением свойств.

Для реализации метода «проверки на модели» разработан алгоритм проведения логического вывода, входными данными которого являются описания системы, политик и противоречий [6, с. 706]. Выходными данными являются: результаты верификации «да/нет», информация о найденных противоречиях, включающая их тип, правила, применение которых к ним приводит, а также изменения, которые надо внести в правила, чтобы политика разграничения доступа стала непротиворечивой. Работа алгоритма происходит в два этапа. На первом этапе осуществляется поиск пересечений между условиями правила разграничения доступа, на втором — определяется тип аномалии.

Результаты тестирования показали, что применение данной системы для управления кибербезопасностью АСУ ЖТ существенно повышает

точность логического вывода и требует на эти цели значительно меньших вычислительных затрат. Следовательно, логический вывод, реализованный с учетом предлагаемых в настоящей статье решений, позволяет в целом существенно повысить безопасность АСУ ЖТ в условиях современных кибервоздействий. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 13-01-00843, 13-07-13159, 14-07-00697, 14-07-00417) и программы фундаментальных исследований ОНИТ РАН (проект 2.2).

Список литературы:

1. Котенко И.В., Саенко И.Б. Предложения по созданию многоуровневой интеллектуальной системы обеспечения информационной безопасности автоматизированных систем на железнодорожном транспорте // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. Научно-технический журнал. — 2013. — № 3(51). — С. 68—78.
2. Котенко И.В., Воронцов В.В., Чечулин А.А., Уланов А.В. Проактивные механизмы защиты от сетевых червей: подход, реализация и результаты экспериментов // Информационные технологии. — 2009. — № 1. — С. 37—42.
3. Котенко И.В., Саенко И.Б., Полубелова О.В., Чечулин А.А. Применение технологии управления информацией и событиями безопасности для защиты информации в критически важных инфраструктурах // Труды СПИИРАН. — 2012. — Вып. 1 (20). — С. 27—56.
4. Котенко И.В., Саенко И.Б., Чернов А.В., Бутакова М.А. Построение многоуровневой интеллектуальной системы обеспечения информационной безопасности для автоматизированных систем железнодорожного транспорта // Труды СПИИРАН. — 2013. — Вып. 7 (30). — С. 7—25.
5. Полубелова О.В., Котенко И.В., Саенко И.Б., Чечулин А.А. Применение онтологий и логического вывода для управления информацией и событиями безопасности // Системы высокой доступности. — 2012. — № 2. — С. 100—108.
6. Kotenko I., Polubelova O. Verification of Security Policy Filtering Rules by Model Checking // Proceedings of IEEE Fourth International Workshop on "Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications" (IDAACS'2011). Prague, Czech Republic, 2011. — P. 706—710.
7. Kowalski R. Database updates in the event calculus // Journal of Logic Programming. — 1992. — № 12 (162). — Pp. 121—146.
8. Peled D.A., Clarke E.M., Grumberg O. Model checking. MIT Press. 2000. — 314 p.

**ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ
СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА
ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА**

Саенко Игорь Борисович

*д-р техн. наук, профессор, вед. научн. сотрудник
Санкт-Петербургского института
информатики и автоматизации РАН,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: ibsaen@ibsaen.ru*

Куваев Валерий Олегович

*канд. техн. наук, докторант Военной академии связи,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: [Litva @list.ru](mailto:Litva@list.ru)*

Алышев Сергей Владимирович

*канд. техн. наук, заведующий научно-исследовательской
лабораторией Военной академии связи,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: babas1983@list.ru*

AN APPROACH TO DESIGN THE QUALITY INDICATORS SYSTEM FOR COMMON INFORMATION SPACE

Saenko Igor Borisovich

*Ph.D., Professor, Leading research scientist
of St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS,
Russia, St. Petersburg*

Kuvaev Valery Olegovich

*Ph.D., doctoral student of the Military Academy of communications,
Russia, St. Petersburg*

Alyshev Sergey Vladimirovich

*Ph.D., the head of the science laboratory
of the Military Academy of communications,
Russia, St. Petersburg*

АННОТАЦИЯ

В статье приводится описание системы показателей качества, предназначенной для оценки единого информационного пространства. Выделяются наиболее существенные характеристики и предлагаются показатели для их оценки.

ABSTRACT

This paper contains a description of the quality indicators system for the evaluation of the common information space. The most important features are selected and the indicators for evaluation are provided.

Ключевые слова: оценка качества; показатель качества; единое информационное пространство.

Keywords: quality evaluation; quality indicator; ontology; data storage; common information space.

Технологии построения и использования единого информационного пространства (ЕИП) в настоящее время относятся к числу наиболее актуальных в области построения распределенных информационных систем. ЕИП рассматривается исследователями многих ведущих стран мира как новая и достаточно перспективная концепция для информационного обслуживания бизнес-потребностей территориально-распределенных компаний [5, с. 81]. Одним из ключевых и первоочередных аспектов создания ЕИП является его квалиметризация, заключающаяся

в обосновании и разработке системы показателей качества. Возможный подход к ее построению излагается ниже.

К конструктивным характеристикам качества ЕИП в целом можно отнести, с некоторой корректировкой и уточнением понятий, стандартизированные показатели качества программного обеспечения [3, с. 12; 6, с. 31]. В таком случае качество ЕИП определяется как совокупность таких характеристик, как надежность, эффективность, практичность, применимость, сопровождаемость и мобильность, каждую из которых, в свою очередь, можно разделить на субхарактеристики, как показано на рисунке 1.

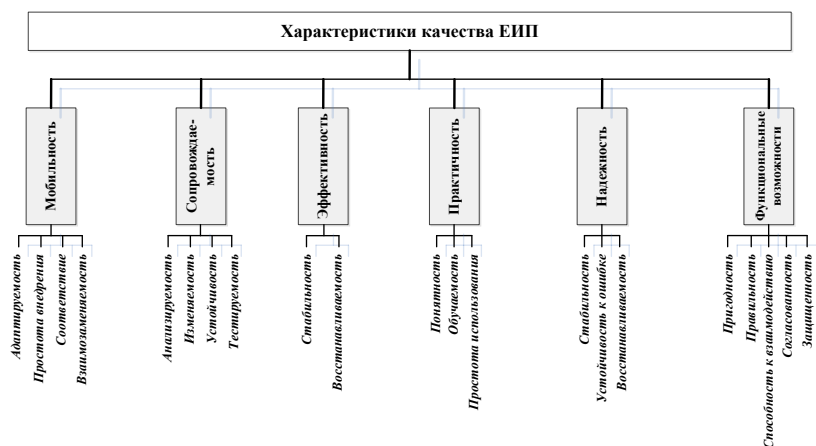


Рисунок 1. Характеристики качества ЕИП

Анализ характеристик, представленных на рисунке 1, позволяет выделить среди них наиболее существенные для оценки качества ЕИП. К их числу предлагается отнести: защищенность, надежность, своевременность, анализируемость и изменяемость. Рассмотрим их трактовку и предложим для них показатели оценки.

Защищенность определяет полную использования доступных методов и средств защиты от потенциальных угроз и достигнутую при этом безопасность функционирования ЕИП [2, с. 40]. Для ее оценки целесообразно использовать вероятностную меру — например, вероятность реализации несанкционированного доступа к информационным ресурсам ЕИП.

Под *надежностью* будем понимать набор таких атрибутов, как *стабильность*, *устойчивость к ошибке* и *восстанавливаемость*,

которые определяют способности ЕИП сохранять свой уровень качества функционирования при установленных условиях за установленный период времени.

Надежное ЕИП, прежде всего, должно обеспечивать достаточно низкую вероятность возникновения отказа в процессе его функционирования. Быстрое реагирование на потерю или искажение данных и восстановление их достоверности и работоспособности за время, меньшее, чем порог между сбоем и отказом, обеспечивают высокую надежность ЕИП. Если в этих ситуациях происходит достаточно быстрое восстановление, то такие события не влияют на основные показатели надежности — наработку на отказ и коэффициент готовности. Непредсказуемость вида, места и времени проявления дефектов ЕИП в процессе эксплуатации приводит к необходимости создания специальных дополнительных средств защиты от непредумышленных, случайных искажений данных. Надежность должна повышаться за счет средств обеспечения помехоустойчивости, оперативного контроля и восстановления ЕИП [4].

Субхарактеристика «стабильность» определяется частотой отказов при ошибках. Для оценки стабильности предлагается следующий показатель:

$$P(Y) = 1 - \frac{Q}{N}, \quad (1)$$

где: Q — число зарегистрированных отказов,
 N — число экспериментов.

Субхарактеристика «устойчивость к ошибке» определяется способностью ЕИП поддерживать уровень качества функционирования в случаях ошибок или определенного интерфейса. Она также является расчетной, и для ее оценки предлагается следующий показатель:

$$P(Y) = 1 - \frac{D}{K}, \quad (2)$$

где: D — число экспериментов, в которых искажающие воздействия привели к отказу,

K — число экспериментов, в которых имитировались искажающие воздействия.

Субхарактеристика «восстанавливаемость» определяется возможностью восстанавливать уровень качества при заданных времени и усилиях. Показатель для ее оценки можно представить в следующем виде:

$$Q_B = \begin{cases} 1, & \text{если } T_B \leq T_B^{\text{доп}} \\ T_B^{\text{доп}} / T_B & - \text{иначе,} \end{cases}, \quad (3)$$

где: $T_B^{\text{доп}}$ — допустимое среднее время восстановления,

T_B — среднее время восстановления, которое вычисляется по следующей формуле:

$$T_B = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_{B,i}, \quad (4)$$

где: N — число восстановлений,

$T_{B,i}$ — время восстановления i -го отказа.

Своевременность обработки запросов есть вероятностно-временная характеристика взаимодействия конечных пользователей в процессе эксплуатации. Эта характеристика в процессе решения задач значительно изменяется по своему значению в зависимости от состава и объема исходных данных. Она определяется временем отклика и временем обработки запросов в ЕИП. Показатель для ее оценки можно представить вероятностью $P_{\text{св}} = P(t_{\text{пр}} < t_{\text{зад}})$, к значению которой предъявляется требование $P_{\text{св}} \geq P_{\text{св}}^{\text{зад}}$ [1, с. 64].

Анализируемость определяет способность проведения диагностики недостатков или случаев отказов. Она оценивается долей обнаруженных отказов.

Изменяемость является характеристикой, определяющей способность модификации (устранения) отказа либо изменения условий эксплуатации. Изменяемость зависит не только от внутренних свойств ЕИП, но и от организации и инструментальной оснащенности процессов сопровождения, на которые ориентирована архитектура ЕИП. Она определяется долей устраненных отказов.

Предложенный подход к построению системы показателей качества задает предпосылки для будущей разработки методоло-

гических основ синтеза ЕИП в условиях строгого учета предъявляемых к нему требований. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 13-01-00843, 13-07-13159, 14-07-00697) и программы фундаментальных исследований ОНИТ РАН.

Список литературы:

1. ГОСТ 28195-89. Оценка качества программных средств. Общие положения. М.: ИПК Издательство стандартов. 1989. — 64 с.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-1-2002. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 1. Введение и общая модель. М.: Стандартинформ. 2009. — 40 с.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93. Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению. М.: ИПК Издательство стандартов. 2004. — 12 с.
4. Липаев В. Оценка качества программных средств // Сетевой журнал. — 2002. — № 3. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.setevoi.ru/cgi-bin/text.pl/magazines/2002/3/52> (дата обращения: 05.01.14).
5. Bannon L., Bodker S. Constructing Common Information Spaces // Proceedings of the Fifth European Conference on Computer Supported Cooperative Work. 1997. — Pp. 81—96.
6. International Standard ISO/IEC 9126-1:2001. Software engineering. Product quality. Part 1. Quality model. — JTC 1/SC 7. — 2001. — 31 с.

СЕКЦИЯ 3.

ФИЗИКА

3.1. МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ В АНИЗОТРОПНОЙ СРЕДЕ

Филиппов Александр Иванович

*д-р техн. наук, профессор СФ БашГУ,
РФ, Республика Башкортостан, г. Стерлитамак
E-mail: filippovai@rambler.ru*

Ахметова Оксана Валентиновна

*канд. физ.-мат. наук, доцент СФ УГНТУ,
РФ, Республика Башкортостан, г. Салават
E-mail: ahoksana@yandex.ru*

Ковальский Алексей Алексеевич

*советник ректора БашГУ,
РФ, Республика Башкортостан, г. Уфа
E-mail: aakov68@mail.ru*

Повленкович Рената Фанилевна

*студент СФ УГНТУ,
РФ, Республика Башкортостан, г. Салават
E-mail: povlenkovich@mail.ru*

FILTRATION WAVES IN ANISOTROPIC ENVIRONMENT

Filippov Alexandr Ivanovich

*doctor of engineering sciences, professor of Bashkir State University,
Russia, Republik of Bashkortostan, Sterlitamak*

Akhmetova Oksana Valentinovna

*candidate of phys.-mathem. sciences, associate professor
of Ufa State Petroleum, Technological University,
Russia, Republik of Bashkortostan, Salavat*

Kovalskiy Aleksey Alekseevich

*advisor to the rector of Bashkir State University,
Russia, Republik of Bashkortostan, Ufa*

Povlenkovich Renata Fanilevna

*student of Ufa State Petroleum Technological University,
Russia, Republik of Bashkortostan, Salavat*

АННОТАЦИЯ

Получено уравнение для описания фильтрационно-волновых процессов в аксиально симметричной пористой среде. Найдены выражения для скорости волны, коэффициентов пьезопроводности и затухания в соответствии с выбранными координатными линиями.

ABSTRACT

An equation to describe the filtration-wave processes in an axially symmetric porous medium is acquired. The expressions for the wave velocity, attenuation coefficients and diffusivity in accordance with the selected coordinate lines is found.

Ключевые слова: фильтрация; закон Дарси; фильтрующаяся жидкость; анизотропная среда; фильтрационно-волновое поле давления.

Keywords: filtration, Darcy's law, fluid filters, anisotropic medium, filtration wave field.

При стационарной фильтрации истинная скорость может быть найдена из закона Дарси [1], который для анизотропной среды, пренебрегая полями сил тяжести и других массовых сил, в цилиндрической системе координат при осевой симметрии записывается в виде

$$\vec{v} = -\frac{1}{\mu m} \left(k_r \frac{\partial P}{\partial r} \vec{e}_r + k_z \frac{\partial P}{\partial z} \vec{e}_z \right). \quad (1)$$

Соотношение (1) эквивалентно наличию фиктивных сил трения [2]

$$\vec{R}^* = -\frac{\mu m}{\rho} \left(\frac{v_r}{k_r} \vec{e}_r + \frac{v_z}{k_z} \vec{e}_z \right). \quad (2)$$

В случае нестационарной фильтрации необходимо учесть действие указанных сил трения, тогда получим уравнение движения

$$\rho \frac{d\vec{v}}{dt} + \text{grad}P - \rho \vec{R}^* = 0. \quad (3)$$

Сила \vec{R}^* , согласно (2), зависит от скорости фильтрации, поэтому из (3) получим уравнение движения жидкой фазы

$$\rho \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \rho(\vec{v}\nabla)\vec{v} + \text{grad}P + \mu m \left(\frac{v_r}{k_r} \vec{e}_r + \frac{v_z}{k_z} \vec{e}_z \right) = 0, \quad (4)$$

которое в частном случае совпадает с уравнением Эйлера-Жуковского. Если же полное ускорение жидкой фазы равно нулю, то нетрудно убедиться, что из (4) следует закон Дарси (1).

Закон изменения (сохранения) массы фильтрующейся жидкости при отсутствии источников записывается в форме уравнения неразрывности

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho m) + \text{div}(\rho m \vec{v}) = 0. \quad (5)$$

При наличии источников уравнение (5) изменяется — в правой части возникает функция источников массы.

Приведенные выше выражения позволяют получить уравнения, описывающие фильтрационно-волновые явления в пористых средах. Для этого линеаризуем исходные уравнения. Во втором слагаемом (5) полагаем приближенно $m = m_0$, $\rho = \rho_0$, в итоге получим

$$\frac{\partial}{\partial t}(m\rho) + \rho_0 m_0 \operatorname{div} \vec{v} = 0. \quad (6)$$

Уравнение движения (4) далее покоординатно умножаем на соответствующие коэффициенты проницаемости, также полагаем $m = m_0$, $\rho = \rho_0$ и, пренебрегая слагаемыми второго порядка по скорости, имеем

$$\begin{aligned} & \rho_0 \frac{\partial}{\partial t} (k_r v_r \vec{e}_r + v_z k_z \vec{e}_z) + \\ & + k_r \frac{\partial P}{\partial r} \vec{e}_r + k_z \frac{\partial P}{\partial z} \vec{e}_z + \mu m_0 \vec{v} = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

С уравнениями (6) и (7) осуществим следующие преобразования. Подействуем оператором набла на векторное уравнение (7)

$$\begin{aligned} & \rho_0 \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r k_r v_r) + \frac{\partial}{\partial z} (k_z v_z) \right) + \\ & + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r k_r \frac{\partial P}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial P}{\partial z} \right) + \mu m_0 \nabla \vec{v} = 0. \end{aligned} \quad (8)$$

Подставив выражение $\operatorname{div} \vec{v}$, найденное из уравнения (6) в (8), получим

$$\begin{aligned} & \rho_0 \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r k_r v_r) + \frac{\partial}{\partial z} (k_z v_z) \right) + \\ & + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r k_r \frac{\partial P}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial P}{\partial z} \right) - \frac{\mu}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial t} (m\rho) = 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Дальнейшие преобразования первого слагаемого осуществим в предположении, что компоненты тензора проницаемости не зависят от пространственных координат и времени

$$\begin{aligned} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rk_r v_r) + \frac{\partial}{\partial z} (k_z v_z) &= k_r \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rv_r) + k_z \frac{\partial v_z}{\partial z} = \\ &= \frac{k_r + k_z}{2} \operatorname{div} \vec{v} + \frac{k_r - k_z}{2} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rv_r) + \frac{k_z - k_r}{2} \frac{\partial v_z}{\partial z}. \end{aligned} \quad (10)$$

Для слабо анизотропной среды, когда разница между компонентами тензора проницаемости много меньше их полных значений, двумя последними слагаемыми в (10) можно пренебречь, тогда уравнение запишется как

$$\begin{aligned} \frac{\mu}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial t} (m\rho) - \rho_0 \frac{k_r + k_z}{2} \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{div} \vec{v} &= \\ = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(rk_r \frac{\partial P}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial P}{\partial z} \right). \end{aligned} \quad (11)$$

Повторив замену для дивергенции вектора скорости из линеаризованного уравнения неразрывности в полученном уравнении, имеем

$$\begin{aligned} \frac{\mu}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial t} (m\rho) + \frac{k_r + k_z}{2m_0} \frac{\partial^2}{\partial t^2} (m\rho) &= \\ = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(rk_r \frac{\partial P}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial P}{\partial z} \right). \end{aligned} \quad (12)$$

Для линеаризованных уравнений состояния для жидкой фазы $\rho = \rho(P, T) = \rho_0 [1 + \beta_l (P - P_0)]$ и скелета $\rho_s = \rho_s(P, T) = \rho_{0s} [1 + \beta_s (P - P_0)]$ баротропное приближение для произведения плотности жидкости на пористость может быть представлено в линеаризованной по давлению форме [3]

$$\rho m = \rho_0 m_0 \left[1 + \frac{1}{\rho_0 m_0} \frac{\partial \rho m}{\partial P} \Big|_{P=P_0} (P - P_0) \right] = \rho_0 [1 + \beta(P - P_0)],$$

$$\beta = \frac{1}{\rho_0 m_0} \frac{\partial \rho m}{\partial P} \Big|_{P=P_0}.$$

С учетом этого уравнение для поля давления в анизотропной однородной среде представляется в виде

$$\begin{aligned} \mu \beta m_0 \frac{\partial P}{\partial t} + \frac{k_r + k_z}{2} \beta \rho_0 \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} = \\ = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r k_r \frac{\partial P}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial P}{\partial z} \right). \end{aligned} \quad (13)$$

Заметим, что уравнение (13) содержит перед вторым слагаемым в левой части среднее по осям значение проницаемости $\langle k \rangle = (k_r + k_z)/2$.

Найденное уравнение позволяет определить две скорости распространения фильтрационной волны, относящиеся к соответствующим координатам

$$c_r^2 = \frac{2}{(1 + k_z/k_r)\beta\rho_0}, \quad c_z^2 = \frac{2}{(1 + k_r/k_z)\beta\rho_0},$$

и соответствующие коэффициенты пьезопроводности

$$\chi_r = k_r / (\mu \beta m_0), \quad \chi_z = k_z / (\mu \beta m_0).$$

Сжимаемость пористой среды β выражается через сжимаемости жидкости и скелета. Поскольку массу скелета в контрольном объеме приближенно можно считать постоянной, то имеем $\rho_s(1-m) = \rho_{0s}(1-m_0)$, что позволяет выразить зависимость пористости от плотности скелета ρ_s или давления P : $m = 1 - \rho_{0s}(1-m_0)/\rho_s$, $m = 1 - (1-m_0)[1 - \beta_s(P - P_0)]$. С учетом этих выражений преобразуем производную по времени в левой части уравнения (6) как

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(m\rho) &= m \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \frac{\partial m}{\partial t} \cong (m\rho_0\beta_l + (1-m_0)\beta_s\rho) \frac{\partial P}{\partial t} \cong \\ &\cong \rho_0(m_0\beta_l + (1-m_0)\beta_s) \frac{\partial P}{\partial t}. \end{aligned} \quad (14)$$

Отсюда следует выражение для сжимаемости пористой среды $\beta = m_0\beta_l + (1-m_0)\beta_s$. Здесь ρ_0 , ρ_{0s} , P_0 — значения плотности жидкости, материала скелета и давления в точке линеаризации.

Путем сопоставления полученного уравнения с классическим уравнением колебаний определена величина коэффициента затухания

$$\gamma = \frac{c_r^2}{2\chi_r} = \frac{\mu m_0}{(k_r + k_z)\rho_0}. \quad (15)$$

Итак, фильтрационно-волновое поле давления в однородной анизотропной пористой среде в указанных выше приближениях описывается уравнением

$$\frac{1}{c_r^2} \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} + \frac{1}{\chi_r} \frac{\partial P}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial P}{\partial r} \right) + \frac{k_z}{k_r} \frac{\partial^2 P}{\partial z^2}, \quad (16)$$

или

$$\frac{\partial^2 P}{\partial t^2} + 2\gamma \frac{\partial P}{\partial t} = c_r^2 \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial P}{\partial r} \right) + c_z^2 \frac{\partial^2 P}{\partial z^2}. \quad (17)$$

Список литературы:

1. Маскет М. Физические основы технологии добычи нефти. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2003 — 606 с.
2. Филиппов А.И., Короткова К.Н. Волновые поля давления в пласте и скважине // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. — 2009. — Т. 12. — № 1. — С. 48—53.
3. Филиппов А.И., Ахметова О.В., Заманова Г.Ф. Асимптотические представления упругих волновых полей в проницаемых пластах // Акустический журнал. — 2013. — Т. 59. — № 5. — С. 596—606.

СЕКЦИЯ 4.

БИОЛОГИЯ

4.1. ЗООЛОГИЯ

АНАЛИЗ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И ДИНАМИКИ АКТИВНОСТИ ЖУЖЕЛИЦ (INSECTA: COLEOPTERA, CARABIDAE) ПРИРОДНОГО КОМПЛЕКСА «ЕРГАЧ» В ПЕРМСКОМ КРАЕ

Козьминых Владислав Олегович

*д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой химии Пермского
государственного гуманитарно-педагогического университета,
РФ, г. Пермь*

E-mail: kyoncstu@yahoo.com

BIOLOGICAL DIVERSITY AND ACTIVITY DYNAMICS ANALYSIS OF CARABIDS (INSECTA: COLEOPTERA, CARABIDAE) IN THE NATURE TERRITORY "ERGACH" OF THE PERM AREA

Vladislav Kozminykh

*doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Chemical Section
of Perm State Humanitarian Pedagogical University,
Russia, Perm*

*Исследование выполнено при финансовой поддержке в рамках
Программы стратегического развития Пермского государственного
гуманитарно-педагогического университета на 2012—2016 гг., грант
№ Ф-025.*

АННОТАЦИЯ

Проведён анализ численного и видового разнообразия сообществ, представлена динамика активности и данные по относительному обилию жесткокрылых насекомых (Insecta, Coleoptera) семейства Carabidae — жуужелиц в наиболее характерных биоценозах природного комплекса «Ергач» (Кунгурский район Пермского края).

ABSTRACT

The numerical and species biological diversity of communities, activity dynamics and data to relative abundance of beetles (Insecta, Coleoptera) of the family Carabidae – carabids in the most typical biocenoses of the Nature Territory "Ergach" (Kungur District of the Perm Area) are described and analyzed.

Ключевые слова: жесткокрылые насекомые; Insecta; Coleoptera; жуужелицы; Carabidae; биоразнообразиие; динамика активности; относительное обилие; природный комплекс «Ергач»; Кунгурский район; Пермский край.

Keywords: beetles; Insecta; Coleoptera; carabids; Carabidae; biological diversity; activity dynamics; relative abundance; Nature Territory "Ergach"; Kungur District; the Perm Area.

В предыдущей работе [4] были приведены общие сведения о таксономической структуре, средней динамической плотности и обилии семейств герпетобионтных жесткокрылых насекомых (Insecta, Coleoptera) природного комплекса «Ергач», расположенного на западной окраине Кунгурской островной лесостепи в окрестностях пос. Ергач Кунгурского района Пермского края. Настоящее сообщение содержит эколого-фаунистические данные и посвящено анализу параметров биоразнообразия представителей одного из наиболее значимых в биоценозах, активных и многочисленных семейств напочвенных жесткокрылых — жуужелиц (Carabidae).

До настоящего времени целенаправленного изучения беспозвоночных в целом и в том числе энтомофауны Ергача не проводилось. Немногочисленные литературные данные об отдельных находках насекомых, пауков и многоножек в окрестностях Ергача представлены в статьях [3, 4].

В течение трёх лет (2010—2012 гг.) изучался состав, биоразнообразие естественных группировок, экологическая структура и динамика населения герпетобионтных жесткокрылых в нескольких типовых биогеоценозах, обычных для экосистем природного комплекса «Ергач». Исследования проводились на гипсово-известковых

каменистых обнажениях и осыпях прируслового юго-западного склона правого берега р. Бабки по краю разреженного сосняка (биоценоз I), на участке разнотравного пойменного луга (II), в остепнённом сосняке папоротниковом (III) и вторичном разнотравном березняке (IV) — см. таблицы 1 и 2. Сбор беспозвоночных осуществлялся в течение полевого сезона с мая до сентября, проводились также зимние учёты. Материал собран с помощью почвенных пластиковых ловушек (ПЛ) с диаметром отверстия 65—70 мм, размещённых в линиях по 10—80 ловушек в биоценозе на расстоянии около 3 м друг от друга и заполненных на треть соевым фиксатором — раствором хлорида натрия. При маршрутных переходах материал собирали также вручную (ручные сборы — РС). Некоторые количественные данные по составу семейств жесткокрылых и некоторых других групп беспозвоночных (полужесткокрылые и перепончатокрылые насекомые, пауки, сенокосцы, многоножки), структуре их населения в биоценозах представлены в предыдущем сообщении [4]. В настоящей работе приведены подробные сведения об относительной численности, видовом составе и биотопическом распределении жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Ергача, представлены и обсуждаются экологические параметры группировок: средняя динамическая плотность (уловистость), численное и видовое обилие с экспертной оценкой по С.Ю. Грюнталю [2] (см. таблицы 1 и 2). Проведён анализ биологического разнообразия сообществ жужелиц. Виды жужелиц, перечисленные в таблицах 1 и 2, приведены в современном таксономическом порядке [8, 9]; для краткости в названиях большинства видов подроды не указаны.

В целом на территории природного комплекса «Ергач» собрано более 14500 экземпляров жужелиц (семейство Carabidae), относящихся к 80 видам из 32 родов (табл. 1; см. также предыдущее сообщение [4]). В сборах ловушками (учтено около 22000 ловушко-суток) количественно преобладают 8 видов герпетобионтов, активных на поверхности почвы. Среди них по численному обилию и средней динамической плотности выделяются 5 доминантов; эти виды жужелиц представлены по убыванию численности в соответствии с рангом — порядковым номером вида, ранжированного по обилию [1, 5, 7] (в скобках указан номер ранга и относительное обилие в биоценозах): *Pterostichus melanarius* Ill. (1,38 %), *Pterostichus niger* Schall. (2,17 %), *Pterostichus uralensis* Motsch. (3,12 %), *Carabus cancellatus* Ill. (4,11 %), *Pterostichus oblongopunctatus* F. (5,6 %) (см. динамику разнообразия на рисунке 1) Все указанные виды-доминанты являются представителями лесной экологической группы. Состав преобладающих в биоценозах (доминантных и субдоминантных) видов жужелиц с численным обилием > 1 % представлен

8 видами (10 % от всего количества видов в группировках; см. табл. 1). При этом к пяти перечисленным выше таксонам добавляются *Curtonotus gebleri* Dej. (ранг 6, обилие 2,6 %), *Harpalus latus* L. и *Carabus granulatus* L. (ранги 7 и 8, около 1,7 %). Общее численное обилие доминантов и субдоминантов во всех изученных биоценозах составляет около 91 %. Все восемь видов жужелиц могут быть выделены в качестве эталонных при расчётах сравнительных показателей активности герпетобийонтов, и на основе этих данных построен график, отражающий динамику обилия жужелиц в лесных биоценозах Ергача (рис. 1). Отметим, что обилие жужелиц первых шести рангов резко различается в сосняке (III) и березняке (IV) вследствие биотопической смены доминантов. Из внешнего вида графической кривой [1, 5] также следует, что *альфа*-разнообразии группировок жужелиц в сосняке больше, чем в березняке (рис. 1), и это подтверждается значениями индексов видового богатства (табл. 2).

Общая средняя динамическая плотность (СДП) группировок жужелиц невысокая — составляет 66 экземпляров на 100 ловушко-суток, значения СДП по отдельным видам указаны в табл. 1, сравнительные данные по динамике в различных биоценозах — в табл. 2.

На ксерофитном склоне с известковыми обнажениями, расположенными по краю разреженного сосняка, наибольшим количеством особей представлены 4 вида жужелиц: *Ophonus puncticollis* Pk. (обилие более 34 %), *Harpalus rubripes* Duft. (11 %), *Calathus erratus* Sahlb. (около 9 %) и *Ophonus stictus* Steph. (5 %), общее обилие этих жуков составляет 60 %. Суммарная сезонная динамическая плотность популяций этих таксонов очень низкая — составляет немногим более 4 особей на 100 ловушко-суток (табл. 2). Этот факт согласуется с близкими данными по паукам известковых обнажений Ергача, у которых при низкой уловистости отмечен уникальный для ксерофитных местообитаний состав населения [3]. Аналогично сообществам пауков необычным для жужелиц является совместное присутствие значительного количества — 13 видов — представителей ксерофильной экологической группы (табл. 1, 2), а также максимальная численность *Ophonus puncticollis* Pk., как правило встречающегося единично, и небольшая доля луговых видов, что не отмечалось ранее в комплексе данных по ксерофитным ландшафтам.

В мезофильных условиях остепнённого соснового леса и березняка, как было отмечено ранее [4], степень доминирования жужелиц увеличивается, их количество возрастает почти до половины численного состава всего населения жесткокрылых. Видовое содержание *Carabidae* в лесных массивах выглядит разнообразнее,

чем на участке известковых обнажений (это, в основном, обусловлено значительно большим объёмом выборки): в сосняке обнаружено 57, а в березняке — 45 видов. В обоих типах леса абсолютными доминантами являются обычные широко распространённые виды: *Pterostichus melanarius* Ill. и *Pterostichus niger* Schall., в сосняке к ним добавляются *Pterostichus uralensis* Motsch. и *Pterostichus oblongopunctatus* F., а в березняке — многочисленный *Carabus cancellatus* Ill. (табл. 1, 2; рис. 1). Среди субдоминантов в сосняке выделяются *Curtonotus gebleri* Dej., *Carabus cancellatus* Ill. (в 6 раз менее обильный, чем в березняке), *Harpalus laevipes* Zett., *Harpalus latus* L., *Calathus micropterus* Duft. и *Carabus granulatus* L. — всего 10 преобладающих по численности видов. Из видов с обилием более 1 % для березняка также отмечены *Pterostichus oblongopunctatus* F., *Carabus granulatus* L., *Harpalus latus* L. и *Pterostichus uralensis* Motsch. — весь комплекс состоит из 7 доминантов и субдоминантов. При переходе от открытых склоновых ксерофильных стадий к относительно более затенённым влагоёмким разнотравным мезофильным лесным биоценозам большую активность начинают проявлять комплексы жуков с более широким трофическим спектром. Общее численное обилие пяти доминантных видов *Carabidae* в лесных биоценозах достигает 87 %, сезонная динамическая плотность их популяций гораздо выше — доходит до 140 особей на 100 ловушко-суток. Отметим, что максимальное видовое обилие жуков характерно для сосняка и сочетания двух биоценозов: сосняк — известковые обнажения (табл. 2).

Таблица 1.

**Распределение жуков (*Insecta: Coleoptera, Carabidae*)
по биоценозам природного комплекса «Ергач»,
общая оценка численного разнообразия группировок,
динамической плотности и относительного обилия**

Виды жуков и некоторые расчётные параметры	Количество жуков (<i>Carabidae</i>) в биоценозах, экземпляров					Всего экз.	Общие экологические параметры		
	Биоценозы I—IV и методы сборов (ПЛ, РС)						СДП	О	Э
	I, ПЛ	II, ПЛ	III, ПЛ	IV, ПЛ	РС				
<i>Cicindela campestris</i> L.	13	4		1	5	23	0,10	0,16	P
<i>Leistus ferrugineus</i> L.	1		4			5	0,02	0,03	P
<i>Notiophilus aestuans</i> Motsch.			3	3		6	0,03	0,04	P
<i>Notiophilus aquaticus</i> L.		1	3			4	0,02	0,03	P

Notiophilus germinyi Fauv.			8			8	0,04	0,05	P
Notiophilus palustris Duft.			44	16		60	0,27	0,41	P
Notiophilus biguttatus F.			20			20	0,09	0,14	P
Carabus granulatus L.			77	167	1	245	1,12	1,68	C
Carabus cancellatus Ill.	5		208	1421	2	1636	7,46	11,23	Д
Carabus glabratus Pk.			29	4		33	0,15	0,23	P
Carabus hortensis L.			2			2	0,01	0,01	E
Carabus schoenherri F.-W.	1		41	18		60	0,27	0,41	P
Carabus convexus F.		1		1		2	0,01	0,01	E
Carabus sibiricus F.-W.			1			1	0,005	0,007	E
Cychrus caraboides L.			51	58		109	0,50	0,75	P
Dyschiriodes aeneus Dej.	1					1	0,005	0,007	E
Trechus (= Epaphius) secalis Pk.			1	2		3	0,01	0,02	P
Asaphidion pallipes Duft.	3					3	0,01	0,02	P
Bembidion quadrimaculatum L.		2	3			5	0,02	0,03	P
Bembidion lampros Hbst.			7	10	1	18	0,08	0,12	P
Bembidion semipunctatum Don.		1				1	0,005	0,007	E
Bembidion mannerheimi Sahlb.			2	1		3	0,01	0,02	P
Poecilus cupreus L.				10	2	12	0,05	0,08	P
Poecilus versicolor Sturm		7	20	7	7	41	0,19	0,28	P
Pterostichus oblongopunctatus F.			731	171		902	4,11	6,19	Д
Pterostichus nigrita Pk.			1	1		2	0,01	0,01	E
Pterostichus rhaeticus Heer			3			3	0,01	0,02	P
Pterostichus melanarius Ill.		9	2493	3088		5590	25,50	38,36	Д
Pterostichus uralensis Motsch.			1634	102		1736	7,92	11,91	Д
Pterostichus strenuus Pz.			63	4		67	0,31	0,46	P
Pterostichus niger Schall.		1	617	1873		2491	11,36	17,09	Д
Dolichus halensis Schall.			1	1		2	0,01	0,01	E
Calathus erratus Sahlb.	23	1	1	4		29	0,13	0,20	P
Calathus melanocephalus L.	3	1	2	1		7	0,03	0,05	P
Calathus micropterus Duft.			89	3		92	0,42	0,63	P
Agonum gracilipes Duft.			2	2		4	0,02	0,03	P
Agonum versutum Sturm				1		1	0,005	0,007	E
Agonum fuliginosum Pz.			66	1		67	0,31	0,46	P
Platynus assimilis Pk.			1			1	0,005	0,007	E

Oxypselaphus obscurus Hbst.			1			1	0,005	0,007	E
Anchomenus dorsalis Pont.	1	8		6	1	16	0,07	0,11	P
Synuchus vivalis Ill.	3		1			4	0,02	0,03	P
Amara (Amara) aenea Deg.	1			1		2	0,01	0,01	E
Amara (Amara) communis Pz.	13	7	6	12	2	40	0,18	0,27	P
Amara (Amara) convexior Steph.	7	10	4	1	1	23	0,10	0,16	P
Amara (Amara) familiaris Duft.			1			1	0,005	0,007	E
Amara (Amara) montivaga Sturm					1	1	–	0,007	E
Amara (Amara) nitida Sturm			4			4	0,02	0,03	P
Amara (Amara) ovata F.	1		4	4		9	0,04	0,06	P
Amara (Amara) similata Gyll.				1		1	0,005	0,007	E
Amara (Bradytus) consularis Duft.	2					2	0,01	0,01	E
Amara (Celia) bifrons Gyll.	1					1	0,005	0,007	E
Amara (Celia) brunnea Gyll.			5	9		14	0,06	0,10	P
Amara (Celia) ingenua Duft.		1				1	0,005	0,007	E
Amara (Celia) municipalis Duft.			1	2		3	0,01	0,02	P
Amara (Celia) praetermissa Sahlb.			1			1	0,005	0,007	E
Curtonotus gebleri Dej.	3	2	302	66		373	1,70	2,56	C
Anisodactylus binotatus F.	7				1	8	0,04	0,05	P
Bradycellus caucasicus Chaud.		1				1	0,005	0,007	E
Harpalus affinis Schrnk.	2					2	0,01	0,01	E
Harpalus latus L.			107	147		254	1,16	1,74	C
Harpalus luteicornis Duft.	1			1		2	0,01	0,01	E
Harpalus laevipes Zett. (= quadripunctatus Dej.)			109	14		123	0,56	0,84	P
Harpalus rubripes Duft.	30	2	2	1	4	39	0,18	0,27	P
Harpalus rufipes Deg.	9		62	7	1	79	0,36	0,54	P
Harpalus smaragdinus Duft.	4					4	0,02	0,03	P

Harpalus tardus Pz.	1		1			2	0,01	0,01	E
Ophonus sticticus Steph.	14	1		1	1	17	0,08	0,12	
Ophonus azureus F.		1	1		1	3	0,01	0,02	P
Ophonus cordatus Duft.	1					1	0,005	0,007	E
Ophonus puncticollis Pk.	90		2			92	0,42	0,63	P
Panagaeus bipustulatus F.			3	18		21	0,10	0,14	P
Licinus depressus Pk.			5	1		6	0,03	0,04	P
Badister bullatus Schrnk.	1					1	0,005	0,007	E
Badister lacertosus Sturm	5		59	36		100	0,46	0,69	P
Dromius schneideri Crotch			1			1	0,005	0,007	E
Syntomus truncatellus L.	1	3	1			5	0,02	0,03	P
Microlestes maurus Sturm	6	3	1			10	0,05	0,07	P
Cymindis angularis Gyll.			1			1	0,005	0,007	E
Brachinus crepitans L.	7	2				9	0,04	0,06	P
Всего Carabidae N (экз.)	261	69	6913	7299	31	14573	<i>Итого среди всех Coleoptera</i>		
Количество особей самого обильного вида N_{\max} (экз.) ¹	90	10	2493	3088		5590	66,48	47,37	Д
Всего Carabidae S (видов)	32	22	57	45	15	80			
Количество лов.-суток (ПЛ) ²	3496	331	10292	7802	–	Всего: 21921 лов.-суток			
Сроки сборов	18.IX.2010 – 6.V.2011 ³ ; 6.V.2011 – 9.IX.2011; 9.IX.2011 – 12.V.2012 ³ ; 12.V.2012 – 26.VII.2012								
<i>Итоговые данные по динамике и обилию преобладающих видов жуужелиц для всех биоценозов</i>									
Количество доминантных видов жуужелиц с СДП > 5 экз. / 100 лов.-сут. — 4, с численным обилием > 5 % — 5 (это составляет 5—6 % от всего состава — 80 видов). Общее обилие видов-доминантов (Carabus cancellatus Ill., Pterostichus melanarius Ill., Pterostichus niger Schall., Pterostichus oblongopunctatus F., Pterostichus uralensis Motsch.) — 84,78 % (с учётом PC) ⁴									
Количество преобладающих (доминантных и субдоминантных) видов жуужелиц с численным обилием > 1 % — 8 (10 % от всего видового состава). Общее обилие видов-доминантов и субдоминантов — 90,76 % (с учётом PC)									
Количество видов жуужелиц с численным обилием > 0,1 % (более 1 экз. / 1000 особей) — 30 (37 % от всего видового состава); общее обилие этих видов — 98,79 % (с учётом PC)									
Ряд доминантов и субдоминантов в целом для локальной фауны "Ергач" (8 видов; приведён в порядке увеличения численного обилия): Carabus granulatus L. < Harpalus latus L. < Curtonotus gebleri Dej. < Pterostichus oblongopunctatus F. < Carabus cancellatus Ill. < Pterostichus uralensis Motsch. < Pterostichus niger Schall. < Pterostichus melanarius Ill.									

Таблица 2.

Сравнительные показатели средней динамической плотности и относительного обилия жуков (Coleoptera, Carabidae) в биоценозах природного комплекса «Ергач»

Виды жуков и параметры, характеризующие их сообщества	Экологические параметры популяций жуков: СДП (экз. / 100 лов.-суток), О (%) в биоценозах и экспертная оценка обилия (Э)											
	Известковые обнажения (I)			Пойменный луг (II)			Сосняк папоротниковый (III)			Березняк (IV)		
	СДП	О	Э	СДП	О	Э	СДП	О	Э	СДП	О	Э
<i>Cicindela campestris</i> L.	0,37	4,98	С	1,21	5,80	Д				0,01	0,01	Е
<i>Leistus ferrugineus</i> L.	0,03	0,38	Р				0,04	0,06	Р			
<i>Notiophilus aestuans</i> Motsch.							0,03	0,04	Р	0,04	0,04	Р
<i>Notiophilus aquaticus</i> L.				0,30	1,45	С	0,03	0,04	Р			
<i>Notiophilus germinyi</i> Fauv.							0,08	0,12	Р			
<i>Notiophilus palustris</i> Duft.							0,43	0,64	Р	0,21	0,22	Р
<i>Notiophilus biguttatus</i> F.							0,19	0,29	Р			
<i>Carabus granulatus</i> L.							0,75	1,11	С	2,14	2,29	С
<i>Carabus cancellatus</i> Ill.	0,14	1,92	С				2,02	3,01	С	18,21	19,47	Д
<i>Carabus glabratus</i> Pk.							0,28	0,42	Р	0,05	0,05	Р
<i>Carabus hortensis</i> L.							0,02	0,03	Р			
<i>Carabus schoenherri</i> F.-W.	0,03	0,38	Р				0,40	0,59	Р	0,23	0,25	Р
<i>Carabus convexus</i> F.				0,30	1,45	С				0,01	0,01	Е
<i>Carabus sibiricus</i> F.-W.							0,01	0,01	Е			
<i>Cychrus caraboides</i> L.							0,50	0,74	Р	0,74	0,79	Р
<i>Dyschiriodes aeneus</i> Dej.	0,03	0,38	Р									
<i>Trechus secalis</i> Pk.							0,01	0,01	Е	0,03	0,03	Р
<i>Asaphidion pallipes</i> Duft.	0,09	1,15	С									

<i>Bembidion quadrimaculatum</i> L.				0,60	2,90	C	0,03	0,04	P			
<i>Bembidion lampros</i> Hbst.							0,07	0,10	P	0,13	0,14	P
<i>Bembidion semipunctatum</i> Don.				0,30	1,45	C						
<i>Bembidion mannerheimi</i> Sahlb.							0,02	0,03	P	0,01	0,01	E
<i>Poecilus cupreus</i> L.										0,13	0,14	P
<i>Poecilus versicolor</i> Sturm				2,11	10,14	Д	0,19	0,29	P	0,09	0,10	P
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> F.							7,10	10,57	Д	2,19	2,34	C
<i>Pterostichus nigrita</i> Pk.							0,01	0,01	E	0,01	0,01	E
<i>Pterostichus rhaeticus</i> Heer							0,03	0,04	P			
<i>Pterostichus melanarius</i> Ill.				2,72	13,04	Д	24,22	36,06	Д	39,58	42,31	Д
<i>Pterostichus uralensis</i> Motsch.							15,88	23,64	Д	1,31	1,40	C
<i>Pterostichus strenuus</i> Pz.							0,61	0,91	P	0,05	0,05	P
<i>Pterostichus niger</i> Schall.				0,30	1,45	C	5,99	8,93	Д	24,01	25,66	Д
<i>Dolichus halensis</i> Schall.							0,01	0,01	E	0,01	0,01	E
<i>Calathus erratus</i> Sahlb.	0,66	8,81	Д	0,30	1,45	C	0,01	0,01	E	0,05	0,05	P
<i>Calathus melanocephalus</i> L.	0,09	1,15	C	0,30	1,45	C	0,02	0,03	P	0,01	0,01	E
<i>Calathus micropterus</i> Duft.							0,86	1,29	C	0,04	0,04	P
<i>Agonum gracilipes</i> Duft.							0,02	0,03	P	0,03	0,03	P
<i>Agonum versutum</i> Sturm										0,01	0,01	E
<i>Agonum fuliginosum</i> Pz.							0,64	0,95	P	0,01	0,01	E
<i>Platynus assimilis</i> Pk.							0,01	0,01	E			
<i>Oxypselaphus obscurus</i> Hbst.							0,01	0,01	E			
<i>Anchomenus dorsalis</i> Pont.	0,03	0,38	P	2,42	11,59	Д				0,08	0,08	P
<i>Synuchus vivalis</i> Ill.	0,09	1,15	C				0,01	0,01	E			
<i>Amara aenea</i> Deg.	0,03	0,38	P							0,01	0,01	E
<i>Amara communis</i> Pz.	0,37	4,98	C	2,11	10,14	Д	0,06	0,09	P	0,15	0,16	P
<i>Amara convexior</i> Steph.	0,20	2,68	C	3,02	14,49	Д	0,04	0,06	P	0,01	0,01	E
<i>Amara familiaris</i> Duft.							0,01	0,01	E			

Amara nitida Sturm							0,04	0,06	P			
Amara ovata F.	0,03	0,38	P				0,04	0,06	P	0,05	0,05	P
Amara similata Gyll.										0,01	0,01	E
Amara consularis Duft.	0,06	0,77	P									
Amara bifrons Gyll.	0,03	0,38	P									
Amara brunnea Gyll.							0,05	0,07	P	0,12	0,12	P
Amara ingenua Duft.				0,30	1,45	C						
Amara municipalis Duft.							0,01	0,01	E	0,03	0,03	P
Amara praetermissa Sahlb.							0,01	0,01	E			
Curtonotus gebleri Dej.	0,09	1,15	C	0,60	2,90	C	2,93	4,37	C	0,85	0,90	P
Anisodactylus binotatus F.	0,20	2,68	C									
Bradycellus caucasicus Chaud.				0,30	1,45	C						
Harpalus affinis Schnk.	0,06	0,77	P									
Harpalus latus L.							1,04	1,55	C	1,88	2,01	C
Harpalus luteicornis Duft.	0,03	0,38	P							0,01	0,01	E
Harpalus laevipes Zett.							1,06	1,58	C	0,18	0,19	P
Harpalus rubripes Duft.	0,86	11,49	Д	0,60	2,90	C	0,02	0,03	P	0,01	0,01	E
Harpalus rufipes Deg.	0,26	3,45	C				0,60	0,90	P	0,09	0,10	P
Harpalus smaragdinus Duft.	0,11	1,53	C									
Harpalus tardus Pz.	0,03	0,38	P				0,01	0,01	E			
Ophonus stictus Steph.	0,40	5,36	Д	0,30	1,45	C				0,01	0,01	E
Ophonus azureus F.				0,30	1,45	C	0,01	0,01	E			
Ophonus cordatus Duft.	0,03	0,38	P									
Ophonus puncticollis Pk.	2,57	34,48	Д				0,02	0,03	P			
Panagaeus bipustulatus F.							0,03	0,04	P	0,23	0,25	P
Licinus depressus Pk.							0,05	0,07	P	0,01	0,01	E
Badister bullatus Schnk.	0,03	0,38	P									
Badister lacertosus Sturm	0,14	1,92	C				0,57	0,85	P	0,46	0,49	P

Dromius schneideri Crotch							0,01	0,01	E			
Syntomus truncatellus L.	0,03	0,38	P	0,91	4,35	C	0,01	0,01	E			
Microlestes maurus Sturm	0,17	2,30	C	0,91	4,35	C	0,01	0,01	E			
Cymindis angularis Gyll.							0,01	0,01	E			
Brachinus crepitans L.	0,20	2,68	C	0,60	2,90	C						
<i>Итоговые данные по динамике и обилию жуужелиц</i>												
СДП (по численному составу Carabidae в целом, экз. / 100 лов.-сут.)	7,47		20,85				67,17			93,55		
СДПВ (по видовому составу Carabidae в целом, видов / 1000 лов.-сут.) ⁵	9,15		66,47 ⁶				5,54			5,77		
Количество видов с СДП > 5 экз. / 100 лов.-сут.	0		0				4			3		
Количество видов с СДП > 1 экз. / 100 лов.-сут.	1		6				8			7		
Количество доминантных видов с обилием > 5 %	4		6				4			3		
Общее численное обилие доминантов, %	60,15		65,22				79,20			87,44		
Ряды доминантов (в порядке увеличения численного обилия)	Ophonus stictus Steph. < Calathus erratus Sahlb. < Harpalus rubripes Duft. < Ophonus puncticollis Pk.			Cicindela campestris L. < Poecilus versicolor Sturm ~ Amara communis Pz. < Anchomenus dorsalis Pont. < Pterostichus melanarius Ill. < Amara convexior Steph.			Pterostichus niger Schall. < Pterostichus oblongopunctatus F. < Pterostichus uralensis Motsch. < Pterostichus melanarius Ill.			Carabus cancellatus Ill. < Pterostichus niger Schall. < Pterostichus melanarius Ill.		

Количество доминантных и субдоминантных видов с обилием > 1 %	18			22			10			7		
Общее численное обилие доминантов и субдоминантов, % ⁴	93,87			100,00 ⁶			92,10			95,48		
Видовое обилие Carabidae по отдельным биоценозам, % ⁴	40,00			27,50			71,25			56,25		
Видовое обилие всех Carabidae в нескольких биоценозах, % (в строках: сумма биоценозов, общее количество видов, видовое обилие)	I+II	I+III	I+IV	II+I	II+III	II+IV	III+I	III+II	III+IV	IV+I	IV+II	IV+III
	42	72	61	42	65	54	72	65	66	61	54	66
	52,50	90,00	76,25	52,50	81,25	67,50	90,00	81,25	82,50	76,25	67,50	82,50
	I+II+III			II+I+IV			III+II+IV			IV+I+III		
	76			67			70			76		
	95,00			83,75			87,50			95,00		
	Результат: максимальное видовое обилие жужелиц характерно для сосняка (III) и сочетания сосняк — известковые обнажения (III+I)											
<i>Индексы альфа-биоразнообразия (пп. 1—3) и бета-биоразнообразия (п. 4) группировок жужелиц</i>												
<i>1. Индексы видового богатства</i>												
«Нумерическое видовое богатство» (количество видов на 1000 особей)	122,61 ⁶			318,84 ⁶			8,25			6,17		
	Всего: 5,49 видов на 1000 экз. Carabidae во всех исследованных биоценозах; сравнительное разнообразие выше в сосняке (III)											
Индекс Маргалефа D _{Mg}	5,57			4,96			6,33			4,95		
	Для всех биоценозов: 8,24; биоразнообразие максимально в сосняке (III)											
Индекс Менхиника D _{Mn}	1,98			2,65			0,69			0,53		
	Для всех биоценозов: 0,66; разнообразие наиболее выражено на участке пойменного луга (II)											

<i>2. Индексы неоднородности (основаны на относительном обилии видов)</i>												
Индекс Шеннона-Уивера H'	2,53			2,72 ⁶			2,07			1,61		
	В целом для изученных биоценозов H' = 2,11											
Индекс Пielу E (выравненность) ⁸	0,73			0,88 ⁶			0,51			0,42		
	В целом для изученных биоценозов E = 0,48											
<i>3. Индексы доминирования</i>												
Индекс Симпсона D ⁹	0,15			0,08 ⁶			0,21			0,28		
	В целом для изученных биоценозов D = 0,21											
Индекс полидоминантности по Симпсону 1/D ⁹	6,52			11,81 ⁶			4,78			3,51		
	В целом для изученных биоценозов 1/D = 4,79											
Мера доминирования Макинтоша D	0,65			0,81			0,55			0,47		
	В целом для изученных биоценозов D = 0,55											
Выравненность по Макинтошу E	0,74			0,90			0,63			0,55		
	В целом для изученных биоценозов: 0,61											
Индекс доминирования Бергера-Паркера d ¹⁰	0,34			0,14 ⁶			0,36			0,42		
	В целом для изученных биоценозов d = 0,38											
Обратный индекс доминирования Бергера-Паркера 1/d ¹⁰	2,90			6,90 ⁶			2,77			2,36		
	В целом для изученных биоценозов 1/d = 2,61											
<i>4. Индексы дифференцирующего бета-разнообразия</i>												
Сравнимые биоценозы	II	III	IV	I	III	IV	I	II	IV	I	II	III
Количество общих видов j	12	17	16	12	14	13	17	14	36	16	13	36
Индекс Жаккара C _j ¹¹	0,29	0,24	0,26	0,29	0,22	0,24	0,24	0,22	0,55	0,26	0,24	0,55
Индекс Серенсен – Чекановского C _s ¹¹	0,44	0,38	0,42	0,44	0,35	0,39	0,38	0,35	0,71	0,42	0,39	0,71
	Результат: максимальное сходство по видовому составу имеют комплексы жужелиц в сосняке (III) и березняке (IV), а наибольшее различие выражено между сообществами сосняка (III) и пойменного луга (II)											

Примечания к таблицам:

¹ Количество особей самого обильного вида N_{\max} необходимо для расчёта прямого и обратного индексов Бергера-Паркера.

² Данные суммированы за основной период сборов без "зимнего" учёта с использованием почвенных ловушек.

³ «Зимний» учёт проводился с сентября предыдущего до мая последующего года с однократной выборкой материала в мае из ловушек.

⁴ Численные и видовое обилие приведены в таблицах с учётом ручных сборов.

⁵ Средняя динамическая плотность по видовому составу Carabidae для всех изученных биоценозов в сумме составляет 3,65 вида / 1000 ловушко-суток.

⁶ Результаты недостаточно достоверны из-за коротких сроков работы и сравнительно небольшого объёма выборки на участке пойменного разнотравного луга (II) или из-за низкой плотности сообществ жуужелиц на известковых обнажениях (I) и вследствие этого недостатка материала для сравнительной оценки.

⁷ Индекс чувствителен к объёму выборки, который на участке пойменного луга (II) недостаточен.

⁸ Индекс Пиелу Е (выравненность на основе индекса Шеннона-Уивера) показывает отношение наблюдаемого разнообразия к максимальному.

⁹ Индекс Симпсона D — «вероятность межвидовых встреч», варьирует от 0 до 1; разнообразие увеличивается при уменьшении значения D. Индекс полидоминантности по Симпсону $1/D$ характеризует увеличение биоразнообразия при возрастании значения $1/D$.

¹⁰ Индекс доминирования Бергера-Паркера d — относительная значимость наиболее обильного вида. Биоразнообразие увеличивается при уменьшении значений d — степени доминирования вида. На величину этого индекса в значительной степени влияет объём выборки. Обратный индекс доминирования Бергера-Паркера $1/d$ показывает увеличение разнообразия при возрастании значений $1/d$.

¹¹ Параметры меры сходства (индексы) Жаккара C_j и Серенсена — Чекановского C_s показывают полное совпадение видового состава сообществ при предельном значении «1», а при минимальном значении «0» выборки не содержат общих видов и могут считаться совершенно различными.

Условные обозначения в таблицах:

Нумерация биоценозов: известковые обнажения (I), пойменный луг (II), сосняк папоротниковый (III), березняк (IV)

ПЛ — сборы в почвенные ловушки

РС — ручные сборы

СДП — средняя динамическая плотность по численному составу жуужелиц (уловистость), экземпляров / 100 ловушко-суток

СДПВ — средняя динамическая плотность по видовому составу Carabidae в целом (видов / 1000 лов.-сут.)

О — численное обилие жесткокрылых (%)

Э — экспертная оценка обилия: Е — единично попадающийся вид: обилие менее 0,02 %, Р — редко встречающийся: обилие менее 1 % (но более 0,02 %), С — субдоминант (для сравнения: «обычный» вид по Ю.А. Песенко [6]): обилие от 1 до 5 %, Д — доминант («обильный» по Ю.А. Песенко [6]): обилие более 5 % (градация приведена по С.Ю. Грюнталю [2] с дополнениями — введён параметр «единично»; см. также статью [4])



Рисунок 1. Кривая доминирования — разнообразия по Уиттекеру в сообществах жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) природного комплекса «Ергач»

Анализ индексов биоразнообразия показывает, что в целом наиболее разнообразным по количеству особей и видов является комплекс жуужелиц на участке остепнённого сосняка. Результаты по разнообразию группировок разнотравного пойменного луга недос-

таточно репрезентативны из-за коротких сроков работы и небольшого объёма выборки в сравнении с остальными биоценозами. Низкая плотность жужелиц на известковых обнажениях также не позволяет сделать однозначные выводы по структуре доминирования, степени выравненности и однородности этой группировки. Как и следовало ожидать, судя по индексам *бета*-разнообразия, максимальное сходство в видовом составе имеют лесные комплексы, а наибольшее различие выражено между популяциями жужелиц сосняка и пойменного луга (табл. 2).

Таким образом, на территории ландшафтного комплекса «Ергач» в Кунгурской островной лесостепи Пермского края изучены состав (80 видов из 32 родов), структура населения, биотопическое распределение и активность жужелиц (Coleoptera, Carabidae), проведён анализ биоразнообразия их сообществ. Выделены 10 преобладающих по численности видов Carabidae для выявления закономерностей распределения напочвенных жужелиц по лесным биоценозам и расчётов показателей активности: *Pterostichus melanarius* Ill., *P. niger* Schall., *P. uralensis* Motsch., *P. oblongopunctatus* F., *Carabus cancellatus* Ill., *C. granulatus* L., *Curtonotus gebleri* Dej., *Harpalus laevipes* Zett., *H. latus* L., *Calathus micropterus* Duft. Преобладание этих видов в биоценозах Ергача является почти абсолютным и составляет около 91 %. Наиболее разнообразным по численному и видовому составу является комплекс жужелиц на участке остепнённого сосняка. По показателям дифференцирующего разнообразия выраженное сходство имеют лесные комплексы, а максимально различаются сообщества жужелиц сосняка и пойменного луга. Отмечена уникальность населения жужелиц участка известковых обнажений прируслового склона, где найдены 13 ксерофильных видов, а доля луговых видов незначительна.

Автор выражает признательность Н.А. Литвинову, заведующему кафедрой зоологии естественнонаучного факультета Пермского гуманитарно-педагогического университета, за помощь в организации и проведении полевых работ в окрестностях Ергача.

Список литературы:

1. География и мониторинг биоразнообразия. Под ред. Н.С. Касимова. М.: Изд-во Науч. и учебно-методич. центра Глобального Экологического Фонда МГУ им. М.В. Ломоносова, 2002. — 432 с.
2. Грюнталь С.Ю. Организация сообществ жужелиц (Coleoptera, Carabidae) лесов Восточно-Европейской (Русской) равнины. М.: Изд-во "Галлея-Принт", 2008. — 484 с.

3. Есюнин С.Л., Фарзалиева Г.Ш. Фауна и население пауков и многоножек известковых обнажений р. Сылвы (Пермский край, Кунгурский район) // Вестник Пермского ун-та. Вып. 2. Биология. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2013. — С. 26—29.
4. Козьминых В.О. Жесткокрылые (Insecta, Coleoptera) Пермского края. Сообщение 12. Структура группировок жесткокрылых природного комплекса «Ергач» // Инновации в науке. Материалы XXVIII Международной науч.-практ. конф., Новосибирск, 27 декабря 2013 г. Новосибирск: Изд-во "СибАК", 2014 (в печати).
5. Лебедева Н.В., Дроздов Н.Н., Криволуцкий Д.А. Биоразнообразие и методы его оценки. М.: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 1999. — 95 с.
6. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Изд-во «Наука», 1982. — 288 с.
7. Татаринов А.Г., Долгин М.М. Видовое разнообразие и методы его оценки. Сыктывкар: Изд-во Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2010. — 44 с.
8. A Checklist of the Ground Beetles of Russia and Adjacent Lands (Insecta, Coleoptera, Carabidae). Eds. O.L. Kryzhanovskij, I.A. Belousov, I.I. Kabak, V.M. Kataev, K.V. Makarov, V.G. Shilenkov. Sofia, Moscow: Pensoft Publ., 1995. — 271 p.
9. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 1. Archostemata — Мухophaga — Adephaga. Eds. I. Löbl, A. Smetana. Denmark, Stenstrup: Apollo Books, 2003. — 819 p.

4.2. ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МЯСЕ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА НА РЫНКАХ Г. АСТАНЫ

Айткалиева Светлана Владимировна
магистрант 1-го курса, специальности «экология»
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
Республика Казахстан, г. Астана
E-mail: svetlana_910819@mail.ru

Айдарханова Гульнар Сабитовна
научный руководитель, д-р биологических наук, доцент кафедры
управления и инжиниринга в сфере охраны окружающей среды
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
Республика Казахстан, г. Астана
E-mail: exbio@yandex.ru

DETERMINATION OF HEAVY METALS IN MEAT OF CATTLE IN THE MARKETS OF ASTANA CITY

Aitkaliyeva Svetlana Vladimirovna,
undergraduate 1st course, specialties "Ecology"
Eurasian National University named L.N. Gumilyov,
Republic of Kazakhstan, Astana

Aidarkhanova Gulnar Sabitovna
scientific adviser, Sc.D., assistant professor of management
and engineering in the field of environmental protection,
Republic of Kazakhstan, Astana

АННОТАЦИЯ

В работе представлены данные по оценке содержания свинца, кадмия, ртути и мышьяка в мясе и мясопродуктах. Приведены результаты лабораторных анализов проб мяса из различных сельскохозяйст-

венных формирований вблизи г. Астана. Проведен сравнительный анализ токсичных микроэлементов в мясе и мясопродуктах по государственным стандартам Республики Казахстан. Результаты выполненного исследования показали, что в продуктах, поставляемых в г. Астана, не обнаружены свинец и кадмий, тогда как установленные концентрации ртути и мышьяка остаются в пределах нормы. Мышьяк на уровне предела — 0,030 мг/кг, содержание ртути не превышает 0,1 мг/кг.

ABSTRACT

In this science work we evaluated the content of lead, cadmium, mercury and arsenic in meat products. The results of laboratory analyzes of samples of meat from different agricultural units near Astana city. A comparative analysis of toxic trace elements in meat and meat products to the state standards of the Republic of Kazakhstan. The results of the study showed that in the products supplied to Astana, were not found lead and cadmium, whereas the established levels of mercury and arsenic are within normal limits. Arsenic level limit — 0,030 mg/kg, the content of mercury is not more than 0,1 mg/kg.

Ключевые слова: тяжелые металлы; крупный рогатый скот; мясная продукция; атомно-абсорбционный анализ.

Keywords: heavy metals; cattle; meat products; atomic absorption analysis.

Рынок мясной продукции является одним из крупных сегментов в Республике Казахстан. Мясо и мясопродукты являются одной из важнейших составляющих в питании человека. В основном это источник высококачественного белка и витаминов, необходимых для нормального развития организмов. Пищевая ценность мяса определяется химическим составом мяса и значением отдельных его компонентов в питании человека [1, с. 27].

По данным Агентства статистики Республики Казахстан, в Акмолинской области за 2013 год масса убоя в хозяйствах или реализованных на убой всех видов скота и птицы в живой массе составила 1 648 468,5 тонн. По сравнению с этим же периодом, за 2012 год, показатели возросли до 1 636 670,6 тонн. Исходя из этих цифр, можно сказать, что количество потребляемых мясопродуктов возросло на 11 797,9 тонн. Анализ статистических материалов, показывает что, употребление мяса и мясопродуктов находится в динамике роста в силу их востребованности в республике [4]. Среди жителей населения области и в г. Астана 26,7 % приходится

на подрастающее поколение (до 14 лет), в рационе которых значимое место занимает мясная продукция. Вышеприведенное указывает на то, что проводимое исследование диктуется острой необходимостью анализа качества мяса и мясопродуктов для разных возрастных категорий, особенно детского питания, на наличие в нем ионов тяжелых металлов, при их дальнейшей миграции по пищевой цепи.

Актуальностью данной научно-исследовательской работы является то, что в настоящее время возникает острая необходимость в исследовании качества мясного продукта на предмет наличия в нем ионов тяжелых металлов, их накопления и формирования дальнейших последствий в организме. Целью, данного эксперимента, является исследование особенности накопления тяжелых металлов в мясной продукции крупного рогатого скота и оценка их токсичности для повседневного употребления.

Материалы и методы исследования.

Пробы мяса для лабораторных анализов отбирались на рынках г. Астаны. Поставщиками мясной продукции являются мясокомбинаты Акмолинской области, такие как пищекомбинат «Астаналык», мясоперерабатывающий комбинат «Сабынды», ТОО «ОКС» и предприятие «Рубиком». Также на городской рынок поступает продукция и с других областей и городов: Костанайской, Карагандинской, Павлодарской областей, городов Кокшетау, Щучинск, поселков Макинка, Петровка. Для проведения сравнительных анализов были взяты пробы из Актюбинской области (город Актобе). Пробы отбирались с верхней части туши, шейного отдела и грудины. Вес, отбираемых проб составлял, примерно, 1 кг. Эксперимент на анализ концентрации солей тяжелых металлов проводился в соответствии с государственными стандартами Республики Казахстан [5].

Исследования по определению тяжелых металлов проводилось на атомно-абсорбционном спектрофотометре SHIMADZU AA-6200 на базе лаборатории РГКП «Центр санитарно-эпидемиологической экспертизы города Астаны». На рисунке 1 показан атомно-абсорбционный спектрофотометр AA-6200 [3, с. 152]. Статистическая обработка данных исследования выполнена общепринятыми методами.



Рисунок 1. Атомно-абсорбционный спектрофотометр AA-6200

Результаты исследования.

В соответствии с требованиями по анализу качества мяса наиболее актуальны исследования по определению следующих ионов тяжелых металлов Pb, Cd, Hg, As.

Краткая характеристика биологической роли свинца, кадмия, ртути и мышьяка.

Свинец(Pb). Относится к токсичным элементам, является одним из весьма распространенных в окружающей среде токсичных элементов. Хронические отравления наблюдаются при поступлении с пищей и питьевой водой даже небольшого количества свинца в течение длительного времени. Свинец, подобно ртути, обладает кумулятивными свойствами. Поглощенный свинец содержится в крови и других жидкостях организма, накапливается в костях в виде нерастворимых трехосновных фосфатов. Свинец, отложившийся в костях в виде нерастворимого соединения, не оказывает непосредственного ядовитого действия [2, с. 369, 3, с. 152, 6, Р. 181—192, 7, Р. 401].

Кадмий(Cd). Относится к токсичным элементам. Известно, что кадмий, аналогично меди и цинку, снижает адреналиновую гипергликемию, но сам по себе не оказывает влияния на содержание сахара в крови. Соединения кадмия высоко токсичны, вызывают воспаление почек, жировое перерождение печени и сердца, кишечные кровотечения, обладают канцерогенным действием. В определенных условиях ионы кадмия, обладая большой подвижностью в почвах, легко переходят в растения, накапливаются в них и затем поступают

в организм животных и человека [2, с. 369, 3, с. 152, 6, Р. 181—192, 7, Р. 401].

Ртуть (Hg). Относится к высокотоксичным элементам. Вызывает множество различных патологий и, вредна в любых количествах. Это высокотоксичный, кумулятивный яд. Поражает кроветворную, ферментативную, нервную системы и почки. Наиболее токсичны некоторые органические соединения, особенно метилртуть. Ртуть относится к числу элементов, постоянно присутствующих в окружающей среде и живых организмах. При поступлении в организм из окружающей среды ртуть распределяется по органам и субклеточным структурам. В организме ртутные соединения проникают в различные органы и ткани, но больше всего их обнаруживают в крови, печени, почках и головном мозгу. В крови снижается количество эритроцитов, в печени и почках развиваются дегенеративные изменения. В желудочно-кишечном тракте возникают сильные воспалительные процессы [2, с. 369, 3, с. 152, 6, Р. 181—192, 7, Р. 401].

Мышьяк (As) и все его соединения ядовиты. При остром отравлении мышьяком наблюдаются рвота, боли в животе, понос, угнетение центральной нервной системы. Относится к токсичным элементам, считается канцерогенным для человека, в ряде биологических процессов может заменять фосфор. Способствует хронической анемии, аллергозам. Около 80 % мышьяка всасывается в желудочно-кишечном тракте, 10 % поступает через легкие и около 1 % — через кожу. Более 90 % неорганических соединений мышьяка растворимы и хорошо абсорбируются. Далее неорганический мышьяк перемещается в печень, где он метилируется. Мышьяк накапливается в легких, печени, коже и тонком кишечнике [2, с. 369, 3, с. 152, 6, Р. 181—192, 7, Р. 401].

Результаты исследования мяса представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Содержание тяжелых металлов в пробах мяса, мг/кг

Код исследуемого материала	Pb, мг/кг		Cd, мг/кг		Hg, мг/кг		As, мг/кг	
	Обнаруженная концентрация	Норма	Обнаруженная концентрация	Норма	Обнаруженная концентрация	Норма	Обнаруженная концентрация	Норма
#1	Не обнаружено	0,5	Не обнаружено	0,05	0,014	0,03	Не обнаружено	0,1
#2	Не обнаружено	0,5	Не обнаружено	0,05	Не обнаружено	0,03	0,02	0,1
#3	Не обнаружено	0,5	Не обнаружено	0,05	Не обнаружено	0,03	0,08	0,1
#4	Не обнаружено	0,5	Не обнаружено	0,05	Не обнаружено	0,03	0,05	0,1
#5	Не обнаружено	0,5	Не обнаружено	0,05	0,024	0,03	Не обнаружено	0,1
#6	Не обнаружено	0,5	Не обнаружено	0,05	Не обнаружено	0,03	Не обнаружено	0,1
#7	Не обнаружено	0,5	Не обнаружено	0,05	Не обнаружено	0,03	Не обнаружено	0,1
#8	Не обнаружено	0,5	Не обнаружено	0,05	Не обнаружено	0,03	0,06	0,1
#9	Не обнаружено	0,5	Не обнаружено	0,05	0,030	0,03	0,08	0,1

Результаты исследования показали, что концентрации тяжелых металлов в анализируемых пробах мяса не представляет большой опасности и пригодно для употребления. По ГОСТам Республики Казахстан полученные результаты не превышают ПДК: Pb — не обнаружен (ПДК — 0,5 мг/кг); Cd — не обнаружен (ПДК — 0,05); Hg — обнаружен в 30 % материала, диапазон от 0,014 до 0,030 (ПДК — 0,03); As — обнаружен более чем в 50 % материала, диапазон от 0,02 до 0,08 (ПДК — 0,1).

Выводы.

В результате выполненного исследования установлено, что в мясных продуктах, поставляемых на рынки г. Астана, не обнаружены свинец и кадмий. Незначительные концентрации ртути и мышьяка остаются в пределах нормы. Содержание ртути на уровне — 0,030 мг/кг, мышьяка не более 0,1 мг/кг.

Таким образом, поставляемая продовольственная мясная продукция не вызывает опасности, но вместе с тем требует постоянного экологического мониторинга качества продукции.

Список литературы:

1. Жанабаева Ж.К., Стратегия развития рынка мяса и мясoproдуктов. АР, Казахский национальный аграрный университет. Алматы, 2008 г. — 27 с.
2. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К., Экологический мониторинг суперэкоотоксикантов. М. Химия, 1996 г. — С. 369.
3. Николаев Г.И., Немец А.М., Атомно-абсорбционная спектроскопия в исследовании испарения металлов. Металлургия. М., 1982 г. — С. 152.
4. Сайт Агентства по статистике Республики Казахстан, [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.stat.gov.kz/faces/wcnav_externalId/homeNumbersAgriculture (дата обращения: 13.11.2013).
5. СТБ 1036-97, [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200091296> (дата обращения 10.01.2014).
6. Gorbunov A.V., M.A. Frontasyeva, A.A. Kistanov, S.M. Lyapunov, O.I. Okina, A.B. Ramadan. Heavy and toxic metals in staple foodstuffs and agriproduct from Contaminated Soils. J. of Environ. Sci. and Health, Part B, Pesticides, Food Contaminants, Wastes, — Vol. B38, — № 2, — 2003, — P. 181—192.
7. Kaim W., Schwederski B., Bioinorganic Chemistry: Inorganic Elements in the Chemistry of Life. John Wile and Sons. Chichester John Wile and Sons, 1994, — P. 401.

4.3. ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕКИ УФА КАРАИДЕЛЬСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Лыгин Сергей Александрович

*канд. хим. наук, доцент
Бирского филиала Башкирского государственного университета,
РФ, Республика Башкортостан, г. Бирск
E-mail: lygins@mail.ru*

Кабирова Лиана Рустамовна

*студент факультета биологии и химии
Бирского филиала Башкирского государственного университета,
РФ, Республика Башкортостан, г. Бирск
E-mail: lygins@mail.ru*

ORGANOLEPTIC AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE RIVER UFA KARAIDEL DISTRICT OF BASHKORTOSTAN

Sergei Lygin

*candidate of chemistry, associate Professor
Birsk branch of the Bashkir State University, Russian Federation,
Russia, Republic of Bashkortostan, Birsk*

Liana Kabirova

*student of biology and chemistry
Birsk branch of the Bashkir State University, Russian Federation,
Russia, Republic of Bashkortostan, Birsk*

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты органолептических и химических исследований состава воды реки Уфа, в определенных точках

используя хроматографический, вольтамперометрический и другие методы. Рассмотрена зависимость характеристик воды от времени года и представлены для примера результаты только трех месяцев — различных времен года. Установлено, что полученные результаты находятся в пределах ПДК и характеризуют воду реки Уфа как экологически пригодную для потребления населением.

ABSTRACT

This article describes analysis results of organoleptic and chemical studies of water in the river Ufa at two sampling points, using chromatographic, volt- amperometric and other methods. The dependence of the characteristics of the water from time of year and the results are presented only three months in different seasons. Found that the results obtained are within the MPC and characterize the water of the river Ufa as environmentally fit for the use population.

Ключевые слова: хроматография; ХПК; БПК 5; группа азота; растворенный кислород; экология.

Keywords: chromatography, chemical parameters of water, biochemical oxygen demand, nitrogen group, dissolved oxygen, ecology.

Вода — один из наиболее важных природных ресурсов планеты. Проблема ее чистоты волнует жителей всей планеты, а жителей Караидельского района волнует чистота реки Уфа — одного из наиболее значимых водных объектов района.

Караидельский район расположен на севере Башкортостана. Образован 20 февраля 1932 г. Площадь 3786 км², из них 2347 км² занимают леса. В 99 населенных пунктах проживает 28,3 тысяч человек. Из-за обилия хвойных лесов, гор и Павловского водохранилища, реки Уфа (с притоками рек Юрюзань, Кирзя, Байки, Урюш) в народе район называют «второй Швейцарией» [4].

Загрязнение водных объектов является наиболее значимой. Без воды человек не может прожить более трех суток но, даже понимая всю важность роли воды в его жизни, он все равно продолжает напряженно использовать водные объекты. Имеют место:

- использование воды на разные цели;
- хозяйственно-бытовое обслуживание;
- стоки промышленных предприятий;
- складирование твердых отходов и т. д.

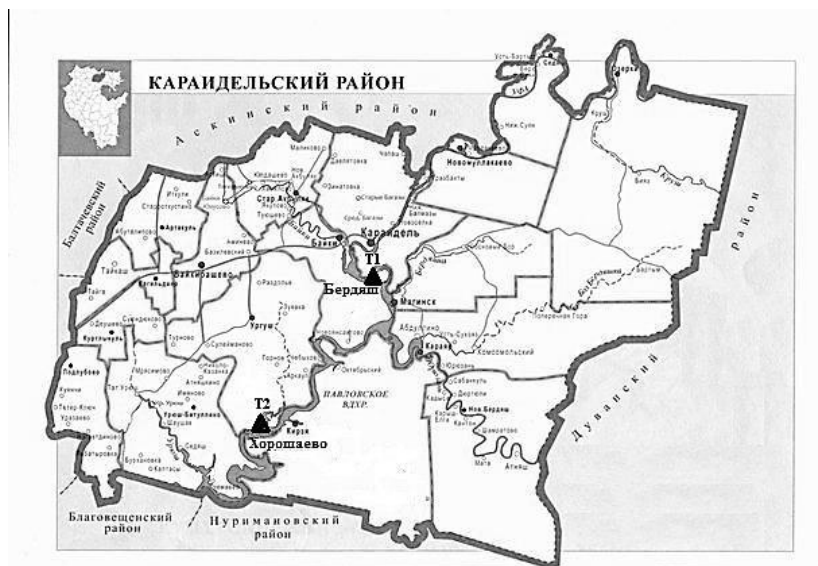
Основной водной артерией Башкортостана является р. Белая (Агидель). **Река Уфа́**, Уфимка (башк. Өфө), Караидель (башк. Каризел «Чёрная река») является правым притоком реки Белая, длиной 918 км

и площадью бассейна 53,1 тыс. км². Река, имея преимущественно снеговое питание, отличается хорошо выраженным весенним половодьем, более слабым осенним *подземом* от дождей и относительно устойчивым ледяным покровом, который устанавливается после перехода среднесуточной температуры воздуха через — 5⁰С [4].

Исследование качества воды реки Уфа проводилось по двум показателям:

- органолептические;
- химические.

Было выбрано две точки отбора: д. Бердяш (*T-1*) и д. Хорошаево (*T-2*) Караидельского района, исследования проведены в апреле, июле и ноябре 2012 года (рис. 1).



**Рисунок 1. Точки отбора проб воды: (T-1) д. Бердяш;
(T-2) д. Хорошаево**

Условия отбора проб воды реки Уфа Караидельского района представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Условия отбора пробы воды

№ п/п	Точка отбора	Дата, месяц Время, час, мин.			Дата, месяц Погодные условия			Глубина, м
		апрель	июль	ноябрь	апрель	июль	ноябрь	
1	Т-1	15:40	9:45	9:40	ясно, ветер Ю-В	ясно, ветер Ю-В	снег, ветер Ю-З	0,2-0,3
2	Т-2	14:00	10:55	11:45				0,2—0,3

Температура воды и воздуха в момент отбора пробы соответствовала сезону и представлена в таблице 2.

Таблица 2.

Температура отбора пробы

№ п/п	Точка отбора	Температура воды, 0С			Температура воздуха, 0С		
		апрель	июль	ноябрь	апрель	июль	ноябрь
1	Т-1	+3	+13	+1	+3	+13	-5
2	Т-2	+2	+11	+2	+3	+14	-4

Анализ воды проводился с использованием следующих приборов:

- спектрометр;
- атомно-абсорбционный «Квант — Z.ЭТА»;
- спектрофотометр «Leki»;
- хроматограф «Кристаллюкс — 4000 М»;
- анализатор вольт амперметрический ТА-4».

К наиболее значимым *органолептическим* характеристикам относятся: *вкус, запах и цветность*.

Оценка интенсивности запаха реки Уфа в исследуемых точках соответствует 1 баллу, согласно шкале *интенсивности* запаха, представленной в таблице 3.

Исследования показали, что в реке Уфа не наблюдается перегнивания растительности, в связи с чем цветность в ноябре — низкая (соответственно, прозрачность выше 30 см.) и оценивается до 25 градусов *платино-кобальтовой* шкалы, которая приведена в таблице 3, в апреле — очень высокая (прозрачность выше 15 см.)

и оценивается более 120 градусов, в июле — малая (прозрачность ниже 30 см.) и оценивается от 25—50 градусов [2].

Таблица 3.

Шкала оценки интенсивности запаха и цветности воды

Шкала оценки интенсивности запаха		Шкала оценки цветности воды	
интенсивность запаха	единица измерения, баллы	цветность	единица измерения, градус
Нет	0	Очень малая	до 25
Очень слабая	1	Малая	> 25 до 50
Слабая	2	Средняя	> 50 до 80
Заметная	3	Высокая	> 80 до 120
Отчетливая	4	Очень высокая	> 120
Очень сильная	5		

Результаты органолептических показателей воды реки Уфа приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Органолептические показатели вод реки Уфа

№ п/п	Точка отбора пробы	Органолептические показатели								
		цветность, град			прозрачность, см			запах, баллы		
		апрель	июль	ноябрь	апрель	июль	ноябрь	апрель	июль	ноябрь
1	T-1	165	40	20	15,3	30	>30	1	1	1
2	T-2	106	36	21	16,7	29,7	>30	1	1	1

К химическим характеристикам можно отнести совокупность находящихся в воде веществ, в различных химических и физических состояниях:

- *растворенный кислород и биохимическое потребления кислорода (БПК₅)*. Находящиеся в воде микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности используют растворенный в воде кислород, ПДК которого составляет 2 мг/л. Содержание кислорода находится в пределах ПДК (рис. 2) не меньше 4 мг/л.

По результатам проведенных исследований можно сказать, что биохимическое окисление органических веществ находится в пределах допустимой концентрации (рис. 2).

- *химическое потребление кислорода (ХПК)* — является общепринятым, важным и достаточно быстро определяемым

показателем для характеристики загрязнения природных и сточных вод органическими соединениями. На изменения величины ХПК значительное влияние оказывает объем и режим поступления сточных вод, соответствия ПДК — 14 мг/л.

По результатам исследования выявилось, что ХПК не превышает ПДК, но наблюдается незначительное превышение в апреле. Это может быть связано с тем что режим поступления сточных вод выше, чем в другие месяцы, из-за весеннего половодья (рис. 2).

Химические показатели воды реки Уфа представлены на рисунке 2.

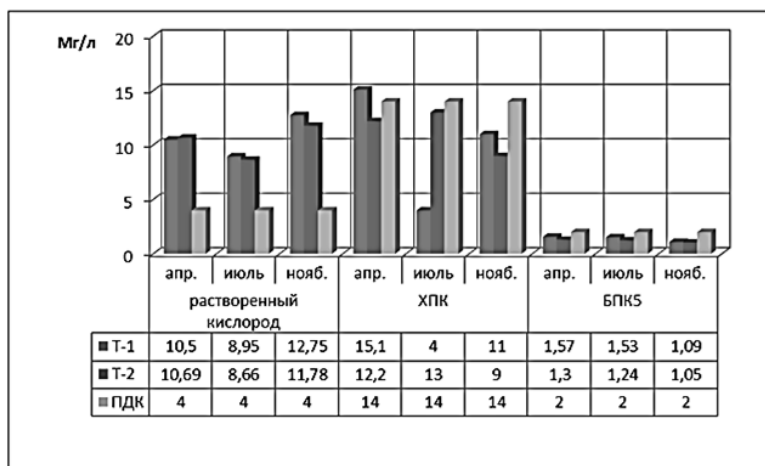


Рисунок 2. Химические показатели воды реки Уфа

- азотная группа: нитраты, нитриты, аммоний. Азот относится к числу биогенных элементов и его соединения имеют особое значение для развития жизни в водных объектах. Минеральные формы азота в водных объектах представлены, главным образом ионами - нитрит, - нитрат, - аммония.

Повышенное содержание *нитритов* возможно в том случае, когда наблюдается усиление процессов разложения органических веществ в условиях более медленного окисления нитритов в нитраты, указывая тем самым на загрязнение водного объекта, являясь важным санитарным показателем. Для нитритов ПДК — 3,3 мг/л в виде иона NO_2^- или 1,0 мг/л в пересчете на азот.

Нитраты являются конечным продуктом минерализации органических азотсодержащих веществ, их содержание в воде,

как правило, значительно превышает содержание аммонийного и нитратного азота. Для нитратов установлено ПДК в размере 10 мг/л по азоту или 45 мг/л в виде иона NO_3^- .

Аммонийный азот в водах находится, главным образом, в растворенном состоянии в виде ионов аммония и молекул аммиака, количественное соотношение которых имеет важное экологическое значение и определяется величиной pH и температурой воды. ПДК составляет 2,0 мг/л по азоту или 2,6 мг/л в виде иона аммония [1—3].

Исследования показали что, азотная группа находится значительно ниже ПДК и подтверждают сезонные колебания этих ионов в реке.

Химические показатели на азотную группу представлены на рисунке 3.

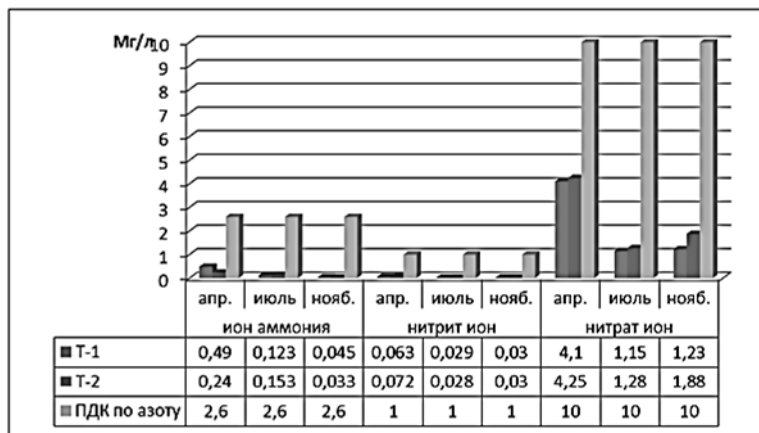


Рисунок 3. Химические показатели на группу азота

Исходя из этого, можно сделать вывод, что исследуемая река не представляет никакой токсической угрозы для жителей Караидельского района.

Район является одним из самых экологически чистых и красивых уголков республики, так как на территории района нет промышленных предприятий.

Природная красота, широта лесного и водного пространства, обилие рыбных запасов нашего края является территорией отдыха для многочисленных туристов и любителей рыболовов не только из Республики Башкортостан, но и из других регионов страны.

Список литературы:

1. Водные ресурсы Башкортостана и проблемы их использования. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://otherreferats.allbest.ru/ecology/00113295_0.html (дата обращения 19.02.2012).
2. Справочник по гидрохимии — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://shr.receptidocs.ru/v6559/?download=1> (дата обращения 13.09.2013).
3. Химическое потребление кислорода в водах. Методика выполнения измерений титриметрическим методом. РД 52.24.421-2007. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://bestpravo.ru/rossijskoje/bs-instrukcii/k2g.htm> (дата обращения 11.09.2011).
4. Электронный паспорт территориальной избирательной комиссии муниципального района Караидельский район. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://kk.convdocs.org/docs/index-95885.html> (дата обращения 12.09.2012).

СЕКЦИЯ 5.

ХИМИЯ

5.1. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

СТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСА $[ZNSO_4 \cdot 2(CH_2)_6N_4]$

Маматураимова Назгул Абдумиталиповна
преподаватель Жалал-Абадского государственного университета,
Республика Кыргызстан, г. Жалал-Абад

Туленбаева Мавлюда Абдыганиевна
канд. хим. наук, доцент
Жалал-Абадского государственного университета,
Республика Кыргызстан, г. Жалал-Абад
E-mail: tulenbaeva1963@mail.ru

Алтыбаева Дилбара Тойчуевна
д-р хим. наук, заведующая кафедрой химии,
и.о. профессора Ошского государственного университета,
Республика Кыргызстан г. Ош
E-mail: [altybaeva --d@mail.ru](mailto:altybaeva--d@mail.ru)

Камалов Жылдызбек Камалович
д-р хим. наук,
Заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин,
профессор Ошского государственного университета,
Республика Кыргызстан г. Ош

COMPOSITION OF $[\text{ZnSO}_4 \cdot 2(\text{CH}_2)_6\text{N}_4]$ COMPLEX

Nazgul Mamaturaimova

*teacher of Jalalabad State University,
Republic of Kyrgyzstan, Jalalabad*

Mavlyuda Tulenbaeva

*candidate of chemical sciences, associate professor
of Jalalabad State University,
Republic of Kyrgyzstan, Jalalabad*

Dilbara Altybaeva

*head of the chair of Chemistry, Doctor of Chemistry, acting professor
of Osh State University,
Republic of Kyrgyzstan, Osh*

Jyldyzbek Kamalov

*head of the chair of Science, Doctor of Chemistry, professor
of Osh State University,
Republic of Kyrgyzstan, Osh*

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена изучению строения комплексного соединения $[\text{ZnSO}_4 \cdot 2(\text{CH}_2)_6\text{N}_4]$ на основе квантово-химического расчета методом MNDO/d и определение способа координации лиганда и сульфат иона с комплексообразователем.

ABSTRACT

The article is devoted to the composition study of coordination compound $[\text{ZnSO}_4 \cdot 2(\text{CH}_2)_6\text{N}_4]$ based on quantum-chemical calculation with help of MNDO/d method and definition of coordination method of ligand and sulfate ion with a complexing agent.

Ключевые слова: комплексообразование; лиганд; квантово-химический расчет; эффективные заряды; длина связи; порядок связи; валентные углы; гексаметиленetetрамин.

Keywords: complexing; ligand; quantum-chemical calculation; effective charges; bond length; bond order; bond angles; hexamethylenetetramine.

Настоящее время интенсивно развивается химия координационных соединений, поскольку многие фундаментальные и прикладные задачи решаются с помощью теории комплексообразования.

Обобщение особенностей комплексообразования в рамках одного класса лиганда и сравнение их реакционных способностей является актуальной. Свойства комплексных соединений определяется структурой комплексов и состоянием координированных лигандов [1].

Равновесная конфигурация комплекса $[ZnSO_4 \cdot (CH_2)_6N_4]$ рассчитанная методом MNDO/d [2] показано на рис. 1. Центральным атомом цинка координируется монодентатно две молекулы гексаметилен-тетрамина и бидентатно сульфат-ионы, которые образуют искаженный тетраэдрический комплекс. Валентные тетраэдрические углы комплекса (табл. 2) $NZnN$, $NZnO$, $OZnO$ равны 102,6; 118,6; 72,08. Анализ изученных геометрических параметров по сравнению с гексаметилентетрамином.

На основе квантово-химического расчета определено геометрические параметры — эффективные заряды атомов, длина и порядок связи, валентные углы, энергии образования, дипольный момент комплекса.

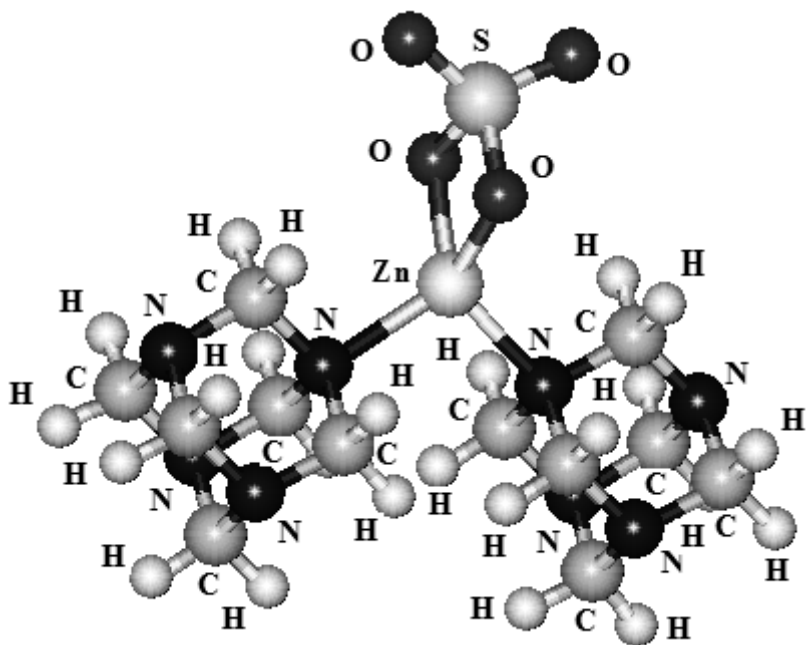


Рисунок 1. Структура комплекса $[ZnSO_4 \cdot 2(CH_2)_6N_4]$

В таблице 1 приведено значение эффективных зарядов атомов комплекса $[\text{ZnSO}_4 \cdot 2(\text{CH}_2)_6\text{N}_4]$. Эффективные заряды на атомах молекулы гексаметилентетрамина и в комплексном соединении $[\text{ZnSO}_4 \cdot 2(\text{CH}_2)_6\text{N}_4]$ распределены так, что отрицательные заряды сосредоточены на атомах азота и кислорода, а атомы серы, цинка, углерода и водорода несут положительные заряды. Эффективные заряды у координированного атома азота к центральному атому более положительны $-0,273e$; $-0,268e$, чем у не координированных атомов азота равно $-0,404e$. У бидентатно координированной SO_4 группы эффективные заряды атомов кислорода более положительные $-0,776e$; $-0,781e$, чем у остальных атомов кислорода $-0,864e$; $-0,854e$.

Таблица 1.

Эффективные заряды на атомах в комплексе $[\text{ZnSO}_4 \cdot 2(\text{CH}_2)_6\text{N}_4]$

Атом	Эффективные заряды	Атом	Эффективные заряды
C	0,196	Zn	0.196
C(корд.)	0,201; 0,204	S	2.26
N(корд.)	-0,273; -0,268	O-	-0.776; -0.781
N	-0,404	O=	-0.864; -0.854
H ¹	0,064; 0.045		

Рассчитанные длины и порядки связей комплекса $[\text{ZnSO}_4 \cdot 2(\text{CH}_2)_6\text{N}_4]$ приведены в таблице 2. В молекуле лиганда длина связи в трех связях CN $1,49 \text{ \AA}$, а у координированной связи CN к центральному атому длина удлиняется на $0,14 \text{ \AA}$. Длина связи N-Zn, Zn-O в комплексе соответственно равны $2,16 \text{ \AA}$; $1,99 \text{ \AA}$.

Вычисленные значения порядков связей (табл. 2) показывает, что рассчитанные порядки связей лиганда изменяется следующим образом: порядок связи CN гексаметилентетрамина уменьшается от $0,93$ до $0,89$ при комплексообразовании, а порядок связи N-Zn, Zn-O, C-N равны $0,57$; $0,69$; $0,96$. Судя по порядку связи CN в комплексе ослабевает при комплексообразовании, а связь N-Zn менее прочны, чем связь Zn-O в комплексе.

Таблица 2.

**Рассчитанные геометрические параметры комплекса
[ZnSO₄ · 2(CH₂)₆N₄]**

Связь	Длина связи, в Å	Связь	Порядок связи	Углы	Углы, в градусах
				CНН	107,2
				NCN	107,2
C-N				NCN(коорд)	109,3
C-	1,49	C-N	0,93	CNC	110,6
N(коорд)	1,53	C-N(коорд)	0,89	CNC (коорд)	126,6
C-H	1,12	C-H	0,96	CНН(коорд)	106,8;
C-	1,12	C-H(коорд)	0,96	HCN	110,8; 111,1
H(коорд)	2,16	N-Zn	0,57	CNzN	108,9
N-Zn	1,99	Zn-O	0,69	NZnN	102,6
Zn-O	1,63	O-S	0,96	NZnO	118,6
O-S	1,50	O=S	1,46	OZnO	72,08
O=S				O-S-O	91,1
				O=S=O	117

Таким образом, в координационных соединениях гексаметилентетрамин может связываться с центральным атомом только монодентатно, а сульфатная группа координируется центральным атомом бидентатно через атом кислорода. Анализ изменений рассчитанных длин и порядков связей комплекса, а также изменение эффективных зарядов на молекуле гексаметилентетрамина в искаженном тетраэдрическом комплексе [ZnSO₄ · 2(CH₂)₆N₄], показывает, что координационная связь N-Zn менее прочнее, чем координационная связь **Zn-O**. Не удалось оптимизировать структуру комплекса, где гексаметилентетрамин выступило бы как бидентатный лиганд.

Список литературы:

1. Матыев Э.С., Аденов Ж.А. и др. «Роль химических элементов и их соединений в экологии, биологии и медицине». Бишкек. Изд. «Технология». 2002 г
2. Hyper Chem. Version 7,5 © Copyright. 2005.HyperCube, Inc

5.2. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ГИДРИРОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ НА АЛЮМОПЛАТИНОВЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ

Шайжанов Нуриман Серикболатович

студент

*Уфимского государственного нефтяного технического университета,
РФ, Республика Башкортостан, г. Уфа
E-mail: nurimanshaizhanov@gmail.com*

Загидуллин Шамиль Галиевич

студент

*Уфимского государственного нефтяного технического университета,
РФ, Республика Башкортостан, г. Уфа
E-mail: zagidullin-shamil@mail.ru*

Ахметов Артур Вадимович

аспирант

*Уфимского государственного нефтяного технического университета,
РФ, Республика Башкортостан, г. Уфа
E-mail: fogin@mail.ru*

Габдраупов Артур Радикович

аспирант

*Уфимского государственного нефтяного технического университета,
РФ, Республика Башкортостан, г. Уфа
E-mail: arturgutty@mail.ru*

Ахметов Арслан Фаритович

*д-р техн. наук, зав. кафедрой «Технология нефти и газа»,
член-корр. АН РБ, профессор*

*Уфимского государственного нефтяного технического университета,
РФ, Республика Башкортостан, г. Уфа
E-mail: tng@rusoil.net*

INVESTIGATION OF THE KINETICS OF THE PROCESS OF AROMATIC HYDROCARBONS HYDROGENATION USING PLATINUM-ON-ALUMINA CATALYST

Shajzhanov Nuriman Serikbolatovich

*student of Ufa State Petroleum Technical University,
Russia, Republic of Bashkortostan, Ufa*

Zagidullin Shamil Galievich

*student of Ufa State Petroleum Technical University,
Russia, Republic of Bashkortostan, Ufa*

Akhmetov Arthur Vadimovich

*postgraduate student of Ufa State Petroleum Technical University,
Russia, Republic of Bashkortostan, Ufa*

Gabraupov Arthur Radikovich

*postgraduate student of Ufa State Petroleum Technical University,
Russia, Republic of Bashkortostan, Ufa*

Akhmetov Arslan Faritovich

*head of department «Oil and gas technology», Doctor of Technical
Sciences, professor of Ufa State Petroleum Technical University,
Russia, Republic of Bashkortostan, Ufa*

АННОТАЦИЯ

В данной работе исследована кинетика гидрирования ароматических углеводородов на алюмоплатиновых катализаторах. Найдены константы реакций при различных температурах. Было определено, что реакции гидрирования концентратов моно- и бициклических ароматических углеводородов имеют первый порядок по сырью, порядок реакций по водороду для проводимых условий равен нулю.

ABSTRACT

In this work the kinetics of hydrogenation of the aromatic hydrocarbons using Pt/Al₂O₃ catalyst has been investigated. Constants of the hydrogenation reactions for different temperatures have been measured. It has been determined, that the hydrogenation reactions for concentrates of mono- and bicyclic aromatic hydrocarbons have first order for feedstock,

the order of the reactions is zero for hydrogen in the interval of studied technological parameters.

Ключевые слова: кинетика реакций; ароматические углеводороды; порядок реакции гидрирования.

Keywords: kinetics of chemical reactions; aromatic hydrocarbons; order of the hydrogenation reactions.

При исследовании кинетики протекания целевых реакций процесса важным является определение их порядка. Знание порядка реакции дает возможность дальнейшего построения кинетической модели процесса. Целью данной работы является исследование кинетики реакций гидрирования концентратов ароматических углеводородов.

В исследовании использовались 2 вида сырья — фракции 180—320 °С (сырье А) и 220—300 °С (сырье В), выделенные из остатков производства ксилолов. Особенностью данного сырья является то, что они полностью состоят из ароматических углеводородов и не содержат серы. Хроматографический анализ показал, что сырье А состоит из 70 % моно-, 28 % би- и 2 % трициклических ароматических углеводородов, сырье В — из 21 % моно- и 79 % бициклических ароматических углеводородов.

По причине отсутствия серы для гидрирования сырья возможно применение высокоактивных катализаторов на основе платины — в ходе исследований использовался алюмоплатиновый катализатор 0,6 % Pt/Al₂O₃. Опыты проводились на пилотной лабораторной установке проточного типа.

В результате проведенной работы были построены графические зависимости степеней превращения x от фиктивного времени реакции τ (рисунки 1 и 2), которые показали нам, что порядок реакции по сырью в исследуемом процессе отличается от нулевого.

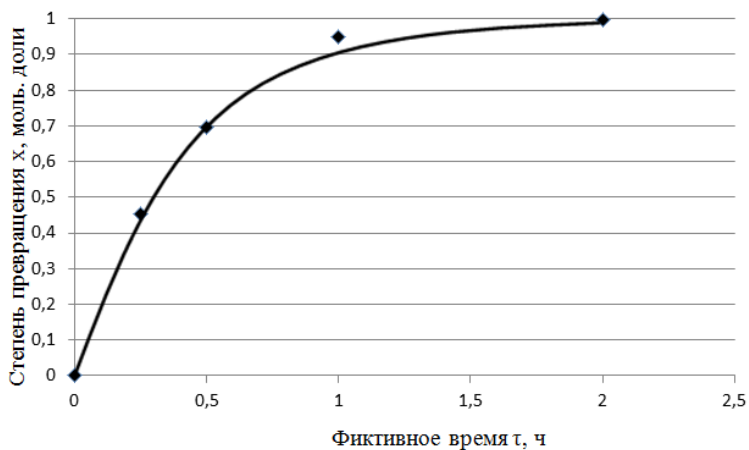


Рисунок 1. Зависимость степени превращения сырья А от фиктивного времени реакции (давление 4,0 МПа, температура 275 °С, соотношение H_2 :сырье 1500 об.)

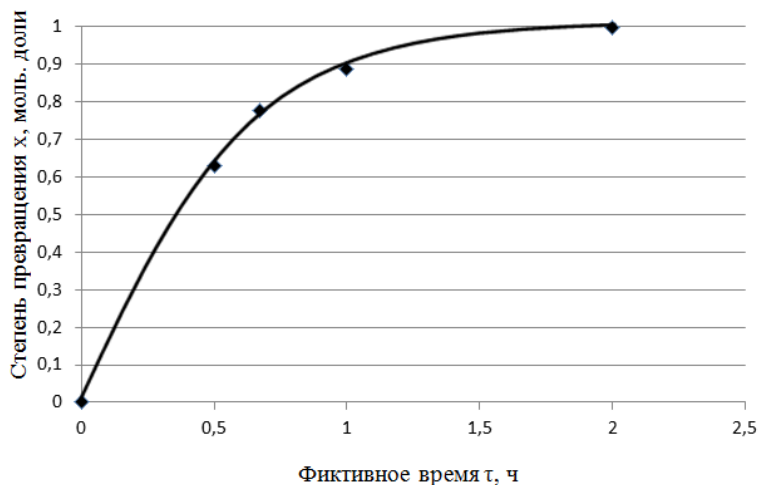


Рисунок 2. Зависимость степени превращения сырья В от фиктивного времени реакции (давление 6,0 МПа, температура 325 °С, соотношение H_2 :сырье 1500 об.)

Согласно методике, изложенной в источнике [1], для проверки первого порядка реакции были построены графические зависимости между $\ln \frac{1}{1-x}$ и τ .

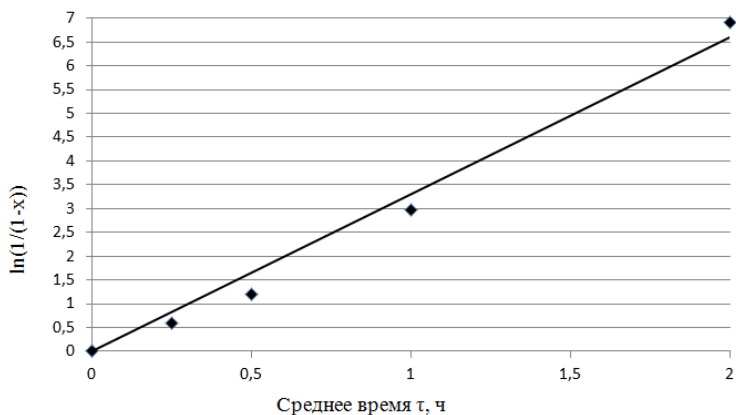


Рисунок 3. Интегральная зависимость для реакции гидрирования сырья А (давление 4,0 МПа, температура 275 °С, соотношение H_2 :сырье 1500 об.)

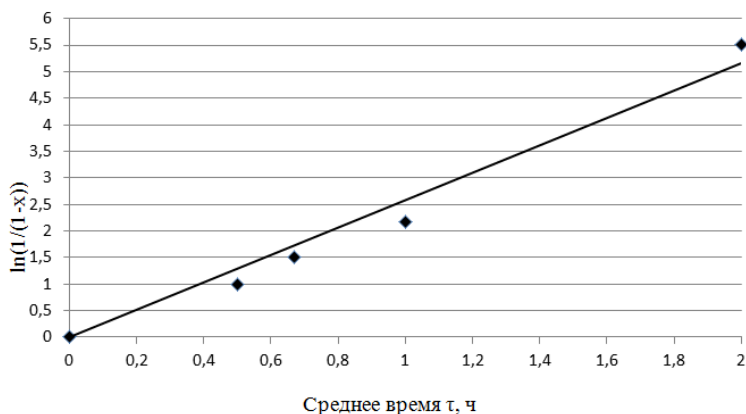


Рисунок 4. Интегральная зависимость для реакции гидрирования сырья В (давление 6,0 МПа, температура 325 °С, соотношение H_2 :сырье 1500 об.)

Из графиков видно, что полученные точки, с учетом погрешности, лежат на одной прямой, значит реакции гидрирования сырья А и В имеют первый порядок по сырью, что соответствует их стехиометрическим коэффициентам в исходных уравнениях реакций гидрирования.

На основании полученных данных были определены константы скорости реакции гидрирования для сырья А и В, которые определялись как тангенс угла наклона полученной прямой интегральной зависимости. Были получены следующие значения:

- для сырья А при давлении 4,0 МПа и соотношении H_2 :сырье 1500 об.: $k_{200^\circ\text{C}} = 1,17 \text{ ч}^{-1}$; $k_{225^\circ\text{C}} = 1,58 \text{ ч}^{-1}$; $k_{250^\circ\text{C}} = 1,74 \text{ ч}^{-1}$; $k_{275^\circ\text{C}} = 3,30 \text{ ч}^{-1}$.
- для сырья В при давлении 6,0 МПа, температуре 325°C и соотношении H_2 :сырье 1500 об. константа скорости составила $k_{325^\circ\text{C}} = 2,58 \text{ ч}^{-1}$.

В ходе исследований водород брался при высоких давлениях и со значительным избытком. опыты показали, что при исследуемых значениях технологических параметров малые изменения концентрации водорода не приводят к заметным изменениям скорости реакций гидрирования, таким образом, порядок реакций гидрирования по водороду можно принять нулевым.

В результате исследования было определено, что суммарный порядок целевых реакций равен единице, при использовании рекомендуемых технологических параметров конверсия сырья зависит от концентрации ароматических углеводородов в первой степени и не зависит от концентрации водорода. Были также определены константы скорости для реакций гидрирования сырья А и В. Полученная информация дает нам возможность для дальнейшего построения кинетической модели процесса гидрирования концентратов ароматических углеводородов.

Список литературы:

1. Безденежных А.А. Инженерные методы составления уравнений скоростей реакций и расчета кинетических констант, Ленинград: Химия, 1973 — 256 с.

СЕКЦИЯ 6.
НАУКИ О ЗЕМЛЕ

**6.1. ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ
И ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ**

**ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ЛЕСОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ
КУРСКОЙ ОБЛАСТИ НА РУБЕЖЕ XX—XXI ВВ.**

Богатырёва Маргарита Алексеевна

*студент IV курса,
ФГБОУ ВПО «Курский государственный университет»,
РФ, г. Курск
E-mail: fktrctq1989@bk.ru*

Лукашова Ольга Павловна

*канд. пед. наук, доцент кафедры физической географии,
ФГБОУ ВПО «Курский государственный университет»,
РФ, г. Курск
E-mail: Olga_lukashova@mail.ru*

CLIMATIC CONDITIONS CHANGES OF FOREST-STEPPE LANDSCAPES OF KURSK REGION AT THE TURN OF XXTH AND XXIST CENTURIES

Margarita Bogatyreva

*4th year student, FSBEI HVE Kursk State University,
Russia, Kursk*

Olga Lukashova

*candidate of pedagogic sciences, associate professor of the chair
of Physical Geography, FSBEI HVE Kursk State University,
Russia, Kursk*

АННОТАЦИЯ

В статье анализируется изменение температуры и количества осадков лесостепных ландшафтов Курской области на рубеже XX—XXI вв. В результате исследований установлено изменение климатических показателей лесостепной зоны (на примере Курской области). Наблюдается тенденция роста температуры воздуха и атмосферных осадков в летнее время.

ABSTRACT

In the article has been made an analysis of temperature fluctuation and amount of precipitations of forest-steppe landscapes of Kursk region at the turn of XXth and XXIst centuries. The results have established the change of climatic indices of forest-steppe zone (by the example of Kursk region). There is observed a tendency of rise of air temperature and atmospheric precipitations in summer.

Ключевые слова: климат лесостепного ландшафта; изменение климата; температура воздуха; атмосферные осадки.

Keywords: climate of forest-steppe landscape; climate change; air temperature; atmospheric precipitations.

Климат меняется, и этот факт уже не отрицает ни один ученый. Изменяется он обычно очень медленно, на протяжении столетий, веков и тысячелетий. Историю изменения климата Земли можно объяснить разными фактами: изменением светимости Солнца, изменением концентрации углекислого газа в атмосфере, изменением соотношения суши и океанической поверхности. Согласно данным Барбина М.Ю. [1], последнее столетие стало рекордно теплым

за последнюю тысячу лет, что связано с увеличением концентрации углекислого газа.

Климат лесостепи юго-запада Восточно-Европейской равнины умеренно-континентальный. Он характеризуется следующими параметрами: неустойчивым увлажнением (коэффициент увлажнения колеблется от 0,6 до 1,0); годовое количество осадков 600 мм; умеренно мягкой зимой (средняя температура января составляет от -7° до -10°C .). В тоже время, зимние условия могут характеризоваться суровыми морозами и мягкими зимами. Абсолютный минимум в зоне лесостепи равен -30 — -40°C . [5] Лето лесостепи теплое и местами даже сухое. Средняя температура июля достигает 20 — 22° . Абсолютный максимум в лесостепи зависит от широты и составляет для исследуемой территории около 35 — 40°C .

Изменение климатических параметров во времени мы можем проследить на примере Курской области. Ее климатические особенности обусловлены положением в поясе умеренно-континентального климата лесостепной зоны, на юго-западных склонах Среднерусской возвышенности. Климат Курской области умеренно-континентальный. Солнечное продолжительное лето сменяется относительно холодной зимой с устойчивым снежным покровом. Средняя годовая температура воздуха на территории области изменяется от $4,6^{\circ}$ на севере (Поныри) до $6,1^{\circ}$ на юго-западе (Коренево). По количеству осадков территория области относится к зоне умеренного увлажнения (500 — 600 мм в северо-западной части и 400 - 500 мм в восточной и юго-восточной) [2].

Анализ среднегодовых показателей температуры воздуха по Курской области выявил их превышение над многолетними показателями. Современная климатическая динамика характеризуется рядом существенных особенностей, В первую очередь это касается устойчивого роста температуры, в основном за счет зимних месяцев, а также роста увлажненности (рис. 1) [4].

Начало сороковых годов 20 столетия характеризовалось снижением температуры в зимние месяцы. В 50-х годах это отразилось и на летних сезонах. С конца 60-х годов температура начала увеличиваться и это продолжается до сих пор. Летом 2010 года была зафиксирована самая высокая температура по станции Курск — $38,8^{\circ}\text{C}$. По данным архива максимальная среднегодовая температура наблюдалась в 2000 году и составляла $12,1^{\circ}\text{C}$, минимальная была в 1969 году и составила $0,3^{\circ}\text{C}$, средняя наблюдалась в 1989 году и составляла — $7,8^{\circ}\text{C}$ [6].

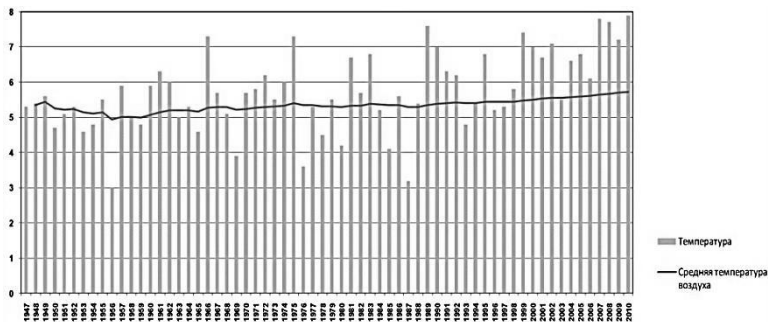


Рисунок 1. Показатели температуры за 1947—2010 г.

Можно выделить периоды, в пределах которых территория области была в условиях большего или меньшего изменения среднегодовых температур. Наиболее холодный 1966—1985 гг, а наиболее теплый — 2005—2011 гг. (рис. 2). Рост температур происходит за счет увеличения зимних температур. С начала XXI века наблюдается рост летних температур.

На протяжении XX века также наблюдался рост количества осадков с 1947 по 1968 гг. количество осадков увеличивалось на 22,7 мм/10 лет. В течение 1969—2011 гг. тенденция изменения осадков также была положительной (рис. 3) [4].

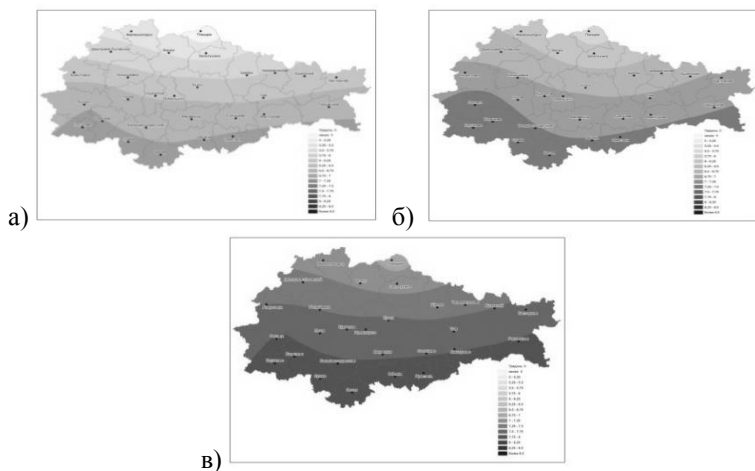


Рисунок 2. Среднегодовая температура за период с а) 1966—1985 гг. б) 1986—2005 гг. в) 2005—2011 гг.

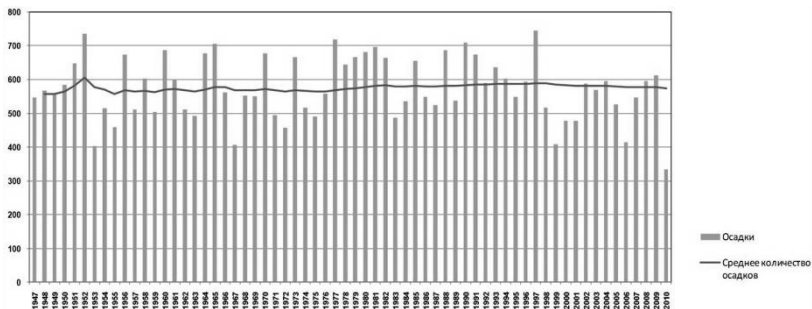
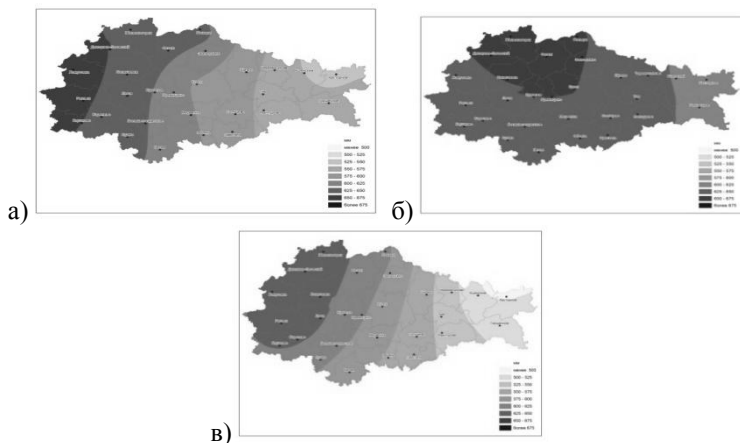


Рисунок 3. Количество осадков за 1947—2010 г.

Максимальное количество осадков за этот период выпало в 2001 г. и составило 848 мм, а минимальное — в 1975 г и составило 420 мм. [6]. Территориально в пределах области наиболее увлажненным остается запад и север области, а восток — менее увлажнен. В тоже время период 1986—2005 гг. был наиболее увлажненным для всей области (рис. 4).



**Рисунок 4. Среднегодовое количество осадков за период
а) 1966—1985 гг. б) 1986—2005 гг. в) 2005—2011 гг.**

Отметим, что количество осадков в зимний период было нестабильным, о чем свидетельствует цикличность мощности снежного покрова, его плотности и водности. По данным наблюдений, прошедшее десятилетие не отмечалось резким изменением мощности

снежного покрова, несмотря на периодичность теплых и холодных зим. В большей степени увеличилось количество зим с малым водозапасом снега [3].

На основе полученных данных можно сделать определенный вывод о том, что климат степных ландшафтов Курской области изменяется в соответствии с общими тенденциями изменения климата умеренных широт. Между показателями роста или снижения показателей температур и осадков прямой закономерности не прослеживается, они меняются независимо друг от друга.

Список литературы:

1. Бардин М.Ю. Изменчивость температуры воздуха над западными территориями России и сопредельными странами в XX веке. Метеорология и гидрология. 2002. — 203 с.
2. Кабанова Р.В., Кудинова М.Р., Соколовский Л.Б. География Курской области: Учеб. пособие для школ Курской области. Курск: издательство КГПУ, г. Курск, 1997. — 112 с.
3. Лукашова О.П., Лунин В.Н. Региональные эффекты глобального изменения климата// Снежный покров как показатель изменения климата. Воронеж, 2012. — С. 75.
4. Официальный сайт Центрально-Черноземного государственного природного биосферного заповедника имени профессора В.В.Алехина. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://zapoved-kursk.ru/> (дата обращения 15.11.2013).
5. Времена года в лесостепи. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: — <http://www.geo-site.ru/index.php/2011-01-09-16-50-20/71/612-2011-09-23-19-38-23.html>(дата обращения 10.01.2014).
6. Архивные данные по метеостанции Курск. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: — http://thermograph.ru/mon/st_34009.htm (дата обращения 10.01.2014).

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Быкова Анна Владимировна

Мальцева Наталия Евгеньевна

Павлова Дарья Сергеевна

Субботина Марина Николаевна

Соклакова Ольга Сергеевна

*студенты 2 курса естественно-географического факультета
ФГБОУ ВПО Курский государственный университет,
РФ, г. Курск*

Лукашова Ольга Павловна

*канд. пед. наук, доцент зав. кафедры физической географии
и геоэкологии, ФГБОУ ВПО Курский государственный университет,
РФ, г. Курск*

E-mail: nataliya.malceva.2013@mail.ru

EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON AGRICULTURE

Bykova Anna

Malceva Natalia

Pavlova Daria

Subbotina Marina

Soklakova Olga

*2nd year students of the natural geographical faculty
FSEI OF HPE Kursk State University,
Russia, Kursk*

Lukashova Olga

*candidate of pedagogical sciences, associate professor head of department
of Physical geography and geoecology,
FSEI OF HPE Kursk State University,
Russia, Kursk*

АННОТАЦИЯ

В России сельское хозяйство в значительной степени зависит от климатических условий и их колебаний. Позитивные последствия изменения климата для увеличения урожайности России предсказываются и зарубежными экспертами. Вместе с тем, во многих прогнозах выделяются и негативные последствия глобальных изменений для сельского хозяйства.

ABSTRACT

In Russia agriculture is heavily dependent on climatic conditions and their fluctuations. Positive effects of climate change to increase productivity are predicted by Russian and foreign experts. However, in many projections the negative effects of global changes for agriculture are allocated.

Ключевые слова: сельское хозяйство; климат; изменение; урожайность сельхозкультур; гидротермический коэффициент.

Keywords: agriculture; climate; change; productivity of crops; hydrothermal coefficient.

Согласно докладу Росгидромета за 2011 год, потепление климата на территории России оказалось заметно больше глобального: аномалии среднегодовой температуры по территории России достигают 3—4 °С (по данным 2012 года до 7 °С и более), в то время как для земного шара они лишь несколько превосходят 1 °С. За последние 100 лет (1907—2006 гг.) по данным сети Росгидромета потепление в целом по России составило 1,29 °С при среднем глобальном потеплении, согласно Четвертому оценочному докладу МГЭИК, 0,74 °С за 150 лет [1].

В России сельское хозяйство в значительной степени зависит от климатических условий и их колебаний. Последние 10—15 лет оказались самыми тёплыми и влажными в России. Повторяемость летних засух на Европейской территории страны заметно возросла за последнее десятилетие прошлого века. Так же изменились зимние условия: повышение температуры воздуха зимой, уменьшение зимних осадков и частые оттепели повлекли за собой уменьшение снежного покрова. Повсеместно повысилась повторяемость аномально теплых зим [5].

Прогнозировать качественные последствия для России в результате глобального изменения климата очень сложно в силу неопределенности многих природных изменений. В экономике России сельскохозяйственное производство в наибольшей степени зависит от возможных изменений климата. По оценкам специалистов воздействие на сельское хозяйство глобального потепления будет неоднозначным, негативные последствия могут сочетаться с позитивными. Во многих климатических сценариях и прогнозах подчеркивается, что изменение климатических условий будет связано с изменением частоты неблагоприятных для сельского хозяйства явлений. Опасным может стать рост вероятности низких урожаев в результате увеличения частоты и повторяемости засух и повышения засушливости на территориях ряда регионов (Табл. 1).

Общий тон имеющихся в России сельскохозяйственных прогнозов позитивный, в них предсказываются положительные результаты глобального потепления климата для сельского хозяйства России. По оценкам Национального доклада по проблемам изменения климата, подготовленного Минэкономразвития России (2002) совместно с другими ведущими ведомствами, баланс положительных и отрицательных последствий изменения природной среды и климата для сельского хозяйства страны в целом можно оценить как положительный. Среди положительных последствий выделяются следующие:

- увеличение площади земель, пригодных для земледелия;
- рост продолжительности вегетационного периода;

- увеличение теплообеспеченности сельскохозяйственных культур;
- улучшение условий перезимования полевых и садовых культур.

Таблица 1.

**Частота атмосферных засух за сто лет 1891—1991 гг.
по регионам России [2]**

Регионы	Частота засух, %		
	сильных	средних	всего
Центральный район	7	10	17
Волго-Вятский район	7	10	17
Центрально-Чернозёмный район	12	12	24
Северо-Кавказский район	15	15	30
Нижнее Поволжье	23	17	40
Среднее Поволжье	17	19	36
Южный Урал	23	19	42
Средний Урал	8	12	20

Вместе с тем в докладе отмечается, что для реализации потенциальных преимуществ необходима предварительная адаптация сельскохозяйственного производства к ожидаемым глобальным изменениям климата и среды.

Глобальное потепление позволит расширить посевы особо ценных и дефицитных для России сельскохозяйственных культур: площадь пригодная для выращивания кукурузы (на зерно) к моменту удвоения содержания CO₂ может возрасти в 3,7 раза; на Северном Кавказе и в Нижнем Поволжье рост термических ресурсов позволит создать базу для производства хлопка-сырца, винограда, чая и других ценных субтропических культур достаточную для удовлетворения потребностей страны при возможном росте мировых цен.

В соответствии с имеющимися прогнозами изменения климата в целом по стране наибольшего прироста урожайности следует ожидать в ближайшие 30—70 лет, причем пик роста урожайности будет через 60—70 лет (см. Таблицу 2). Через 90—100 лет урожайность может снизиться. По зерновым культурам урожайность в России в среднем возрастет (к современному уровню): через 30—40 лет на 11 %, через 60—70 лет — на 14 % и через 90—100 лет она может понизиться. Аналогичные тенденции будут наблюдаться и для кормовых культур.

Только за счет повышения концентрации углекислого газа прирост валового сбора зерна может составить 2—3 %.

Наивысших приростов урожайности следует ожидать в северных и центральных регионах. В наиболее неблагоприятных условиях с вероятным снижением урожайности зерновых окажутся Северо-Кавказский, Западно- и Восточно-Сибирские регионы (Таблица 2).

Курская область — регион с достаточно крупным агропромышленным комплексом. На долю сельского хозяйства приходится около 15 % валового регионального продукта Курской области.

Курская область является крупным производителем зерновых культур, сахарной свеклы, картофеля, овощей и поставщиком сельскохозяйственной продукции в другие регионы страны.

Сельскохозяйственный потенциал региона определяют черноземы. Природные условия позволяют получать многим сельскохозяйственным производителям зерновых культур до 60, сахарной свеклы — до 550, силосных культур — до 600, картофеля — до 300 центнеров с гектара.

Таблица 2.

Реакция урожайности сельскохозяйственных культур на возможные изменения климата и рост содержания CO₂ в атмосфере (в % от современного уровня урожайности)

Регион	Кормовые культуры			Зерновые культуры		
	Срок реализации сценария (годы)					
	30—40	60—70	90—100	30—40	60—70	90—100
Северный	22	32	31	26	24	13
Северо-Западный	21	24	30	22	12	22
Калининградский	22	22	20	34	25	29
Центральный	19	24	17	27	25	13
Волго-Вятский	21	30	19	20	26	11
ЦЧО	20	24	7	15	15	-7
Поволжье, Сев.	24	30	8	16	19	-10
Поволжье, Юг	5	14	1	7	30	20
Северо-Кавказский	2	3	-7	-6	-7	-13
Уральский	14	28	17	11	16	-7
Западно-Сибирский	6	19	1	-7	-1	-23
Восточно-Сибирский	0	0	-4	-12	-18	-24
Дальневосточный	6	13	7	10	12	5
Россия	13	21	11	11	14	-1

Анализ климатических справочников [3, 4] позволил выполнить агроклиматическое районирование Курской области. Агроклимати-

ческое районирование — это деление территории на районы по признаку сходства и различия их агроклиматических условий. Оно дает научное обоснование размещения сельскохозяйственных культур и приемов их возделывания в различных климатических зонах и основывается на дифференцированной оценке значения факторов климата для жизни растений и законе незаменимости факторов, определяющих их жизнедеятельность.

Анализ статистических показателей позволяет выделить два основных района.

Агроклиматический район I — северная часть области. Суммы средних суточных температур за период активной вегетации растений колеблются в пределах 2300—2400. Сумма осадков за этот период составляет 270—300 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в районе Тимской гряды, наименьшее к востоку от неё. Гидротермический коэффициент равен 1,2—1,3.

В состав этого агроклиматического района входят следующие административные районы: северная часть Хомутовского, Дмитриевский, Железнодорожный, Коньшевский, Фатежский, Золотухинский, северная часть Курского и Солнцевского, Щигровский, Черемисиновский, Тимский, Советский, большая часть Касторенского и северная часть Горшеченского района.

По разновидностям почв район I можно разделить на два подрайона:

Подрайон а) — с лесными почвами, преимущественно средне- и легкосуглинистыми;

Подрайон б) — с черноземными почвами, преимущественно тяжёлосуглинистыми и глинистыми. Граница между подрайонами проходит к западу от реки Тускарь.

Район II. Суммы средних суточных температур за период активной вегетации растений колеблются в пределах 2400—2550. Сумма осадков за этот период составляет 270—300 мм. Наименьшее количество осадков выпадает в Суджанском, Беловском, Солнцевском и Пристенском районах, то есть в долинах рек Псел и Сейм. Гидротермический коэффициент равен 1,1—1,3.

Таким образом, в агроклиматическом районе I условия обеспечения сельскохозяйственных культур влагой более благоприятны, а обеспечения теплом менее благоприятны, чем в районе II.

Позитивные последствия изменения климата для увеличения урожайности России предсказываются и некоторыми зарубежными экспертами. Согласно оценкам специалистов из Министерства метеорологии Великобритании в среднем урожайность в России может возрасти на 10 %, тогда как во многих странах, расположенных вблизи

экватора и в Южном полушарии, она может существенно уменьшиться — на 20—40 % [1].

Вместе с тем во многих прогнозах выделяются и негативные последствия глобальных изменений для сельского хозяйства. Отмечается значительное изменение погодных условий для сельскохозяйственного производства в традиционных аграрных районах, что будет связано не только с тем, что климат будет более теплым, но он станет и более сухим. Смещение природно-климатических поясов на север может повлечь за собой негативные процессы. Площадь подверженной засухе степной и лесостепной зоны, где сейчас сосредоточено основное сельскохозяйственное производство, возрастет в 1,8 раза. И эта зона распространится к северу, вплоть до южных границ Московской, Владимирской и Нижегородской областей. Особенно далеко к северу продвинутся степи Сибири. На юге России начнется аридизация, сухие степи Поволжья и Северного Кавказа превратятся в пустыни. Все это отрицательно скажется на традиционных аграрных регионах.

Согласно пессимистическому сценарию Канадского Климатического Центра в результате перемен климата произойдет значительный рост температур в основных сельскохозяйственных регионах России на 6-8° С зимой и на 4—5° С летом. Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур летом снизится; географические зоны сместятся на север на 800—900 км. Произойдет аридизация лесостепной и степной зон. Общая биологическая продуктивность снизится в большинстве земледельческих районов на 10—20 %, а в отдельных до 30—40 %, что вызовет значительное снижение урожая.

Для Курской области в настоящее время наблюдается смешивание сельскохозяйственных культур севера и юга. Наряду с традиционными зерновыми и техническими культурами стали производить в большем объёме такие технические культуры как рапс, подсолнух, лён, а так же зерновые, например, пшеницу твёрдых сортов.

Таким образом, имеющиеся прогнозы достаточно противоречивы, однако, как уже отмечалось, преобладают оптимистические взгляды на последствия изменения климата для аграрного сектора страны.

Список литературы:

1. Бобылев С.Н. Воздействие изменения климата на сельское хозяйство и водные ресурсы//Научные и аналитические статьи [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.rusrec.ru/kyoto/articles/art_climate_agricult.htm (дата обращения: 20.12.2013).
2. Влияние глобальных изменений климата на функционирование основных отраслей и здоровье населения России. М.: Эдиториал УРСС, 2001, — С. 192.

3. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. Сайт Росгидромета. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.global-climate-change.ru/index.php/ru/climate-rf/78-about-climate-rf/180-doklad-o-klimате-rf-za-2011> (дата обращения: 15.12.2013).
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Часть 1—6. Выпуск 28. Ленинград. Гидрометеиздат. 1990. — 355 с.
5. Региональные эффекты глобальных изменений климата (причины, последствия, прогнозы): Материалы международной научной конференции (г. Воронеж, 26—27 июня 2012 г.). Воронеж. изд-во «Научная книга» 2012. — 576 с.
6. Climate Change and Its Impacts: A Global Perspective. 1997, U.K. Meteorological Office. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://cedadocs.badc.rl.ac.uk/237/> (дата обращения: 20.12.2013).

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА КУРСКОЙ ОБЛАСТИ В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА РОССИИ

Лукашова Ольга Павловна

*канд. пед. наук, доцент, КГУ,
РФ, г. Курск*

Пьяных Евгений Александрович

Заволокин Михаил Владимирович

Васюрин Владимир Михайлович

Петров Сергей Сергеевич

*студенты 2 курса направления подготовки География, КГУ,
РФ, г. Курск*

E-mail: pyanykh1994@mail.ru

CLIMATE CHANGE KURSK REGION IN THE CONTEXT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE IN RUSSIA

Lukashova Olga

*candidate of pedagogical sciences, associate professor, KGU,
Russia, Kursk*

Pyanykh Evgeny

Zavolokin Mikhail

Vasyurin Vladimir

Petrov Sergey

*2nd year students, training section geography, KGU,
Russia, Kursk*

АННОТАЦИЯ

Статья показывает изменение климата Курской области. В тексте статьи приведены статистические данные погоды региона и их анализ.

ABSTRACT

The article shows the climate change in Kursk region. The text of the article contains the statistical weather data of the region and their analysis.

Ключевые слова: Климат; изменение; Курская область; анализ данных; гидрометеосети; потепление; похолодание.

Keywords: climate; change; Kursk region; data analysis; hydrometeorological networks; warming; cooling.

Во все времена люди проявляли интерес к погоде. Ведь от нее зависело не только благополучие, но и жизнь человека. Универсальной истиной, касающейся погоды, является тот факт, что погода изменчива. Изменяется она на Земле повсеместно и непрерывно [4]. В последнее время материалов об изменениях климатических параметров России накопилось достаточно. В основном это информация Гидрометеосети, поэтому основные черты климата России могут быть охарактеризованы достаточно точно. Среди заметных климатических событий XX в. выделяют постепенное потепление до 1920-х годов. В этот период температура воздуха плавно росла примерно на 0,5 °С. Затем в эпоху так называемого арктического потепления 1930—1940-е г.,

когда в полярных широтах повышение было заметно на несколько десятых градусов, хотя в среднем температурный фон по стране менялся незаметно. Затем после этого наблюдался период снижения температуры 1950—1960 г. на 0,3 °С. С начала 1980-х г. среднегодовая температура воздуха заметно повышалась, что соответствует современному глобальному потеплению; и составила в среднем по территории страны 1 °С [2]/

В настоящее время большинство учёных (Кононова Н.К., Аксимов Л.М., Задорожная Т.Н.) считают, что в мире идёт и продолжится в обозримой перспективе глобальное потепление, связанное, прежде всего, с антропогенным фактором. Любое изменение в способности Земли отражать и поглощать тепло, в том числе вызванное увеличением содержания в атмосфере тепличных газов и аэрозолей, приведет к изменению температуры атмосферы и мировых океанов, нарушит устойчивые типы погоды [2] .

Для того чтобы рассмотреть Курскую область в тенденции современного глобального изменения климата, рассмотрим приведенные ниже справочные материалы (табл. 1. и рис. 1).

Таблица 1.

Статистика погоды по годам (г. Курск) [5]

Год	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек	Ср.год
1949									12	5	1	-4	3,5
1950	-17	-6	-2	10	16	16					0	-6	1,4
1954	-15	-16	-4	4	15	21	21	20	14	7	1	-4	5,3
1959	-2	-5	-3		15	21	23	19	10	3	-4	-10	6,1
1963	-17	-9	-7	4	17	16	21	20	16	7	1	-10	4,9
1967	-13	-12	-1	7	18	17	19	19	14	10	2	-8	6
1973	-10	-1	-2	9	14	17	18	16	9	5	-1	-4	5,8
1977	-12	-5	-0	8	15	17	19	16	10	4	3	-9	5,5
1981	-6	-5	-3	3	15	21	21	18	13	8	-1	-2	6,8
1985	-10	-15	-6	7	16	16	17	20	12	6	-3	-5	4,6
1989	-2	0	3	9	14	20	18	18	13	7	-2	-4	7,8
1992	-4	-5	2	5	13	18	19	21	12	4	-1	-6	6,5
1996	-11	-10	-6	7	18	18	20	19	11	6	4	-8	5,7
1999	-4	-4	0	11	11	21	23	18	13	8	-4	-2	7,6
2002	-6	1	3	9	14	18	23	19	13	5	0	-11	7,3
2005	-2	-9	-5	9	17	16	20	20	15	7	1	-3	7,2
2008	-6	-2	2	10	11	16	19	18	11	9	2	-2	7,3
2010	-13	-5	-1	9	18	23	27	25	15	5	6	-4	8,8
2011	-7	-11	-3	8	17	20	23	20	14	6	-1	0	7,2
2012	-6	-11	-2	12	18	19	23	20	15	9	3	-7	7,8

Итого	-8	-7	-2	7	14	18	20	18	13	6	0	-5	6
-------	----	----	----	---	----	----	----	----	----	---	---	----	---

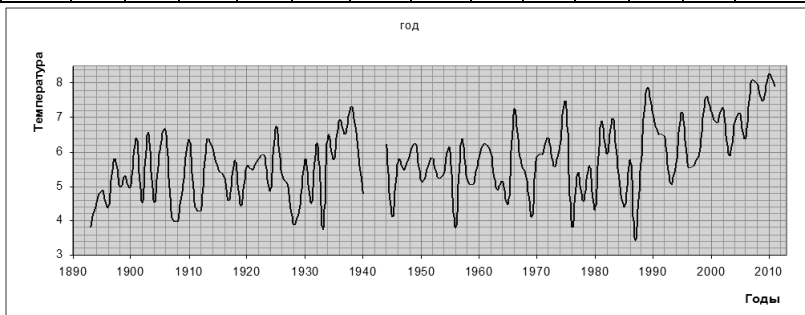


Рисунок 1. Тенденция изменения среднегодовой температуры воздуха (по работе Бахтояровой О.) [1]

Основываясь на анализе данных, имеющихся по изменениям климата на территории Курской области (график, таблица), мы можем сделать вывод о том, что до 1920-х годов наблюдается небольшое потепление, также в промежуток времени с 1930 по 1940-е годы изменение температур соответствует общероссийским, в 1950—1960-е годы среднегодовая температура незначительно снижается, в период времени с 1980-х годов продолжается постепенное потепление в среднем на 1 градус Цельсия, что соответствует современной тенденции глобального потепления. Самая высокая среднемесячная температура июля зарегистрирована летом 2010 года: она составила +27 градусов, а самая низкая температура января –17 градусов зарегистрирована зимой 1950 года.

Наши наблюдения лета 2013 года подтверждают общий вывод о тенденциях изменения климата. Серийные наблюдения проводились нами 24 июля 2013 г. [3]. Среднее значение температуры составило 20,8 °С. Этот показатель характеризует увеличение летних температур в умеренных широтах европейской части России за последние 10 лет. Максимальная температура в течение суток наступила не в 13:00—14:00, а в 18:00, и составила 23,1 и 22,1 на высотах 150 см и 10 см соответственно. На распределение температуры влияют разные факторы (радиационный и циркуляционный факторы, подстилающая поверхность, микрорельеф), вследствие чего распределение температуры может отклоняться от зонального. В нашем случае главным фактором стал циркуляционный: прохождение через точку наблюдения периферийной части холодного циклона в период максимально возможных температур. Атмосферное давление

составляло 734 мм. рт. ст, его низкое значение связано с тем, что мы оказались во власти периферийной части циклона, где градиенты давления обычно падают. Относительная влажность составила 83 %, что немного больше нормы. В момент наших наблюдений осадки фиксировались в течение четырех часов. В 7:00 в виде ливневого дождя, а затем в 8:00, 11:00, 16:00 в виде морозящего дождя. В день наблюдения преобладал ветер С-З направления, со скоростью 1—2 м/с.

Таким образом, наблюдение погодных условий 24 июля 2013 г. показали, что в целом значительных отклонений от средней многолетней нормы не наблюдалось. Повышенная циклоническая активность, вызвавшая снижение температурного фона, может быть отнесена к нормальным метеорологическим условиям для умеренных широт европейской части России.

Список литературы:

1. Бахтоярова О. Выпускная квалификационная работа «Особенности влияния зимних атмосферных осадков на экологическое состояние природных и урбанистических территорий. ВКР Курский гос. ун-т. 2012.» Курск, КГУ. 2011. — 62 с.
2. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2012 год. М., 2013. — 86 с.
3. Отчет по итогам прохождения полевой практики по метеорологии. Курск. КГУ. 2013. — 45 с.
4. Пьяных Е. Погодные условия лета 2013 года (КБС ИГРАН) в контексте тенденции изменения климата умеренных широт/Практика как основа выполнения научно-исследовательской работы студентов и магистрантов: ежегодный сборник статей по результатам проведения полевых и производственных практик студ., 2013 г./ отв. ред. И.А. Гонеев. — Курск: Курск. гос. ун-т, 2013. — С. 6—11.
5. Статистика погоды по годам (г. Курск). [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.atlas-yakutia.ru/weather/climate_russia-III.html (дата обращения: 2.12.2013).

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА ГОРОДА КУРСКА

Шевцова Екатерина

студент IV курса,

ФГБОУ ВПО «Курский государственный университет»,

РФ, г. Курск

E-mail: shevtsova1992@mail.ru

Лукашова Ольга Павловна

канд. пед. наук, доцент кафедры физической географии,

ФГБОУ ВПО «Курский государственный университет»,

РФ, г. Курск

E-mail: Olga_lukashova@mail.ru

PECULIARITIES OF THE ENVIRONMENTAL FRAME OF KURSK

Shevtsova Ekaterina

4th year student, FGBOU WPO «Kursk State University»,

Russia, Kursk

Lukashova Olga

candidate of pedagogic sciences, reader in Physical Geography,

FGBOU WPO «Kursk State University»,

Russia, Kursk

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены основные ландшафтно-функциональные зоны города Курска и их размещение. Проведён анализ обеспеченности территории города Курска элементами экологического каркаса.

ABSTRACT

The article deals with the main landscape-functional zones of Kursk and their location. The analysis of the prosperity of Kursk with the elements of the landscape-functional zones was carried out.

Ключевые слова: экологический каркас территории; ландшафтно-функциональные зоны; ландшафт; типы местности.

Keywords: environmental frame of territory; landscape-functional zones; landscape; types of locality.

В настоящее время экологический каркас является одним из важнейших элементов планирования городских земель, а также основным средством сохранения благоприятной экологической обстановки в городе. Его создание необходимо вести, прежде всего, с учетом градостроительных структур и степени озеленения городских земель и пригородной зоны.

Экологический каркас территории — это совокупность ее экосистем с индивидуальным режимом природопользования для каждого участка, образующих пространственно организованную инфраструктуру, которая поддерживает экологическую стабильность территории, предотвращая потерю биоразнообразия и деградацию ландшафта [1].

Город Курск расположен в средних широтах умеренного пояса, в центре Восточно-Европейской равнины, на юго-западных склонах Среднерусской возвышенности, в пределах лесостепной зоны центрально-чернозёмного региона. Город находится в центре области, на правом высоком берегу р. Сейм, при впадении в неё р. Тускарь с притоком Кур. Значительная часть города при этом расположена на левом низменном берегу реки Тускарь.

Это типичный для Европейской части России средний город, представляющий собой совокупность природно-антропогенных систем, где основными элементами являются человек и его хозяйственная деятельность, а также городская среда.

Для определения структуры экологического каркаса территории необходимо рассмотреть функциональное зонирование земель. Для г. Курска выделяют следующие ландшафтно-функциональные зоны [2, с. 16] (рис. 1):

1. Пойменный долинно-речной ландшафтный тип местности с преобладанием рекреационной зоны (парки, пойменные леса) и участками селитебной зоны (частная жилая застройка);
2. Ландшафтный тип местности на пойменных речных террасах с участками промышленной зоны (территории промышленных предприятий) и селитебной зоны (частная и многоэтажная застройка);
3. Склоновый ландшафтный тип местности с преимущественно селитебной зоной (одноэтажная и многоэтажная застройка);
4. Ландшафтный тип местности водораздельных пространств, где преобладает селитебная зона (многоэтажная и высотная застройка).

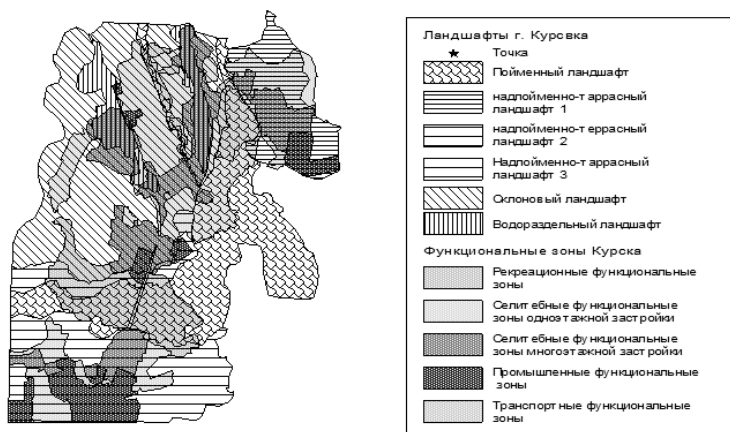


Рисунок 1. Схема ландшафтно-функциональных зон земель г. Курска (по Поляковой Н.О.)

В настоящий момент наибольшую площадь территории города Курска занимают два типа ландшафтно-функциональных зон: ландшафтный тип местности надпойменных речных террас с участками промышленной и селитебной зон, и склоновый — преимущественно с селитебной зоной. Экологический каркас в настоящее время является одним из важнейших элементов планирования городских земель, а также основным средством сохранения благоприятной экологической обстановки в городе.

Городские леса вписываются в экологический каркас г. Курска как линейные и площадные элементы. Линейными элементами — осями являются реки Тускарь и Сейм и их водоохранные зоны, поймы и водоразделы. Точечные элементы — это памятники природы; зеленые зоны — парки, скверы; охраняемые объекты неживой природы; памятники истории и культуры.

Анализ обеспеченности земель г. Курска элементами экологического каркаса показывает, что больше всего зеленых насаждений — 155,1 га, находится на надпойменно-террасном типе местности, занимающем — 34 % площади города. Пойменный тип местности занимает — 22 % территории города. Водораздельные типы местности занимают — 8 % территории г. Курска, то есть наименьшую площадь. Участок водораздела в центральной части города имеет высокий процент застроенности территории — 79 %, в том числе многоэтажными зданиями — 54 %. Склоновые типы местности занимают — 36 % территории города (рис. 2).

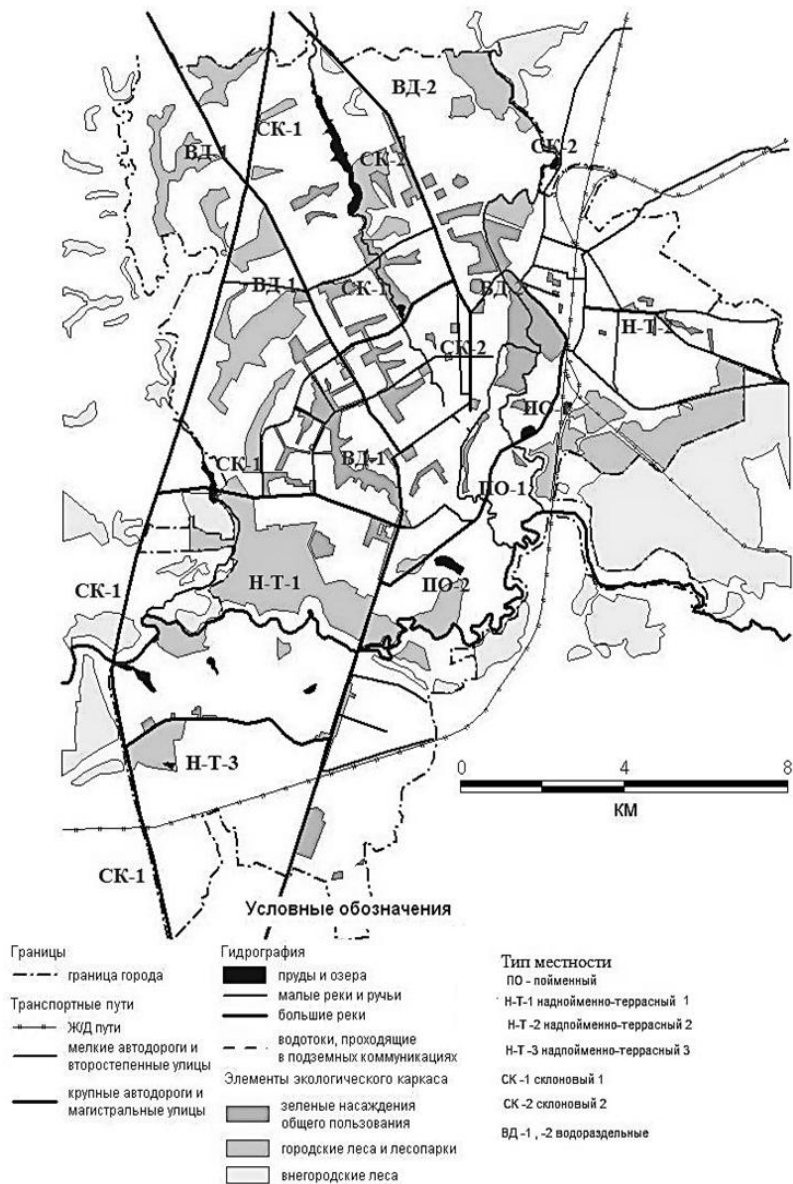


Рисунок 2. Картограмма единого экологического каркаса земель г. Курска

Таким образом, взаимодействие всех элементов экологического каркаса позволяет ему существовать как единой системе, а при правильной его организации способствовать успешной работе при минимальном участии со стороны человека.

Список литературы:

1. Георгица И.М. Ландшафтно-географический подход к конструированию экологического каркаса городов. Астрахань, 2006. — 148 с.
2. Полякова Н.О. Земли поселений: оценка их состояния и создания единого экологического каркаса города. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://www.referun.com/>(дата обращения 12.12.2013).

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

**«ЕСТЕСТВЕННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
НАУКИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ»**

Сборник статей по материалам
XIV международной научно-практической конференции

№ 1 (13)
Январь 2014 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 22.01.14. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 8,25. Тираж 550 экз.

Издательство «СибАК»
630075, г. Новосибирск, Залесского 5/1, оф. 605
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3