



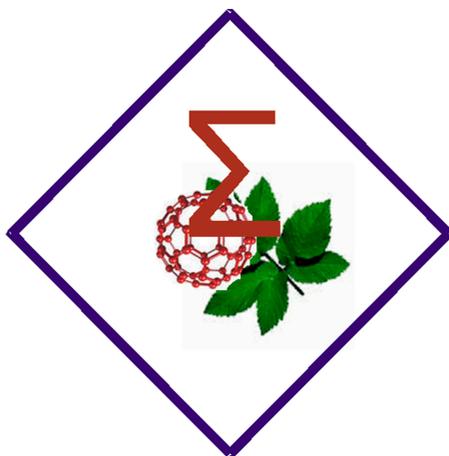
УФИМСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

приоритет2030⁺
лидерами становятся

**ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА
И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ:
спутник Международной научной конференции
«Уфимская осенняя математическая школа-2023»**

*Тезисы докладов
XIV Международной школы-конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых,
посвящённой 75 - летнему юбилею профессоров
Я.Т. Султанаева и М.Х. Харрасова*

(г. Уфа, 8 – 11 октября 2023 г.)



Уфа 2023

УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ С ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ ЦЕНТРОМ УФИЦ РАН
ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ ИМ. Р.Р. МАВЛЮТОВА УФИЦ РАН
ЧЕЛЯБИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. АКМУЛЛЫ

**ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА
И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ:
спутник Международной научной конференции
«Уфимская осенняя математическая школа-2023»**

*Тезисы докладов
XIV Международной школы-конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых,
посвящённой 75 - летнему юбилею профессоров
Я.Т. Султанаева и М.Х. Харрасова
(г. Уфа, 8 – 11 октября 2023 г.)*

Уфа
РИЦ УУНиТ
2023

УДК 51+53
ББК 22.1+22.3
Ф94

*Печатается по решению кафедры теоретической физики
физико-технического института УУНиТ.
Протокол № 1 от 31.08.2023 г.*

*Сборник составлен в рамках Программы развития
Научно-образовательного математического центра
Приволжского федерального округа, соглашение № 075-02-2023-950*

Редакционная коллегия:

д-р физ.-мат. наук, профессор **Б.Н. Хабибуллин**
(научный редактор по направлению «Математика»);
д-р физ.-мат. наук, профессор **Е.Г. Екомасов**
(научный редактор по направлению «Физика»);
канд. физ.-мат. наук, доцент **Л.А. Габдрахманова** (отв. редактор);
канд. физ.-мат. наук, доцент **Ф.К. Закирьянов**;
канд. физ.-мат. наук, доцент **А.Т. Харисов**

Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании:
**Ф94 спутник Международной научной конференции «Уфимская
осенняя математическая школа-2022»:** тезисы докладов XIV
Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых
ученых, посвященной посвящённой 75 - летию юбилею профессоров
Я.Т. Султанаева и М.Х. Харрасова (г. Уфа, 8 – 11 октября 2023 г.) / отв.
ред. Л.А. Габдрахманова. – Уфа: РИЦ УУНиТ, 2023. – 220 с.
ISBN 978-5-7477-5761-5

В представленных материалах конференции детально обсуждаются новейшие
результаты и открытые проблемы комплексного анализа и теории функций,
спектральной теории операторов, механики, теоретической физики и радиофизики,
электроники и нанофизики, материаловедения и наноматериалов, геофизики и
прикладной физики, также проблемы современной методики преподавания.

Материалы сборника предназначены для студентов, аспирантов и научных
работников, интересующихся указанными проблемами.

Тезисы докладов воспроизводятся с представленных авторами оригиналов.

УДК 51+53
ББК 22.1+22.3

ISBN 978-5-7477-5761-5

© УУНиТ, 2023

СЕКЦИЯ «КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И ТЕОРИЯ ФУНКЦИЙ»

УДК 517.55

ГИПЕРЦИКЛИЧЕСКИЕ ОПЕРАТОРЫ В $\mathcal{E}(\varphi)$

Рахимова А.И.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Определим пространство $\mathcal{E}(\varphi)$ следующим образом.

Возьмем $\varphi = \{\varphi_m\}_{m=1}^{\infty}$ — семейство непрерывных вещественнозначных функций в \mathbb{R}^n таких, что для любого $m \in \mathbb{N}$ выполняются определенные ранее условия $\alpha) - \gamma)$.

Для произвольного $m \in \mathbb{N}$ определим

$$\mathcal{E}(\varphi_m) = \{f \in C^m(\mathbb{R}^n): p_m(f) = \sup_{x \in \mathbb{R}^n, |\alpha| \leq m} \frac{|(D_x^\alpha f)(x)|}{\exp(\varphi_m(x))} < \infty\}.$$

Обозначим как пространство

$$\mathcal{E}(\varphi) = \bigcap_{m=1}^{\infty} \mathcal{E}(\varphi_m).$$

Пространство $\mathcal{E}(\varphi)$ с топологией проективного предела пространств $\mathcal{E}(\varphi_m)$ является пространством Фреше и оно инвариантно относительно дифференцирования. Также известно, что $\mathcal{E}(\varphi)$ — сепарабельное пространство.

Теорема. Оператор вида $Tf(x) = (D_x^\alpha f)(\lambda x + a)$, где $\lambda, a \in \mathbb{C}$, $a \neq 0$, гиперциклический оператор при условии $|\lambda| > 1$.

Примерами не гиперциклических операторов являются оператор Чезаро и оператор Вольтерра.

© Рахимова А.И., 2023 г.

ОБ АСИМПТОТИКЕ ОДНОГО ИНТЕГРАЛА

Семенова Д.В.¹, Абузярова Н.Ф.^{1,2}^{1,2} Институт математики СВЦ УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия² Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Пусть $g: [0; +\infty) \rightarrow [0; +\infty)$ – возрастающая вогнутая функция, удовлетворяющая условиям: 1) $g(1) = 0$, 2) $\ln x = o(g(x))$, $x \rightarrow +\infty$, 3) $\int^{+\infty} \frac{g(x)}{x^2} dx < +\infty$, 4) $f(s) = g(e^s)$ – выпуклая функция на \mathbb{R} , 5) g – строгий вес, то есть $\exists K > 1: \overline{\lim}_{x \rightarrow +\infty} \frac{g(Kx)}{g(x)} < K$.

Положим $l(x) = g(x) \ln x$, $x > 0$.

Теорема. Пусть l и g – определенные выше функции, $\delta_0 > 0$. Для того, чтобы выполнялось асимптотическое соотношение

$$\int_{\delta_0}^{+\infty} \frac{l(t+x) - l(|t-x|)}{t} dt = O(g(x)), x \rightarrow +\infty, \quad (1)$$

необходимо и достаточно, чтобы функция $f(s) = g(e^s)$ удовлетворяла Δ_2 -условию: $f(2s) = O(f(s))$, $s \rightarrow +\infty$.

Соотношения, подобные (1), играли ключевую роль в работах второго автора [1] и [2] при изучении свойства «медленного убывания» в некоторых классах целых функций. В дальнейшем, мы предполагаем использовать формулу (1) при изучения асимптотики логарифма модуля целой функции экспоненциального типа, нулевое множество которой есть $\{(k + l(|k|)): k \in \mathbf{Z} \setminus \{0\}\}$.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (код научной темы FMRS-2022-0124).

Литература

1. Абузярова, Н.Ф. // Записки научных семинаров ПОМИ, СПб., 2019, т.480, с. 5–25.
2. Абузярова, Н.Ф. // Математические заметки, 2023, т. 113 (5), с. 633–645.

© Семенова Д.В., Абузярова Н.Ф., 2023 г.

СЕКЦИЯ «ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ И СПЕКТРАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОПЕРАТОРОВ»

УДК 517.518

ИНВАРИАНТНОЕ РЕШЕНИЕ С КОЛЛАПСОМ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ СО СПЕЦИАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЕМ СОСТОЯНИЯ ИЗ 1-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ 3-МЕРНОЙ ПОДАЛГЕБРЫ

Сираева Д.Т.

Институт механики им. Р.Р. Мавлютова УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Рассматриваются уравнения газовой динамики с уравнением состояния в виде давления, представленного в виде суммы функций плотности и энтропии [1]. Система инвариантна относительно группы преобразований Галилея, расширенного равномерным растяжением и переносом давления. Соответствующая группе алгебра Ли 12-мерна. Подалгебры с точностью до внутренних автоморфизмов перечислены в [2].

Рассматривается 3-мерная подалгебра [2], операторы которой содержат переносы в пространстве и Галилеевы переносы по двум направлениям, а также перенос давления. Из инвариантной подмодели ранга 1 (системы обыкновенных дифференциальных уравнений) получено семейство точных решений, описывающее вихревое движение частиц с линейным полем скоростей и неоднородной деформацией в трехмерном пространстве. Для этих решений траектории частиц являются либо параболой, либо лучами. В фиксированный момент времени происходит коллапс частиц на плоскость.

Работа поддержана средствами госбюджета по госзаданию 0246-2019-0052.

Литература

1. Овсянников Л.В. Программа «Подмодели». Газовая динамика // Прикладная математика и механика, 58:4 (1994), 30-55.
2. Сираева Д.Т. Оптимальная система неподобных подалгебр суммы двух идеалов // Уфимский математический журнал, 6:1 (2014), 94-107.

© Сираева Д.Т., 2023 г.

QUASI-NORM GENERATED BY QUASITRACE OF AW*-ALGEBRA

Kim D.I.^{1,2}, Chepukhalin.S.A.³¹National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan²Tashkent Branch of Plekhanov REU Tashkent, Uzbekistan³TUIT named after Muhammad al-Khwarizmi Tashkent, Uzbekistan

A complex Banach $*$ -algebra A is called C^* -algebra if $\|x^*x\| = \|x\|^2$ for all $x \in A$. A $*$ -algebra A is called a Baer $*$ -algebra if for any nonempty $S \subset A$, we have $R(S) = gA$ for an appropriate projection g , where $R(S) = \{x \in A: sx = 0 \ \forall s \in S\}$. Since $L(S) = (R(S^*))^* = (hA)^* = Ah$ the definition is symmetric and can be given in terms of the left-annihilator and a suitable projection h . A C^* -algebra A which is a Baer $*$ -algebra is called an AW $*$ -algebra [1].

Definition 1.[2] A quasitrace τ on a C^* - algebra A is a function $\tau: A \rightarrow \mathbb{C}$ which satisfies: (i) $\tau(x^*x) = \tau(xx^*) \geq 0 \ \forall x \in A$. (ii) $\tau(a + ib) = \tau(a) + i\tau(b) \ \forall a, b \in A_{sa}$ (iii) τ is linear on every abelian C^* -subalgebra B of A . (iv) There is a function $\tau_2: M_2(A) \rightarrow \mathbb{C}$ satisfying (i), (ii), (iii) such that $\tau(x) = \tau_2(x \otimes e_{11})$, $x \in A$ A quasitrace is normalized if $\tau(1) = 1$. Recall that if A is an AW $*$ -algebra, then the conditions (i), (ii), (iii) imply (iv).

First we formulate a lemma from [2].

Lemma 1. [2] Let τ be a quasitrace on A , and let $\|x\|_2 = \tau(x^*x)^{1/2}$, $x \in A$. Then $\|x + y\|_2^{2/3} \leq \|x\|_2^{2/3} + \|y\|_2^{2/3}$ $x, y \in A$. The lemma 1 shows that the map $\|\cdot\|_2$ is not norm in general since it doesn't satisfy triangle inequality. Below we demonstrate that the map $\|\cdot\|_1$ possess similar property which is the main result of this paper.

Theorem. Let A be a C^* -algebra, τ be a quasitrace on A . $\|x\|_1 = \tau(|x|)$ $x \in A$. Then

$$\|x + y\|_1^{2/5} \leq \|x\|_1^{2/5} + \|y\|_1^{2/5} \quad x, y \in A.$$

It is known [2] that there exists quasitrace on finite AW $*$ algebra. Then by theorem we get the corollary.

Corollary. If A is a finite AW $*$ algebra then for any elements $x, y \in A$ we have

$$\|x + y\|_1^{2/5} \leq \|x\|_1^{2/5} + \|y\|_1^{2/5}.$$

Литература

1. Berberian, Sterling K., Baer $*$ -rings., Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1972, 2nd printing 2011, Vol.195, e-ISBN 978-3-642-15071-5, p.301.
2. U. Haagerup. Quasitraces on exact C^* -algebras are traces. C. R. Math. Acad. Sci. Soc.R. Can., 36(2-3):67–92, 2014.

© Kim D.I., Chepukhalin S.A., 2023 г.

ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЕ КОЛЬЦО ЛИ ЭВОЛЮЦИОННОГО УРАВНЕНИЯ

Зотова Е.И., Муртазина Р.Д., Васенина Н.А.,
Зеркина А.В., Черданцев И.Ю.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В работе определена функция $f(u)$ при условии, что характеристическое кольцо Ли конечномерное размерности два, три и медленного роста размерности четыре при пяти введенных операторах для эволюционного уравнения $u_y = u_x + f(u)$. Далее, доказаны следующие утверждения.

Теорема 1. Размерность характеристического кольца равна двум тогда и только тогда, когда функция f является линейной $f = c_1 u + c_2$.

Теорема 2. Размерность конечномерного характеристического кольца равна трем тогда и только тогда, когда функция f имеет вид

$$f = \frac{c_3}{c_2} + c_4 e^{c_2 u}, \text{ где константы } c_2 \neq 0, c_4 \neq 0, c_3 - \text{произвольные.}$$

Литература

1. Муртазина Р.Д. Нелинейные гиперболические уравнения и характеристические алгебры Ли // Труды института математики и механики УрО РАН, 2007, т. 13, № 4, с. 103–118.

2. Zhiber A.V., Murtazina R.D. On the characteristic Lie algebras for equation $u_{xy} = f(u, u_x)$ // Journal of Mathematical Sciences, 2008, v. 151, № 4, pp. 3112-3122.

3. Муртазина Р.Д. Нелинейные гиперболические уравнения и характеристические алгебры Ли // Труды института математики и механики УрО РАН, 2007, т. 13, № 4, с. 103–118.

4. Жибер А.В., Муртазина Р.Д., Хабибуллин И.Т., Шабат А.Б. Характеристические кольца Ли и интегрируемые модели математической физики // Уфимский математический журнал, 2012, т. 4, № 3, с. 17-85.

5. Галина Г.К., Муртазина Р.Д., Низамова А.Д., Садриева Р.Т., Сидельникова Н.А. Исследование решения одномерного стационарного уравнения Шредингера на бесконечности // Вестник Башкирского университета, 2022, т. 27, № 2, с. 250-258.

6. Жибер А.В., Муртазина Р.Д. О характеристических алгебрах Ли уравнений $u_{xy} = f(u, u_x)$ // Фундаментальная и прикладная математика, 2006, т. 12, № 7, с. 65-78.

© Зотова Е.И., Муртазина Р.Д., Васенина Н.А.,
Зеркина А.В., Черданцев И.Ю., 2023 г.

УРАВНЕНИЕ ЦИЦЕЙКИ ПРИ ВОСЬМИ ЛИНЕЙНО-НЕЗАВИСИМЫХ ВЕКТОРНЫХ ПОЛЯХ

Муртазина Р.Д.¹, Макаров М.И.¹, Васенина Н.А.¹, Игнатьева Г.А.²

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²МАОУ лицей № 6, г. Уфа, Россия

Характеристические кольца Ли являются важным инструментом для исследования дифференциальных уравнений в частных производных. Впервые понятие характеристического векторного поля, которое лежит в основе характеристического кольца, было введено Гурса.

Уравнение Цицейки – это [нелинейное дифференциальное уравнение в частных производных](#), разработанное [Георге Цицейкой](#) в 1907 году при изучении [дифференциальной геометрии](#), описывающее поверхности постоянной [аффинной кривизны](#). Уравнение Цицейки также использовалось в нелинейной физике, являясь интегрируемой 1+1-мерной Лоренц-инвариантной системой.

Рассматривается схема построения решений уравнения Цицейки, основанная на ограничении структуры характеристического кольца Ли. Подробно исследован случай, когда размерность пространства коммутаторов длины 6 равна 1.

Литература

1. Муртазина Р.Д. Нелинейные гиперболические уравнения и характеристические алгебры Ли // Труды института математики и механики УрО РАН, 2007, т. 13, № 4, с. 103–118.

2. Zhiber A.V., Murtazina R.D. On the characteristic Lie algebras for equation $u_{xy} = f(u, u_x)$ // Journal of Mathematical Sciences, 2008, v. 151, № 4, pp. 3112-3122.

3. Муртазина Р.Д. Нелинейные гиперболические уравнения и характеристические алгебры Ли // Труды института математики и механики УрО РАН, 2007, т. 13, № 4, с. 103–118.

4. Жибер А.В., Муртазина Р.Д., Хабибуллин И.Т., Шабат А.Б. Характеристические кольца Ли и интегрируемые модели математической физики // Уфимский математический журнал, 2012, т. 4, № 3, с. 17-85.

5. Жибер А.В., Муртазина Р.Д. О характеристических алгебрах Ли уравнений $u_{xy} = f(u, u_x)$ // Фундаментальная и прикладная математика, 2006, т. 12, № 7, с. 65-78.

© Муртазина Р.Д., Макаров М.И.,
Васенина Н.А., Игнатьева Г.А., 2023 г.

ЗАДАЧА КОШИ ДЛЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВТОРОГО ПОРЯДКА НА ПЛОСКОСТИ В АНИЗОТРОПНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ ЗИГМУНДА

Егорова А.Ю.

Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина,
г. Рязань, Россия

В данной работе для системы параболических уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами установлены оценки объемного потенциала в анизотропных пространствах Зигмунда с весом $H_m^{(-l)}(D)$, которые используются для построения шкалы гладкости решений задачи Коши. Для параболических уравнений второго порядка известно [1], что, если для целого показателя взять вместо пространств Липшица анизотропные пространства Зигмунда, то для решений задачи Коши имеется шкала гладкости, аналогичная шкале гладкости в параболических пространствах Гёльдера $H_{m+\alpha}(D)$, где $\alpha \in (0,1)$.

В области $D = R \times (0, T)$, $0 < T < \infty$, для параболической системы второго порядка с постоянными коэффициентами, удовлетворяющей условиям равномерной параболичности в смысле И. Г. Петровского, рассматривается задача Коши:

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} \frac{\partial^2 u_j}{\partial x^2} - \frac{\partial u_i}{\partial t} = f_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

$$u|_{t=0} = 0,$$

где $u = (u_1, u_2, \dots, u_m)^T$ – решение задачи Коши.

Теорема 1. Пусть $m \geq 3$, $0 < l \leq m$, $f \in H_{m-2}^{(2-l)}(D)$. Тогда существует единственное решение u задачи Коши (1) из пространства $H_m^{(-l)}(D)$ и справедлива оценка $|u|_{m;D}^{(-l)} \leq C|f|_{m-2;D}^{(2-l)}$.

Литература

1. Конёнков А.Н. Задача Коши для параболических уравнений в пространствах Зигмунда // Дифференциальные уравнения, 2006. Т.42. №6. С. 867–873.

© Егорова А. Ю., 2023 г.

СЕКЦИЯ «МЕХАНИКА»

УДК 517.958

ИНВАРИАНТНЫЕ РЕШЕНИЯ НА ЧЕТЫРЕХМЕРНЫХ ПОДАЛГЕБРАХ, ДОПУСКАЕМЫХ УРАВНЕНИЯМИ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ С УРАВНЕНИЕМ СОСТОЯНИЯ ОДНОАТОМНОГО ГАЗА

Никонова Р.Ф.

Институт механики им. Р.Р. Мавлютова УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Система уравнений газовой динамики с уравнением состояния одноатомного газа имеет вид [1]:

$$\rho D\vec{u} + \nabla p = 0, D\rho + \rho \operatorname{div} \vec{u} = 0, DS = 0, p = f(S)\rho^{5/3}, \quad (1)$$

где $D = \partial_t + \vec{u} \cdot \nabla$, $\vec{u} = (u, v, w)$ – вектор скорости, ρ – плотность, p – давление, S – энтропия.

Система уравнений (1) допускает группу преобразований с 14-мерной алгеброй Ли. Характерная особенность этой алгебры заключается в том, что она содержит проективный оператор. Из оптимальной системы подалгебр рассмотрены 23 четырехмерные подалгебры, содержащие проективный оператор. Вычислены точечные инварианты. Получено 8 простых инвариантных решений ранга 0. Из них четыре физических решения задают движение газа с линейным полем скоростей и одно физическое решение с линейной зависимостью компонент вектора скорости от двух пространственных координат. Все эти решения с переменной энтропией, кроме одного. Для изоэнтропического решения построено движение частиц газа в целом. Все полученные решения имеют особенность плотности на постоянной или движущейся плоскости: граница с вакуумом или граница с твердой стенкой.

Литература

1. Овсянников Л.В. Программа ПОДМОДЕЛИ. Газовая динамика // Прикладная математика и механика. 1994. Т. 58, вып. 4. С. 30–55.
2. Никонова Р.Ф. Простые инвариантные решения уравнений динамики одноатомного газа // Тр. Ин-та математики и механики УрО РАН. 2023. Т. 29, № 2. С. 115–132.

© Никонова Р.Ф., 2023 г.

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

УДК 512.554

ШИФРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ AES-128 И МАТРИЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Попов Е.А.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

Алгоритмы шифрования играют ключевую роль в обеспечении безопасности данных. Одним из наиболее распространенных алгоритмов является AES-128, который использует матричные операции для обработки данных. В данной работе рассматривается применение AES-128 в контексте матричных операций для шифрования данных и обеспечения их безопасности. Алгоритм AES-128 (Advanced Encryption Standard) представляет собой симметричный алгоритм блочного шифрования. Он работает с блоками данных размером 128 бит и использует ключ длиной 128 бит. Основные операции AES-128 включают AddRoundKey, SubBytes, ShiftRows и MixColumns. Матричные операции, такие как MixColumns, являются важной частью AES-128. Они позволяют комбинировать данные блока с использованием линейных преобразований. MixColumns применяет операции умножения матрицы и сложения в поле Галуа. Это обеспечивает распределение данных по различным байтам блока, усиливая безопасность. Процесс шифрования включает в себя несколько раундов, в каждом из которых применяются основные операции AES-128: AddRoundKey, SubBytes, ShiftRows и MixColumns. Каждая операция взаимодействует с матрицей байтов блока данных, преобразуя её в соответствии с определенными правилами. Использование матричных операций усиливает безопасность AES-128, создавая сложные нелинейные преобразования данных. Эффективность алгоритма поддерживается оптимизированными матричными вычислениями, что делает его привлекательным для применения в различных областях информационной безопасности. Алгоритм AES-128 с матричными операциями представляет мощный инструмент для обеспечения безопасности данных. Использование матричных преобразований укрепляет его надежность и эффективность, делая его важным элементом современных технологий шифрования.

© Попов Е.А., 2023 г.

СЕКЦИЯ «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СТАТИСТИКА»

УДК 517.6

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ОПИСЫВАЮЩАЯ ЗАКОН ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ОТ ВРЕМЕНИ В ОДНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ

Загиров И.И.¹, Каримов Н.А.¹, Павленко В.А.², Филиппов Р.Г.¹

¹Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия

²Институт математики с ВЦ УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

В работе рассматривается некоторая электрическая установка, которая была собрана в Башкирском государственном аграрном университете. Основная задача сейчас состоит в том, чтобы напряжение изменялось по синусоиде или косинусоиде. Если напряжение будет меняться именно так, то установка будет работать идеально. Данная установка упоминается в работах [1,2,3].

Период колебания напряжения равен 10 секундам. В течение этих десяти секунд каждую секунду мерилось напряжение.

С помощью метода наименьших квадратов построена модель изменения напряжения от времени. Рассчитаны также погрешности данного метода.

Литература

1. Нафиков, М.З. Остаточные напряжения в металлопокрытии, нанесенном электроконтактной наплавкой [Текст] // М.З. Нафиков, И.И. Загиров, А.Г. Игнатъев /Технология металлов. 2008. № 9. С. 29-33.
2. Нафиков, М.З. Способ формирования металлопокрытия контактной приваркой присадочных проволок [Текст] // М.З. Нафиков, И.И. Загиров, И.Р. Ахметьянов, А.А. Зайнуллин, Д.М. Нуртдинов / Патент на изобретение RU 2517640 С1, 27.05.2014. Заявка № 2013108410/02 от 26.02.2013.
3. Нафиков, М.З. Способ определения пористости металлопокрытия из присадочного металлического порошка [Текст] // М.З. Нафиков, А.Ю. Коннов, И.И. Загиров, Н.М. Юнусбаев /Патент на изобретение RU 2608859 С , 25.01.2017. Заявка № 2015124966 от 24.06.2015.

© Загиров И.И., Каримов Н.А.,
Павленко В.А., Филиппов Р.Г., 2023 г.

УДК 519.688

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПАРОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СКВАЖИНЫ ПУТЕМ ПОСТОРОЕНИЯ МОДЕЛИ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Михайлин И.Л.^{1,2}, Гильманов А.Я.², Шевелёв А.П.², Гуляев П.Н.¹,

Петухов А.С.¹, Лагунов П.С.¹, Лютоев П.А.³

¹ООО «ИННО Технолоджи» г. Пермь

²Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

³ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», г. Усинск, Россия

Задача расчета оптимального периода времени закачки пара, конденсации пара в остановленной скважине и добычи прогретой нефти имеет важное практическое значение при разработке месторождений высоковязкой нефти пароциклическим методом. Моделирование процесса закачки пара в пласт позволяет определить количество тепла, поступающего в пласт за период закачки. При расчете тепловых потерь в скважине задача разбивается на две части. В первой рассматривается перенос тепла теплоносителем внутри скважины [1]. Во второй – тепловые потери боковой поверхности трубы, уходящие в породу, которые рассчитываются на основе закона Фурье для многослойной трубы [1]. Для расчетов используются закон сохранения массы теплоносителя, закон сохранения импульса и закон сохранения энергии [1]. Расчеты изменения параметров теплоносителя позволяют определить значения сухости пара в потоке на уровне продуктивных пластов. При известном количестве пара, закачанного в пласт, на основе закона сохранения энергии рассчитывается время конденсации пара как момента времени, когда энергия конденсации пара перешла на нагревание нефти, прогрев горной породы и в тепловые потери. Время остановки цикла закачки пара определяется как момент времени, когда количество закачиваемого в пласт с теплоносителем тепла равняется тепловым потерям продуктивного пласта. Показано, что в процессе эксплуатации скважины в связи с добычей нефти объем закачиваемого пара меняется и изменяется прогрев горной породы пласта.

Практические данные были предоставлены ООО «ИННО Технолодж».

Литература

1. Гильманов А.Я., Шевелёв А.П., Родионова А.В. // Вестник Тюменского государственного университета, 2022 Т. 8. № 4 (32). С. 21-39

© Михайлин И.Л., Гильманов А.Я., Шевелёв А.П.,
Гуляев П.Н., Петухов А.С., Лагунов П.С., Лютоев П.А., 2023 г.

УЧЕТ ЕСТЕСТВЕННО КОНВЕКТИВНЫХ ПОТОКОВ ПРИ ПАРОЦИКЛИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ В РАМКАХ ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ

Ковальчук Т.Н., Гильманов А.Я., Шевелёв А.П.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Авторами были предложены интегральные математические модели пароциклической обработки пласта (ПЦО), в которых прогретая область определяется цилиндром или конусом. Однако, температурный фронт, как правило, имеет более сложную геометрию. В данной работе предлагается описывать прогретую область ПЦО как цилиндр с переменным радиусом. На рисунке 1 введена декартова система координат начало которой находится в точке O , а оси z и x соответственно вдоль мощности пласта и перпендикулярно к оси z . Следует рассмотреть построение объема прогретой области в случае, когда радиус фронта прогрева поступательно смещается вдоль оси Ox при этом изменяется и угол наклона относительно оси Ox . Пусть фронт прогрева определяется отрезком A_1B_1 , тогда проводится ось z' вдоль этой прямой и затем прямая линия параллельную оси z' через начало координат, расстояние между этими прямыми r_1 будет определять радиус фронта прогрева цилиндрической области. Этот прием позволяет описывать процесс в рамках теории плоских сечений.

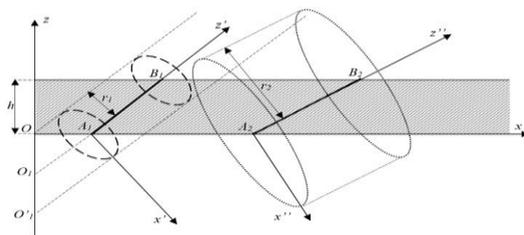


Рис. 1. Объем прогретой области для предлагаемой модели ПЦО

Максимальное значение дополнительной накопленной добычи достигается при временах закачки теплоносителя, выдержки скважины на конденсацию и времени добычи нефти соответственно 10,54 сут., 1,13 сут. и 155,00 сут. Такой подход позволяет рассматривать движение теплового фронта с учетом как начальной скорости движения пара, так и конвективного движения пара.

© Ковальчук Т.Н., Гильманов А.Я.,
Шевелёв А.П., 2023 г.

УДК 534.16, 334.83

ПРЯМАЯ И ОБРАТНАЯ СПЕКТРАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПО СВОБОДНЫМ КОЛЕБАНИЯМ ПОЛОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

Кириллова Е.А., Сафина Г.Ф.

Нефтекамский филиал Уфимского университета науки и технологий,
г. Нефтекамск, России

В работе рассмотрена спектральная задача с системой дифференциальных уравнений и граничными условиями для свободных колебаний полой тонкостенной цилиндрической оболочки

С учетом цилиндрических координат и переходя к безразмерным параметрам, стандартными методами найдено частотное уравнение спектральной задачи. Безразмерный частотный параметр полученного уравнения выражается как через собственную частоту колебаний, так и через физические и линейные характеристики оболочки.

По прямой задаче исследовано влияние характеристик оболочки на значения ее частот свободных колебаний, составлены соответствующие зависимости.

К спектральной задаче поставлена и решена обратная задача – задача восстановления характеристик оболочки по известному конечному спектру частот ее колебаний. Исследован вопрос существования решения задачи, для чего вместе с данной спектральной задачей рассмотрена еще одна задача с подобным частотным уравнением, но с другими искомыми параметрами. Сформулирована и доказана теорема о единственности решения обратной спектральной задачи.

Построен метод решения задачи, рассматривающий решения двух систем нелинейных алгебраических уравнений при известных значениях трех собственных частот колебаний оболочки. Приведены численные расчеты.

К алгоритмам решения прямой и обратной задач составлены программы с применением команд математического пакета Maple.

Литература

1. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в 3-х томах. Т. 1 / Под ред. А. Биргера, Я.Г. Пановко. М.: Машиностроение, 1983.
2. Лавендел Э.Э. Вибрации в технике. Том 4. – М.: Машиностроение, 1981. – 344с.

© Кириллова Е.А., Сафина Г.Ф., 2023 г.

УДК 534.16, 334.83

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРУЖИННО-МАССОВОЙ МОДЕЛИ РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Коняев Ю.С., Сафина Г.Ф.

Нефтекамский филиал Уфимского университета науки и технологий,
г. Нефтекамск, России

В работе рассмотрена расчетная схема ракетного двигателя твердого топлива (РДТТ) с учетом ее пружинно-массовой модели, которая включает корпус, сопловое днище и продукты сгорания [1].

С учетом уравнений Лагранжа для каждой степени свободы составлена система дифференциальных уравнений, описывающая колебательный процесс рассматриваемой модели, и по системе уравнений стандартными приемами найдено частотное уравнение в виде определителя четвертого порядка относительно частоты свободных колебаний модели ракетного двигателя.

По частотному уравнению исследовано влияние на значения частот колебаний РДТТ параметров его масс и жесткостей, составлены графики зависимостей при различных физических характеристиках ракетного двигателя.

Поставлена и решена также обратная спектральная задача диагностирования задача восстановления массовых параметров ракетного двигателя твердого топлива. Исследована и доказана единственность решения обратной спектральной задачи.

Найден алгоритм акустического восстановления искомым параметров по заданным значениям частот колебаний модели, который сведен к поиску единственного решения системы из алгебраических нелинейных уравнений (относительно искомым параметров). Получены аналитические формулы для параметров масс и параметров жесткости модели ракетного двигателя.

Алгоритмы решения прямой и обратной задач сопровождаются программой, разработанной с помощью функциональных команд математического пакета Maple.

Литература

1. Модорский В.Я. Моделирование газопругих колебательных процессов в ракетных двигателях твердого топлива // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки. – 2006. № 43. – С. 163-167.

© Коняев Ю.С., Сафина Г.Ф., 2023 г.

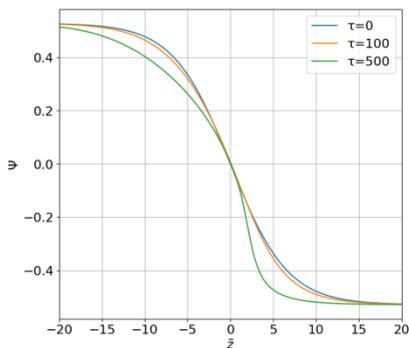
УДК 517.9, 519.633

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ДИСКРЕТНЫЕ БРИЗЕРЫ

Маликов Р.О., Бострем И.Г., Сеницын Вл.Е.

Институт естественных наук и математики,
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

Материалы со специфическими свойствами можно использовать в устройствах спинтроники. Одним из них является хиральный гелимагнетик CrNb_3S_6 . Было теоретически показано, что в фазе вынужденного ферромагнетизма могут существовать возбужденные состояния в виде дискретных бризеров, которые исследовались в стационарном случае [1]. В данной работе изучались нестационарные дискретные бризеры. В качестве модели рассматривалась ферромагнитная спиновая одномерная система с антисимметричным обменом с учетом приложения к ней внешнего магнитного поля, превышающего критическую величину. Система дифференциальных уравнений для отклонений огибающей спинов рассматривалась в континуальном пределе. В малоамплитудном приближении аналитически получены скорость его движения и форма огибающей. В случае максимальной амплитуды путем численного эксперимента определено, что изменение величины волнового вектора дискретного бризера приводит к его движению и изменению формы огибающей.



Литература

1. Bostrem I. G., Ekomasov E. G., Kishine J. et al. Dark discrete breather modes in a monoaxial chiral helimagnet with easy-plane anisotropy // Phys. Rev. B. — 2021. — Vol. 104, iss. 21. — P. 214420.

© Маликов Р.О., Бострем И.Г., Сеницын Вл.Е., 2023 г.

МОДЕЛЬ ВСЕЛЕННОЙ КАК 3D-БРАНЫ

Шарипов Р.А.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Модель вселенной как 3D-браны – это теперь название новой неэйнштейновской теории гравитации, предлагаемой в качестве альтернативы ОТО и стандартной космологической модели. Первая версия этой теории, предложенная в 2022 году в [1], содержала в себе так называемый постулат эквидистантности. Во второй версии теории в [2] этот постулат исключён. За год существования теории были развиты трехмерный лагранжевы формализм и трехмерный гамильтонов формализм для неё. Помимо трёхмерных уравнений гравитации были получены трёхмерные формулы для плотности энергии и плотности потока энергии гравитационного поля (в ОТО с этим есть проблемы, см. [3]). Важной особенностью новой теории является допустимость существования в ней массивных небарионных частиц с предельной скоростью, отличной от скорости света, в том числе и большей, чем скорость света. Гипотезу о наличии таких частиц в составе космических лучей высказал Луис Гонзалез-Местрес [4] в конце 90-ых годов. Он назвал их супербрадионами. От тахионов ОТО они отличаются тем, что тахионы не могут двигаться медленнее скорости света. Супербрадионы могут двигаться как медленнее скорости света, так и быстрее скорости света. Они обладают ненулевой массой покоя. Согласно излагаемой в докладе теории при движении супербрадионов по круговой орбите вокруг гравитационного притягивающего центра угловая скорость вращения у них в k^2 раза больше, чем у обычных барионных частиц на той же орбите. Здесь где k – отношение предельной скорости супербрадионов к скорости света.

В докладе излагаются мотивы и основы новой теории. Дается краткий обзор перечисленных выше достижений и особенностей теории.

Литература

1. Sharipov R.A., *A three-dimensional brane universe in a four-dimensional spacetime with a Big Bang*, 2022, e-print viXra:2207.0173.
2. Sharipov R.A., *3D-brane gravity without equidistance postulate*, 2023, e-print viXra:2306.0104.
3. Фаддеев Л.Д., *Проблема энергии в теории тяготения Эйнштейна* // Успехи физ. наук, 1982, Т. 136, № 3, С. 436-457.
4. Gonzalez-Mestres L., *Superluminal particles in cosmic-ray physics*, 1999, e-print arXiv:hep-ph/9905454.

© Шарипов Р.А., 2023 г.

УДК 537.611.2

ПРИБЛИЖЕНИЕ БЕТЕ НА ПРИМЕРЕ ДВУМЕРНОЙ МОДЕЛИ ИЗИНГА

Банных П.А., Панов Ю.Д.

Институт естественных наук и математики,
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

Модель Изинга позволяет описывать магнитные свойства различных материалов и изучать их поведение при изменении температуры и магнитного поля.

Для качественного понимания процесса поведения систем вблизи точки фазового перехода была проделана данная работа.

В работе с помощью вариационного метода Боголюбова были получены минимальные оценки свободной энергии для двумерной модели Изинга в магнитном поле для случаев ферромагнитного и антиферромагнитного знаков обменного взаимодействия. Использование приближения Бете позволило учесть динамические корреляции каждого узла решетки с его ближайшими соседями. Рассматривался кластер Бете в форме квадрата, состоящий из четырех узлов.

С помощью численного решения полученных уравнений определены молекулярные поля (вариационные параметры модели), построены и проанализированы фазовые диаграммы и зависимости параметров порядка от температуры и внешнего магнитного поля. Исследованы стабильное и метастабильное состояния ферромагнетика, симметричные и антисимметричные составляющие среднего значения спина для антиферромагнетика в двухподрешеточном приближении. Полученные результаты для приближения Бете сравнивались с приближением среднего поля.

© Банных П.А., Панов Ю.Д., 2023 г.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОПТИЧЕСКИ АНИЗОТРОПНОЙ СРЕДЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЩИТНЫХ ПЛЕНОК

Кудрейко А.А.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Изучение оптических защитных пленок (ОЗП) является актуальным в силу их потенциального применения в аутентификации личности. Безэлектродные ОЗП являются востребованными наряду с электродными устройствами, поскольку ключ дешифрования возможно скрыть от публичного доступа. Записанная на ОЗП скрытая информация может иметь черно-белое или оптически управляемое цветное изображение, которое формируется с помощью двойного лучепреломления жидкого кристалла, структурированной фазовой пластинкой и поляризатора [1].

В настоящей работе развивается модель слоистых анизотропных сред, которая теоретически описывает коэффициент отражения R и контрастное соотношение ОЗП. Полученные теоретические результаты сопоставлены с экспериментальными наблюдениями [2]. Синие и желтые двулучепреломляющие цвета супергеттисовой нематической структуры получены с помощью теории частичной когерентности.

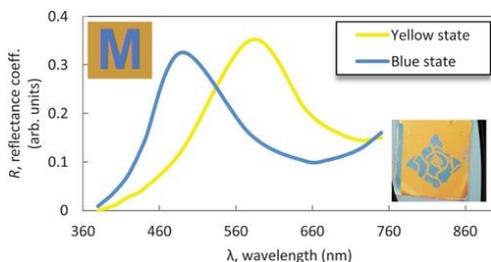


Рис. 1. Спектральные зависимости коэффициента отражения ОЗП; вставка: модель изображения и экспериментальная ОЗП

Выполненный теоретический анализ предлагает новые возможности в оптимизации параметров защитных пленок на основе жидких кристаллов.

Литература

1. <https://youtu.be/4L32m74e7NE>
2. Kudreyko, A., Fan F., Chigrinov, V., Song W. // Liquid Crystals, 2023 (в печати).

ВОЗБУЖДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛАЗМОН-ПОЛЯРИТОНОВ В НАНОРЕЗОНАТОРАХ ТОЧЕЧНЫМ ИСТОЧНИКОМ

Бычков И.В., Кузьмин Д.А., Загребина М.А.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Поверхностные плазмон-поляритоны (ППП) – электромагнитные возбуждения в оптическом диапазоне частот, распространяющиеся в тонком слое на границе раздела металл-диэлектрик. Наноструктуры, поддерживающие распространение ППП, могут быть использованы для создания новых типов устройств в нанoeлектронике. В данной работе представлены результаты теоретического исследования возбуждения ППП в ограниченной прямоугольной наноструктуре.

Возбуждение ППП в ограниченной наноструктуре, представляющей собой прямоугольник, выделенный на поверхности металла на границе раздела сред золото-оксид кремния, рассмотрено на основе дискретной модели двумерной области, взаимодействующей с точечным источником излучения, динамика которого описывается дискретным вариантом уравнения Ван дер Поля при малой нелинейности параметров источника, для этого получены значения фазовой скорости в структуре золото-оксид кремния и безразмерная частота осциллятора [1].

Численное моделирование показало, что при размещении осциллятора у края рассматриваемой структуры наблюдается волновое поле более высокой интенсивности, при увеличении коэффициента связи существенно меняется модовый состав, значительно увеличивается амплитуда резонансного волнового поля.

Анализ показал, что в рассматриваемой структуре наибольшую амплитуду имеют моды резонансного поля низших порядков. При повышении коэффициента связи преобладают амплитуды мод (1;0) и (0;1), при расположении осциллятора у края нанорезонатора амплитуда ППП больше, чем в случае размещения осциллятора в центре.

Полученные результаты могут быть полезны для создания заданного распределения интенсивности ППП в наноструктурах.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 075-01493-23-00).

Литература

1. Бычков, И.В., Кузьмин, Д.А., Загребина, М.А. // Вестник ЮУрГУ. Серия Математика. Механика. Физика. 2023. Т. 15(3), С. 79–88.

© Бычков И.В., Кузьмин Д.А., Загребина М.А., 2023 г.

**ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ $\text{Me}_2\text{FeNiSb}_2$
($\text{Me} = \text{Ti, Zr, Hf}$)**

Сокол А.С., Матюнина М.В., Бучельников В.Д.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Термоэлектрические свойства половинных сплавов Гейслера привлекают значительное внимание исследователей [1] благодаря своим исключительным электротранспортным свойствам. Многофункциональные полупроводниковые полугейслеровские сплавы в виде трехкомпонентных систем с номинальной химической формулой XYZ и с валентно-сбалансированным составом широко изучены, однако решеточная теплопроводность (κ_L) данных сплавов достаточно высокая. Например, в ZrCoBi $\kappa_L=10\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, что значительно выше теплопроводности современных термоэлектрических материалов, например, PbTe ($\kappa_L=2\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$). Актуальной задачей материаловедения является поиск новых полупроводниковых материалов с электронными свойствами полугейслеровских соединений, но с более низким значением κ_L . В работе [2] было показано, что так называемые двойные полугейслеровские сплавы могут иметь значительно меньшую решеточную теплопроводность, чем тройные полугейслеровские сплавы, что связано с большим количеством атомов в их элементарной ячейке.

В данной работе методом теории функционала плотности исследованы решеточная теплопроводность и термоэлектрические свойства двойных полугейслеровских сплавов $\text{Ti}_2\text{FeNiSb}_2$, $\text{Zr}_2\text{FeNiSb}_2$ и $\text{Hf}_2\text{FeNiSb}_2$. Показано, что решеточная теплопроводность этих сплавов при 300 К составляет 3,21, 4,82 и 2,66 $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ соответственно. Полученные значения находятся в хорошем согласии с экспериментальными данными [3], полученными для сплавов $\text{Ti}_2\text{FeNiSb}_2$ и $\text{Hf}_2\text{FeNiSb}_2$ и ниже, чем у рассмотренного сплава ZrCoBi . На основе полученной решеточной теплопроводности в данной работе были также рассчитаны термоэлектрические свойства сплавов.

Литература

1. Zeier, W.G., Schmitt, J., Hautier, G., Aydemir, U., Gibbs, Z. M., Felser, C., & Snyder, G. J. // *Nature Reviews Materials*, 2016, v. 1, pp. 1-10.
2. Anand, S., Wood, M., Xia, Y., Wolverton, C., & Snyder, G. J. // *Joule*, 2019, v. 3, pp. 1226-1238.
3. Hassan, M.A., El-Khouly, A., Elsehly, E.M., Almutib, E.N., Elshamndy, S.K., Serhiienko, I., Argunov, E.V., Sedegov, A., Karpenkov, D., Pashkova, D., Gorshenkov, M., Novitskii, A., Voronin, A., Kostishyn, V., Khovaylo, V., Adam A.M. // *Materials Research Bulletin*, 2023, v. 164, pp. 1-7.

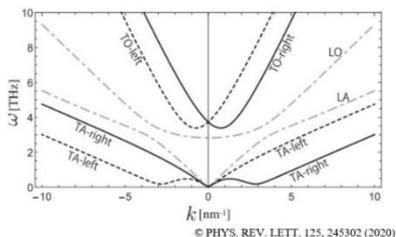
© Сокол А.С., Матюнина М.В., Бучельников В.Д., 2023 г.

КВАНТОВОЕ ОПИСАНИЕ ФОНОННЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ В МИКРОПОЛЯРНОЙ СРЕДЕ

Макаров Г.Н., Овчинников А.С.

Институт естественных наук и математики,
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

Известно, что структурная киральность твёрдых тел влияет на их статические, динамические и прочие свойства. Более того, было обнаружено, что киральные молекулярные системы проявляют индуцированную киральностью спиновую селективность. Так, например, в киральном кристалле CrNb_3S_6 наблюдается эффект поляризации тока при комнатных температурах [1]. Однако эффекты, вызываемые киральностью, выходят за рамки стандартной теории упругости, задающейся только локальными смещениями точек и силовыми напряжениями, но полностью игнорирующей локальные вращения и моментные напряжения. Эти недостающие эффекты



рассматриваются в теории микрополярной упругости. Было показано (в пределах классической механики), что при распространении микрополярных упругих волн наблюдаются эффекты невзаимности, проявляющиеся в расщеплении фоновых ветвей в зависимости от круговой поляризации [2]. Данная работа посвящена квантовому описанию фоновых возбуждений в микрополярной среде на примере точечной группы 622 (к ней, например, относится CrNb_3S_6) на языке операторов рождения и уничтожения фононов с помощью двухвременных функций Грина. Частотный спектр полученного гамильтониана системы полностью совпадает с классическим [2]; у акустических ветвей имеются схожие с ротонными минимумы. Благодаря произведённым вычислениям в дальнейшем возможно рассмотрение различных задач для микрополярной среды, таких как электрон-фононное взаимодействие.

Литература

1. Inui A., Aoki R., Nishiue Y. et al. Chirality-Induced Spin-Polarized State of a Chiral Crystal CrNb_3S_6 // Phys. Rev. Lett. 2020. — Apr. Vol. 124. P. 166602.
2. Kishine J., Ovchinnikov A.S., Tereshchenko A.A. Chirality-Induced Phonon Dispersion in a Noncentrosymmetric Micropolar Crystal // Phys. Rev. Lett. 2020. — Dec. Vol. 125. P. 245302.

© Макаров Г.Н., Овчинников А.С., 2023 г.

25 ЛЕТ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ФАЗОВЫХ ПЕРЕВРАЩЕНИЙ В СПЛАВАХ ГЕЙСЛЕРА

Загребин М.А., Бучельников В.Д.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

На сегодняшний день, интенсивно возрастающий интерес научного сообщества обращен на исследование и развитие высокопроизводительных материалов нового поколения – «интеллектуальных» материалов, обладающих многофункциональными свойствами [1, 2]. Термин «интеллектуальный» материал обычно используется в контексте адаптивных (приспосабливающихся) материалов, в которых контролируемым образом наблюдается существенное изменение одного и более свойств в ответ на изменения внешних условий окружающей среды. Наиболее часто к таким материалам относят магнестрикционные материалы, пьезоэлектрики, мультиферроики, магнитокалорические материалы, материалы с эффектом памяти формы и др. Таким образом, приведенные особенности «интеллектуальных» материалов указывают на их огромный потенциал и широкое применение в качестве исполнительных механизмов и датчиков в различных отраслях производства и промышленности. Одним из ярких представителей «интеллектуальных» материалов являются сплавы Гейслера, демонстрирующие поразительное многообразие фазовых превращений (сложное магнитное упорядочение, термоупругие мартенситные и межмартенситные переходы) и функциональных свойств (эффект памяти формы, магнитоиндуцируемые деформации, магнитокалорический эффект, эффект обменного смещения и др.), инициируемых как изменением температуры, так и действиями внешних нагрузок и магнитных полей.

Исследованиям свойств сплавов Гейслера за последние 20 лет посвящено несколько тысяч публикаций, в высокорейтинговых международных научных изданиях. Большинство теоретических исследований направлено на изучение электронных, магнитных, структурных свойств. Теоретические исследования базируются на хорошо известных и апробированных методах, теориях и моделях. Исследование фазовых превращений в сплавах Гейслера с помощью феноменологической теории фазовых переходов (ФП) Ландау занимает особое место в ряду теоретических исследований. Теория Ландау хороша тем, что при помощи нее можно получить самые общие результаты, то есть все те состояния, которые могут существовать в рассматриваемых системах. Это невозможно сделать с помощью первопринципных и других модельных расчетов. Статистические методы неплохо подходят для

описания магнитных, структурных и магнитоупругих свойств кристаллов. Однако построение конкретной реалистичной модели является очень сложной задачей. Конечная модель, как правило, решается численным моделированием и требует больших временных затрат. Расчеты из первых принципов исключительно дороги и ограничены малыми системами. Следуя теории Ландау для решения поставленной задачи поиска равновесных структур и ФП необходимо записать термодинамический потенциал исследуемого кристалла. Процедура минимизации данного потенциала, как функции многих переменных с использованием аналитических и численных методов позволяет получить структурные и магнитные состояния, реализующиеся в рассматриваемой системе. Математическая простота и эффективность данной теории делают ее наиболее привлекательной для описания рассматриваемой проблемы.

В докладе представлены основные результаты по исследованию фазовых превращений в сплавах Ni-Mn-Z ($Z = \text{Ga, In, Sn, Sb}$) с помощью феноменологической теории структурных и магнитных ФП Ландау, полученные за четверть века, начиная с 1998 г. Первая часть доклада посвящена описанию фазовых превращений в сплавах Ni-Mn-Ga. Основные результаты исследования фазовых переходов в данных сплавах получены в работах [3-10]. Во второй части доклада представлены результаты исследования фазовых превращений в сплавах Ni-Mn-Z ($Z = \text{In, Sn, Sb}$), в которых наблюдается инверсия обменного взаимодействия. Основные результаты по данным сплавам опубликованы в работах [11-14].

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания Минобрнауки РФ № 075-01493-23-00.

Литература

1. Trolier-McKinstry, S. Newnham, R.E. // MRS Bulletin, 1993, v. 18, pp. 27–33.
2. Takagi, T. // J. Intell. Mater. Syst. Struct, 1996, v. 7, pp. 346–352.
3. Бучельников, В.Д., Васильев, А.Н., Заяк, А.Т. и др. // Вестн. Челябин. гос. ун-та. Сер. 6: Физика, 1998. т. 1(2), сс. 20–32.
4. Vasil'ev, A.N., Bozhko, A.D., Khovailo, V.V. et al. // Phys. Rev. B, 1999, v. 59, pp. 1113–1120.
5. Zayak A.T., Buchelnikov, V.D., Entel, P. // Phase Transit., 2002, v. 75, pp. 243–256.
6. Васильев, А.Н., Бучельников, В.Д., Такаги, Т. и др. // УФН, 2003, v. 173, сс. 577–608.
7. Khovaylo, V.V., Buchelnikov, V.D., Kainuma R. et al. // Phys. Rev. B., 2005, v. 72, pp. 224408.

8. Entel, P., Buchelnikov, V.D., Khovailo, V.V. et al. // *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2006, v. 39, pp. 865–889.
9. Buchelnikov V.D., Taskaev, S.V., Zagrebin, M.A. et al. // *J. Magn. Magn. Mater.*, 2007, v. 313, pp. 312–316.
10. Koshkid'ko, Yu.S., Dilmieva, E.T., Kamantsev, A.P. et al. // *J. Alloy. Compd.*, 2022, v. 904, pp. 164051.
11. Бучельников, В.Д., Таскаев, С.В., Загребин М.А., Энтель П. // *Письма в ЖЭТФ*, 2007, т. 85(11), сс. 689–693.
12. Бучельников, В.Д., Загребин, М.А., Таскаев, С.В. и др. // *Изв. РАН. Сер. Физическая*, 2008, т. 72(4), сс. 596–600.
13. Buchelnikov, V.D., Taskaev, S.V., Zagrebin, M.A., Entel, P. // *Mater. Sci. Forum*, 2008, v. 583, pp. 131–146.
14. Zagrebin, M.A., Buchelnikov, V.D., Kostromitin, K.I. // *Physica status solidi (c)*, 2014, v. 11, pp. 1144–1148.

© Загребин М.А., Бучельников В.Д., 2023 г.

УДК 533.15

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ СТОКОВ МАССЫ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ В УСТАНОВКЕ С СЕЛЕКТИВНОЙ МЕМБРАНОЙ

Анисимова М.А., Гильманов А.Я., Шевелев А.П.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Одной из важных задач в промышленности на сегодняшний день является получение газов приемлемой чистоты. Метод, который является наиболее эффективным, недорогостоящим и наиболее удобным в использовании из-за стабильности своих характеристик – использование селективных мембран. В установках с такими мембранами проводится разделение газов вследствие явления диффузии или фильтрации. Но такая установка требует предварительного моделирования для определения параметров мембраны, позволяющих получить приемлемую степень чистоты конечного продукта. В данной работе рассматривается моделирование процесса разделения газов на селективной мембране в динамике. Целью данной работы является вычисление технологических параметров селективной мембраны, обеспечивающих высокую степень чистоты газа на выходе. Сама мембрана представляет собой систему пучков трубок. В математическую модель, которая описывает процесс газоразделения, заложены законы сохранения массы для каждого компонента смеси (азота и кислорода), и закона сохранения импульса. Новизной работы является определение положения стоков массы для заданных характеристик работы установки. Система уравнений, описывающая процесс газоразделения, решалась при помощи явной конечно-разностной схемы. С использованием численного решения системы уравнений получено распределение концентрации азота после прохождения через мембрану. Путём анализа чувствительности показано, что положение патрубка влияет на эффективность разделения в пределах 1-2% из-за равномерного распределения газов после прохождения мембраны.

Литература

1. Гильманов А.Я., Деменчук М.А., Шевелев А.П. Определение параметров установки с селективными мембранами. Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2021. Т. 7, № 3 (27). С.71–88.

© Анисимова М.А., Гильманов А.Я., Шевелев А.П., 2023 г.

ЛИНЕЙНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ В КИРАЛЬНОМ ОДНООСНОМ МАГНЕТИКЕ

Синицын Вл.Е., Овчинников А.С., Бострем И.Г.

Институт естественных наук и математики,
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

Линейные возбуждения (гелимагноны) в киральном гелимагнетике во внешнем магнитном поле, направленном по киральной оси, исследовались в работе [1] методом анализа решений дискретных уравнений для компонент спина. Такой же метод был использован в работе [2] для исследования нелинейных возбуждений.

В настоящей работе для получения спектра различных возбуждений применяется метод усредненного лагранжиана Уитхема (Gerald Whitham) [3], разработанный для изучения лагранжевой динамики медленно меняющихся волновых пакетов в неоднородной (движущейся) среде.

Лагранжиан одноосного кирального магнетика имеет вид:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}[\theta, \varphi] = & \hbar S(\cos \theta - 1) \frac{\partial \varphi}{\partial t} - \frac{JS^2}{2} \left(\frac{\partial \theta}{\partial z} \right)^2 - \frac{JS^2}{2} \sin^2 \theta \left(\frac{\partial \varphi}{\partial z} \right)^2 + \\ & + DS^2 \sin^2 \theta \frac{\partial \varphi}{\partial z} + H_z S \cos \theta - KS^2 \cos^2 \theta \end{aligned}$$

где первое слагаемое – фаза Бери, второе и третье – изотропный обмен, далее антисимметричный обмен, зеемановское взаимодействие и одноионная анизотропия.

Проведено сравнение результатов, полученных этими методами, предсказаны форма и вид спектра бризеров в конической фазе в длинноволновом приближении.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ No. 22-13-00158.

Литература

1. Jun-ichiro Kishine, A.S. Ovchinnikov, Theory of Monoaxial Chiral Helimagnet, 2015, Academic Press, Elsevier.
2. I.G.Bostrem, E.G.Ekomasov, J.Kishine, A.S. Ovchinnikov, Vl.E.Sinitsyn, et. al. “Dark discrete breathers in monoaxial chiral helimagnet with easy-plane anisotropy”// PRB, 2021, v.104, 214420.
3. Whitham, G.B. Linear and nonlinear waves, Wiley-Interscience, 1974, ISBN-0-471-94090-9

УДК 538.9

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МУЛЬТИФЕРРОИКОВ

Валиахметов У.Р., Шарафуллин И.Ф.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Магнитоэлектрические нанопленки представляют огромный интерес в качестве функциональных элементов ультра-плотных ячеек памяти. В основном состоянии в них могут формироваться различные топологические магнитные вихревые структуры размером в несколько нанометров, свойства которых сильно зависят от набора физических параметров.

Экспериментальные фазовые диаграммы ряда материалов указывают на значительные переходные области между различными фазами, что ставит задачу точного определения фазовых границ между, к примеру, скирмионами и геликоидальной структурой. Методы нейронных сетей успешно применяются для идентификации магнитных фаз магнитных гамильтонианов и значительно ускоряют решение этой задачи [1].

В данной работе выполнен поиск параметров взаимодействия и напряжённости внешнего магнитного поля в трёхслойном композитном мультиферроике, при которых нетривиальные топологические магнитные структуры стабильны в основном состоянии моделируемой системы.

С помощью искусственных нейронных сетей (ИНС) построена взаимосвязь между комбинациями параметров мультиферроиков и соответствующими конфигурациями основного состояния, при этом относительно небольшое количество предварительно вычисленных конфигураций использовалось в качестве обучающих данных. Применение ИНС позволило избежать чрезмерных вычислительных затрат при исследовании параметрического пространства и найти такие параметры, при которых возможно существование устойчивых нетривиальных конфигураций основного состояния в виде устойчивого скирмионного кристалла.

Литература

1. Шарафуллин, И., Нугуманов, А., Валиахметов, У. Метод нейронных сетей для моделирования скирмионной решетки в композитном мультиферроике // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия физика. Астрономия. – 2023. – №142. – С. 6-15.

© Шарафуллин И.Ф., Валиахметов У.Р., 2023 г.

ОДНОМЕРНАЯ ДИНАМИКА КИНКА УРАВНЕНИЯ СИНУС-ГОРДОНА В МОДЕЛИ С ТРЕМЯ ПРОТЯЖЕННЫМИ ПРИМЕСЯМИ. БРИЗЕРНЫЕ И СОЛИТОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Кабанов Д.К.¹, Самсонов К.Ю.², Екомасов Е.Г.¹

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Одними из популярных модельных уравнений, описывающие многие нелинейные волновые процессы в теоретической и математической физике, являются уравнения Клейна-Гордона (УКГ). Наиболее изученным примером такого класса уравнений является уравнение синус-Гордона (УСГ) [1]. Оно, например, описывает динамику доменных границ в ферромагнетиках [2-3], однако для этого возникает необходимость его модификации путем добавления дополнительных слагаемых и функций. Они могут описывать наличие внешней силы, неоднородность параметров среды и др. Модифицированное УСГ не имеет точных аналитических решений, но существует ряд широко применяемых численных методов (например, метод коллективных координат). В данной работе, на примере уравнения синус – Гордона в бездиссипативной системе с тремя одинаковыми протяженными примесями, исследована структура и динамика кинков, а также исследованы бризерные и солитонные колебания, возникающие в примесях. Проведён анализ влияния параметров системы и начальных скоростей на возможные сценарии динамики кинка. Найдены критические и резонансные скорости кинка, как функции от параметров примеси. Показано, что меняя расстояние между примесями, можно эффективно управлять величиной кинк-примесного взаимодействия, а также, что меняя ширину и глубину примесей можно влиять на тип колебаний, возбуждаемых в примесях.

Литература

1. Cuevas-Maraver J. The Sine-Gordon Model and Its Applications: From Pendula and Josephson Junctions to Gravity and High-energy Physics/J. Cuevas-Maraver, P. G. Kevrekidis, F. Williams (Eds.) // Springer. — 2014. — V. 10. — P. 263;

2. Екомасов Е.Г., Назаров В.Н., Самсонов К.Ю., Муртазин Р.Р. Возможность управления динамикой и структурой магнитного солитона в трехслойной ферромагнитной структуре// Письма в ЖТФ – 2021. – т.47, в.10. – с. 15 – 18;

3. Одномерная динамика доменной границы в мультислойной ферромагнитной структуре / Д. К. Кабанов, К. Ю. Самсонов, В. Н. Назаров, Е. Г. Екомасов // Физика твердого тела. – 2023. – Т. 65, № 4. – С. 558-565.

© Кабанов Д.К., Самсонов К.Ю., 2023 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИВЫХ БЛЕСКА ФОНТОМНОЙ КРОТОВОЙ НОРЫ

Ахтарьянова Г.Ф., Хидиров У.К., Измаилов Р.Н.
Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы», г. Уфа, Россия

В работе исследуются параметры гравитационного микролинзирования кротовой норы Лобо-Персей-Риази (далее ЛПР) [1]. Кротовая нора ЛПР поддерживается фантомной материей, которая делает её проходимой.

Метрика кротовой норы ЛПР имеет вид:

$$ds^2 = - \left[1 + \frac{\lambda r_0}{r} \right]^{1-\frac{1}{\lambda}} dt^2 + \frac{dr^2}{1-\frac{r_0}{r} \left(\frac{\lambda r_0}{r} + 1 - \lambda \right)} + r^2 d\Omega^2, \quad (1)$$

где r_0 – радиус горловины и λ – параметр, связанный с уравнением состояния, который ограничен в диапазоне $0 < \lambda < 1$.

Цель работы состоит в сравнении кривых блеска черных дыр и фантомных кротовых нор. На рисунке представлена зависимость увеличения изображения от времени для черной дыры Шварцшильда и кротовой норы ЛПР.

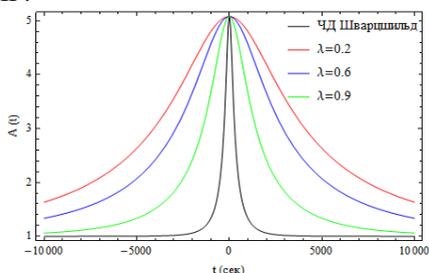


Рис. 1 – Кривые блеска черной дыры Шварцшильда и кротовой норы ЛПР при различных значениях λ

Из рисунка видно, что кривые блеска кротовой норы ЛПР при любых значениях λ значительно отличаются от кривой блеска чёрной дыры Шварцшильда. При увеличении параметра λ отличие сокращается.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-22- 00391).

Литература

1. F.S.N. Lobo. New asymptotically flat phantom wormhole solutions / Francisco S. N. Lobo, Foad Parsaei, Nematollah Riazi // Physical Review D. – 2013. V. 87. – P.084030.

ПРОЦЕСС АККРЕЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ ДАМУРА-СОЛОДУХИНА

Юсупова Р.М.^{1,2}, Измаилов Р.Н.²

¹ Институт физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

² Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В работе исследуется процесс аккреции на кротовую нору Дамура-Солодухина [1].

$$ds^2 = - \left(1 - \frac{2M}{r} + \lambda^2 \right) dt^2 + \frac{1}{1 - \frac{2M}{r}} + r^2 d\Omega^2, \quad (1)$$

где λ – безразмерный параметр, при $\lambda \rightarrow 0$, метрика (1) стремится к решению Шварцшильда.

Для определения параметров аккреции используется модель Бонди-Мишеля [2]. Уравнение состояния материи задается в виде:

$$p = \omega \rho, \quad (2)$$

где p - давление, ρ - плотность энергии, ω - параметр состояния. В качестве аккрецирующих веществ рассматриваются следующие виды баротропных жидкостей: фантомная энергия ($\omega < -1$), квинтэссенция ($-1 < \omega < -1/3$), пыль ($\omega = 1$) и жесткая материя ($\omega = 1$).

В ходе работы были получены аналитические выражения для скорости и плотности жидкостей, а так же темпа аккреции. В работе показано, что при аккреции фантомной энергии масса кротовой норы Дамура-Солодухина уменьшается, тогда как аккреция квинтэссенции, пыли и жесткой материи ведет к увеличению массы компактного центрального объекта.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда проект № 23-22- 00391.

Литература

1. Damour, Th., Solodukhin, S.N. // Physical Review D, 2007, v. 76(2), pp. 024016.
2. Michel, F.C. // Astrophysics and Space Sciences, 1972, v.15, pp. 153-160.

© Юсупова Р.М., Измаилов Р.Н., 2023 г.

ФОРМИРОВАНИЕ БАРОВ В ГАЛАКТИКАХ ТИПОВ SB0 И SBa В СКОПЛЕНИИ ДЕВЫ

Галеев В.В.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы», г. Уфа, Россия

Бар представляет собой структуру в галактическом диске, имеющую вытянутую форму и образованную звездами и газом. Такие структуры присущи дисковым галактикам линзовидной, спиральной и неправильной формы. Бар — это устойчивое образование, вращающееся как единое целое, в ту же сторону, что и галактический диск, но, как правило, с немного меньшей угловой скоростью [1]. Характерно, что звёзды, составляющие бар, не принадлежат ему всё время, а постоянно входят в бар и покидают его, но их повышенная концентрация в области бара остаётся на том же уровне, поэтому его внешний вид не изменяется. Согласно современным представлениям, бар образуется при возникновении гравитационной неустойчивости в тонком диске галактики. Этому способствуют либо достаточно высокая скорость вращения диска, либо небольшая скорость вращения и большие радиальные скорости звёзд [2].

Целью данного исследования является оценка влияния внутренних и внешних параметров на формирование и свойства баров в галактиках типов SB0 и SBa, расположенных в скоплении Девы, а также сравнение указанных галактик с галактиками сопоставимой светимости, но из областей с более низкой их концентрацией. Планируется составить обширную выборку галактик в широком диапазоне светимостей и оценить ключевые характеристики самих галактик и их баров. Измерения параметров последних будут производиться с применением разложения Фурье к фотометрическим изображениям галактик. Предполагается получить ответ на вопрос о степени влияния на характеристики бара внутренних динамических процессов, происходящих в галактиках, и параметров внешней среды.

Литература

1. WHICH GALAXIES HOST BARS AND DISKS? A STUDY OF THE COMA CLUSTER / J. Méndez-Abreu, R. Sánchez-Janssen, J. A. L. Aguerri // *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 711, Number 2
2. Constraints from Dynamical Friction on the Dark Matter Content of Barred Galaxies / Victor P. Debattista, J. A. Sellwood // *The Astrophysical Journal*, Volume 543, Number 2.

© Галеев В.В., 2023 г.

ФОРМИРОВАНИЕ МАССИВНЫХ ЗВЕЗД В IC 2944

Гильмутдинова И.Р.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Изучение процесса формирования массивных звезд всегда было одной из ведущих целей исследования в астрофизике, поскольку такие звезды оказывают существенное влияние на эволюцию галактик в целом. Одной из причин, по которым указанные процессы недостаточно изучены, является то, что формирование массивных звезд происходит в течение короткого времени и встречается реже, чем образование звезд с меньшей массой. Тот факт, что массивные звезды начинают влиять на родительскую среду вскоре после своего образования, еще больше усложняет задачу для исследователей. Конкурентная аккреция, звездные столкновения и монолитный коллапс плотного молекулярного облака часто рассматриваются в литературе как наиболее возможные сценарии, объясняющие процесс образования массивных звезд. Однако в последние годы получила распространение гипотеза cloud-cloud collision (CCC), постулирующая возможность массивного звездообразования в сжатом слое между одним маленьким и другим большим облаком в результате сверхзвукового столкновения.

В рамках данной теории предполагается изучить области звездообразования в эмиссионной туманности IC 2944 (рис. 1), используя данные, полученные в инфракрасном, оптическом и радио-диапазонах. Помимо массивных звезд также планируется исследовать морфологию молодых звездных скоплений.



Рис. 1. Эмиссионная туманность IC 2944

Литература

1. Formation of Massive Stars with High Accretion / André Maeder, Raoul Behrend // *Astrophysics and Space Science* volume 281, pages 75–78 (2002)
2. Investigating the Physical Properties and Fragmentation of the AFGL 333-Ridge / Xiaolian Liang, Jin-Long Xu, Jun-Jie Wang // *The Astronomical Journal*, Volume 162, Number 6.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЛИВНЫХ СИЛ НА ЧЕРНУЮ ДЫРУ НА ТРЕХБРАНЕ

Зиннатуллин Р.Р.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В работе исследовано влияние параметра браны на приливные силы пробной части, находящейся вблизи горизонта событий чёрной дыры. Точное решение статической черной дыры, локализованной на трехбране, в пятимерной гравитации модели Рэндалла-Сундрама было получено в работе [1] и описывается двумя параметрами: M и Q – массой и параметром браны (или приливным зарядом).

Для исследования приливных сил будет использован метод Горовица и Росса [2]. Эффективность данного метода была подтверждена в работах [3]. Кривизна полностью характеризуется компонентами тензора Римана в ортонормированной системе. В работе рассматривается ненулевой компонент тензора кривизны, который для черной дыры на трехбране получен в виде:

$$R_{\hat{0}\hat{2}\hat{0}\hat{2}} = R_{0202}^{(S)} + R_{0202}^{(Ex)} = R_{0202}^{(S)} = (Mr + Q^2)/r^2 .$$

где компонента $R_{0202}^{(S)}$ представляет кривизну в неподвижной системе координат, $R_{0202}^{(Ex)}$ представляет собой общее расширение кривизны (искривления) в системе координат лоренцовского буста в неподвижной системе. Так как компонента $R_{0202}^{(Ex)}$ равна 0, внешние силы не будут искажать пробную частицу. Отметим, что статическая компонента кривизны принимает наибольшее значение около радиуса горизонта событий. Следовательно, пробная частица испытает наибольшее искажение только при приближении к горизонту событий.

Исследование выполнено за счет гранта РБ НОЦ-ГМУ-2022 (Приказ №2987 от 29.11.2022).

Литература

1. Naresh D. Maartens R., Papadopoulos P., Rezanian V. Black holes on the brane // High Energy Physics, 2000. – В. 487. – Р. 1-6.
2. Horowitz G.T., Ross S.F. Naked Black Holes // Physical Review D, 1997. – Vol. 56. – P.2180.
3. Зиннатуллин Р.Р., Каримов Р.Х., Измаилов Р.Н. Приливные силы вблизи черных дыр в гравитационной теории с нарушением симметрии Лоренца // Известия Уфимского научного центра РАН, 2023. – № 1. – С. 38-41.

© Зиннатуллин Р.Р., 2023 г.

**ЗАДЕРЖКА ВРЕМЕНИ ШАПИРО В ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ
ЧЕРНОЙ ДЫРЫ КЕРРА-СЕНА**

Каримов Р.Х., Измаилов Р.Н.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Работа посвящена исследованию задержки времени прибытия сигналов Шапиро [1] до второго порядка в пространстве-времени черной дыры Керра-Сена [2], вытекающей из теории струн. Изначально, Шапиро представил свою работу как четвертая наблюдательная проверка ОТО [1]. Позже было показано, что задержка Шапиро является ненулевой и для других теорий гравитации [3]. Время прохождения света от r_s (источника света) до r_0 (ближайшего приближения света к черной дыре) в пространстве-времени черной дыры Керра-Сена имеет вид:

$$t(r_s \rightarrow r_0) = (1 + \xi) \left[\sqrt{r_s^2 - r_0^2} + \frac{\sqrt{r_s - r_0}}{\sqrt{r_s + r_0}} M + \dots \right], \quad (1)$$

где M – асимптотическая масса черной дыры, ξ – дилатонный заряд.

Из уравнения (1) видно, что влияние дилатонного заряда проявляется даже в первом порядке. Увеличение дилатонного заряда приводит к увеличению задержки времени Шапиро.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-22-00391).

Литература

1. Shapiro, I.I. Fourth test of general relativity // Physical Review Letters, 1964, v. 13, pp. 789-791.
2. Sen, A. Rotating charged black hole solution in heterotic string theory // Physical Review Letters, 1992, v. 69, pp. 1006-1009.
3. Izmailov, R.N., Karimov, R.Kh., Potapov, A.A., Nandi, K.K. String effect on the relative time delay in the Kerr–Sen black hole // Annals of Physics, 2020, v. 413, pp. 168069.

© Каримов Р.Х., Измаилов Р.Н., 2023 г.

ПРЕОДОЛЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАТЕНЕНИЯ ВНУТРИ КАПЕЛЬ ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ МОРФОЛОГИЧЕСКИ ЗАВИСИМЫХ РЕЗОНАНСОВ

Габышев Д.Н.^{1,2}, Ганопольский Р.М.²

¹Геофизический центр Российской академии наук, г. Москва, Россия

²Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Согласно построениям геометрической оптики и решения Ми [1] внутри сферической капли воды, освещаемой сбоку равномерным потоком света, образуются области, в которые почти не проникает свет. Они составляют заметную долю объёма капли. Низкая освещённость, по последним представлениям [2], ведёт к тому, что в них могут сохраняться вирусы, передающиеся воздушно-капельным путём. Это составляет проблему, т.к. человек, чихая, продуцирует десятки тысяч микрокапель [3], и они могут существовать десятки секунд. Отсюда потенциальный интерес представляют механизмы инактивации вирусных частиц, такие как температура и влажность. Мы предлагаем обратить внимание на ещё один механизм. Размер капли не стабилен: она либо испаряется, либо растёт. Вместе с тем, изменяется соотношение между размером капли и длиной волны света. При некоторых соотношениях между ними возникают так называемые морфологически зависимые резонансы. Мы показываем, что среди них есть такие ситуации, когда прежде затенённые области капли оказываются засвеченными. Испаряясь, капля должна последовательно проходить через множество таких состояний. По-видимому, это один из природных механизмов, способствующих инактивации вирусов в каплях под действием солнечного света.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-332.2022.1.2 (Тюменский государственный университет) и Госзаданий Министерства науки и высшего образования РФ № FEWZ-2023-0002 (Тюменский государственный университет) и № FMWG-2022-0008 (Геофизический центр РАН).

Литература

1. Velesco, N., Kaiser, T., Schweiger, G. // Appl. Opt., 1997, v. 36(33), p. 8724, doi:10.1364/ao.36.008724
2. Hill, S.C., Mackowski, D.W., Doughty, D.C. // J. Occup. Environ. Hyg. 2021, v. 18(8), pp. 394–408, doi: 10.1080/15459624.2021.1939877
3. Atkinson, J. *et al.* Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings; World Health Organisation: Geneva, Switzerland, 2009.

© Габышев Д.Н., Ганопольский Р.М., 2023 г.

ЭФФЕКТ САНЬЯКА В ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ В ЧЕТЫРЕХМЕРНОЙ ТЕОРИИ ЭЙНШТЕЙНА-ГАУССА-БОННЕ

Каримов Р.Х.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В работе рассматривается задержка времени [1-3] прибытия между двумя противоположно-направленными пучками света, движущимися по замкнутому круговым орбитам в пространстве-времени вращающейся черной дыры в четырехмерной теории Эйнштейна-Гаусса-Бонне [4] для негеодезического движения источника/приемника света (в теории предполагается что источник и приемник света определены в одной точке). Рассматриваемое в работе пространство-время характеризуется тремя параметрами: M – асимптотическая масса черной дыры, a – параметр вращения и α – параметр связи Гаусса-Бонне. В постньютоновском пределе эффект Саньяка в экваториальной плоскости имеет вид:

$$\delta\tau \approx \delta\tau_S + 4\pi R M \omega_0 - \frac{8\pi a M}{R} - \frac{8\pi \omega_0 M^2 \alpha}{R^2},$$

где $\delta\tau_S = 4\pi \omega_0 R^2$ – эффект Саньяка в плоском пространстве, R – радиус от центра, по которому движутся пучки света и ω_0 – угловая скорость источника/приемника света. Таким образом, несмотря на то, что черная дыра описывает более сильную гравитацию, эффект Саньяка появляется лишь во втором порядке разложения по M/R . Следовательно, поправка даваемая параметр связи Гаусса-Бонне будет небольшой.

Исследование выполнено за счет гранта РБ НОЦ-ГМУ-2022 (Приказ №2987 от 29.11.2022).

Литература

1. Камалова, Д.Ю., Давлетшина, Н.Ю., Байбулова, Г.Б., Каримов, Р.Х. Эффект Саньяка в пространстве-времени Йохансена-Псалтиса // Инженерная физика, 2019, № 7, С. 27-30.
2. Каримов, Р.Х., Нанди, К.К. Влияние магнитного заряда на эффект Саньяка в пространстве-времени Бардина // Известия Уфимского научного центра РАН, 2021, № 1, С. 92-96.
3. Karimov R.K., Izmailov R.N., Nandi K.K. Terrestrial Sagnac delay in scalar-tensor-vector-gravity // International Journal of Modern Physics D, 2021, v. 30(6), pp. 2150042.
4. Glavan, D., Lin, C. Einstein-Gauss-Bonnet Gravity in Four-Dimensional Spacetime // Physical Review Letters, 2020, v. 124, pp. 081301.

© Каримов Р.Х., 2023 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВА
ГЕЙСЛЕРА Mn_2CrSn**

Обамби М.А., Загребин М.А., Бучельников В.Д.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

В последние годы сплавы Гейслера на основе Mn_2 привлекают особое внимание благодаря их интересным полуметаллическим свойствам и потенциальному применению в области спинтроники [1]. Результаты последних теоретических исследований сплавов Mn_2YSn показали, что на зависимостях энергии от параметра решетки, наблюдается наличие глобального и локального минимумов энергии, соответствующих магнитным состояниям с малым целым (*low magnetic state – LMS*) магнитным моментом, полуметаллическими свойствами и высоким (*high magnetic state – HMS*) дробным магнитным моментом, металлическими свойствами. Результаты расчетов [2] также показывают, что учет внешнего давления позволяет управлять разницей энергий между фазами HMS и LMS и достичь вырожденного по энергии состояния. Таким образом, чтобы поддержать предположение о состояниях полуметаллического ферромагнетизма и металлической природе электронной структуры фаз LMS и HMS, в данной работе были исследованы электронные и магнитные свойства сплава Mn_2CrSn .

Исследования выполнены на основе методов, присоединенных проекционных плоских волн (*Projector augmented wave – PAW*) и гриновских функций Корринга-Кона-Ростокера, реализованных в программных пакетах VASP (*Vienna Ab initio Simulation Package*) [3, 4] и SPR-KKR (*a Spin Polarized Relativistic Korringa-Kohn-Rostoker code*), соответственно. В качестве приближения для обменно-корреляционного функционала выбрано приближение обобщенного градиента электронной плотности в параметризации Пердью–Бурке–Эрнцерхофа. Показано, что состояние LMS сплава Mn_2CrSn характеризуется почти полуметаллическим поведением, в то время как состояние HMS – металлическим поведением.

Литература

1. Marchenkov V.V. et al. // J. Supercond. Nov. Magn., 2022, v.35, pp. 2153-2168.
2. Sokolovskiy V. et al // Comput. Mater. Sci., 2023, v. 228, pp. 112365.
3. Kresse G., Furthmüller J. // Phys. Rev. B, 1996, v. 54. pp. 11169.
4. Kresse G., Joubert D. // Phys. Rev. B, 1999, v. 59, pp. 1758.

© Обамби М.А., Загребин М.А., Бучельников В.Д., 2023 г.

ИЕРАРХИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ДНК

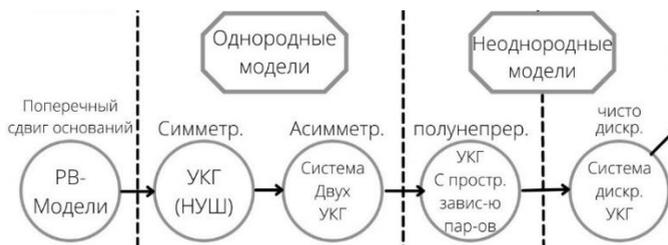
Галимова А.Д., Закирьянов Ф.К.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

С точки зрения физики молекула ДНК представляет собой сложную динамическую систему, состоящую из большого числа связанных и определенным образом расположенных в пространстве атомов и атомных групп. Такая система не статична, а обладает внутренней подвижностью, обусловленной воздействием температуры, столкновением с молекулами раствора, взаимодействием с белками и т.д. Эти движения вносят существенный вклад в образование *открытого состояния* (раскрытие пар оснований, расплетание двойной спирали и образование транскрипционного пузыря). Для описания этой конформационной динамики молекулы ДНК предложено множество различных моделей.

Анализ литературы по этим моделям позволил нам прийти к выводу, что их можно условно разделить на две группы, отличающиеся описанием механизма образования открытого состояния. В первую группу можно отнести модели, у которых основной вклад в динамику даёт вращение оснований вокруг сахара-фосфатного остова. Такие модели приводят к уравнениям типа синус-Гордон (УСГ) и их системам – Y-модели. Другая группа моделей, у которых основной вклад в динамику вносят поперечные смещения оснований в направлении, перпендикулярном оси ДНК, описывается уравнениями типа нелинейного уравнения Клейна-Гордона (УКГ) – РВ-модели. Каждая из этих групп моделей имеет свои достоинства и недостатки и может быть привлечена для описания тех или иных процессов с той или иной степенью подробности.

Тщательный анализ литературы показал, что поперечные модели образуют иерархию, представленную на схеме:



Предлагаемая нами иерархия является наиболее полной из известных в настоящее время.

© Галимова А.Д., Закирьянов Ф.К., 2023 г.

ИЕРАРХИЯ УГЛОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДНК

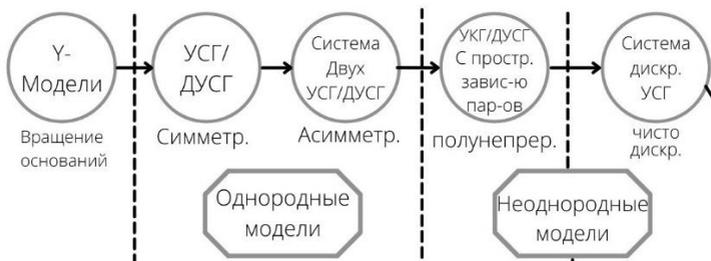
Кубатиева М.Р., Закирьянов Ф.К.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В процессе функционирования молекулы ДНК возникает так называемое «открытое состояние» (open state), в котором происходит разрыв водородных связей комплементарных полинуклеотидных оснований и движение «транскрипционного пузыря» (transcription bubble) вдоль цепочки. Свыше сорока лет назад была высказана идея о том, что солитоны являются наиболее удобным математическим образом, подходящим для описания этих конформационных изменений. С тех пор началась активная разработка мезоскопических моделей динамики ДНК, которые в настоящее время можно условно разделить на две основные группы:

- 1) *поперечные* модели (РВ-модели), в которых открытое состояние молекулы ДНК описывается смещением азотистых оснований в направлении, перпендикулярном оси ДНК, и
- 2) *угловые* модели (Y-модели), в которых открытое состояние описывается вращением азотистых оснований вокруг сахара-фосфатного остова.

Нами был проанализирован большой объем литературы за последние сорок с лишним лет и предлагается иерархия угловых моделей динамики ДНК, учитывающая как искусственные, так и природные полинуклеотидные цепочки, отличие полинуклеотидов по размерам и массе и некоторые другие особенности. Предлагаемая нами иерархия угловых моделей ДНК представлена на схеме:



Предлагаемая нами иерархия угловых моделей нелинейной динамики ДНК является наиболее полной из имеющихся в настоящее время.

УДК 537.9, 537.611, 534.21

ПРОЯВЛЕНИЕ МАГНИТОУПРУГОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ДИХАЛЬКОГЕНИДОВ И ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Терещенко А.А.

Институт естественных наук и математики, г. Екатеринбург, Россия

Как правило, магнитоупругое взаимодействие (МУ) считается малым, однако существуют ситуации, в которых даже малое МУ определяет физику процессов магнитоупорядоченных кристаллов. В качестве такого примера можно рассмотреть деформацию магнитной солитонной решетки одноосного хирального гелимагнетика $\text{Cr}_{1/3}\text{NbS}_2$, возникающую под действием внешнего механического напряжения и детектируемую с помощью лоренцевской электронной микроскопии [1]. Другим примером является магнитоакустический резонанс в $\text{Cr}_{1/3}\text{NbS}_2$, который можно проверить методами ферромагнитного резонанса [2]. При анализе МУ волн упругий вклад описывается стандартной теорией упругости (ТУ), исключающей микровращения атомов элементарной ячейки (ЭЯ). Такой подход может оказаться неэффективным для интеркалированных соединений, таких как, например, $\text{Cr}_{1/3}\text{NbS}_2$. В качестве альтернативы, нами была предложена микрополярная ТУ [3]. Учет МУ также оказывается критически важным при рассмотрении процессов перемагничивания в дихалькогениде железа $\text{Fe}_{0.5}\text{TiS}_{2-y}\text{Se}_y$, в котором упругие деформации обеспечивают существование метастабильного ФМ состояния в АФМ составе $\text{Fe}_{0.5}\text{TiS}_{2-y}\text{Se}_y$. Это позволяет объяснить кардинальную перестройку формы петель гистерезиса с изменением температуры [4]. В динамических задачах, связанных с распространением акустических волн, МУ взаимодействие также может приводить к нетривиальным результатам. В частности, вблизи кроссоверного перехода «низкий спин - высокий спин» в соединении LuCo_3 , наблюдаемого в сверхсильных магнитных полях, ультразвук будет испытывать аномальное затухание [5].

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ проект № 22-13-00158.

Литература

1. G.W. Paterson et al. // PRB, 2020, v. 101(18), p. 184424.
2. A.A. Tereshchenko et al. // PRB, 2018, v. 97(18), p. 184303.
3. J. Kishine et al. // PRL, 2020, v. 125(24), p. 245302.
4. N. Baranov et al. // PRB, 2019, v. 100(2), p. 024430.
5. A.A. Tereshchenko et al. // PRB, 2022, v. 106(5), p. 054417.

© Терещенко А.А., 2023 г.

ДИНАМИКА СВЯЗАННЫХ МАГНИТНЫХ ВИХРЕЙ В СПИН-ТРАНСФЕРНЫХ НАНО-ОСЦИЛЛЯТОРАХ РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРЫ

Фасхутдинов Р.А., Антонов Г.И., Филиппова В.В.
Уфимский университет науки и технологий. Уфа, Россия

В настоящее время одним из перспективных технических устройств для спинтроники, является микроволновой спин-трансферный наноосциллятор (СТНО) [1-2]. Появилось много работ, посвященных исследованию вихревых СТНО, когда вихрь существует в каждом из магнитных слоев (см., например, [2]). Показано, что для системы из двух взаимодействующих магнитостатически магнитных вихрей, динамика вихрей может кардинально измениться по сравнению с одновихревым СТНО. Также экспериментально показана возможность раздельного переключения полярности каждого из вихрей при совместном приложении магнитного поля и спин поляризованного тока. Рассмотрено влияние изменения толщины немагнитной прослойки на связанную динамику вихрей на примере СТНО малого диаметра [3]. Показано, что при увеличении толщины немагнитной прослойки наблюдается уменьшение величины критических токов, а диапазон токов, при котором наблюдается стационарный режим связанных колебаний вихрей, увеличивается. Также исследован процесс переключения полярности магнитных вихрей при совместном воздействии спин-поляризованного тока и внешнего магнитного поля на СТНО большого диаметра [4]. Построена диаграмма зависимости от величины спин-поляризованного тока величины магнитного поля, раздельно переключающего полярность вихря в магнитных слоях спин-трансферного наноосциллятора. Показано, что для раздельного переключения полярности вихрей в СТНО большого диаметра требуется использования меньшей величины магнитного поля по сравнению со случаями среднего и малого диаметров СТНО, что более выгодно с точки зрения практических приложений.

Литература

1. Звездин А.К., Звездин К.А., Хвальковский А.В УФН **178**, 436 (2008).
2. Екомасов А.Е., Звездин К.А., ФММ **123**, 3, 219 (2022).
3. Mukhamadeeva V. V., Stepanov S. V., Zvezdin K. A., Ekomasov E.G., Letters on Materials **12** (4), 327 (2022).
4. Екомасов Е.Г., Степанов С.В., Звездин К.А., Пугач Н.Г., Антонов Г.И. ФММ **122**, 3, 212 (2021).

© Фасхутдинов Р.А., Антонов Г.И., Филиппова В.В., 2023 г.

СЕКЦИЯ «ДИЗАЙН ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

УДК 620.22

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ НАНОКОМПОЗИТА УНТ/ПОЛИМЕР

Акманов И.С.

Сколковский институт науки и технологий, г. Москва, Россия

Полимерный наноккомпозит является одной из основных областей применения углеродных нанотрубок (УНТ). Экстраординарные свойства нанотрубок приводят к созданию универсальных наноккомпозитов [1]. Для эффективного применения этих материалов их свойства должны быть детально изучены. В данной работе разработан алгоритм для создания цифровой модели наноккомпозита УНТ/полимер с целью расчета различных физических свойств материала. Особенностью модели являлось представление УНТ в виде одномерных элементов, внедренных в полимерную матрицу, что значительно уменьшало вычислительную сложность (рис.1). Механические, тепловые, электрические свойства рассчитывались методом конечных элементов в программе Abaqus.

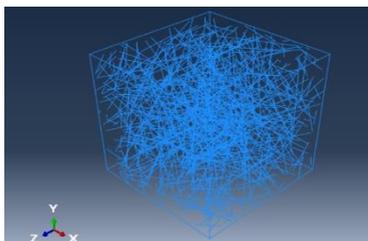


Рис. 1. Расчетный объемный элемент композита УНТ/полимер

Данная цифровая модель позволила рассчитать такие свойства наноккомпозитов, как тепловую и электрические проводимости, пьезорезистивность, температурный коэффициент электрического сопротивления [2].

Литература

1. Coleman J.N. et al. Small but strong: a review of the mechanical properties of carbon nanotube–polymer composites //Carbon. – 2006. – Т. 44. – №. 9. – С. 1624-1652.
2. Lomov S.V. et al. Negative Temperature Coefficient of Resistance in Aligned CNT Networks: Influence of the Underlying Phenomena //Polymers. – 2023. – Т. 15. – №. 3. – С. 678.

© Акманов И.С., 2023 г.

ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОГО МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА ПЛОСКИЕ МАГНИТНЫЕ СТРУКТУРЫ

Магадеев Е.Б., Вахитов Р.М.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В работе исследуется влияние неоднородного магнитоэлектрического взаимодействия (НМЭВ) на магнитные структуры, характеризующиеся отсутствием выхода вектора намагниченности из плоскости ферромагнитной пленки вследствие наличия у материала образца сильной одноосной анизотропии типа «легкая плоскость». Как показано в [1–3], такие плоские структуры обладают дополнительными возможностями для формирования топологически защищенных уединенных неоднородностей, перспективных для создания ячеек памяти нового поколения.

Однородное электрическое поле в рассматриваемом случае не влияет на распределение намагниченности. Поэтому предполагается, что поле центральное, а образец представляет собой проколотый диск. В пленке с такой геометрией могут формироваться различные магнитные структуры, топология которых характеризуется числом k оборотов, совершаемых вектором намагниченности при обходе отверстия по часовой стрелке. При включении поля значение k , отвечающее глобальному минимуму энергии, будет меняться скачком пропорционально приложенному к границам диска напряжению. Расчеты показывают, что единственной конфигурацией электрического поля, при которой основное состояние системы не зависит от размера образца, является поле заряженной нити. Таким образом, поле заряженной нити является оптимальным способом управления топологией магнитной структуры в пленке произвольной формы, в том числе неограниченной плоской пленке с пренебрежимо малым отверстием.

Авторы благодарят за финансовую поддержку в ходе данной работы государственное задание на выполнение научных исследований лабораториями (приказ МН-8/1356 от 20.09.2021).

Литература

1. Е.Б. Магадеев, Р.М. Вахитов. Письма в ЖЭТФ. 115, 123 (2022).
2. Е.Б. Магадеев, Р.М. Вахитов, Р.Р. Канбеков. ЖЭТФ. 162, 417 (2022).
3. E.B. Magadeev, R.M. Vakhitov, R.R. Kanbekov. J. Phys.: Condens. Matter. 35, 015802 (2023).

© Магадеев Е.Б., Вахитов Р.М., 2023 г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНОСТИ КОМПОЗИТНЫХ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ

Галимов И.И.

Уфимский университет науки и технологии, г. Уфа, Россия

С целью оптимизации процесса создания энантиоселективных композитных сенсоров нами предложен теоретический метод прогнозирования энантиоселективности, которую обеспечивает хиральный модификатор. Метод основан на вычислении разности Red/Ox потенциалов ($E_{\text{Red/Ox}}$) между комплексами «энантиомер-аналита»*«хиральный модификатор» ($S_{\text{Analit}}*R_{\text{Mod}}$ или $R_{\text{Analit}}*R_{\text{Mod}}$), найденных в полуэмпирическом приближении SM5.2/AM1 обладающем достаточной точностью для вычисления $E_{\text{Red/Ox}}$ [1] : $\Delta E_{\text{Red/Ox}}(R/S) = E_{\text{Red/Ox}}(R_{\text{Analit}}*R_{\text{Mod}}) - E_{\text{Red/Ox}}(S_{\text{Analit}}*R_{\text{Mod}})$. Вычисленные разности $\Delta E_{\text{Red/Ox}}$ для ряда хиральных аналитов (табл.1) показывают, что $\Delta E_{\text{Red/Ox}}$ зависит от строения пары аналит-модификатор. При этом величина $\Delta E_{\text{Red/Ox}}(R/S)$ превышает ошибку экспериментальных измерений, что может быть применимо для дальнейшего прогнозирования энантиоселективности.

Таблица 1. Разности потенциалов $\Delta E_{\text{Red/Ox}}(R/S)$, эВ между комплексами R- или S- аналитов с модификатором

Аналит	Модификатор в R- конфигурации						
	Ala	Asp	Glu	Ile	Leu	Pro	Gln
Alprenolol	0.14	0.21	0.49	0.32	0.35	0.08	0.09
Clopidogrel	0.25	0.29	0.21	0.12	0.22	0.23	0.10
Cys	0.00	0.08	0.07	0.13	0.05	0.25	0.21
Glu	0.05	0.06	0.04	0.00	0.03	0.00	0.20
Levomycetin	0.05	0.09	0.07	0.30	0.22	0.25	0.13
Met	0.12	0.02	0.19	0.27	0.13	0.03	0.07
Naproxen	0.01	0.02	0.15	0.19	0.29	0.15	0.02
Ofloxacinum	0.32	0.12	0.10	0.24	0.04	0.21	0.04
Propionalol	0.38	0.16	0.01	0.20	0.18	0.66	0.10
Trp	0.07	0.18	0.05	0.20	0.14	0.04	0.13

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 23-73-00119.

Литература

1. Semi-empirical methods in RedOx potential calculations of substituted aromatic compounds: Parameterizations, solvation models, approximation by frontier molecular orbital energies / I.V. Vakulin, D.V. Bugaets, R.A. Zilberg, V.N. Maistrenko // *Electrochimica Acta.* – 2019. – Vol. 294. – P. 423-430. – DOI 10.1016/j.electacta.2018.09.126. – EDN GSRYRL.

© Галимов И.И., 2023 г.

ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОналиЗИРОВАННОГО ФуЛЛЕРЕНА ДЛя ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕВОФЛОКСАЦИНА В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

Абрамов И.А., Гайнанова С.И., Загитова Л.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Одной из тенденций современной аналитической химии, в частности электрохимии, является создание и применение новых функциональных материалов с целью улучшения аналитических характеристик методов определения. Так, создание на поверхности сенсора чувствительного слоя на основе функциональных материалов позволяет повысить чувствительность и селективность к аналиту.

В нашем исследовании сенсор на основе функционализированного фуллерепа С₆₀, разработанный ранее [1], апробирован для определения левофлоксацина (Лев) в продуктах питания животного происхождения: молоке и мясе. Сенсор представляет собой стеклоуглеродный электрод, на поверхность которого послойно нанесены восстановленный оксид графена и S-N,N'-бис(1-фенилэтил)малонамид фуллерепа, отвечающий за селективное взаимодействие с молекулой Лев через водородные связи и π - π стэкинг.

Предварительно проведено количественное определение Лев методом дифференциально-импульсной вольтамперометрии. При построении калибровочного графика наблюдаются две линейные зависимости в диапазонах $1.0 \cdot 10^{-6} - 6.0 \cdot 10^{-5}$ и $6.0 \cdot 10^{-5} - 5.0 \cdot 10^{-4}$ М, описываемые уравнениями $i_p = (107 \pm 2)C + (0.13 \pm 0.06)$ ($R^2 = 0.998$) и $i_p = (58.0 \pm 0.3)C + (2.7 \pm 0.1)$ ($R^2 = 1$) соответственно. Пределы обнаружения и количественного определения рассчитаны по $3S_b/m$ и $10S_b/m$ критериям, что составило $1.8 \cdot 10^{-7}$ М и $6.0 \cdot 10^{-7}$ М соответственно. Определение Лев в молоке и мясе осуществлялось методом «введено-найденно», относительное стандартное отклонение составило не более 8.0%.

Таким образом, в настоящем исследовании показана возможность применения новых функциональных материалов в создании вольтамперометрических сенсоров для определения антибиотиков в продуктах питания животного происхождения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-73-00073, <https://rscf.ru/project/22-73-00073/>

Литература

1. Zagitova, L., Abramov, I., Zagitov, V., et.al, J. Electroanal. Chem., 2023, vol. 940, 117508

© Абрамов И.А., Гайнанова С.И., Загитова Л.Р., 2023 г.

ВЛИЯНИЕ НА СТРУКТУРУ, ДИНАМИКУ И УСТОЙЧИВОСТЬ СКИРМИОНОВ ДЕФЕКТОВ МАГНИТНОЙ И КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Самигуллина А.И., Шарафуллин И.Ф.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Присутствие дефектов в магнитной и кристаллической структуре, включая немагнитные включения, области с анизотропией или магнитные атомы различного типа, значительно воздействуют на структуру, динамику и устойчивость скирмионов. Немагнитные включения или области с измененной анизотропией создают дополнительные барьеры и неоднородности, что приводит к перераспределению магнитного момента и изменению магнитной конфигурации скирмиона. Когда анизотропия слаба, магнитный момент более свободно может ориентироваться в пространстве, что позволяет скирмионам оставаться стабильными без значительных изменений их конфигурации. В случае сильной анизотропии, скирмионы могут испытывать значительные энергетические барьеры при изменении их структуры или ориентации. Это затрудняет манипуляцию скирмионами, но достигается их высокая стабильность, что приводит к достаточно ощутимым сдвигам диапазона температур или магнитных полей, в которых скирмионы могут существовать по сравнению с результатами полученными в случае безанизотропных моделей.

В данной работе рассматривается двухслойная структура, на интерфейсной границе которой существует сильное магнитоэлектрическое взаимодействие, которое как показывают результаты выполненных расчетов, способствует образованию скирмионов и состояний, в которых формируются решетки скирмионов. Обнаружены интересные эффекты по изменению профиля энергии основного состояния за счет конкурирующих взаимодействий, построены фазовые диаграммы состояния, которые будут полезны для моделирования процессов записи и считывания информации

Литература

1. Sharafullin, I.F., Yuldasheva, A.R., Abdrakhmanov, D.I. and Kizirgulov, I. R. and Diep, H.T. // 2023 <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4549020>
2. Sharafullin I.F., Kharrasov M.K., Diep H.T. // Phys. Rev. 2019. V. 99. 214420.

© Самигуллина А.И., Шарафуллин И.Ф., 2023 г.

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ВИХРЕПОДОБНЫЕ МАГНИТНЫЕ СТРУКТУРЫ В ПЕРФОРИРОВАННЫХ ПЛЕНКАХ

Канбеков Р.Р., Магадеев Е.Б., Вахитов Р.М.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В работе исследуются неоднородные магнитные структуры, которые могут наблюдаться в ферромагнитной пленке с сильной одноосной анизотропией типа «легкая плоскость» при наличии в ней пары близкорасположенных отверстий [1]. Под воздействием внешнего магнитного поля, нормального к поверхности пленки, структуры такого типа могут претерпевать управляемые деформации без полного разрушения. Предложенная модель магнетика в форме «кренделя» позволяет описать ряд особенностей наблюдаемых пространственных распределений. Основные результаты, полученные в рамках аналитических расчетов, подтверждены путем численных экспериментов. На рис. 1 показаны графики зависимости критических значений напряженности внешних полей H_c , при которых изучаемые структуры полностью разрушаются, от величины константы анизотропии K .

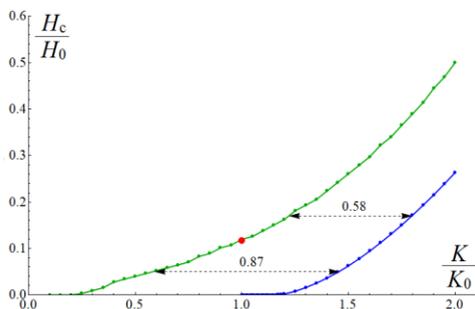


Рис. 1. Графики зависимости критической напряженности поля H_c от абсолютной величины константы анизотропии K при различной степени влияния размагничивающих полей

Авторы благодарят за финансовую поддержку в ходе данной работы государственное задание на выполнение научных исследований лабораториями (приказ MN-8/1356 от 20.09.2021).

Литература

1. Магадеев, Е.Б., Вахитов Р.М., Канбеков Р.Р. ЖЭТФ. 162, 3 (2022).

© Канбеков Р.Р., Магадеев Е.Б., Вахитов Р.М., 2023 г.

ПЛОСКОСТНАЯ МАГНИТНАЯ АНИЗОТРОПИЯ НА ТРЕУГОЛЬНОЙ РЕШЁТКЕ

Нугуманов А.Г., Шарафуллин И.Ф., Абдрахманов Д.И.
Лаборатория дизайна новых материалов, УУНиТ, г. Уфа, Россия

Магнитной анизотропией называют энергию взаимодействия, возникающую из кристаллографической симметрии магнитного материала.

В микроскопической модели магнетика анизотропное взаимодействие двух соседних спинов пропорциональна произведению компонент спинов перпендикулярных радиус-вектору, соединяющему узлы спинов:

$$\mathcal{H}_{PA} = - \sum_{i,j,k} K^{ijk} (\vec{S}_{i,j} \cdot \vec{P}_k^\perp) (\vec{S}_{i,j \pm \vec{P}_k} \cdot \vec{P}_k^\perp)$$

Здесь K^{ijk} – коэффициент анизотропии, \vec{P}_k – радиус-векторы, соединяющие спин $\vec{S}_{i,j}$ с ближайшими соседями, $\vec{P}_k \perp \vec{P}_k^\perp$, $|\vec{P}_k| = |\vec{P}_k^\perp| = 1$, $P_k^z = P_k^{Lz} = 0$.

В случае треугольной решётки (рис. 1):

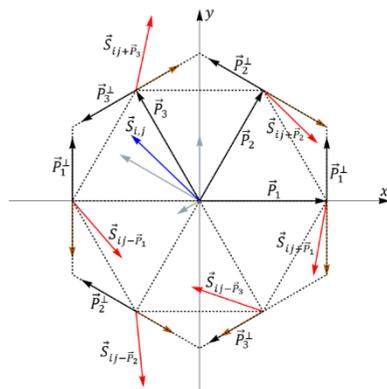


Рис. 1. Схема плоскостной анизотропии на треугольной решётке

$$\begin{cases} \vec{P}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \vec{P}_2 = \begin{pmatrix} 1/2 \\ \sqrt{3}/2 \\ 0 \end{pmatrix}, \vec{P}_3 = \begin{pmatrix} -1/2 \\ \sqrt{3}/2 \\ 0 \end{pmatrix} \\ \vec{P}_1^\perp = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \vec{P}_2^\perp = \begin{pmatrix} -\sqrt{3}/2 \\ 1/2 \\ 0 \end{pmatrix}, \vec{P}_3^\perp = \begin{pmatrix} -\sqrt{3}/2 \\ -1/2 \\ 0 \end{pmatrix} \end{cases}$$

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ №075-03-2021-193/5 от 30.09.2021.

Литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.. Электродинамика сплошных сред. / М.: Наука, 1982. — Т. VIII. — С. 200. — 624 с.

© Нугуманов А.Г., Шарафуллин И.Ф., Абдрахманов Д.И., 2023 г.

ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПРОПРАНОЛОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО СЕНСОРА НА ОСНОВЕ ТРИТЕРПЕНОИД-ОКСИДА ГРАФЕНА

Гайнанова С.И., Абрамов И.А., Загитова Л.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Энантиоселективность аналитического сигнала в электрохимических сенсорах достигается за счет включения в состав чувствительного слоя хирального селектора, с которым селективно взаимодействует аналит. Для этого применяются различные соединения, удовлетворяющие определенным требованиям по электропроводности и пленкообразующей способности [1]. В настоящее время нами ведется разработка вольтамперометрического сенсора на основе гибридного материала – тритерпеноид-оксида графена для энантиоселективного анализа пропранолола (Прп). Данный гибридный материал был синтезирован через углеводородный линкер с шестью метиленовыми звеньями с использованием бромидов бегулоновой кислоты и оксида графена (ОГ). Бетулиновая кислота (Бет) содержит в своем составе ассиметричные атомы углерода и является природным пентациклическим тритерпеноидом, а ОГ широко используются благодаря своим электрокаталитическим свойствам и высокой адсорбционной способности. С помощью ковалентной сшивки углеродных наночастиц с органическими молекулами возможно создать сенсор с заданными операционными и аналитическими характеристиками.

Было изучено электрохимическое поведение Прп на модифицированном сенсоре в режиме дифференциально-импульсной вольтамперометрии. Установлено, что при нанесении на поверхность стеклоуглеродного электрода (СУЭ) Бет, наблюдается самый низкий ток пика S-Прп (15.4 ± 0.5 мкА), в случае ОГ, ток пика значительно увеличивается (195 ± 4 мкА). При использовании ковалентной функционализации (ОГ-Бет: 182 ± 4 мкА) ток пика увеличивается в 4.5 раза по сравнению с немодифицированным электродом (40 ± 1 мкА). На конечном сенсоре (СУЭ/ОГ/ОГ-Бет) коэффициент энантиоселективности (I_S/I_R) достигает 1.3, что свидетельствует о перспективности полученного материала для количественного определения энантиомеров Прп.

Исследование выполнено за счет регионального гранта Главы Республики Башкортостан 032-ХФ-АХ-ГБ-23.

Литература

1. Энантиоселективные сенсоры/В. Н. Майстренко, Г. А. Евтюгин. - М.: Лаборатория знаний, 2023. - 259 с.

© Гайнанова С.И., Абрамов И.А., Загитова Л.Р., 2023 г.

УДК 538.9

УСТОЙЧИВОСТЬ СКИРМИОНОВ В ФРУСТРИРОВАННЫХ АНТИФЕРРОМАГНИТНЫХ/СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ БИСЛОЯХ С ТРЕУГОЛЬНОЙ РЕШЕТКОЙ

Юлдашева А.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Магнитные скирмионы — наноразмерные топологически защищенные вихри спина — исследовались, как потенциальные носители информации в устройствах спинтроники [1, 2, 3]. В этой работе рассмотрены магнитные и сегнетоэлектрические слои с треугольной решеткой. В данной работе мы рассмотрели магнитный и сегнетоэлектрический слои с треугольной решеткой.

Таким образом, целью данной работы является изучение влияния интерфейсной связи Дзялошинского-Мория на свойства скирмионов. Мы изучаем фазовый переход и конфигурации основного состояния в магнитоэлектрических сверхрешетках, образованных чередующимися антиферромагнитными и сегнетоэлектрическими слоями, с использованием моделирования Монте-Карло и метода наискорейшего спуска. Обнаружено образование стабильного скирмионного кристалла в основном состоянии антиферромагнитных/сегнетоэлектрических сверхрешеток с треугольной решеткой при нулевом внешнем магнитном поле. Очень сильные магнитоэлектрические взаимодействия на границе раздела приводят к исчезновению магнитного фазового перехода. Существование скирмионов на магнито-сегнетоэлектрической поверхности в основном состоянии при нулевом магнитном поле очень интересно и может иметь практическое применение в цифровых технологиях и спинтронике. Обнаружено, что при нулевом приложенном магнитном поле скирмионы в бислое антиферромагнетик/сегнетоэлектрик с треугольной решеткой могут образовываться в диапазоне межфазного магнитоэлектрического взаимодействия от 0.85 до 1.95. Результаты проведенного нами моделирования методом Монте-Карло подтверждают, что наблюдаемые скирмионы стабильны до конечной температуры $T=0.570$ в относительных единицах, приведенных к обменной энергии.

Литература

1. Rosh A. // Nat. Nanotechnol., 2017, v. 12, pp. 103-104.

© Юлдашева А.Р., 2023 г.

УДК 538.9

ВЛИЯНИЕ ПЛОСКОСТНОЙ АНИЗОТРОПИИ НА ОСНОВНОЕ СОСТОЯНИЕ АНТИФЕРРОМАГНИТНОГО БИСЛОЯ С ПЛОСКОСТНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ДЗЯЛОШИНСКОГО-МОРИЯ, В ОТСУТСТВИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Нугуманов Р.Р., Абдрахманов Д.И., Шарафуллин И.Ф.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В работе рассматривается модель бислоя с фрустрированной антиферромагнитной пленкой и ферроэлектрической пленками на треугольной решетке с взаимодействием Дзялошинского-Мория, направленным в плоскости ху.

Исследуется основное состояние, которое допускает существование в определенном диапазоне температур решетки скирмионов, исследована устойчивость фазы скирмионной решетки и фазы случайно распределенных скирмионов при включении плоскостной анизотропии. С помощью метода наискорейшего спуска были построены фазовые диаграммы в основном состояний антиферромагнитной подрешетки при разных константах анизотропии и параметра магнитоэлектрического взаимодействия.

Показано, что формирование кристалла скирмионов в основном состоянии происходит при конкурирующем антиферромагнитном обменном взаимодействии, плоскостном взаимодействии Дзялошинского-Мория в диапазоне $D \in [0.4, 0.6]$, магнитоэлектрического взаимодействия в диапазоне параметра $J_{mf} \in [2.0, 2.8]$. Область существования стабильного скирмионного кристалла соответствует значениям $D = 0.5$ и $J_{mf} \in [2.0, 2.8]$.

На основе метода Монте-Карло обнаружено, что критическая температура соответствующая разрушению фазы скирмионной решетки увеличивается при включение в модельный гамильтониан плоскостной анизотропии. Показано, что при больших значениях плоскостной анизотропии ($K \geq 3.0$) структура кристалла скирмионов подавляется в основном состоянии, и формируются магнитные неоднородности с ненулевым топологическим зарядом.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания на выполнение научных исследований лабораториями (приказ МН-8/1356 от 20.09.2021).

Литература

1. El Hog S. et al. Frustrated antiferromagnetic triangular lattice with Dzyaloshinskii–Moriya interaction: Ground states, spin waves, skyrmion crystal, phase transition //Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2022. – Т. 563. – С. 169920.

© Нугуманов Р.Р., Абдрахманов Д.И., Шарафуллин И.Ф., 2023 г.

**СТРУКТУРА И СВОЙСТВА $k\ell$ -СКИРМИОНОВ В
ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПЛЕНКАХ С ПРОСТРАНСТВЕННО-
МОДУЛИРОВАННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

Вахитов Р.М., Ильясова Г.Ф., Солонецкий Р.В.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Актуальность изучения магнитных скирмионов объясняется перспективами их применения в устройствах спинтроники и в искусственных нейронных сетях. Впервые магнитные скирмионы были обнаружены в киральных магнетиках, в которых благодаря наличию взаимодействия Дзялошинского-Мория, они образуют устойчивые состояния. В большинстве последующих исследований под магнитными скирмионами понимались вихреподобные неоднородности, в которых единичный вектор намагниченности \mathbf{m} поворачивается на 180° при возрастании радиальной переменной r от 0 до ∞ (π -скирмионы). В то же время, появились исследования в которых предсказывалась возможность существования $k\ell$ -скирмионов ($k \in 1, 2, 3, \dots$).

В связи с тем, что в киральных магнетиках [1] возникли определенные трудности с устойчивостью магнитных скирмионов, появился спрос на альтернативные методы их стабилизации в некиральных магнетиках. Одним из возможных способов реализации такого подхода был предложен в работах [1,2], в которых было показано, что такими материалами могут явиться ферромагнитные пленки с пространственно модулированной одноосной анизотропией. В дальнейшем было установлено, что магнитные скирмионы могут существовать в таких материалах в широком диапазоне изменения температур и магнитных полей.

В данной работе изучаются устойчивые состояния магнитных $k\ell$ -скирмионов, образующихся на колумнарных дефектах типа «потенциальная яма» в одноосных ферромагнитных пленках [2]. С помощью численного анализа интегро-дифференциального уравнения Эйлера–Лагранжа, описывающего распределение намагниченности в области дефекта [2], удается найти структуру вихреподобных неоднородностей, соответствующих $k\ell$ -скирмионам, и их параметры: характерные размеры и их энергии.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания на выполнение научных исследований лабораториями (Приказ МН-8/1356 от 20.09.2021)

Литература

1. M.V. Sapozhnikov, et. al //Appl. Phys. Lett., **109**, 042406 606 (2016).
2. R.M. Vakhitov, et.al //J.Appl. Phys.,**128**,000000 (2020)

© Вахитов Р.М., Ильясова Г.Ф., Солонецкий Р.В., 2023 г.

**ОСОБЕННОСТИ ЗАРОЖДЕНИЯ 0° ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В
ОДНООСНЫХ ПЛЕНКАХ С
ФЛЕКСОМАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЭФФЕКТОМ В
МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

Ибрагимова А.Р., Вахитов Р.М., Солонецкий Р.В.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В настоящее время одним из перспективных направлений в развитии магнетизма, тесно связанной с разработкой различных устройств спинтроники, считается исследования магнитоэлектрических материалов. Они характеризуются двумя и более параметрами порядка и обладают рядом необычайных свойств. К ним относится и обнаруженное в пленках ферритов-гранатов при комнатных температурах явление смещения доменных границ (ДГ) под действием неоднородного электрического поля. Было высказано предположение, что данное явление обусловлено наличием в пленках неоднородного магнитоэлектрического взаимодействия (флексомагнитоэлектрический эффект (ФМЭ)), которое подтвердилось в ходе дальнейших исследований [1]. В частности, в работе [2] был проведен теоретический анализ микромагнитных структур, возможных в тонких пленках с ФМЭ взаимодействием. Показано, что в них наряду с 180° ДГ могут существовать как устойчивые образования, еще два типа ДГ: 0° ДГ с квазиблоховской структурой и 0° ДГ типа Нееля. Первый тип 0° ДГ может зародиться только при больших значениях электрического поля, а второй тип может возникнуть только при существенно неоднородном электрическом поле. Структура ДГ такова, что образующиеся заряды в области ДГ экранируют друг друга (величина интегральной поляризации равна нулю). Поэтому представляет собой интерес исследование влияния магнитного поля на условия зарождения, структуру и поляризацию 0° ДГ в рассматриваемой пленке.

Численный анализ уравнений Эйлера-Лагранжа показал, что наличие магнитного поля существенно изменяет структуру и свойства 0° ДГ обоих типов. Для каждого типа 0° ДГ всегда существует такое направление магнитного поля, при котором возрастает величина интегральной поляризации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания на выполнение научных исследований лабораториями (Приказ МН- 8/1356 от 20.09.2021).

Литература

1. Veshchunov I.S. et al // Phys.Rev.Lett., 2015,**115**,027601.
2. Vakhitov R.M. et al //EPL., 2020,**129**,27004.

© Ибрагимова А.Р., Вахитов Р.М., Солонецкий Р.В., 2023 г.

СТРУКТУРА И СТАБИЛЬНОСТЬ СОСТОЯНИЯ МАГНИТНЫХ ВИХРЕВЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В МОДУЛИРОВАННЫХ УЛЬТРАТОНКИХ МАГНИТНЫХ ПЛЕНКАХ

Филиппов М.А., Вахитов Р.М., Ахметова А.А., Солонецкий Р.В.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Магнитные скирмионы, впервые обнаруженные в киральных магнетиках ещё в 2009 году до сих пор привлекают к себе внимание исследователей. Они являются топологически защищёнными вихреподобными структурами и стабилизируются в нецентросимметричных магнетиках и ультратонких плёнках благодаря взаимодействию Дзялошинского – Мория (DMI) [1].

Однако существует метод получения стабильных одиночных скирмионов и в отсутствие DMI, который заключается в использовании одноосных ферромагнитных пленок с пространственно модулированными материальными параметрами. В этом случае происходит стабилизация магнитного скирмиона на столбчатом дефекте типа “потенциальная яма” в центре тонкоплёночного диска. В работе [2] был проведён теоретический анализ и микромагнитное моделирование вихреподобных структур, возникающих в подобных магнитных плёнках.

Целью данной работы является нахождение стабильных состояний вихреподобных неоднородностей неелевского типа с помощью пакета программ открытого доступа OOMMF [3] на диске конечных размеров с дефектом в центре, на котором скачком меняется константа анизотропии. Также учитывается наличие во всём пространстве диска межфазного DMI (изотропное). По результатам моделирования выяснилось, что скирмионы в отсутствие каких-либо внешних полей являются стабильными при определённом наборе материальных параметров. При этих параметрах был численно найден магнитный скирмион. При дальнейшем увеличении константы DMI последовательно образовывались k -скирмионы, с $k = 2, 3$.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания на выполнение научных исследований лабораториями (Приказ МН- 8/1356 от 20.09.2021)

Литература

1. Everschor-Sitte, K., Masell, J., Reeve, R.M., Kläui, M. // JAP, 2019, 124, 240901.
2. Vakhitov, R.M., Solonetsky, R.V., Akhmetova, A.A., Filippov, M.A. // Symmetry, 2022, 14(3), 612.
3. Donahue, M.J., Porter, D.G. // OOMMF User’s Guide, 2019, version 2.0a2.

© Филиппов М.А., Вахитов Р.М., Ахметова А.А., Солонецкий Р.В., 2023 г.

УДК 538.9

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ДВУМЕРНОГО СУПЕРИОННОГО ПРОВОДНИКА AgCrS_2

Селовсянова Л.З., Мамосолиева Ф.Д., Акманова Г.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Двумерный суперинионный проводник AgCrS_2 имеет слоистую структуру, образованную тройными слоями CrS_2 , между которыми легко могут внедряться атомы серебра [1]. Такие соединения имеют анизотропию физических и химических свойств, и кинетические явления в слоистых структурах носят двумерный характер, что позволяет использовать подобные материалы в аккумуляторах, ионоселективных электродах и других многообразных функциональных элементах твердотельной электроники.

Кристаллическая структура AgCrS_2 показана на рис.1. Треугольные плоскости ионов Cr уложены вдоль направления с. Ионы хрома образующие треугольные плоскости показаны синим цветом, а S и Ag ионы окрашены в желтый и серый цвета соответственно. При очень высоких температурах он характеризуется пространственной группой $R\bar{3}m$, которая является центросимметричной.

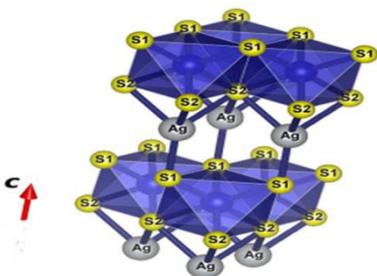


Рис. 1. Кристаллическая структура AgCrS_2

В кристаллической структуре каждый атом хрома имеет шесть ближайших соседей в плоскости: два из них расположены вдоль направления b на расстоянии 3,5 Å, а четыре Cr находятся на расстоянии 3,48 Å.

Литература

1. Akmanova G.R., Bikkulova N.N., Davletshina A.D.//Russian Journal of Electrochemistry, 2013, v. 49, № 8, pp. 827-830.

© Селовсянова Л.З., Мамосолиева Ф.Д., Акманова Г.Р., 2023 г.

РАСЧЕТЫ ЗОННОЙ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ Cu-Te

Курбангулов А.Р.¹, Сафаргалиев Д.И.¹, Биккулова Н.Н.¹, Акманова Г.Р.²

¹Стерлитамакский филиал Уфимского университета науки и технологий,
г. Стерлитамак, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Теллуриды меди обладают высоким коэффициентом термо-эдс и благодаря этому они могут использоваться в качестве термоэлектрического материала. В связи с этим их исследование является актуальной задачей. Согласно результатам расчетов зонной структуры, запрещенная зона как у синтезированных теллуридов меди состава $\text{Cu}_{1,85}\text{Te}$ и $\text{Cu}_{1,75}\text{Te}$ при комнатной температуре, так и у смоделированных структур $\text{Cu}_{1,25}\text{Te}$, $\text{Cu}_{1,5}\text{Te}$ и $\text{Cu}_{1,75}\text{Te}$ не обнаружена. Анализ полной и парциальной плотности электронных состояний Cu_2Te (рис. 1) показывает, что интервал энергий от -7 эВ до уровня Ферми ($E=0$ эВ) является сильно гибридованным Te $4d$, Te $5p$ и Cu $3d$ состояниями электронов. Отсутствие запрещенной зоны в суперионной фазе свидетельствует о том, что Cu_2Te является бесщелевым полупроводником.

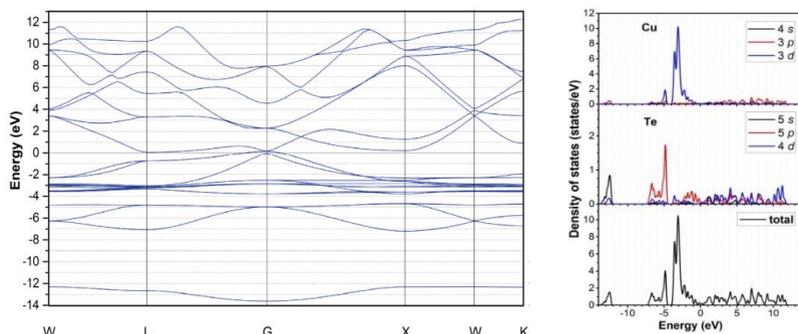


Рис. 1. Зонная структура, полная и парциальная плотность состояний высокотемпературной ГЦК фазы Cu_2Te

Зонная структура теллуридов меди характеризуется высокой степенью pd -гибридации энергетических уровней катиона и аниона вблизи уровня Ферми.

© Курбангулов А.Р. Сафаргалиев Д.И.,
Биккулова Н.Н., Акманова Г.Р., 2023 г.

ЗОННАЯ СТРУКТУРА СЕЛЕНИДА СВИНЦАСафаргалиев Д.И.¹, Биккулова Н.Н.¹, Ермилов Н.В.¹, Акманова Г.Р.²¹Стерлитамакский филиал Уфимского университета науки и технологий,
г. Стерлитамак, Россия²Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Соединение селенида свинца считается перспективным функциональным материалом для электронных устройств, обладает широким спектром физических свойств. Халькогениды свинца являются узкозонными полупроводниками, ширина запрещенной зоны которых составляет для сульфида свинца PbS 0,39 эВ, для селенида свинца PbSe - 0,27 эВ и теллурида свинца PbTe - 0,32 эВ. Значительную роль играет степень отклонения от стехиометрии: при избытке атомов свинца кристаллы халькогенидов свинца имеют n-тип проводимости, при избытке халькогена – p-тип проводимости.

Представленная работа посвящена расчету зонной структуры селенида свинца (рис1). Модельные компьютерные расчеты проведены с помощью программы Quantum Espresso.

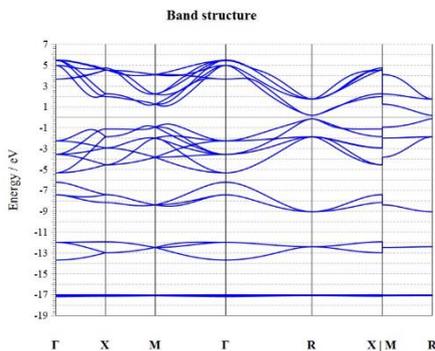


Рис. 1. Зонная структура селенида свинца

Большой интерес исследователей представляет изучение наноматериалов, так как существенным образом изменяются следующие фундаментальные характеристики: теплопроводность, электропроводность, коэффициент диффузии. Поэтому дальнейшие исследования будут направлены на изучений зонной структуры нанопленок селенида свинца.

© Сафаргалиев Д.И., Биккулова Н.Н.,
Ермилов Н.В., Акманова Г.Р., 2023 г.

УДК 538.9

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ХАЛЬКОГЕНИДАХ МЕДИ

Цыганкова Л.В.¹, Биккулова Н.Н.¹, Кутов А.Х.², Акманова Г.Р.³

¹Стерлитамакский филиал Уфимского университета науки и технологий,
г. Стерлитамак, Россия

²Нефтяной институт (филиал) Югорского государственного университета,
г. Нижневартовск, Россия

³Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Исследование фазовых переходов в халькогенидах меди представляет большой интерес в связи с применением их в качестве термоэлектрических материалов. Халькогениды меди относятся к немногим полупроводникам, обладающим структурным фазовым переходом и малой теплопроводностью, и изучение фазовых переходов в таких соединениях вызывает большой интерес у исследователей.

В работе представлены результаты исследований фазовых переходов в монокристаллическом соединении $\text{Cu}_{1.8}\text{Se}$. Монокристаллические образцы выращивались методом Бриджмена-Стокбаргера. Полученные монокристаллы исследовались методом Лауэ и методом рентгеновской топографии. Были получены лауэграммы монокристалла $\text{Cu}_{1.8}\text{Se}$ при температурах 300 К, 250 К, 200 К, 190 К, 180 К, 150 К и при обратном нагреве – 200 К, 230 К, 300 К.

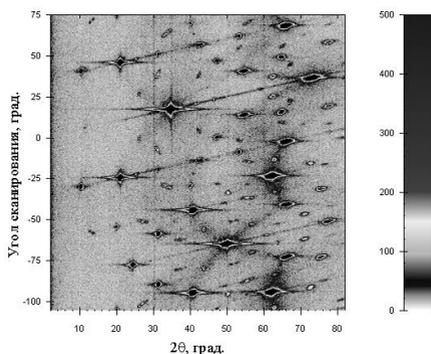


Рис. 1. Лауэграмма соединения $\text{Cu}_{1.8}\text{Se}$ при 300 К

Было обнаружено, что фазовый переход из суперионного в несуперионное состояние представляет собой размытый фазовый переход I рода, происходящий в интервале температур 180-250 К.

© Цыганкова Л.В., Биккулова Н.Н.,
Кутов А.Х., Акманова Г.Р., 2023 г.

УДК 243.552

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ И РАСПОЗНАВАНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ
КЛОПИДОГРЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ
ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ НА
ОСНОВЕ ГРАФИТИРОВАННОЙ САЖИ И ПРОИЗВОДНЫХ
ЦИКЛОПЕНТАДИЕНА**

Назыров М.И., Яркаева Ю.А.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В настоящее время для определения и распознавания энантиомеров применяются жидкостная хроматография и капиллярный электрофорез, но в последние годы толчок в развитии получили электрохимические методы хирального распознавания, в частности, с использованием энантиоселективных вольтамперометрических сенсоров, которые обеспечивают лучшую альтернативу с точки зрения подготовки пробы, меньшей стоимости, а также большей экспрессности анализа.

В данной работе для распознавания и определения энантиомеров Клп создана сенсорная система на основе стеклоуглеродного электрода (СУЭ), модифицированного мезопористой сажей Carborack X (СрХ) и производными циклопентадиена - (1S)-2-циклопента-2,4-диен-1-ил-1,7,7-триметилбицикло[2.2.1]гептан (ЦП1), (1S, 2S, 4R)-2-циклопента-1,3-диен-1-ил-1-изопропил-4-метилциклогексан (ЦП2); 9-[(1S,2S,5R)-2-изопропил-5-метилциклогексил]-9Н-флуорен (ЦП3).

Используя комбинацию СрХ и производных циклопентадиена удалось достичь механически стабильный и чувствительный к аналиту энантиоселективный слой на поверхности электрода. Также для увеличения точности анализа три сенсора были объединены в сенсорную систему на основе хеометрической обработки данных. Использование сенсорной системы позволило повысить процент правильно распознанных образцов практически до 98%. Также были изучены электрохимические и морфологические характеристики разработанных сенсоров, проведено исследование электрохимического поведения Клп.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ проект № 23-73-00119.

Литература

1. Yarkaeva, Yu.A., Nazyrov, M.I., Abdullin, Ya.R., Kovyazin, P.V., Maistrenko, V.N., Enantioselective voltammetric sensor based on mesoporous graphitized carbon black Carborack X and fulvene derivative // Chirality, 2023, v. 1, p. 11.

© Назыров М.И., Яркаева Ю.А., 2023 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ СЕНСОРНОЙ ПЛАТФОРМЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИАРИЛЕНФТАЛИДА С МОЛЕКУЛЯРНЫМИ ОТПЕЧАТКАМИ

Абдуллин Я.Р., Яркаева Ю.А.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В данной работе для определения кларитромицина предложен сенсор на основе полиариленфталата с молекулярными отпечатками, нанесённого на поверхность стеклоглеродного электрода (СУЭ), модифицированного композитом хитозана (ХТЗ) и графитированной углеродной сажи (СВ).

Исследование поверхности и её морфологии методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) показало, что при нанесении на поверхность электрода композита СВ-ХТЗ образуется неоднородный слой, состоящий из частично агломерированных частиц СВ (рис. 1а). Нанесение ПАФ на поверхность СВ-ХТЗ приводило к образованию равномерной пленки (рис. 1б), после вымывания темплата из которой увеличивалась шероховатость и изменялась структура поверхности (рис. 1в). Подтверждение образования пор было проведено с помощью спектроскопии электрохимического импеданса (СЭИ) и циклической вольтамперометрии (ЦВ), которые показали увеличение тока и уменьшение сопротивления переносу электрона после вымывания темплата.

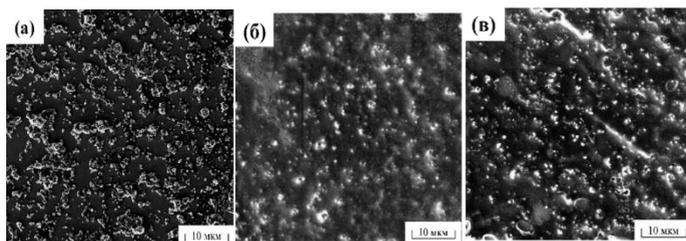


Рис. 1. СЭМ-снимки поверхности полимера

Литература

1. Yarkaeva YA., Dymova DA., Nazyrov M.I., Zagitova L.R., Maistrenko V.N. // *Chimica Techno Acta* 2023, V. 10(2). Article 202310210.

© Абдуллин Я.Р., Яркаева Ю.А., 2023 г.

СЕКЦИЯ «РАДИОФИЗИКА»

УДК 621.396.6

МЕТАЛЛОИСКАТЕЛЬ НА ОСНОВЕ ПРЕЦИЗИОННОГО ТАЙМЕРА NE555

Мухамедьянов М.М., Рыжиков О.Л.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Металлоискатель – устройство, предназначенное для обнаружения металлических предметов в различных средах. В основе его работы лежит принцип такого физического явления, как электромагнитная индукция.

Принцип действия металлоискателя основан на повышении и понижении частоты амплитуды сигнала. Так, обнаружение металлического объекта приводит к понижению частоты сигнала. Неферромагнитные предметы наоборот, способствуют повышению сигнала. Такие детекторы хорошо реагируют на крупные находки.

Схема подключения выглядит таким образом:

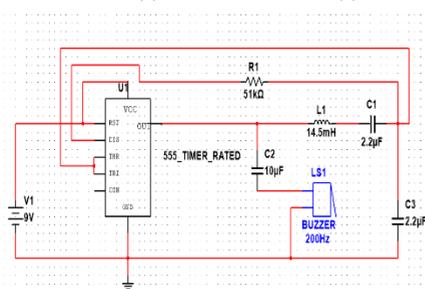


Рис. 1. Электрическая схема металлоискателя

Процесс сборки:

Катушку изготавливаем из медной проволоки диаметром

0.5 мм. Для этого берем цилиндрическую заготовку диаметром 60 мм и наматываем 500 витков. Собираем схему будем на макетной плате. Установив все компоненты, производим пайку, согласно схеме (рис1).

В результате металлоискатель полностью функционирует. В его возможности входит распознавание металлов на близком и среднем расстоянии от катушки.

Литература

1. Евсеев А.Н. Электронные устройства для дома. — М.: Радио, 1994. — 144 с.
2. Гаврилов К. Применение микросхемы КР1441ВИ1: Радио. — 2011. — № 6. — С. с. 34—36.

© Мухамедьянов М.М., Рыжиков О.Л., 2023 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТСЕЧКИ МОД В ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКНАХ

Шугубаева С.Б., Кузнецов Д.П., Лопатюк А.В.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В работе исследуются одномодовые режимы распространения света оптических волокон в зависимости от диаметра сердцевины. Минимальная длина волны, при которой волокно поддерживает только одну распространяемую моду, называется длиной волны отсечки. Этот параметр характерен для одномодового волокна. Если рабочая длина волны больше длины волны отсечки, то имеет место одномодовый режим распространения света. Расчёт длины волны отсечки волновода проводится для каждого диаметра (от 5 мкм до 50 мкм, с шагом 5 мкм). Параметры волокна: $\lambda=0,63$ мкм; $n_0=1,453$; $n_c=1,463$; $\Delta=0,006$. Расчёт теоретических значений длин волн отсечки производится по формуле:

$$\lambda_{\text{отс}} = \frac{\pi * d_c * n_c \sqrt{2 * \Delta}}{2,405}$$

Таблица 1. Значения $\lambda_{\text{отс}}$ для соответствующих d_c

d_c	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$\lambda_{\text{отс}}$	1,04	2,26	3,13	4,19	5,23	6,28	7,32	8,37	9,41	10,46

Ниже представлен график зависимости d_c для теоретически рассчитанных значений $\lambda_{\text{отс}}$:

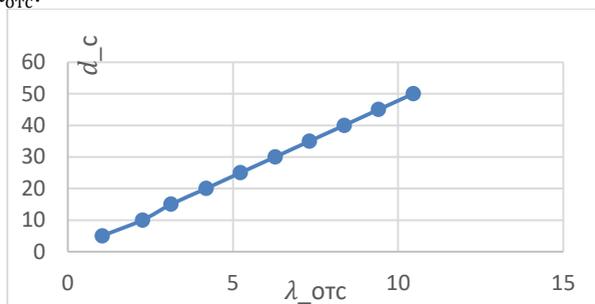


Рис. 1. График зависимости $\lambda_{\text{отс}}$ (d_c)

По графику зависимости $\lambda_{\text{отс}}$ (d_c) и таблице 1 видно, что рабочими диаметрами сердцевины могут быть значения до 15 мкм для получения одномодового режима. Учитывая это, дальнейшее исследование будет производиться именно в этом диапазоне.

© Шугубаева С.Б., Кузнецов Д.П., Лопатюк А.В., 2023 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАССИВА НАПРАВЛЯЮЩИХ ОТВЕТВИТЕЛЕЙ

Кузнецов Д.П., Шугубаева С.Б., Лопатюк А.В.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В данной работе в системе проектирования VeamProp рассматривали массив направляющих ответвителей со следующими параметрами: длина волны меняется от 0.85 мкм до 1.625 мкм, показатель преломления оболочки - 1.4537, разница показателей преломления оболочки и сердцевины – 0.009, диаметр - 10 мкм, профиль показателя преломления – ступенчатый. Такой массив ответвителей может быть использован в качестве фильтра в WDM и DWDM системах для выделения определенной длины волны. В формате основной программы САПРа VeamPROP исследуем зависимость мощности мод(WGP) в выходных каналах от длины изогнутых участков(Sbendlength) ответвителей и от диаметра (width) .

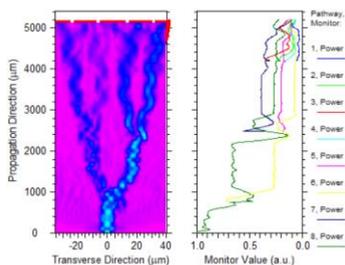


Рис. 1. Распределение излучения в массиве волноводов

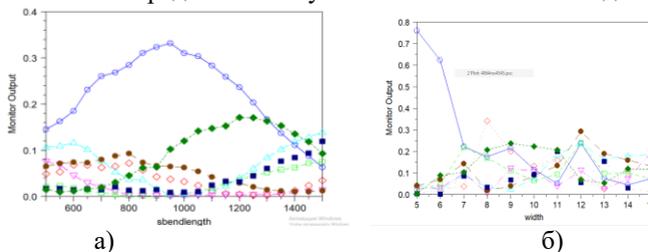


Рис. 2. а) График зависимости мощности мод от длины изогнутых участков, б) график мощности мод от диаметра

Из рис. 1а) можно сделать вывод, что при длине изогнутого участка равному 1500 мкм и диаметре оптического волокна 10 мкм (рис. 1б) распределение мощности между каналами равномерное.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ МАГИСТРАЛЬНОЙ DWDM СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ

Лопатюк А.В.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В работе была построена и исследована магистральная оптическая система передачи. Для моделирования магистрали был выбран кабель ДПС-П-64У-7кН для прокладки в грунт с центральным силовым элементом и 64 волокнами по 16 ОВ в каждом модуле для большей защищённости. В соответствии со стандартом G.652.D используется волокно фирмы Fujikura FutureGuide®-LWP с затуханием в 0.2 дБ/км в С диапазоне. Общая длина кабеля составляет 530 км.

В качестве мультиплексора и демультиплексора был выбран терминальный модуль DWDM ввода/вывода шестнадцати оптических каналов на прием и передачу FG-WDM-DWDM-16.

Моделирование производилось в программном пакете OptiSystem.

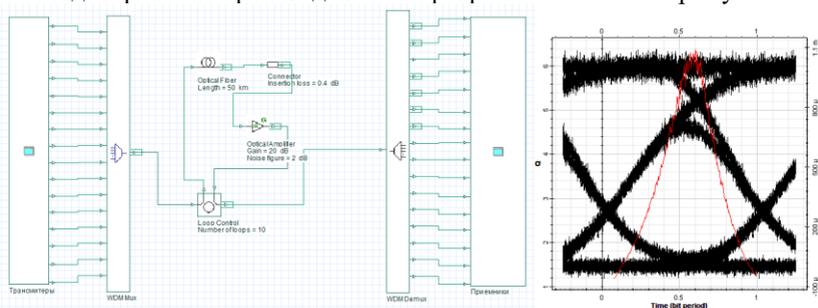


Рис. 1. Общая схема построения DWDM системы. Глаз диаграмма 1-го канала

При моделировании так же учтены потери на конекторах: 0,4дБ (0,2дБ/шт.), шум усилителя: 1.8 дБ, шум вносимый мультиплексорным оборудованием: до 2 дБ.

В результате моделирования была получена глаз-диаграмма для первого канала (см. рис.4) с коэффициентом битовой ошибки (BER) 6×10^{-11} и Q-фактром 6.6. В результате моделирования можно сделать вывод о возможности прокладки реальной линии оптической связи со спектральным разделением каналов на магистральном участке.

Литература

1. Лопатюк А.В., Полканова А.М., Сидорова О.В. Исследование одноканальной оптической линии связи с внешней модуляцией сигнала. Материалы Двадцать седьмой Всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых учёных. Екатеринбург 2023, стр. 278-280.

© Лопатюк А.В., 2023 г.

ДИНАМИКА МАССОПЕРЕНОСА ЖИДКОСТИ В ВОДНОМ МОСТИКЕ

Шахмаев Р.Р., Шайхитдинов Р.З.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Водный мостик (ВМ) возникает при подаче постоянного высокого напряжения (10-15 кВ) на электроды, помещенные в два стеклянных сосуда, наполненных диэлектрической жидкостью. Ниже приводятся (рис.1) зависимости скорости увлекаемых ионами молекул жидкости в зависимости от расстояния иона, движущегося под действием электрического поля для различных скоростей u_0 . Проведенные с учетом плотности тока и напряженности электрического поля расчеты показывают, что среднее расстояние между ионами в ВМ $l_i = n^{-1/3} \sim 3 \cdot 10^{-7}$ м. Как видно, скорость увлекаемых молекул от одного иона до соседнего уменьшается незначительно (максимум на 5%). Этим утверждается, что «матрица» ионов практически полностью увлекает находящиеся между ними молекулы воды, т.е. можно утверждать о «вмороженности» ионов в жидкость.

Таким образом, наблюдаемое реверсирование потока жидкости через ВМ обусловлено периодическим образованием объемного заряда в катодной емкости с последующим его переносом через ВМ в анодную емкость и его экранировкой пространственным перераспределением зарядов.

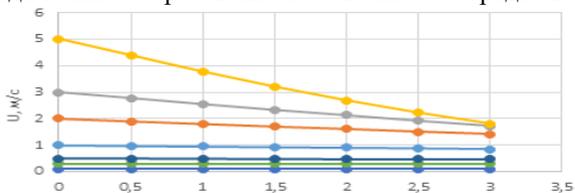


Рис. 1. Зависимость скорости молекул воды от расстояния от дрейфующего иона

Литература

1. Шахмаев Р.Р., Шайхитдинов Р.З. Электрогидродинамические явления в водном мостике. В сборник: VIII Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Современные технологии композиционных материалов». Уфа, 13 – 14 апреля 2023г.
2. Шахмаев Р.Р., Шайхитдинов Р.З. Водной мостик и эгд процессы, протекающие в нём. В сборнике: IX-я Межрегиональная школа-конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Теоретические и экспериментальные исследования нелинейных процессов в конденсированных средах». Уфа, 26-27 апреля 2023г.

© Шахмаев Р.Р., Шайхитдинов Р.З., 2023 г.

ТУННЕЛЬНАЯ МИКРОСКОПИЯ ГОМОНУКЛЕОТИДОВ¹Алибай Т.Т., ²Шарипов Т.И.¹ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан²Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В настоящее время в мире активно развивается область микро- и наноэлектроники. Активно исследуется применение ДНК-нанопроводов в микроэлектронике. До сих пор точно не ясно, какие электрические свойства присущи молекулам ДНК. Перенос заряда вдоль молекул ДНК привлекает внимание исследователей вот уже более пятидесяти лет.

Нами методами сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) были исследованы синтезированные ДНК-последовательности, называемые гомонуклеотидами, которые состояли из двенадцати нуклеотидов только одного вида: аденина (dA₁₂).

В качестве подложек применяли серебро, термически напыленное в вакууме на поверхность слюды на вакуумной установке ВУП-5. СТМ исследования проводили в атмосфере воздуха при комнатной температуре на приборе Solver P47. Для сканирования использовался вольфрамовый зонд. В режиме сканирующей туннельной спектроскопии была получена ВАХ серебряной пленки (рис. 1).

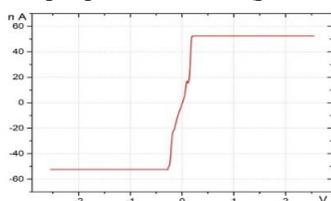
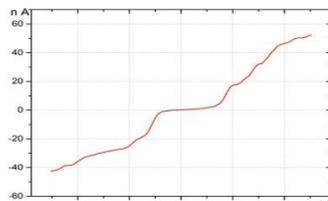


Рис. 1. ВАХ серебряной пленки

Рис. 2. ВАХ гомонуклеотидов dA₁₂

На поверхность серебра наносили каплю раствора гомонуклеотидов dA₁₂, после чего подложку с каплей сушили на воздухе. И далее приступали к исследованию методом сканирующей туннельной спектроскопии. На рис. 2 показана кривая ВАХ гомонуклеотидов dA₁₂. Из этой кривой видно, что в целом проводимость гомонуклеотида по сравнению с проводимостью серебряной пленки значительно ниже.

Литература

1. T.I. Sharipov, I.M. Sakhautdinov, R.F. Talipov, R.R. Garafutdinov. Formation of quasi-stable nanostructures from L-N-stearoyl glutamic acid and its dimethyl ester on solid surfaces. // Journal of Nanoparticle Research. 2023. Vol. 25, No. 4.

© Алибай Т.Т., Шарипов Т.И., 2023 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ АРТЕФАКТОВ ПРИ РАБОТЕ С АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИЕЙ

Нургалиев И.Г., Шарипов Т.И.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

При сканировании методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) возможно появление аппаратных эффектов - артефактов, искажающих реальное АСМ-изображение. Появление артефактов может быть вызвано рядом причин: во-первых, оказывает влияние форма зонда. Например, если острие зонда скололось и зонд имеет несколько вершин вместо одной, то наблюдается двоение (троение и т.д.) объектов на изображении поверхности. Боковая поверхность объекта искажается в случае сканирования тупым зондом. Также необходимо учитывать уменьшение высоты объекта за счет деформации поверхности под воздействием зонда во время сканирования и уширение профиля исследуемого объекта. Во-вторых, изображение АСМ может быть искажено из-за не отрегулированной системы обратной связи (ОС). Если коэффициент усиления петли ОС будет слишком велик, то система может осциллировать, генерируя высокочастотный шум. С другой стороны, чрезмерное уменьшение коэффициента усиления обратной связи приводит к тому, что игла зонда не успевает отслеживать изменение рельефа поверхности образца. В крайнем случае, изображение теряет детали, появляется сглаживание или расплывчатость на изображении. В-третьих, изменения в полученное АСМ - изображение может внести неквалифицированная обработка данных. Сложные программы обработки изображений позволяют улучшать полученные изображения путем введения искусственных источников света, фильтрации окружающего шума и т.д. Но следует помнить, что небрежное обращение с полученными данными приводит к потере «истинного» рельефа поверхности.

В своем исследовании мы сканировали различные тестовые решетки и получали их АСМ-изображения. Они будут представлены в докладе. На них мы наблюдали различные артефакты. С помощью применения различных цифровых фильтров пакета обработки изображений ImageAnalysis мы постарались убрать эти артефакты.

Литература

1. <https://studfile.net/preview/4059607/page:6/>
2. Кудояров Д.Ш., Шарипов Т.И., Алибай Т.Т. Визуализация молекул олигонуклеотидов dT12, dC12 и измерение их вольтамперных характеристик. // Сборник тезисов IV семинара «Современные нанотехнологии» (IWMN-2022). Екатеринбург, УрФУ, 2022. С. 63-64.

© Нургалиев И.Г., Шарипов Т.И., 2023 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ АСМ ПОВЕРХНОСТИ КАЛИБРОВОЧНЫХ РЕШЕТОК

Полухин Р.В., Шарипов Т.И.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Благодаря методу атомно-силовой микроскопии (АСМ) [1] стало возможным получить достаточно достоверные данные о микрорельефе разных веществ [2] отсутствие дополнительных промежуточных процедур. Атомно-силовая микроскопия - это метод исследования поверхности материалов на молекулярном и атомарном уровнях. В отличие от обычных оптических или электронных микроскопов, АСМ использует зонд, который колеблется над поверхностью образца и взаимодействует с атомами и молекулами поверхности. Затем измерения этих взаимодействий используются для создания изображения поверхности с очень высоким разрешением, позволяющим увидеть детали на уровне атомов. АСМ применяется во многих областях науки. Для получения первичных навыков мы решили изучить калибровочную решетку.

В полуконтактном режиме атомно-силовой микроскопии мы просканировали калибровочную решетку в разных масштабах:

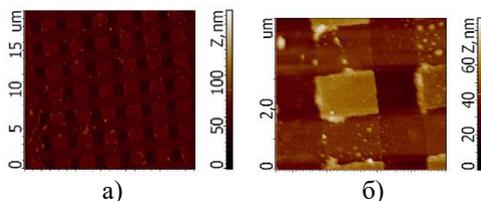


Рис. 1. АСМ-изображения калибровочных решеток: а) размер скана 20x20 мкм; б) размер скана 5x5 мкм

На полученных АСМ-изображениях (рис. 1) мы наблюдаем объекты, расположенные четкими рядами с определенным периодом и имеющие форму, напоминающую параллелепипед. Видно (рис. 1), что между некоторыми параллелепипедами имеются загрязнения.

Литература

1. G. Binnig, C.F. Quate, and Ch. Gerber // Phys. Rev. Lett. 1986. V56. P.930.
2. Яминский И.В., Горелкин П.В. // Медицина и высокие технологии 2014. № 2. С. 11-26

© Полухин Р.В., Шарипов Т.И., 2023 г.

ИЗУЧЕНИЕ ЭГД ПРОЦЕССОВ В ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИКАХ

Татлыбаев С.А., Шайхитдинов Р.З.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Объектом исследований являлся водный мостик (ВМ), возникающий между двумя стеклянными сосудами с дистиллированной водой под действием приложенного постоянного высоковольтного напряжения между электродами, погруженными в жидкость. При наблюдении за явлением можно обнаружить пару особенностей: 1. Вода начинает перемещаться из одной колбы в другую с некоторой периодичностью. 2. Вода в мостике вращается по окружности, а внутри поток идет в продольном направлении.

На основе имеющихся данных из личных наблюдений и литературы, могу сделать несколько предположений касательно природы вращения:

1. Неоднородность поля: Этот фактор может означать, что в разных частях мостика действует разное электрическое поле. Если вода имеет разные электрические свойства или молекулярную структуру в разных точках, это может создавать различия в поведении. В результате вода движется по спирали, чтобы компенсировать эти изменения поля.

2. Интерференция волн: под воздействием высокого напряжения между электродами могут возникать электромагнитные волны или колебания поля, которые могут воздействовать на молекулы воды. Эти волны могут создавать осцилляции или вихревые движения в воде, меняя направление потока.

3. Газовые пузыри: возможно, при высоком напряжении и прохождении электрического тока происходит электролиз воды с образованием микроскопических газовых пузырей в разных частях мостика. Эти пузыри могут создавать местные изменения в плотности и движение воды вокруг них.

4. Неоднородность поверхности электродов: если поверхность электродов имеет небольшие неровности, то это может создавать различия в электрическом поле и, следовательно, в направлении движения воды. Молекулы воды могут взаимодействовать с такими неоднородностями и создавать паттерны потока.

В целом, такие сложные системы движения воды могут быть результатом взаимодействия нескольких факторов вместе, и для точного объяснения этого явления могут потребоваться более глубокие эксперименты и моделирование.

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ВОДНОГО МОСТИКА

Семенов А.М., Шайхитдинов Р.З.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Эффект водного мостика (ВМ) заключается в том [1], что при подаче постоянного высокого напряжения (10-15 кВ) на электроды, помещенные в два стеклянных сосуда, наполненных диэлектрической жидкостью (дистиллированная вода, глицерин), между ними возникает устойчивый жидкий мостик диаметром 1-3 мм и длиной до 25 мм, который остается стабильным до 1 часа.

Наша установка состоит из двух чашек Петри, наполненных дистиллированной водой. При подаче напряжения между электродами возникал ВМ, через который мы наблюдали перенос жидкости через ВМ, что обнаруживалось электронными весами точности 0,01 г.

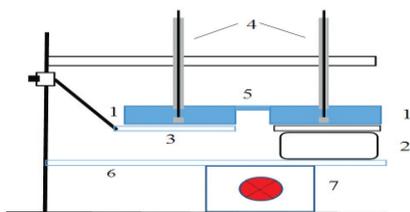


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – чашки Петри, 2 – электронные весы, 3 – подставка из оргстекла с регулируемой высотой подъёма, 4 – электроды, 5 – ВМ, 6 – подставка из стекла, 7 – подсветка

Проведенный нами анализ опытов показывают, что направление течения жидкости через ВМ определяется конкуренцией двух встречных потоков в прямом и обратном направлениях, вызванных увлечением молекул воды соответственно ионами гидроксония и ионами гидроксила. Наблюдаемое реверсирование потока жидкости через ВМ обусловлено периодическим образованием объемного заряда в катодной емкости с последующим его переносом через ВМ в анодную емкость и его экранировкой пространственным перераспределением зарядов.

Литература

1. Fuchs E.C., Woisetschläger J., Gatterer K., Maier E., Pecnik R., Holler G., Eisenkölbl H. The floating water bridge // *J. Phys. D: Appl. Phys.* 2007. Vol. 40. Pp. 611–614. DOI:10.1088/0022-3727/40/19/052
2. Шайхитдинов Р.З., Шарипов Т.И. Динамика массопереноса жидкости в водном мостике // *Письма в ЖТФ.* 2022. № 11. С. 37–430. DOI: 10.21883/PJTF.2022.11.52612.19161.
3. Шайхитдинов Р.З., Шарипов Т.И. О динамике массопереноса жидкости в водном мостике // *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика.* 2022. № 11. С. 8.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RASPBERRY PI В КАЧЕСТВЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ И ВИЗУАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ШИМ

Мусин А.И., Шарипов Т.И.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Данная работа была проделана с одноплатным компьютером Raspberry Pi с применением стороннего ПО, написанного на языках программирования C и Golang, и простейших дополнительных элементов, а именно: макетной платы, светодиода, резистора, переключек.

Суть данной работы заключается в демонстрации широких возможностей применения Raspberry Pi, как устройства для учебных лабораторных работ на кафедре физической электроники и нанофизики.

Предварительные действия заключались в установке Raspberry OS на плату, скачивании и установке компиляторов для ЯП C и Golang, скачивании определенных библиотек, а также программы, находящейся в открытом доступе для оперирования параметрами сигнала, такими как: частота, период, длительность импульса. Взаимодействуя с программой и изменяя параметры, можно наблюдать варианты свечения светодиода, который и является демонстрацией выходного сигнала (рис. 1а).

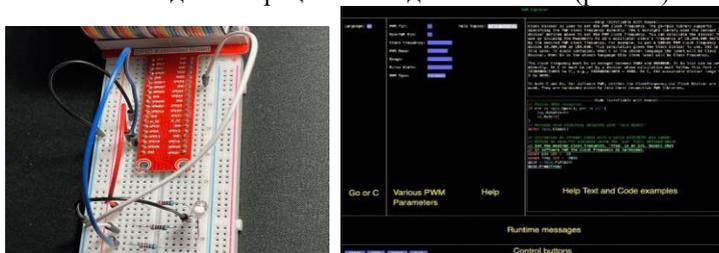


Рис. 1: А) пример подключения; Б) пример работы программы

Данный проект является одной из нескольких работ, которые будут реализованы в рамках работы с Raspberry Pi в качестве лабораторного стенда на нашей кафедре. В одной из последующих работ будет делаться акцент на программировании. Будет написана программа, позволяющая взаимодействовать с ее функционалом и изучать один из рассматриваемых нами процессов в программе обучения. И третья работа заключается во взаимодействии между собой двух и более плат для создания полноценной системы «умного университета», в котором помимо Raspberry Pi будут применяться платы Arduino Uno с датчиками. Эта работа рассчитана на демонстрацию возможности повседневного использования Raspberry в рамках университетской студенческой жизни.

© Мусин А.И., Шарипов Т.И., 2023 г.

МАЛОГАБАРИТНЫЙ РАДАР КАК ЧАСТЬ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО БПЛА

Укадеров М.И., Шарипов Т.И.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

БПЛА в последнее время все больше становятся популярными как в гражданском обществе, так и военной отрасли. Одним из их ключевых компонентов являются устройства обнаружения препятствий. Радары могут использоваться как в стационарном виде, например на поверхности земли, так и быть установлены на движущихся устройствах: беспилотных автомобилях и летательных аппаратах.

В рамках данной работы мы спроектировали и собрали малогабаритное устройство со схожим действием на базе микроконтроллеров Arduino. В качестве ПО мы использовали 2 программы. Утилита позволяющая получать данные с радара и среда разработки Arduino.

В среде разработки мы пишем код, который позволяет сервоприводу поворачиваться на угол в 150 градусов и отсылать сигналы ультразвукового приёмника. Сервопривод ускоряет свое движение, когда сигнал, выпущенный из сенсора, отражается и приемник его захватывает. Далее нужна схема дрона, в структуру которого в дальнейшем будет встроена система обнаружения препятствий.

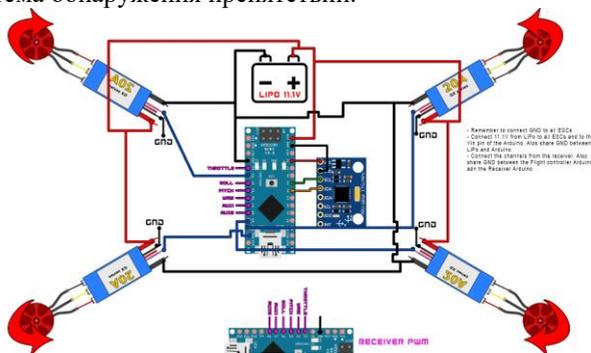


Рис. 1. Примерная схема БПЛА

Таким образом мы создали устройство, которое наглядно демонстрирует нам принцип работы современных радар-систем как способ обнаружения препятствий в БПЛА. В дальнейших планах переоборудование устройства в более сложную систему, включающую в себя более продвинутый сенсор или видеочкамеру, и добавление одного из способов передвижения. Данная система сможет обнаруживать препятствия и облетать их, меняя высоту либо курс.

© Укадеров М.И., Шарипов Т.И., 2023 г.

ПРОБЛЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР ВЫШЕ 800 К В МЕТАЛЛАХ

Захаров Ю.А., Гоц С.С., Бахтизин Р.З., Шарипов Т.И.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Во многих технологических процессах для точного прогнозирования и возможности продления срока службы изделий требуется контроль их температуры. Измерение температуры металлов выше 800 К имеет следующие особенности. Во-первых, доступно меньше реперных точек. Во-вторых, точность измерения температуры меньше. В-третьих, необходима защита объекта исследования от окисления [1].

При использовании метода, описанного в статье [1], необходимо измерять начальную температуру внутри колбы лампы накаливания. В методе [2] требуется точное определение начала видимого излучения нити.

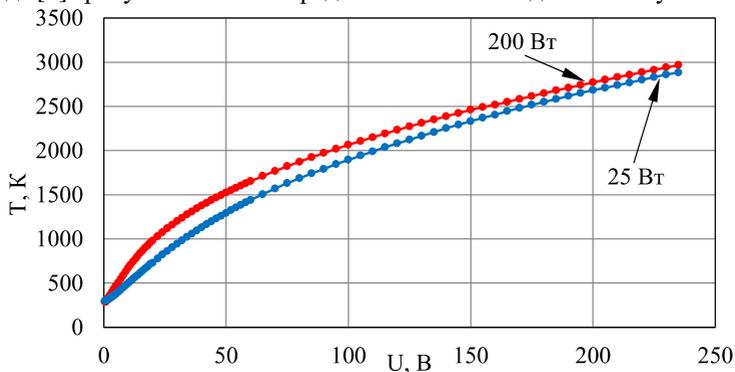


Рис. 1. Зависимость температуры нити от напряжения накала для 2 ламп
На рисунке 1 показаны зависимости температуры от напряжения для 2 ламп различной мощности [3], полученные с помощью метода [2]

Литература

1. Захаров Ю.А., Гоц С.С., Бахтизин Р.З. // Измерительная техника. – 2019. №. 4. С. 51 – 56.
2. Захаров Ю.А., Гоц С.С., Бахтизин Р.З., Шарипов Т.И. // Патент России № 2765887. 2022. Бюл. № 4.
3. Захаров Ю.А., Гоц С.С., Бахтизин Р.З., Шарипов Т.И. // Всероссийская конференция «XXXIX Сибирский теплофизический семинар»: тезисы докладов. Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, 2023. – С. 326.

© Захаров Ю.А., Гоц С.С., Бахтизин Р.З., Шарипов Т.И., 2023 г.

МОДЕЛЬ СЛУЧАЙНЫХ ПОЛЕЙ ДРОБОВОГО ШУМА В ВОЛЬФРАМОВЫХ НИТЯХ НАКАЛА

Захаров Ю.А., Гоц С.С., Бахтизин Р.З.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Для обнаружения дробового шума (ДШ) в нитях накала нужно проводить измерения не на концах нитей, а вдоль всей нити, а для описания ДШ в металлах нужно использовать не теорию случайных процессов, а теорию случайных полей ДШ [1-4]. На рисунке 1 показана эквивалентная схема измерения мощности полей ДШ болометрическим методом при рассмотрении их как электромагнитных волн.

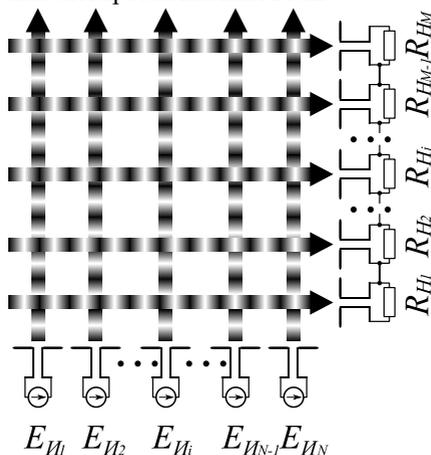


Рис. 1. Эквивалентная схема измерения мощности полей ДШ
С помощью болометрического метода [2] оценены коэффициенты
депрессии полей ДШ для 5 ламп различной мощности

Литература

1. Рытов С. М., Кравцов Ю. А., Татарский В. И. Введение в статистическую радиофизику. Ч. II. Случайные поля. М.: Наука, 1978. 464 с.
2. Захаров Ю.А., Гоц С.С., Бахтизин Р.З. // Вестник Башкирского университета. – 2019. Т. 24, № 2. С. 310-306.
3. Vaccelli F., Biswas A. // Stochastic Models. – 2015. V. 31. I. 2. P. 187-207.
4. Aburayama T., Miyoshi N. // arXiv preprint arXiv:2303.05011. – 2023.

© Захаров Ю.А., Гоц С.С., Бахтизин Р.З., 2023 г.

УДК 621.8-1/-9

О ВОЗМОЖНОСТИ СЕПАРАЦИИ ПОПУТНОГО ГАЗА В ВИХРЕВОЙ ТРУБКЕ РАНКА-ХИЛША

Явватова Р.Р., Шайхитдинов Р.З., Юминов И.П.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В настоящее время в России разрабатывается более тысячи нефтяных и нефтегазовых месторождений, в которых вместе с нефтью извлекается попутный нефтяной газ (ПНГ).

Вместе с тем ПНГ сам по себе может служить вторичным сырьем для получения электрической и тепловой энергий, сжиженного газа, моторных топлив и растворителей. Однако из-за образования кристаллогидратов, обусловленного наличием паров воды невозможно его транспортировать на большие расстояния без предварительной подготовки. Поэтому для использования попутного газа требуется предварительная очистка его от жидких примесей уже в промышленных условиях. Это, в свою очередь, требует разработки приемлемых, прежде всего экономных, малогабаритных и по возможности мобильных в промышленных условиях установок. Разработчики низкотемпературной технологии очистки и осушки ПНГ все чаще обращаются в своих проектах к более эффективному расширителю – вихревой трубке Ранка – Хилша [1]. Вихревая трубка Ранке не имеет движущихся частей, не содержит хладагентов, дешева в производстве и требует минимального обслуживания. Поэтому вихревые трубки в основном используются для низкотемпературных применений.

Для осушения ПНГ применяются 2 варианта отвода жидкости после конденсации паров воды: 1) с отводом жидкости непосредственно в сопловом сечении за счет цилиндрического осевого отбора; 2) с кольцевым отбором жидкости на некотором расстоянии от соплового сечения.

Исходя из этих недостатков мы предлагаем: во-первых, установить ВТ вертикально «холодной» стороной вниз; и, во-вторых, рельеф поверхности цилиндрического осевого стержня сделать фрактальным.

Литература

1. Д. Г. Ахметов, Т. Д. Ахметов, В. А. Павлов. Структура течения в вихревой трубке Ранка-Хильша // ДАН. 2018. Т. 480. №4ю С.422-425.

© Явватова Р.Р., Шайхитдинов Р.З., Юминов И.П., 2023 г.

НАБЛЮДЕНИЕ МОЛЕКУЛ ДНК И ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРОВ

Абдрахимов С.А., Шарипов Т.И.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) является важным биополимером, главной функцией которой является сохранение и передача наследственной информации [1]. Особые свойства ДНК такие как: комплементарность цепочек, относительно большая жесткость позволяют создавать наноструктуры.

Одним из методов исследования различных микро-и нанообъектов является сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ).

На СЗМ сканировали на образец молекулы ДНК на слюде. Для обработки использовали программу NT-MDT Nova P_x а также применяли фильтры (рис.1)

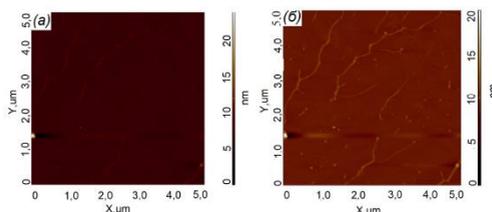


Рис. 1. АСМ-изображение поверхности слюды с нанесенными молекулами ДНК после применения фильтров

Рисунок 1а получен при помощи фильтра Subtraction Average. Рисунок 1б получен при помощи фильтра Subtraction 3Order

Литература

1. Seeman, N.C// Current Option in Structural Biology. 1996. №4. P. 519-526.
2. Goodman, R.P., Schaap LAT., Tardin C F et. al. // Science 2005. № 5754. P. 1661-1665.

© Абдрахимов С.А., Шарипов Т.И., 2023 г.

УДК 69

СОВРЕМЕННОЕ ПРОВЕДЕНИЕ ОБСЛЕДОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Мочалов А.Н., Шарипов Т.И.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Несвоевременное обслуживание зданий и сооружений объектов приводит к существенным финансовым издержкам при дальнейшей эксплуатации [1].

Наиболее эффективным решением проблемы видится применение технологии анализа фотограмм с помощью компьютерного анализа, также есть видится эффективным применения инфракрасной камеры для обнаружения разрушений здания, изучая теплотери сквозь трещины [2].

Более того, чтобы обнаружить дефекты зданий и инфраструктуры с применением программных средств, например Structural Defects Network (SDNET) необходимо их перекрытие до 60–70%.

В ближайшее время видится эффективным создание информационной модели ландшафта (ЛИМ – модели) для любого строительного объекта, что также облегчит его дальнейшее обслуживание и эксплуатацию.

Литература

1. Кудасова А.С., Тютютина А.Д., Сокольников Э.В. // ИВД. 2021. №8 (80).
2. Важаев К.В., Аллабердин А. Б., Изарипов И. А., Субханкулов К. М., Шугинова А. М. // УГНТУ 2022 С: 615-623

© Мочалов А.Н. Шарипов Т.И., 2023 г.

НОВЫЕ СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ РОБОТОВ

Мочалов А.Н., Вафин Д.А., Валиев Д.А., Шарипов Т.И.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Мягкие и гибкие роботы — это роботы, созданные из гибких и эластичных материалов, в отличие от традиционных жестких механических роботов. Они обладают способностью изменять свою форму и адаптироваться к различным задачам и средам безопасным и эффективным способом.

Мягкие роботы могут имитировать двигательные возможности живых организмов и даже могут быть разработаны сходными по структуре с ними. Одним из примеров мягкого робота является робот-осьминог, который имеет гибкие конечности и способен выполнять сложные манипуляции.

Важная особенность мягких и гибких роботов состоит в том, что они могут быть более безопасными взаимодействовать с людьми и окружающей средой. Также мягкие материалы, используемые в их создании, позволяют им выполнять задачи в тесных пространствах и осуществлять выполнение деликатных операций.

Литература

1. Gangemi A, Chang B, Bernante P, Poggioli G: Robotic surgery: rediscovering human anatomy. *Int J Environ Res Public Health*. 2021, 18:12744. [10.3390/ijerph182312744](https://doi.org/10.3390/ijerph182312744).

© Мочалов А.Н., Вафин Д.А.,
Валиев Д.А., Шарипов Т.И., 2023 г.

СЕКЦИЯ «НАНОЭЛЕКТРОНИКА И НАНОМАТЕРИАЛЫ»

УДК 539.23

ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО КИСЛОРОДА НА ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК

Бадретдинов Б.Р., Салихов Р.Б.

Уфимский государственный университет науки и техники, г. Уфа, Россия

Общим свойством всех материалов органической электроники является повышенная чувствительность их свойств к условиям внешней среды. Одним из факторов влияющим на электропроводность полимерных материалов является атмосферный кислород, который наряду с другими газами может влиять на электронные свойства полимеров [1-3].

Полученные результаты (рис.1) показывают, что адсорбция молекул кислорода на поверхность пленок заметно изменяет их электронные свойства и оказывает сильное влияние на поверхностные электронные процессы, которые определяют многие свойства тонкопленочных систем.

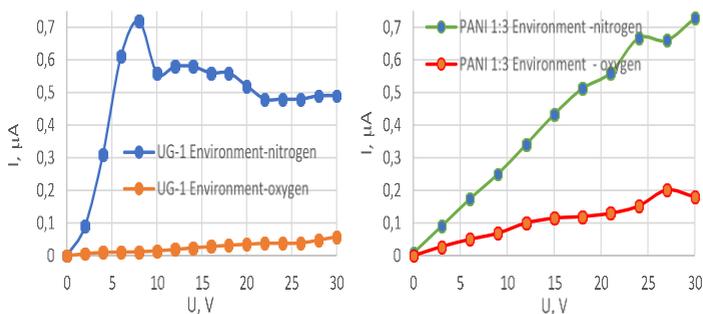


Рис. 1. ВАХ производных полианилина УГ-1 и ПАНИ 1:3

Литература

1. Latypova L.R., Andriianova A.N., Salikhov S.M., Abdrakhmanov I.B., Mustafin A.G., Mullagaliev I.N., Salikhov R.B.// Polymer International. 2020, V. 69 (9), 804-812
2. Mustafin A.G., Latypova L.R., Andriianova A.N., Salikhov S.M., Sattarova A.F., Abdrakhmanov I.B., Mullagaliev I.N., Salikhov R.B.// Macromolecules. 2020, V. 53 (18), 8050-8059.
3. Salikhov R.B., Biglova Yu.N., Mullagaliev I.N., Salikhov T.R., Mustafin A.G.// Letters on Materials. 2021, V. 11 (2), 140-145.

© Бадретдинов Б.Р., Салихов Р.Б., 2023 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОРФОЛОГИИ ГРАФИНА НА КОНСТАНТЫ УПРУГОСТИ: АТОМИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Полякова П.В.¹, Баимова Ю.А.^{1,2}

¹Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В дополнение к графену на сегодняшний день известно большое количество новых двумерных структур, которые обладают уникальными физическими и механическими свойствами [1]. Одной из них является графин, который впервые был предсказан в 1987 г. [2]. Графин представляет собой монослой атомов углерода, которые имеют sp - и sp^2 -гибридизацию и особым образом уложены в решетке. В настоящей работе константы упругости графина разных морфологий рассчитываются методом молекулярной динамики.

Рассматриваются пять основных конфигураций графина: α , β_1 , β_3 , γ_1 и γ_2 . Графин α , β_1 и γ_1 имеет гексагональную анизотропию, графин β_3 – ромбическую, γ_2 – моноклинную [3]. Для каждой структуры выбраны два размера ячейки моделирования: $L_x=250$ Å, $L_y=250$ Å, $L_z=20$ Å и $L_x=1000$ Å, $L_y=1000$ Å, $L_z=20$ Å. Все расчеты проводятся с использованием программы LAMMPS и межатомного потенциала AIREBO. В системе поддерживается постоянство температуры 0.001 К с помощью термостата Носе-Хувера. Периодические граничные условия применяются во всех направлениях.

В результате проведенного атомистического моделирования получены константы жесткости для пяти конфигураций графина. Показано, что атомная укладка графина оказывает существенное влияние на значения констант жесткости и податливости. Среди пяти конфигураций графина наибольший модуль Юнга демонстрирует γ_2 графин, наименьший – α графин. Показано, что среди пяти структур β_3 и γ_2 графин сильно анизотропны.

Работа выполнена в рамках госзадания молодежной лаборатории ИПСМ РАН.

Литература

1. Polyakova P.V., Galiakhmetova L.K., Murzaev R.T., Lisovenko D.S., Baimova J.A. // Letter on Materials, 2023, v. 13(2), pp. 171-176.
2. Vaughan R. H., Eckhardt H., Kertesz M. // Journal of Chemical Physics, 1987, v. 87, pp. 6687–6699.
3. Belenkov E. A., Mavrinskii V. V., Belenkova T. E., Chernov, V. M. // Journal of Experimental and Theoretical Physics, 2015, v. 120, pp. 820–830.

© Полякова П.В., Баимова Ю.А., 2023 г.

ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНЫЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ ЦЕОЛИТА MFI-И ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ТРИПТОФАНА

Сычева М.А.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В настоящее время широко применяются энантиоселективные вольтамперометрические сенсоры (ЭВС), которые обладают высокой селективностью и чувствительностью, низкой себестоимостью и возможностью экспрессного обнаружения энантиомеров биологически активных молекул в полевых условиях [1-3].

В данном исследовании был разработан новый вольтамперометрический сенсор на основе композитного пастового электрода из графитированной термической сажи CarbolblackC и цеолита MFI-И с иерархической пористостью для быстрого и надежного распознавания и определения энантиомеров триптофана.

Изучены электрохимические и аналитические характеристики сенсора, рассчитаны сопротивление переноса заряда ($R_{et} = 15.5 \pm 0.2 \text{ k}\Omega$) и площадь эффективной поверхности электрода ($A = 7.8 \pm 0.2 \text{ мм}^2$). Разработанный сенсор успешно апробирован для определения энантиомеров триптофана в модельных растворах, чистых энантиомеров, в биологических жидкостях и в таблетированных формах биологически активных добавок. Показано, что предложенный сенсор позволяет с высокой вероятностью определять соотношение L- и D-энантиомеров триптофана в смеси.

Авторы выражают благодарность Лаборатории приготовления катализаторов ИНК УФИЦ РАН за предоставленные образцы цеолитов. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-13-00169, <https://rscf.ru/project/21-13-00169/>

Литература

1. Maistrenko V.N., Zil'berg R.A. Enantioselective Voltammetric Sensors on the Basis of Chiral Materials // Journal of Analytical Chemistry. 2020(75), pp. 1514-1526.
2. Maistrenko V.N., Sidel'nikov A.V., Zil'berg R.A. Enantioselective Voltammetric Sensors: New Solutions // Journal of Analytical Chemistry. 2018(73), pp. 1-9.
3. Майстренко, В.Н. Энантиоселективные вольтамперометрические сенсоры / В.Н. Майстренко, Г.А. Евтюгин, Р.А. Зильберг. // Уфа : Башкирский государственный университет, 2018. 189 с.

© Сычева М.А., 2023 г.

СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ АМИНОКИСЛОТНЫХ КОМПЛЕКСОВ Cu (II) и Zn (II) ДЛЯ РАСПОЗНОВАНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ПРОПРАНОЛОЛА

Масалимова Л.Ф., Булышева Е.О.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Пропранолол является бета-адреноблокатором, широко используемым в медицине для лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Однако, пропранолол представлен двумя энантиомерами (S) и (R), которые имеют различные фармакологические свойства. Все это стимулирует развитие исследований в области распознавания и определения энантиомеров пропранолола [1,2]. В данной работе проведено сравнение энантиоселективности композитных вольтамперометрических сенсоров на основе стеклоуглеродного электрода, модифицированного композитами полиэлектrolитного комплекса хитозана с различными хиральными селекторами: α -аминокислоты (L-Ala, S-Phe) или хелатные комплексы $[Cu(L-Ala)_2]$ - $[Cu(S-Phe)_2]$ и $[Zn(L-Ala)_2(H_2O)]$ - $[Zn(S-Phe)_2(H_2O)]$ на их основе. При нанесении на СУЭ только ПЭК, используемого в качестве подложки для закрепления хирального селектора, наблюдаются незначительные различия в аналитических сигналах энантиомеров пропранолола. При добавлении к ПЭК аминокислот (S-Ala и S-Phe) увеличиваются коэффициенты энантиоселективности и наблюдается небольшая разница аналитических сигналов по потенциалам окисления. Еще большего повышения коэффициентов энантиоселективности и разницы в потенциалах окисления удастся достичь при замене аминокислот в составе композита на хелатные комплексы $[Cu(S-Ala)_2]$ - $[Cu(S-Phe)_2]$ и $[Zn(S-Ala)_2(H_2O)]$ - $[Zn(S-Phe)_2(H_2O)]$. Полагается, что такой результат обеспечивается как большим средством комплексов к энантиомерам пропранолола, так и их диастереомерной природой, в отличие от индивидуальных аминокислот, которые содержат всего один оптически активный центр.

Литература

1. Вольтамперометрическое определение энантиомеров пропранолола в модельных растворах лекарственных форм и биологических жидкостях / Р.А. Зильберг, Ю.А. Яркаева, Ю.Р. Проворова [и др.] // Аналитика и контроль. – 2018. – Т. 22, № 3. – С. 292-302.
2. Энантиоселективный вольтамперометрический сенсор для распознавания стереоизомеров пропранолола / А. В. Сидельников, В.Н. Майстренко, Р.А. Зильберг [и др.] // Журнал аналитической химии. – 2017. – Т. 72, № 5. – С. 486-492.

© Масалимова Л.Ф., Булышева Е.О., 2023 г.

УДК 543.552.054.1

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ПАСТОВОГО ЭЛЕКТРОДА ИЗ ГРАФИТИРОВАННОЙ САЖИ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОМ КОБАЛЬТА (III) И ЦИКЛИЧЕСКИМИ ДИАМИНАМИ

Мухаметдинов Ч.Р., Терес Ю.Б., Булышева Е.О.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Для исследования был выбран пастовой электрод [1, 2] из графитированной термической сажи Carbolblack C в качестве рабочего электрода. Модифицировался электрод комплексом кобальта (III) (С-1) и циклическими диаминами (С-2, С-3).

Среди проанализированных биологически активных веществ наибольшую разницу в аналитических сигналах показали энантиомеры триптофана, а среди использованных сенсоров, модифицированных различными хиральными селекторами, наилучшие результаты показал сенсор, модифицированный комплексом кобальта (III), поэтому исследования проводились с использованием сенсора модифицированным С-1 на энантиомерах триптофана. Новый хиральный сенсор на основе пастового электрода из графитированной термической сажи Carbolblack C, модифицированной хиральным комплексом кобальта, показал отличную способность к распознаванию $(ip(D)/ip(L) = 1.36, \Delta E_p = 35 \text{ мВ})$ для энантиомеров Трп. Такая простая стратегия может открыть новую возможность построения дешевого, стабильного, высоко чувствительного и воспроизводимого хирального сенсора для электрохимического распознавания энантиомеров в широком диапазоне. Линейный диапазон составил от $1.00 \cdot 10^{-6}$ до $5.00 \cdot 10^{-4}$ М; предел обнаружения и нижняя граница определяемых концентраций составили 3.30 мкМ и 11.03 мкМ для L- Трп, 2.42 мкМ и 8.06 мкМ для D- Трп, соответственно Сенсор успешно апробирован для определения энантиомеров триптофана как в модельных растворах, так и в биологических жидкостях.

Литература

1. Novel chiral voltammetric sensor for tryptophan enantiomers based on 3-neomenthylindene as recognition element / L.R. Zagitova, V.N. Maistrenko, Y. A. Yarkaeva [et al.] // Journal of Electroanalytical Chemistry. – 2021. – Vol. 880. – P. 114939.– EDN CFVHNN.
2. Chiral voltammetric sensor for warfarin enantiomers based on carbon black paste electrode modified by 3,4,9,10-perylenetetracarboxylic acid / R. A. Zilberg, V.N. Maistrenko, L.R. Zagitova [et al.] // Journal of Electroanalytical Chemistry. – 2020. – Vol. 861. – P. 113986.– EDN MNV GST.

© Мухаметдинов Ч.Р., Терес Ю.Б., Булышева Е.О., 2023 г.

**КОМПОЗИТНЫЙ ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНЫЙ
ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ
БИСАРГЕНИНАТА ЦИНКА**

Терес Ю.Б., Шайдуллина Р.М.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

За последние несколько лет энантиоселективные вольтамперометрические сенсоры получили широкое применение в качестве недорогих и эффективных систем контроля качества лекарственных препаратов и биологически активных добавок (БАДов), в состав которых входят энантиомеры биологически активных веществ [1]. Среди энантиоселективных вольтамперометрических сенсоров наиболее перспективными представляются сенсоры на основе аминокислотных комплексов переходных металлов [2], которые характеризуются не только простотой изготовления, доступностью и дешевизной, но и эффективными энантиоселективными свойствами.

В данной работе был разработан сенсор на основе стеклоуглеродного электрода (СУЭ), модифицированного композитом полиэлектrolитного комплекса хитозана и N-сукцинилхитозана (ПЭК) и аминокислотного комплекса цинка ($[Zn(L-Arg)_2]$). В качестве аналитов был выбран ряд биологически активных веществ: триптофан (Трп), тирозин (Тир) и напроксен (Нап). В случае немодифицированного СУЭ вольтамперограммы энантиомеров биологически активных веществ не различались между собой. Для сенсора СУЭ/ПЭК были зарегистрированы небольшие различия в аналитических сигналах. Самая значительная разница между потенциалами окисления (ΔE_p) и значениями максимальных токов пиков (i_p) наблюдались для СУЭ/ПЭК- $[Zn(L-Arg)_2]$: 37 мВ и 1.31 для Трп, 25 мВ и 1.48 для Тир, 60 мВ и 1.32 для Нап. Различия в i_p и ΔE_p свидетельствует о различных энергиях взаимодействия энантиомеров исследуемых аналитов с комплексом цинка.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, грант № 23-23-00340.

Литература

1. Maistrenko V.N., Zil'berg R.A. Enantioselective Voltammetric Sensors on the Basis of Chiral Materials // Journal of Analytical Chemistry. 2020, 75(12), pp. 1514-1526.
2. Zilberg R.A., Berestova T.V., Gizatov R.R., Teres Yu.B., Galimov M.N., Bulysheva E.O. Chiral selectors in voltammetric sensors based on mixed phenylalanine/alanine Cu(II) and Zn(II) complexes // Inorganics. 2022, 10(8), P. 117.

© Терес Ю.Б., Шайдуллина Р.М., 2023 г.

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПЛЕНОК
ДЛЯ НАНОЭЛЕКТРОННЫХ СЕНСОРНЫХ УСТРОЙСТВ
НА ОСНОВЕ ТОКОПРОВОДЯЩЕГО ПОЛИМЕРА И
ОДНОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК**

Булышева Е.О., Терес Ю.Б.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

С недавних пор среди ученых наблюдается растущий интерес к комбинации различных нано-[1-2] и микрочастиц [3] с полимерными матрицами для получения биосовместимых полимерных нанокompозитных форм и широкого спектра их применений, например, в нанoeлектронных сенсорных устройствах, биомедицинских устройствах, датчиках и катализе. Этот интерес возникает в результате улучшенных электрических свойств и гибкости конструкции.

Целью настоящего исследования было изучение электрофизических свойств новых нанокompозитных материалов на основе полиэлектrolитного комплекса «хитозан-сукцинил хитозана» (ПЭК) с одностенными углеродными нанотрубками (ОУНТ) и изучение их сенсорной чувствительности к влажности воздуха и парам аммиака. Были выбраны оптимальные составы композита: 1 мг ОУНТ на 1 мл ПЭК, 2 мг ОУНТ на 1 мл ПЭК и 3 мг ОУНТ на 1 мл ПЭК. При увеличении содержания ОУНТ в композите с 1 до 3 мг/мл на циклической вольтамперограмме наблюдалось увеличение токов пиков редокс-зонда $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$, что свидетельствует об увеличении эффективной площади поверхности. На диаграммах Найквиста полукруг в области высоких частот соответствует предельной стадии переноса заряда. При увеличении содержания ОУНТ в композите с 1 до 3 мг/мл наблюдается снижение сопротивления переносу заряда. Данные спектроскопии электрохимического импеданса и циклической вольтамперометрии согласуются между собой.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда № 21-13-00169.

Литература

1. Salikhov, R.B., Zilberg, R.A., Bulysheva, E.O. Ostaltsova, A.D., Salikhov, T.R., Teres, Y.B. // Letters on Materials, 2023, v. 13(2), pp. 132-137.
2. Salikhov, R.B., Zilberg, R.A., Mullagaliev, I.N., Salikhov, T.R., Teres, Y.B. // Mendeleev Communications, 2022, v. 32(4), pp. 520-522.
3. Зильберг, Р.А., Майстренко, В.Н., Терес, Ю.Б., Вакулин, И.В., Булышева, Е.О., Селуянова, А.А.// Журнал аналитической химии, 2023, т. 78(7), с. 648-661.

© Булышева Е.О., Терес Ю.Б., 2023 г.

АНАЛИЗ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ НАКАЧКЕ

Мухамедов Д.И., Ахняпов Э.Ш., Галимов Р.А., Вальшин А.М.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В работе используются две газоразрядные лампы: ИФП-800, трубка, заполненная криптоном

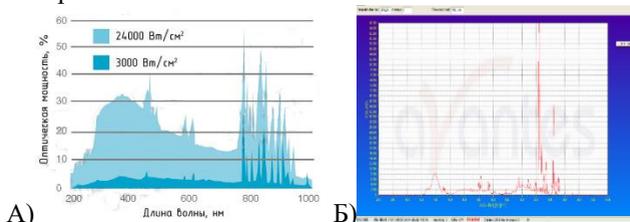


Рис. 1. Спектры излучения криптона: а) импульсная накачка, б) высокочастотная накачка

Представлены спектры излучения криптона, полученные при различных накачках. Из рис. 1(а) видно, что при увеличении плотности тока, наблюдается увеличение сплошного спектра излучения, в то время как линейчатый спектр остается почти неизменным. Накачка лазеров при импульсной накачке менее эффективна. На рисунке 1(б), представлены спектральные характеристики криптоновых ламп при высокочастотной накачке (ВЧ). При ВЧ накачке, основная мощность накачки трубки криптона сконцентрированы в области 760 и 810 нм. Из спектра излучения видно, что при ВЧ накачке площадь составляющей сплошного спектра уменьшается, в то время как интенсивность линейчатого спектра увеличивается. Давление при ВЧ накачке маленькое – 1 торр. ВЧ накачка способствует тому, что там линейчатый спектр превалирует над сплошным спектром. Что может привести к увеличению КПД твердотельных лазеров в случае совпадения линейчатого спектра со спектром поглощения активного элемента лазера. Криптон обладает спектральной характеристик лучше падающей в спектр поглощения граната.

Литература

1. Биргалина А.М., Мухамедов Д.И. Измерение параметров плазмы после высокочастотного пробоя. Тезисы докладов XIII Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 50-летию образования математического и физического факультетов БашГУ – Уфа: РИЦ БашГУ, 2022. – 324 с.

© Мухамедов Д.И., Ахняпов Э.Ш.,
Галимов Р.А., Вальшин А.М., 2023 г.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИОТ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Ахняпов Э.Ш., Мухамедов Д.И., Галимов Р.А., Абдрахманов В.Х.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Нефтегазодобывающие и перерабатывающие компании постоянно стремятся сократить производственные затраты. Эти затраты могут быть связаны как с простым оборудованием, так и задержками в принятии решений, а также с поддержкой промышленной безопасности на высоком уровне и охраны труда.

Основное предназначение технологии IoT – решение сложных задач массового сбора информации о технологических процессах. Умные датчики, собирая информацию, передают их, могут анализировать данные, а при возникновении внештатных ситуаций могут оповестить об этом ответственных лиц. Такая особенность работы позволяет удалённо контролировать работу всей системы в целом, прогнозировать состояние оборудования, а также обеспечить их безопасную эксплуатацию.

IoT в нефтяной и газовой промышленности – устройства, предназначенные для контроля и измерения таких параметров, как объёмы добычи флюида, скорости потоков жидкостей, температуры, давления, мощностей, и многих других технологических параметров. Установка датчиков и меток, на используемые объекты транспорта, может вывести на новый уровень контроль за соблюдением техники безопасности и охраны труда.

Следует также отметить, что на сегодняшний день технологии IoT применимы для всех этапов работы нефтегазовой индустрии — начиная с геологоразведки и заканчивая сбытом нефтепродуктов.

Литература

1. Устройство для мониторинга уровней загазованности на базе ИОТ. Ахняпов Э.Ш., Абдрахманов В.Х. // Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании: спутник Международной научной конференции «Уфимская осенняя математическая школа-2022»: тезисы докладов XIII Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 50-летию образования математического и физического факультетов БашГУ (г. Уфа, 19 – 22 октября 2022 г.) / отв. ред. Л.А. Габдрахманова. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2022. – 324 с.

© Ахняпов Э.Ш., Мухамедов Д.И.,
Галимов Р.А., Абдрахманов В.Х., 2023 г.

ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ИНДУКЦИОННАЯ НАКАЧКА ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Ахняпов Э.Ш., Мухамедов Д.И., Галимов Р.А., Вальшин А.М.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Существует два основных типа накачки газоразрядных ламп, в которых для зажигания и горения разряда участвуют электроды: накачка лампы током сетевой частоты 50 Гц и высокочастотная ёмкостная (электродная) накачка. Способы отличает невысокий срок службы ламп.

Принципиально отличной от данных способов накачки является высокочастотная индукционная накачка (ВЧИ). При данной накачке ток высокой частоты протекает через намотанную вокруг лампы катушку-соленоид, в результате чего в лампе происходит разряд и горение.

В эксперименте используются две безэлектродные криптоновые лампы (трубки), давлением 1 торр, диаметрами 40 и 60 мм. Собрана экспериментальная установка для зажигания трубок методом ВЧИ накачки на частотах $(2 \div 5)$ МГц. При совпадении частоты генератора и собственной частоты колебательного контура возникает резонанс токов. Затем наблюдается зажигание и горение лампы (трубки).

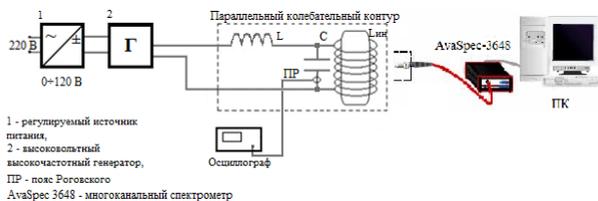


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Проведены эксперименты по определению напряжения пробоя в криптоновых трубках, давлением 1 торр, диаметрами 40 и 60 мм. Напряжения пробоя составили $U_{A40} = 4,6$ кВ, $U_{A60} = 4,8$ кВ.

Литература

1. Импульсный блок питания с комбинированной накачкой для твердотельного лазера. А.М. Вальшин, А.Р. Валишин, Э.Ш. Ахняпов. ЛАЗЕРНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: труды XXX Международной научной конференции 12-17 сентября 2022 г.; г. Новороссийск Краснодарский край, под редакцией профессора В.Е. Привалова. – Новороссийск: НФ ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», 2022. – 188 с.

© Ахняпов Э.Ш., Мухамедов Д.И., Галимов Р.А., Вальшин А.М., 2023 г.

ИНТЕГРАЦИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИОТ

Юмалин Т.Т., Салихов Р.Б.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Беспроводные системы Интернета вещей (IoT) являются важной частью современного мира. Однако одной из наиболее критических проблем IoT является ограниченное энергопотребление устройств. Например, батареи устройств IoT могут быть неэффективными, и их частая замена может быть затратной и неудобной.

Интеграция нанотехнологий и наноматериалов может существенно улучшить эффективность хранения энергии в устройствах IoT. Графеновые нанотрубки, благодаря своей выдающейся электрической проводимости, позволяют создавать суперконденсаторы с высокой плотностью энергии. Путем использования графеновых нанотрубок в суперконденсаторах можно достичь значительного увеличения срока службы устройств IoT.

Использование органических материалов и тонких пленок в наносенсорах позволяет создавать компактные устройства для мониторинга окружающей среды. Эти наносенсоры могут непрерывно собирать данные о качестве воздуха и других параметрах, что важно для управления устройствами IoT.

С учетом статистики, в 2020 году количество устройств IoT превысило 20 миллиардов, и этот показатель будет расти. Учитывая, что частая замена батарей невозможна или дорогостояща, улучшение энергоэффективности становится критически важным.

Итак, интеграция нанотехнологий и наноматериалов в устройства IoT позволяет увеличить их автономность и снизить затраты на обслуживание. Это способствует более широкому распространению IoT и повышению эффективности многих аспектов нашей повседневной жизни [1-2].

Литература

1. Юмалин Т.Т., Салихов Р.Б. // Тр. XV Междунар. Науч. Конф. «Физика твердого тела». Астана: ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, 2022, С. 115–117.
2. Салихов Р.Б., Юмалин Т.Т., Салихов Т.Р. // Тр. XIX Междунар. Науч. Конф. «Инновационные, информационные и коммуникационные технологии». Москва: С.У. Увайсов, 2022, С. 162–167.

© Юмалин Т.Т., Салихов Р.Б., 2023 г.

УДК 539.23, 004.738.2

ТОНКИЕ ПЛЕНКИ: КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Юмалин Т.Т., Салихов Т.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Развитие современных технологий невозможно без прорывных достижений в области нанoeлектроники и наноматериалов. Особую роль в этом играют тонкие пленки из наноматериалов, таких как углеродные нанотрубки и органические полимеры. Они являются ключевым фактором для развития передовых беспроводных технологий и органической электроники. В области беспроводных технологий, использование тонких нанопленок имеет большое значение для создания микрочипов и устройств с высокой частотой работы. Они способствуют эффективности и миниатюризации антенн и усилителей, что особенно актуально для мобильных устройств и сетей 5G. Также тонкие пленки позволяют создавать компактные элементы управления и хранения данных с высокой энергоэффективностью, что является важным фактором для развития интернета вещей (IoT). Органическая электроника также получила новый толчок развития благодаря использованию тонких нанопленок. Они позволяют создавать гибкие и прозрачные дисплеи, солнечные батареи и сенсоры. Эта технология открывает новые возможности для разработки устройств, которые могут быть интегрированы в одежду, упаковку и медицинские изделия. Таким образом, использование тонких пленок играет ключевую роль в объединении беспроводных технологий, IoT и органической электроники. Использование этих устройств и систем обещает продолжать способствовать развитию и преобразованию нашего представления о будущих технологических инновациях [1-3].

Литература

1. Салихов, Р.Б., Гаскарова, А.А., Важдав, К.В., & Аллабердин, А. Б. // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле, 2023, v.2, pp.60-72.
2. Юмалин Т.Т., Салихов Р.Б., Абдрахманов В.Х. Салихов Т.Р., Важдав К.В., Мунтянова Т.Д. // Нефтегазовое дело, 2023, Т. 21(3), С. 232–242.
3. Юмалин Т.Т., Салихов Р.Б. // В сборнике: Физика твердого тела. Материалы XV Международной научной конференции. Астана, 2022. С. 115-117.

© Юмалин Т.Т., Салихов Т.Р., 2023 г.

ОРГАНИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Сагидуллина А.Р., Салихов Р.Б.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Базовый элемент органической электроники, как и твердотельной электроники – транзистор, который можно использовать для управления, обработки электрического сигнала и для преобразования внешних воздействий различной природы в электрический сигнал, то есть в качестве датчика [1-3]. В тонкоплёночных транзисторах на основе полианилина величина тока зависит от относительной влажности воздуха. Данные транзисторные структуры можно использовать в качестве датчиков относительной влажности воздуха. В транзисторном сенсоре крутизна выходных характеристик меняется от влажности. Кроме того, регулируя напряжение на затворе, можно управлять чувствительностью датчика. В качестве подзатворного диэлектрика используется полиимид, а для контактов: сток и исток осаждаются пленки алюминия, активным транспортным слоем являлась пленка полианилина (рис.1). Предложенные датчики влажности работают в интервале 20-100% относительной влажности с погрешностью 1-2%.

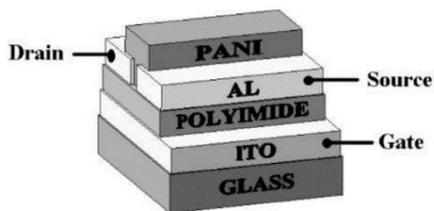


Рис. 1. Структурная схема транзистора

Литература

1. Salikhov, R.B., & Lachinov, A.N. // *Advances in chemical sensors*, 2012, pp. 215-234.
2. Salikhov, R.B., Lachinov, A. N., Kornilov, V.M., & Rakhmееv, R.G. // *Technical Physics*, 2009, v. 54, pp. 575-579.
3. Salikhov, R.B., Lachinov, A.N., & Rakhmееv, R.G. // *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 2007, v. 467(1), pp. 85-92.

© Сагидуллина А.Р., Салихов Р.Б., 2023 г.

ДАТЧИКИ ВЛАЖНОСТИ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

Остальцова А.Д., Салихов Р.Б.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Одной из областей применения многослойных полимерных тонкопленочных материалов [1-4] является разработка и создание новых газовых сенсоров. В частности, датчик влажности воздуха широко используется для наблюдения за окружающей средой, в производственных и складских помещениях, а также в жилых зданиях, чтобы обеспечить комфорт для людей. Однако основные ограничения этих сенсоров включают перекрестную чувствительность, высокую рабочую температуру, большое время отклика и невысокую воспроизводимость. Датчики влажности на полимерной основе могут быть резистивными, емкостными или транзисторными. На рис. 1 показана зависимость протекающего тока от влажности воздуха в тонкопленочной структуре резистивного типа.

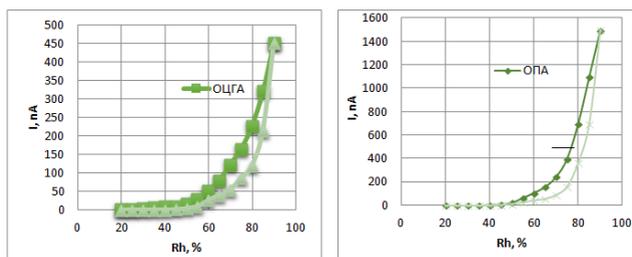


Рис. 1. Зависимость протекающего через пленки **1** и **2** тока от относительной влажности воздуха

Литература

1. Salikhov, R.B., Mullagaliev, I.N., Badretdinov, B.R., Ostaltsova, A.D., Sadykov, T.T., & Mustafin, A.G. // Letters on Materials, 2022, v. 12(4), pp. 309-315.
2. Salikhov R.B., Zilberg R.A., Bulysheva E.O., Ostaltsova A.D., Salikhov T.R., Teres Yu.B. // Letters on Materials, 2023. v. 13 (2), pp. 132-137.
3. Salikhov, R. B., Mustafin, A. G., Mullagaliev, I. N., Salikhov, T. R., Andriianova, A.N., Latypova, L.R., & Sharafullin, I.F. // Materials, 2021, v. 15(1), pp. 228.
4. Andriianova, A.N., Salikhov, R.B., Latypova, L.R., Mullagaliev, I.N., Salikhov, T.R., & Mustafin, A.G. // Sustainable Energy & Fuels, 2022, v. 6(14), pp. 3435-3445.

© Остальцова А.Д., Салихов Р.Б., 2023 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИМЕРА

Остальцова А.Д., Салихов Т.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Полиэлектролитные комплексы PEC имеют уникальные возможности для сборки наноструктур со свойствами распознавания, которые находят все большее применение в различных электрохимических сенсорах. При необходимости в PEC могут включать относительно не крупные молекулы и даже наночастицы, такие как наночастицы платины, оксида графена и углеродные нанотрубки [1-3]. С помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) TESCAN MIRA LMS и программного обеспечения TESCAN Essence были получены изображения поверхности исследуемого полимера PEC и PEC-SWCNT-3 (рис.1а,б).

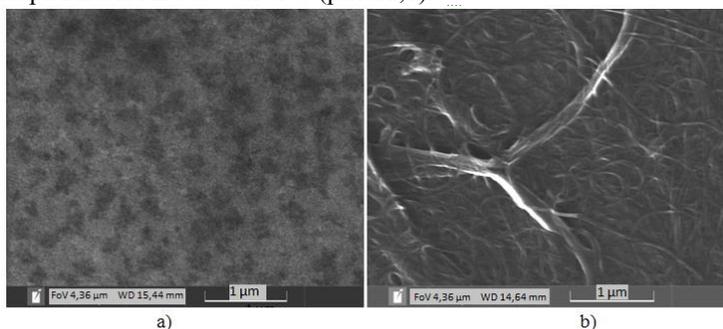


Рис. 1. СЭМ изображения микроструктур образцов пленок
а) чистый PEC б) PEC-SWCNT-3

Морфология поверхности нанокompозитной структуры PEC-SWCNT-3 покрыта образованиями в виде нитей, образованными углеродными нанотрубками.

Литература

1. Salikhov, R.B., Mullagaliev, I.N., Badretdinov, B.R., Ostaltsova, A.D., Sadykov, T.T., & Mustafin, A.G. // *Letters on Materials*, 2022, v. 12(4), pp. 309-315.
2. Khuzin A.A., Tuktarov A.R., Khalilov L.M., Khuzina L.L., Dzhemilev U.M., Venidiktova O.V., Barachevsky V.A., Mullagaliev I.N., Salikhov T.R., Salikhov R.B. // *Photochemistry and Photobiology*, 2022, v. 98, № 4, pp. 815-822.
3. Mustafin A.G., Latypova L.R., Andriianova A.N., Salikhov S.M., Usmanova G.S., Mullagaliev I.N., Salikhov R.B. // *RSC Advances*, 2021, v. 11, № 34, pp. 21006-21016.

© Остальцова А.Д., Салихов Т.Р., 2023 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ СТРУКТУР

Остальцова А.Д., Салихов Т.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Полимерные наноккомпозиты представляют собой важный класс материалов, обладающих уникальными физико-химическими свойствами [1-4]. Для создания многослойных структур резистивных сенсоров были использованы тонкие пленки PEC-SWCNT (рис. 1). В качестве подложки для резистивных датчиков было использовано стекло. На стеклянную поверхность были нанесены алюминиевые электроды толщиной около 400-500 нм с помощью метода термического распыления в вакуумной камере на установке УВП-250. Зазор между электродами был создан с использованием теневой маски. В некоторых образцах в область зазора в 50 мкм была нанесена пленка полимера PEC с углеродными нанотрубками SWCNT. Полученный слой был подвергнут термическому отжигу, чтобы удалить остатки растворителя, путем нагрева до 150°C в течение 20-25 минут. Омический характер контактов был подтвержден путем измерения их вольтамперных характеристик. СЭМ исследования подтвердили однородность поверхности полимеров в рабочей зоне резистивных датчиков, и определена шероховатость поверхности.

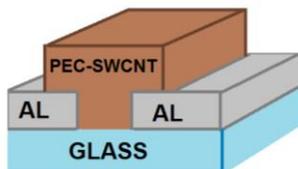


Рис. 1. Структура тонкопленочного резистивного датчика

Литература

1. Salikhov R.B., Zilberg R.A., Bulysheva E.O., Ostaltsova A.D., Salikhov T.R., Teres Yu.B. // *Letters on Materials*, 2023, v. 13 (2), pp. 132-137.
2. Khuzin A.A., Tuktarov A.R., Khalilov L.M., Khuzina L.L., Dzhemilev U.M., Venidiktova O.V., Barachevsky V.A., Mullagaliev I.N., Salikhov T.R., Salikhov R.B. // *Photochemistry and Photobiology*, 2022, v. 98, № 4, pp. 815-822.
3. Mustafin A.G., Latypova L.R., Andriianova A.N., Salikhov S.M., Usmanova G.S., Mullagaliev I.N., Salikhov R.B. // *RSC Advances*, 2021, v. 11, № 34, pp. 21006-21016.

© Остальцова А.Д., Салихов Т.Р., 2023 г.

СЕНСОРНЫЕ СВОЙСТВА ПРОИЗВОДНЫХ ПОЛИАНИЛИНА НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ, ГРАДУИРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Муллагалиев И.Н., Мухитова Л.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Актуальность исследования новых органических веществ для применения в виде сенсоров несомненна [1]. Полианилин, наиболее изученный одномерный проводящий полимер с такими свойствами, как большая проводимость и способность к быстрой диффузии молекул газа, привлекает внимание в сфере газового и химического зондирования [2-3]. Измерение градуировочных графиков необходимо для проведения количественного анализа.

В нашей работе созданы резистивные сенсоры на основе тонких пленок полианилина в роли чувствительного слоя. Были измерены и исследованы графики зависимости тока, протекающего через пленку от относительной влажности воздуха. В работе была применена кусочно-линейная аппроксимация. Для нашего графика функция имеет вид:

$$R_h = -R_{h_0} + \left(\frac{1}{S}\right) \cdot i \quad (1)$$

Исследованные пленки на основе полианилина обладают стабильностью работы на открытом воздухе. Аппроксимация помогает при соединении датчика с преобразователем сигнала, либо усилителем для определения относительной влажности воздуха в цифровом виде, кроме того, позволяет улучшить точность измерения.

Исследование выполнено в рамках государственного задания (код научной темы FZWU-2023-0002).

Литература

1. Andriianova, A.N., Salikhov, R.B., Latypova, L.R., Mullagaliev, I.N., Salikhov, T.R., & Mustafin, A.G. // Sustainable Energy & Fuels, 2022, v. 6(14), pp. 3435-3445.
2. Temitope Borode, Danling Wang, Anamika Prasad // Sensors & Actuators: A. Physical, 2023, v. 355, pp. 114319.
3. Mustafin AG., Latypova L.R., Andriianova A.N., Salikhov S.M., Usmanova G.S., Mullagaliev I.N., Salikhov R.B. Polymerization of new aniline derivatives: synthesis, characterization and application as sensors // RSC Advances, 2021, v. 11, № 34, pp. 21006-21016.

© Муллагалиев И. Н., Мухитова Л. Р., 2023 г.

ФОТОТРАНЗИСТОРЫ НА ОСНОВЕ ПЛЕНОК ХИМИЧЕСКИ УЛУЧШЕННОГО ФУЛЛЕРЕНА, СВОЙСТВА И ИХ ПАРАМЕТРЫ

Муллагалиев И.Н., Мухитова Л.Р., Салихов Т.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Исследование новых полимерных органических и композитных веществ с особыми свойствами (например, оптическими, электронными и магнитными свойствами) имеют большое значение, поскольку они играют важную роль в электронике и материаловедении [1-2]. Молекулы, содержащие альтернативные донорные и акцепторные примеси, представляют собой новый класс функциональных молекул с настраиваемыми оптическими свойствами и электронной структурой [3].

В нашей работе созданы тонкопленочные полевые фототранзисторы. Рассчитаны такие параметры как фоточувствительность по формуле (1), подвижность носителей заряда по формуле (2).

$$P = I_{ph} / I_{dark} = (I_{illum} - I_{dark}) / I_{dark}, \quad (1)$$

где I_{ph} - фототок, I_{illum} - ток канала при освещении, I_{dark} - ток стока в темноте.

$$\mu = \frac{I_{DS}}{L \cdot C \cdot (V_G - V_{th}) \cdot V_{DS}} \quad (2)$$

где μ - подвижность носителей заряда.

Исследованные фотохромные гибридные молекулы обладают стабильностью на открытом воздухе. Значения фоточувствительности 600 и подвижности $0,004 \text{ В} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ сравнимы с зарубежными работами.

Исследование выполнено в рамках государственного задания (код научной темы FZWU-2023-0002).

Литература

1. Khuzin A.A., Tuktarov A.R., Khalilov L.M., Khuzina L.L., Dzhemilev U.M., Venidiktova O.V., Barachevsky V.A., Mullagaliev I.N., Salikhov T.R., Salikhov R.B. // *Photochemistry and Photobiology*, 2022, v. 98, № 4, pp. 815-822.
2. Базунова М.В., Мустакимов Р.А., Салихов Р.Б., Муллагалиев И.Н. *Журнал прикладной химии*, 2022, Т. 95(6), С. 741-749.
3. Salikhov R.B., Zilberg R.A., Bulysheva E.O., Ostaltsova A.D., Salikhov T.R., Teres Yu.B. // *Letters on Materials*, 2023. v. 13 (2), pp. 132-137.

© Муллагалиев И.Н., Мухитова Л.Р., Салихов Т.Р., 2023 г.

ТОНКОПЛЁНОЧНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ФОТОРЕЗИСТОРЫ

Ильясов Д.А., Салихов Т.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Многослойные полимерные тонкопленочные материалы находят применение в производстве инновационных фоторезисторов, используемых в элементах памяти и переключающих устройствах. Органическая оптоэлектроника является динамично развивающейся областью исследований, направленных на создание нового поколения электронных устройств, которые легки, гибки и прозрачны. Органические фоторезисторы (ОФР) – это инновационные материалы, которые используются в фотоэлектронике для преобразования световой энергии в электрическую. Эти устройства демонстрируют высокую производительность в различных областях, таких как солнечная энергетика, дисплеи, светоизлучающие диоды и сенсоры. Тонкопленочные ОФР отличаются от аналогов тем, что они могут быть изготовлены из органических полимерных материалов. Полианилин обладает следующими свойствами: окислительно-восстановительная активность, ионная и электронная проводимость, парамагнитные свойства [1-3]. В данной работе были изготовлены образцы фоторезисторных устройств. Одним из них является устройство, полученное следующим образом: стеклянная подложка с проводящим слоем ИТО была очищена и высушена в печи. Пленка полианилина осаждалась из раствора поверх ИТО путем центрифугирования. Из вольтамперных характеристик и значений среднеквадратичной шероховатости образцов стала ясна зависимость фототока от шероховатости: чем меньше шероховатость, тем выше фотопроводимость образца. Результаты проведенных исследований представляют практический интерес для разработки на основе поли-2-(1-метилбут-2-ен-1-ил)анилина оптронов и фотодатчиков.

Литература

1. Salikhov R.B., Biglova Yu.N., Mullagaliev I.N., Salikhov T.R., Mustafin A.G. // Letters on Materials, 2021, V. 11 (2), pp. 140-145.
2. Andriianova A.N., Gribko D.E., Mullagaliev I.N., Salikhov R.B., Mustafin A.G. // Polymer Science, Series B, 2021, V. 63, № 2, pp. 135-141.
3. Salikhov R.B., Mullagaliev I.N., Badretdinov B.R., Ostaltsova A.D., Sadykov T.T., Mustafin A.G. // Letters on Materials, 2022. V. 12, № 4 (48), pp. 309-315.

© Ильясов Д.А., Салихов Т.Р., 2023г.

ОРГАНИЧЕСКИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ ФОТОТРАНЗИСТОРЫ

Гильманов Д.Р., Салихов Р.Б.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Одной из сфер применения многослойных полимерных тонкопленочных материалов является разработка и создание новых фототранзисторов для ячеек памяти [1-4]. Полевой транзистор (OFET) с транспортным слоем наноразмерной толщины, является одним из наиболее перспективных устройств для органической электроники. Активный транспортный слой на основе поли(2-этил-3-метилиндол)а (MPIn), который получали внутримолекулярной циклизацией поли(2-(хлор-1-метилбут-2-ен-1-ил)анилина) путем нагревания при 140–150°С в течение 6–7 ч в полифосфорной кислоте (PPA). Выход MPIn составил 81%. Важно отметить, что в данной реакции происходит синтез нового типа полииндола из высокорастворимого производного полианилина (ПАНИ) путем полимераналогичной конверсии. Атом азота, который присутствует в полимерной цепи MPIn, играет важную роль в определении физико-химических свойств этого полииндола. Для исследования фотопроводимости измеряли ВАХ в условиях ультрафиолетового излучения при длине волны излучения 350 нм. При облучении УФ-лучами фототок значительно увеличивается - на три порядка. Энергия фотонов в УФ-диапазоне составляет 3,4 эВ, что сопоставимо с шириной запрещенной зоны. Это приводит к возникновению электронно-дырочных пар и увеличению проводимости тонких пленок MPIn. При отсутствии облучения, фототранзисторы демонстрируют темновые токи примерно на уровне 1 нА.

Литература

1. Salikhov R.B., Zilberg R.A., Bulysheva E.O., Ostaltsova A.D., Salikhov T.R., Teres Yu.B. //Letters on Materials, 2023, v. 13, pp. 132-137.
2. Salikhov R.B., Biglova Yu.N., Salikhov T.R., Yumaguzin Yu.M. // Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics, 2015, v. 9(6), pp. 792-794.
3. Базунова М.В., Мустакимов Р.А., Салихов Р.Б., Муллағалиев И.Н. Журнал прикладной химии, 2022, Т. 95(6), С. 741-749.
4. Andriianova A.N., Gribko D.E., Mullagaliev I.N., Salikhov R.B., Mustafin A.G. Polymer Science, Series B, 2021. v. 63(2), pp. 135-141.

© Гильманов Д.Р., Салихов Р.Б., 2023 г.

ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ СЕНСОРЫ НА ПАРЫ АММИАКА

Фахрисламова Д.У., Остальцова А.Д., Салихов Р.Б.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

К числу востребованных химических сенсоров следует также отнести датчики, способные обнаруживать пары аммиака в воздухе. Пары аммиака (NH_3) являются токсичными для сельскохозяйственных животных и людей. Необходимость в разработке надежных сенсоров на пары аммиака в воздухе, работающего при комнатной температуре, остается актуальной и на сегодняшний день [1-3]. На рис. 1 показана сенсорная чувствительность нанокompозитной пленки PEC-SWCNT-3 на пары аммиака в воздухе при 25°C .

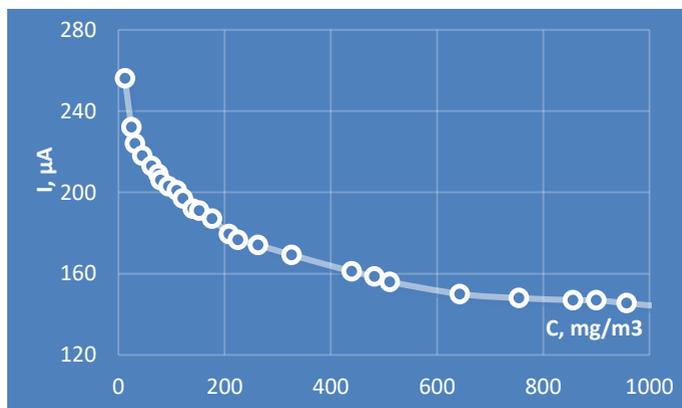


Рис. 1. Зависимость протекающего тока через тонкопленочный сенсор на основе нанокompозитного материала PEC-SWCNT-3

Литература

1. Salikhov, R.B., Mullagaliev, I.N., Badretdinov, B.R., Ostaltsova, A.D., Sadykov, T.T., & Mustafin, A.G. // Letters on Materials, 2022, v. 12(4), pp. 309-315.
2. Andriianova, A.N., Salikhov, R.B., Latypova, L.R., Mullagaliev, I.N., Salikhov, T.R., & Mustafin, A.G. // Sustainable Energy & Fuels, 2022, v. 6(14), pp. 3435-3445
3. Salikhov R.B., Zilberg R.A., Bulysheva E.O., Ostaltsova A.D., Salikhov T.R., Teres Yu.B. // Letters on Materials, 2023, v. 13 (2), pp. 132-137.

© Фахрисламова Д.У., Остальцова А.Д., Салихов Р.Б., 2023 г.

СЕНСОРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПЛЕНКИ PEC-SWCNT ОТ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Фахрисламова Д.У., Остальцова А.Д., Салихов Т.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Датчик влажности является важным классом химических датчиков и широко используется в мониторинге окружающей среды, упаковке пищевых продуктов, электронике и для создания человеческого комфорта [1-3]. Под влиянием влажности воздуха меняется проводимость тонкой нанокompозитной пленки PEC-SWCNT. Существует два возможных механизма: первый связан с переносом заряда между молекулами аммиака и углеродной нанотрубкой, второй – с изменением барьера Шоттки между нанокompозитной пленкой с нанотрубками и электродом из алюминия. На рис. 1 представлен график зависимости протекающего тока через пленку PEC-SWCNT от относительной влажности воздуха в объеме воздуха.

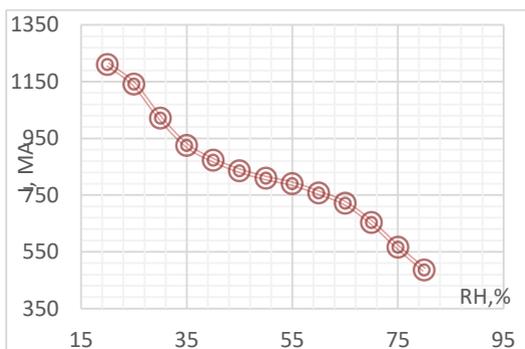


Рис. 1. График зависимости величины протекающего тока через пленку PEC-SWCNT-3 от относительной влажности воздуха

Литература

1. Salikhov, R.B., Mullagaliev, I.N., Badretdinov, B.R., Ostaltsova, A.D., Sadykov, T.T., & Mustafin, A.G. // Letters on Materials, 2022, v. 12(4), pp. 309-315.
2. Salikhov R.B., Zilberg R.A., Bulysheva E.O., Ostaltsova A.D., Salikhov T.R., Teres Yu.B. // Letters on Materials, 2023. v. 13 (2), pp. 132-137.
3. Andriianova, A.N., Salikhov, R.B., Latypova, L.R., Mullagaliev, I.N., Salikhov, T.R., & Mustafin, A.G. // Sustainable Energy & Fuels, 2022, v. 6(14), pp. 3435-3445.

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОНИКА НАНОСИСТЕМ»

УДК 538.9

РАСШИРЕНИЕ ДИАПАЗОНА ИЗМЕРЯЕМЫХ ТОЛЩИН НА МИКРОИНТЕРФЕРОМЕТРЕ МИИ-4М

Мукминова Р.Р., Юсупова А.Р.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Стандартная комплектация МИИ-4М, по паспортным данным, позволяет получать достоверную информацию о глубине шероховатости в диапазоне от 100 нм до 800 нм. Однако, как было показано в работе [1] диапазон и точность измерения можно существенно повысить, если использовать фотоприставку и специализированное программное обеспечение для фотометрического анализа снимков интерферограммы. Необходимость такой работы обусловлена доступностью данного оборудования по сравнению с более точными методами оценки, а также относительно высокой скоростью получения данной информации.

Таким образом, основной целью работы является доработка базового МИИ-4М фотоприставкой и оценка возможности полученной установки измерять толщины за пределами паспортных данных.

Для модернизации МИИ-4М была использована фотокамера Canon EOS 400D. Результаты измерений обрабатывались на графическом редакторе CorelDraw.

В работе, для определения толщин тонких пленок, был использован полимерный диэлектрик, регулируя концентрацию раствора которого были получены серии экспериментальных образцов толщинами 30 нм до 500 нм. Для чистоты эксперимента, толщины исследуемых пленок измерялись на автоматизированном АСМ микроскопе Ntegra.

Анализ полученных результатов позволил сделать вывод, что использование фотоприставки позволило повысить точность измерения толщины а также расширить диапазон измеряемых толщин по нижней границе.

Литература

1. Мешалкин А.Ю., Андриеш И.С., Абашкин В.Г., Присакар А.М., Тридох Г.М., Акимова Е.А., Енаки М.А. Цифровой метод измерения нанометровых пленок на базе микроинтерферометра МИИ-4 // ЭОМ. 2012. №6.

© Мукминова Р.Р., Юсупова А.Р., 2023 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРОЕНИЯ И ЭЛЕКТРОННЫХ СВОЙСТВ СОПОЛИАРИЛЕНЭФИРКЕТОНОВ

Байбулова Г.Ш.¹, Карамов Д.Д.,^{1,2} Лачинов А.Н.^{1,2}, Галиев А.Ф.²

¹Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

²Институт физики молекул и кристаллов УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

В работах [1-3] было проведено исследование сополимеров полиариленэфиркетонов, которые показали, что изменение электронных свойств происходит немонотонно при изменении содержания функциональных групп (ФГ). Показано, что различное содержание ФГ приводит к формированию ловушечных состояний с разной энергией активации и транспортные свойства разные. Тщательного анализа этого феномена не проводилось. В связи с этим целью работы является исследование физико-химических особенностей строения и электронных свойств сополимеров полиариленэфиркетонов в зависимости от содержания ФГ. В работе были смоделированы и проанализированы соединения модельные для сополимеров полиариленэфиркетонов, а также проведены оптические и электрофизические исследования. Квантово-химические расчеты структур проводились методом теории функционала плотности (DFT) в приближении B3LYP/6-31+G(d). Исследование оптических свойств пленок проводились методом оптического поглощения в УФ-видимой области. Исследование ВАХ и временных зависимостей производились на зондовой станции MPI ETS50.

Было установлено, что с увеличением концентрации функциональных боковых групп ширина запрещенной зоны уменьшается, что совпадает с результатами квантово-химических экспериментов. При увеличении содержания ФГ наблюдается немонотонное изменение электронных свойств, которое обусловлено соответствующим изменением электронных параметров тонких пленок таких, как подвижность и концентрация носителей заряда, высоты потенциального барьера на контакте металл (полупроводник)/полимер. Установлена корреляция между энергией Урбаха и разницей между энергиями нижних вакантных молекулярных орбиталей базового полимера и соответствующих орбиталей молекулярных функциональных центров.

Литература

1. Мошелев А.В. // Канд. диссертация, 2009, г.Уфа, с.158.
2. Ильясов В.Х. // Дис. канд. физ.-мат. наук.: БашГУ, Уфа, 2011. - 155 с.
3. Накаряков А.С. // Дис. канд. физ.-мат. наук., БашГУ, Уфа, 2013.

© Байбулова Г.Ш., Карамов Д.Д., Лачинов А.Н., Галиев А.Ф. 2023 г.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Кохов А.Ю., Исламгулов А.Р., Корнилов В.М.
Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Полимерные наночастицы (ПНЧ) давно и успешно исследуются как наноразмерные коллоидные частицы, полученные из полимеров. Исследования ПНЧ наиболее интенсивно ведутся в области наномедицины (адресная доставка лекарств и т.д.). В настоящее время большой интерес исследователей вызывает возможное применение ПНЧ в области оптоэлектроники, фотоники, гаджетов, датчиков, сенсоров, новых нанокомпозитов [1]. Самостоятельный интерес представляет сопоставление свойств ПНЧ со свойствами объемного полимера, в том числе с особенностями его надмолекулярной структуры. В данной работе приведены результаты экспериментального исследования наночастиц полидифениленфталида (ПДФ).

Полимерные наночастицы получались путем высаживания из раствора нужной концентрации. Полученная суспензия наносилась на подложки из кремния или нержавеющей стали и после высушивания исследовалась методом атомно-силовой микроскопии, в том числе и с проводящим зондом. Статистическая обработка результатов позволила установить, что размеры полученных наночастиц хорошо совпадают с размерами структурных элементов в полимерных пленках (70-120 нм).

При изготовлении образцов на подложке из полированного кремния иногда наблюдается самоорганизация ПНЧ вплоть до образования фракталоподобных структур, на нержавеющей стали подобные процессы не зарегистрированы. Кроме ПНЧ, размеры которых соответствуют ассоциатам макромолекул, наблюдались частицы, близкие по размеру к индивидуальным макромолекулам. Исследования ПНЧ методом АСМ с проводящим зондом показали, что наночастицы в основном обладают диэлектрическими свойствами. В ряде случаев при наблюдении агрегации наночастиц на металлической подложке регистрировались токовые особенности в виде отдельных точек, расположенных в пределах агрегата наночастиц.

Литература

1. Chandan Adhikari. Polymer nanoparticles-preparations, applications and future insights: a concise review. Polymer-plastics technology and materials, 60 (2021) 1996–2024.

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТОНКИХ ПЛЕНОК ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПОД ВЛИЯНИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Гумеров Н.Р.¹, Ильясов В.Х.¹, Карамов Д.Д.², Лачинов А.Н.²

¹Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

²Институт физики молекул и кристаллов, г. Уфа, Россия

Тонкие пленки несопряженного полимера – полидифениленфталида (ПДФ), обладают уникальными электронными свойствами. Ранее в работе [1] было установлено несколько процессов отвечающих за релаксацию заряда пленок ПДФ: дипольная поляризация, проявляющая себя при низких температурах, формирование объемного заряда, захваченного на ловушки, и приповерхностного заряда. Хотя в работе [2], при исследовании вольт-амперных характеристик (ВАХ), было показано, что внешнее магнитное поле оказывает сильное влияние на перенос заряда в системе Ni - полимер - Cu.

В данной работе впервые рассматривается вопрос о возможности управления энергетическими характеристиками тонких пленок ПДФ, изготовленных их из раствора полимера в полярном растворителе, путем внешнего воздействия в процессе формирования пленок. Процесс формирования пленки происходил под воздействием постоянного магнитного поля (300 мТл). В качестве метода исследования энергетических параметров был выбран метод термостимулированных токов деполяризации (ТСД).

При проведении измерений токов ТСД использовался образец, представлявший собой структуру металл – полимер – фторопласт – металл.

Полученные результаты можно объяснить ориентацией диполей вдоль магнитного поля и определенному порядку формирования ловушечных состояний в объеме полимерной пленки. Природа данного механизма до конца не изучена и требует дальнейшего исследования и анализа полученного экспериментального материала.

Литература

1 Лачинов А.Н. О механизмах термостимулированной деполяризации в полидифениленфталите / А.Н. Лачинов, В.Х. Ильясов, А.Ф. Пономарев // Химическая физика. – 2009. – Т. 28, N 8. – С. 78-83.

2 Лачинов А.Н., Особенности гигантского магнитосопротивления в системе ферромагнетик – полимер / А.Н. Лачинов, Н.В. Воробьева, А.А. Лачинов // Письма в ЖЭТФ. – 2006 – Т. 84, В. 11. – С. 720.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЛЕНОК
ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА МЕТОДОМ
ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННОЙ ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ**

Ильясов В.Х.¹, Карамов Д.Д.², Лачинов А.Н.²,

Пономарев А.Ф.³, Богданов Н.П.¹

¹Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта, Россия

²Институт физики молекул и кристаллов, г. Уфа, Россия

³Бирский филиал УУНиТ, г. Бирск, Россия

Ранее в работе [1] было установлено, что граница раздела двух пленок несопряженного полимера полидифениленфталида (ПДФ) может служить фронтом рекомбинации экситонов. Наличие образования межфазной границы двух пленок ПДФ, изготовленных из раствора полимера методом центрифугирования, обнаружено в работе [2]. Подобные границы раздела обладают отличными от объема свойствами. Известно, что на гетероинтерфейсе двух полимерных пленок образуется более плотная, структурированная упаковка молекул. Одним из объяснений уникальных явлений на границе раздела пленок ПДФ возможно является межфазная поляризация Максвелла-Вагнера. Наличие подобных интерфейсов, должно существенным образом отразиться на токах ТСД.

Для исследования процессов межфазной поляризации в тонкопленочных полимерных структурах, были изготовлены и исследованы методом термостимулированной деполяризации многослойные пленки полидифениленфталида.

Экспериментальные результаты полученных температурных зависимостей показали, что общий накопленный заряд в объеме значительно увеличивается по мере увеличения количества слоев полимера. Причина столь высокой концентрации захваченных зарядов, скорее всего, связана с наличием широкого распределения ловушек, занятых инжектируемыми зарядами.

Литература

1 Лежнев С.К. и др. Электролюминесценция полимерной пленки, содержащей границу раздела полимер/полимер //Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2019. – Т. 110. – №. 7. – С. 437-442.

2 Gadiev, R.M., Lachinov, A.N., Kornilov, V.M. et al. Anomalously high conductivity along the interface of two dielectric polymers. Jap Lett. 90, 726–730 (2010).

© Ильясов В.Х., Карамов Д.Д., Лачинов А.Н.,
Пономарев А.Ф., Богданов Н.П., 2023 г.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В МАТЕРИАЛАХ С ПЛОСКИМИ ЗОНАМИ

Ихсанов Р.Ш.¹, Каган М.Ю.^{1,2}, Мазур Е.А.³

¹Высшая школа экономики, г. Москва, Россия

²Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН, г. Москва, Россия

³Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
г. Москва, Россия

Наличие плоских зон в зонной структуре материала приводит к образованию острых пиков его электронной плотности состояний [1]. В нашей работе исследуется влияние таких пиков на T_C – температуру сверхпроводящего перехода, используя изотропные уравнения Элиашберга для мнимой оси. Для этого система уравнений Элиашберга пишется с учетом поправки на химический потенциал электронов [2, 3]. В эту систему входит $N_0(E)$ – плотность состояний электрона как функция энергии электрона. Показано, что наличие резкого пика функции $N_0(E)$ вблизи уровня Ферми приводит к значительному увеличению T_C по сравнению со случаем уравнений Элиашберга, записанных без поправки на химический потенциал. В качестве модели острого пика мы используем функцию Гаусса и исследуем рост T_C в зависимости от параметров этой функции. Полученные результаты иллюстрируются расчетами T_C для LaVH_8 .

Работа выполнялась при поддержке проекта «Зеркальные лаборатории» Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» и Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы.

Литература

1. Вонсовский, С.В., Изюмов, Ю.А., Курмаев, Э.З. Сверхпроводимость переходных металлов, их сплавов и соединений. М., 1977.
2. Мазур, Е.А., Каган, Ю.М. Высокая T_C в купратах как универсальное свойство электрон-фононной системы. // ЖЭТФ, 2015, Т. 148, вып. 2, с. 275-284.
3. Мигдал, А.Б. Взаимодействие электронов с колебаниями решетки в нормальном металле. // ЖЭТФ, 1958, Т. 34, № 6, с. 1438-1446.

© Ихсанов Р.Ш., Каган М.Ю., Мазур Е.А., 2023 г.

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ
ФЕРРОБОРАТОВ**

Попова Е.А.

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», г. Москва, Россия

Дан краткий обзор термодинамических свойств семейства редкоземельных ферроборатов $RFe_3(BO_3)_4$ (R-редкоземельный ион или илн итрия). При высоких температурах некоторые из этих соединений демонстрируют структурный фазовый переход первого рода из высокосимметричной $R32$ в низкосимметричную $P3_12_1$ модификацию. Температура этого перехода систематически уменьшается с увеличением радиуса редкоземельного иона. Во всех соединениях этого семейства при низких температурах происходит антиферромагнитное упорядочение, проявляющееся в виде λ – аномалии на температурной зависимости теплоемкости. Магнитное упорядочение происходит в железной подсистеме, при этом редкоземельная подсистема, оставаясь парамагнитной вплоть до самых низких температур, подмагничивается магнитным полем упорядоченной железной подсистемы. Температура антиферромагнитного перехода $T_N = 20 \div 40$ К слабо зависит от вида редкоземельного иона, но при этом ионы R^{3+} определяют ориентацию магнитных моментов ионов Fe^{3+} в упорядоченном состоянии. Так, в соединениях с Y, Nd, Er и Tm магнитные моменты железа ориентированы в ab - плоскости, а в соединениях с Tb и Dy они параллельны оси c . В $GdFe_3(BO_3)_4$ [1] при $T_{SR} \sim 9$ К наблюдается спин-переориентационный фазовый переход первого рода. Анизотропия редкоземельного иона определяет процесс намагничивания под действием внешнего магнитного поля, направленного вдоль различных кристаллографических осей. Соединения $GdFe_3(BO_3)_4$ и $NdFe_3(BO_3)_4$ являются мультиферроиками, что проявляется в зависящих от ориентации и величины внешнего магнитного поля магнитоэлектрических и магнитоупругих эффектах.

Работа поддержана Научным фондом НИУ ВШЭ, проект «Зеркальные лаборатории».

Литература

1. R.Z. Levitin, E.A. Popova, R.M. Chtsherbov, A.N. Vasiliev, M.N. Popova, E.P. Chukalina, S.A. Klimin, P.H.M. van Loosdrecht, D. Fausti, L.N. Bezmaternykh. JETP Lett. 79, 531 (2004).

© Попова Е.А., 2023 г.

АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ СУБМИКРОННЫХ ПЛЕНОК ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА

Квашнина Е.О., Ильин И.П., Камалов Ф.К., Корнилов В.М.

Башкирский государственный педагогический университет, г.Уфа, Россия

Одно из направлений полимерного материаловедения - это создание функциональных «управляемых» полимерных систем с контролируемыми свойствами. Использование полимерных пленок субмикронной толщины позволяет обнаружить в них нетривиальные электрофизические свойства. Например, давно известный и хорошо изученный полиметилметакрилат (ПММА), используется не только в качестве хорошего диэлектрика, но и областях биомедицины, молекулярного разделения, приемниках солнечного излучения, и т.д. [1]. В работе [2] представлены результаты исследования резистивного переключения в пленках из полиметилметакрилата (ПММА), работа [3] посвящена исследованию проводимости вдоль границы раздела двух диэлектрических пленок полиметилметакрилата субмикронной толщины.

Данная работа посвящена экспериментальному исследованию субмикронных полимерных слоев с точки зрения пленкообразования, однородности, шероховатости, внутренней структуры. В качестве инструмента для изучения субмикронных пленок целесообразен выбор методик атомно-силовой микроскопии (АСМ). Полимерные пленки изготавливались методом центрифугирования из раствора ПММА в циклогексаноне или в толуоле на подложках из полированного кремния. Толщина пленок задавалась концентрацией полимера в растворителе. Для определения толщины пленок и исследования надмолекулярной структуры использовался метод механической деформации. Обработка полученных результатов позволила определить зависимость толщины пленок от концентрации полимера в растворе. Исследование деформированных участков позволило визуализировать внутреннее строение пленок. Наряду с зернистой надмолекулярной структурой наблюдаются участки с внутренним слоистым упорядочением.

Литература

1. Umar Ali, Khairi Juhanni Bt. Abd Karim & Nor Aziah Buang. *Polymer Reviews*, 0:1–28, 2015/
2. Jimmy Mangalam, Shivani Agarwal, A.N. Resmi, M. Sundararajan, K.B. Jinesh. *Organic Electronics* 29 (2016) 33-38.
3. А.Н. Лачинов, Г.Р. Алтыншина, Г.Ш. Байбулова, М.Ф. Киан, А.Р. Юсупов. *Физика твердого тела*, 2021, том 63, вып. 4.

© Квашнина Е.О., Ильин И.П., Камалов Ф.К., Корнилов В.М., 2023 г.

ОРГАНИЧЕСКИЙ СЕНСОР ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ КВАЗИДВУМЕРНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ

Давлятгареев Х.И.¹, Лачинов А.Н.^{1,2}, Лачинов А.А.^{1,2},

Яхин А.Р.¹, Мустафин Г.Ф.¹

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

²Институт физики молекул и кристаллов, г. Уфа, Россия

В основе сенсора лежит резистивный принцип определения концентрации газообразного вещества в атмосфере. Разработан чувствительный элемент (ЧЭ) на основе пленочного полимерного материала, который при изменении состава контактирующей среды изменяет свое сопротивление.

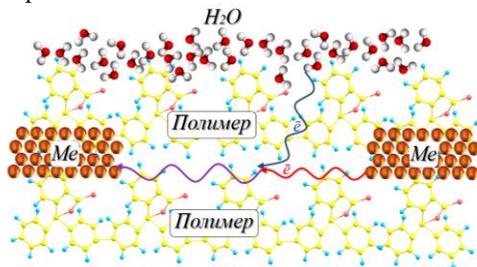


Рис. 1. Схематическое изображение чувствительного элемента

ЧЭ представляет собой квазидвумерную границу раздела двух полимерных пленок группы полиариленфталидов. Полимерная цепь имеет боковые ответвления, ориентированные относительно поверхности. При последовательном нанесении двух полимерных пленок друг на друга возникает упорядоченный квазидвумерный слой плотно упакованных боковых группировок на границе раздела. Установлено, что параметры переноса носителей заряда вдоль такого слоя сильно зависят от воздействия внешней среды, в частности от ее химического состава. В связи с этим электрическое сопротивление чувствительного слоя изменяется при изменении состава контактирующей атмосферы.

Для оценки параметров ЧЭ были проведены исследования транспорта носителей заряда в зависимости от концентрации веществ с гидроксильной группой.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям, договор №1211ГССС15-L/88553.

© Давлятгареев Х.И., Лачинов А.Н.,
Лачинов А.А., Яхин А.Р., Мустафин Г.Ф., 2023 г.

**ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОБЛАСТИ ВДОЛЬ
ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИД-
ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТ**

Алтыншина Г.Р.

ГБОУ БРГИ № 1 им. Рами Гарипова

В докладе представлены результаты исследования электрофизических свойств границы раздела пленок полидифениленфталида (ПДФ) и полиметилметакрилата (ПММА). Исследования проводили классическим методом вольт-амперных характеристик. Для выяснения вклада интерфейсного эффекта измерения сначала проводились на образцах без верхнего слоя ПММА. Вольт-амперные характеристики структур ПДФ-Сu и ПДФ-Сu-ПММА представлены на рисунке 1. Подобные результаты ранее были получены в работе [1]. Граница раздела на стеклянных подложках создавалась путем последовательного нанесения полимерных пленок из растворов в циклогексаноне методом центрифугирования. Медные электроды наносили на первый слой полимерной пленки методом термодиффузионного напыления в вакууме. Расстояние между электродами составляло ~ 60 мкм.

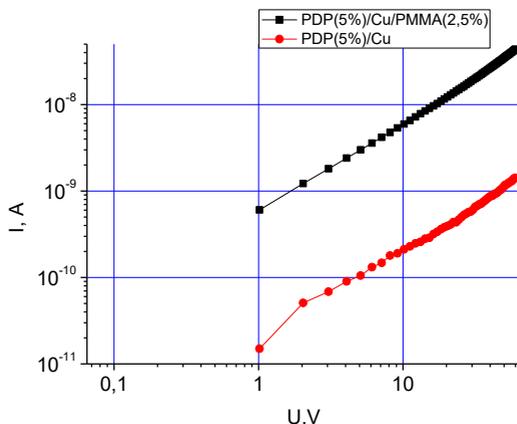


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики структур ПДФ (5%) / ПММА (2,5%) и ПДФ (5%) / Сu

Литература

1. Р.М.Гадиев, А.Н.Лачинов, В.М.Корнилов и др. // Письма в ЖЭТФ, 2009, Т 90, в.11, с.821-825.

**ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА ЭЛЕКТРОДА НА
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК
ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА**

Галиев А.Ф.^{1,2}, Карамов Д.Д.², Лачинов А.Н.^{1,2}

¹Институт физики молекул и кристаллов, г. Уфа, Россия

²Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В тонких пленках органических материалов могут наблюдаться эффекты электронного переключения из диэлектрического в высокопроводящее состояние (ВПС). В этом процессе, критически важной является толщина полимерной пленки, так как выше определенных толщин, этот эффект не наблюдается. При этом пленки толщиной менее 100 нм изначально могут находиться в ВПС либо переходить в такое состояние спонтанно или под действием незначительных внешних физических воздействий. Например, одноосного механического давления.

Необходимо учитывать, что переход в ВПС происходит в структуре металл/полимер/металл. Очевидно, что условия контактирования полимерной пленки с металлом также могут влиять на параметры перехода по давлению. Потенциальный барьер на границе раздела зависит не только от свойств полимерного материала [1], но и от металла и его эффективной работы выхода (ЭРВ).

В связи с этим, в данной были проведены комплексные исследования электронного переключения в структуре металл/полимер/металл в зависимости от ЭРВ металла, напряжения и других параметров с целью выявления основных закономерностей изменения параметров носителей заряда вблизи перехода и высоты потенциального барьера на границе металл/полимер.

Получено, что процесс перехода полимерной пленки в ВПС определяется разностью ЭРВ металла и полимера.

Литература

1. Карамов Д.Д. и др. Допирование несопряженного полимера органическим соединением с двумя устойчивыми энергетическими состояниями //Журнал технической физики. – 2021. – Т. 91. – №. 5. – С. 874-878.

© Галиев А.Ф., Карамов Д.Д., Лачинов А.Н., 2023 г.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА В КАЧЕСТВЕ ОСНОВЫ ТОНКОПЛЕНОЧНОГО НАГРЕВАТЕЛЯ

Гайфуллина Э.Р., Юсупов А.Р.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Применение LiPo аккумуляторов сталкивается с проблемами климатической зависимости. При низких и отрицательных значениях температуры снижается эффективность таких аккумуляторов, что требует технического решения данной проблемы. Создание нагревательных элементов, способных принимать форму аккумулятора и эффективно его подогревать актуальная и значимая задача, решением которой занимаются в настоящий момент как, например, в работе [1]. В настоящей работе, в качестве полимера был использован полидифениленфталид способный работать при температурах выше 150 °C и графеновый наполнитель RG-S1. Нанесение тонких пленок осуществлялось методом центрифугирования.

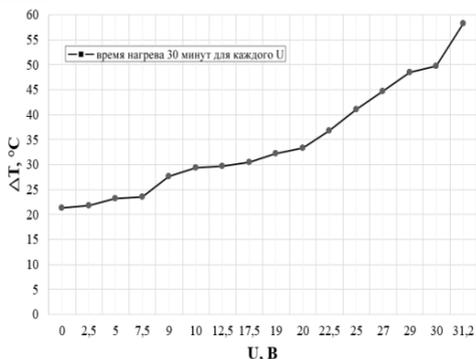


Рис. 1. Зависимость изменения температуры и приложенного напряжения

На рисунке 1 Показан результат изменения температуры при повышении напряжения на источнике. Расстояние между электродами составляло ~6-7 мм. Контроль температуры осуществлялся с помощью термопары, которая находилась в нижней части стекла. Время измерения температуры составляло 30 минут для каждого значения напряжения.

Как можно видеть из полученных результатов, для использованной концентрации раствора полимера, максимальное изменение температуры составило 58,3 °C.

Литература

1. Кан Дж. и др. Высокоэффективные прозрачные гибкие нагреватели на основе графена//Nanoletters.-2011.-Т.11.-№.12.-С.51545158.

© Гайфуллина Э.Р., Юсупов А.Р., 2023 г.

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РАЗРЫВА О-Н СВЯЗЕЙ
КСЕНОБИОТИКОВ В ГАЗОВОЙ ФАЗЕ НА ИХ
АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ**

Таюпов М.М., Маркова А.В., Сафронов А.М., Поглазов К.Ю.

Институт физики молекул и кристаллов, г. Уфа, Россия

С помощью метода масс-спектрометрии диссоциативного захвата электронов (СДЗЭ) можно изучать процессы диссоциации, перегруппировок атомов (изомеризация), разрывов внутримолекулярных связей, возбуждения внутренних вращений в отрицательных молекулярных ионах и фрагментарных отрицательных ионах, образующихся при резонансном захвате электронов [1]. Эти явления происходят за счет избыточной внутренней энергии (несколько эВ) пришедшей в систему вместе с присоединенным электроном. Ранее, было показано, что с помощью метода СДЗЭ, можно моделировать первичные процессы, связанные с токсическим воздействием ксенобиотиков на живые клетки [2].

В ходе представленной работы, было показано, что по сходному механизму можно также моделировать процессы нейтрализации активных форм кислорода. Установлено, что молекулы ксенобиотиков, проявляющих антиоксидантную активность, являются хорошими акцепторами электронов и вступают в реакции диссоциативного захвата электронов при тепловых и надтепловых энергиях. Были получены данные об энергетике процессов разрыва О-Н связей в указанных соединениях, а также о перегруппировочных процессах, связанных с миграцией в них атомов водорода гидроксильной группы.

Литература

1. Pshenichnyuk, S.A., Modelli, A., Asfandiarov, N.L., Rakhmeyer, R.G., Таюпов, М.М., Komolov, A.S., Electron attachment spectroscopy as a tool to study internal rotations in isolated negative ions //Physical Review Research. – 2020. – Т. 2. – №. 1. – С. 012030.
2. Таюпов М.М., Рахмеев Р.Г., Маркова А.В., Сафронов А.М., Методы спектроскопии диссоциативного захвата электронов и теории функционала плотности для моделирования биологической активности производных хиноксалина, Математическая физика и компьютерное моделирование, Том 24, № 2, 2021, с. 54-67.

© Таюпов М.М., Маркова А.В.,
Сафронов А.М., Поглазов К.Ю., 2023 г.

УДК 539.2

СВЯЗЬ МЕЖДУ ПЕРВЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ В МЕТОДЕ ЦВА И СРОДСТВОМ К ЭЛЕКТРОНУ В ГАЗОВОЙ ФАЗЕ У ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ

Сафронов А.М., Поглазов К.Ю.

Институт физики молекул и кристаллов, г. Уфа, Россия

Ранее, в работе [1], на основе анализа литературных и экспериментальных данных, была обнаружена корреляция между первым восстановительным потенциалом $E_{\text{НВМО}}^{\text{ЭХ}}$ в методе циклической вольтамперметрии (ЦВА) и значением сродства к электрону $E_{\text{Аа}}$ в газовой фазе, оцененным на основе экспериментально измеренных времен жизни отрицательных молекулярных ионов (ОМИ), в методе спектроскопии диссоциативного захвата электронов (СДЗЭ) [2].

С помощью метода СДЗЭ были исследованы молекулы пентахлорфенола [3]. В данном веществе не наблюдались долгоживущие ОМИ, поэтому оценить значение $E_{\text{Аа}}$ в них, не представлялось возможным. Анализ же кривой ЦВА, показывает, что величина $E_{\text{НВМО}}^{\text{ЭХ}}$ для ПХФ лежит в пределах 3.55 эВ. В предположении, что между $E_{\text{НВМО}}^{\text{ЭХ}}$ и значением $E_{\text{Аа}}$ существует линейная корреляция, величина $E_{\text{Аа}}$ составила 1.25 ± 0.10 эВ. С учетом того, что квантово-химические расчеты немного завышают оценки $E_{\text{Аа}}$, данный результат хорошо коррелируется с расчётным значением данной величины, полученным с помощью метода ТФП САМ-В3LYP/6-311G+(d, p), составившим 1.39 эВ.

Литература

1. Goryunkov A.A. et al. Dissociative Electron Attachment to Hexachlorobenzene //ChemPhysChem. – 2022. – Т. 23. – №. 10. – С. e202200038.
2. Таюпов М.М. и др. Определение сродства к электрону на основе экспериментально измеренных времен жизни отрицательных молекулярных ионов производных кумарина //Математическая физика и компьютерное моделирование. – 2020. – Т. 23. – №. 3. – С. 45-59.
3. Таюпов М.М., Маркова А.В., Рыбальченко А.В., Комплексное исследование структуры электронных орбиталей молекул пентахлорфенола. Эксперименты и моделирование, Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. – 2023. – № 1-1(66). – С. 94-99.

© Сафронов А.М., Поглазов К.Ю., 2023 г.

СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

УДК 620.17

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИПДК НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМОРФНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ZR ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТРЕХТОЧЕЧНОГО ИЗГИБА

Титов В.В.^{1,2}, Гундеров Д.В.^{1,2}, Шарафутдинов А.В.², Астанин Вас. В.¹
Гундерова С.Д.²

¹Институт физики молекул и кристаллов, г. Уфа, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Исследование сосредотачивается на анализе механических свойств аморфного сплава Zr-62 после интенсивной пластической деформации (ИПДК) с использованием метода трёхточечного изгиба. Результаты исследования раскрывают интересные аспекты изменений в структуре и механическом поведении материала в зависимости от числа оборотов ИПДК.

Механические испытания образцов показали увеличение пластичности после ИПДК. Наибольший эффект наблюдался после 10 оборотов, где прирост пластичности составил 2,2%. Уже после 0,25 оборота ИПДК заметен прирост пластичности на уровне 0,9%.

Анализ поверхностей образцов, в частности областей действия растягивающих напряжений, указывает на увеличение рассеянности полос локализованной пластической деформации по планарной поверхности после ИПДК. Это может свидетельствовать о более сложных механизмах пластического течения, включая возможное гомогенное течение и формирование нанополос между полосами сдвига.

Сравнение с литературными данными [1-2] показало, что различные образцы аморфных сплавов характеризуются хрупким разрушением при одноосных растягивающих нагрузках, вне зависимости от предшествующей обработки.

Литература

1. S.-H. Joo et al. // Sci. Rep., 2015, v. 5, A 9660.
2. Gunderov D., Astanin V. // Metals. 2020. v. 10(3) A 415.

© Титов В.В., Гундеров Д.В., Шарафутдинов А.В.,
Астанин Вас. В., Гундерова С.Д., 2023 г.

ЗОННАЯ СТРУКТУРА ТЕЛЛУРИДА МЕДИ Cu_3Te_2

Давлетшина А.Д., Халиуллина А.Р., Латыпова А.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Расчет зонной структуры Cu_3Te_2 в тетрагональной фазе $P4mm$ был выполнен с помощью программного пакета CASTEP [1]. При расчете данные для кристаллической структуры были использованы из базы данных Materials Project [2].

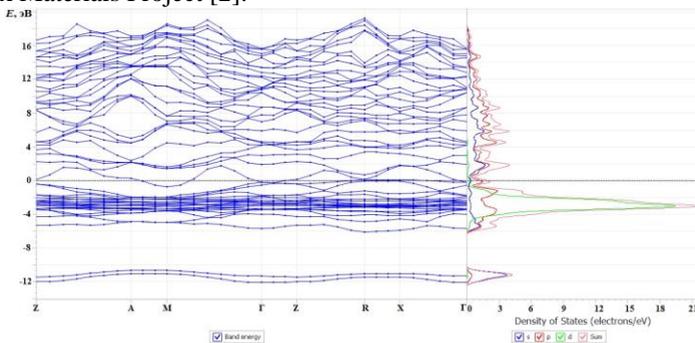


Рис. 1. Зонная структура и плотности состояний Cu_3Te_2

Зонная структура и плотность состояний для данного соединения приведены на рис. 1. Уровень Ферми соответствует 0 эВ. Анализ плотности состояний показывает сложный гибридный характер энергетических уровней. Наибольшая плотность наблюдается для энергетического интервала от -4,2 до -1,4 эВ, в которую преимущественный вклад оказывают d-состояния катионов меди. Около уровня Ферми расположены р-состояния теллура и d-состояния меди. Сравнение зонных структур для Cu_3Te_2 и Cu_3S_2 [3] показывает, что расположение энергетических уровней имеет примерно одинаковый характер.

На основе расчета зонной структуры теллурида меди Cu_3Te_2 можно сделать вывод, что данное соединение имеет зонную структуру, характерную для проводников.

Литература

1. <http://www.castep.org/>
2. <https://materialsproject.org/>
3. Латыпова А.Р., Давлетшина А.Д. Зонная структура сульфида меди Cu_3S_2 // Теоретические и экспериментальные исследования нелинейных процессов в конденсированных средах: материалы IX Межрегиональной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых 26 – 27 апреля 2023 г. – Уфа: РИЦ УУНиТ, 2023. – С. 31-32.

© Давлетшина А.Д., Халиуллина А.Р., Латыпова А.Р., 2023 г.

**ПОДГОТОВКА МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОЗИТА
ГРАФЕН/Cu МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ**Рожнова Е.А.¹, Сафина Л.Р.², Баймова Ю.А.^{1,2}¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия²Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа, Россия

Разработка новых композитов на основе углеродных структур и металлических наночастиц с улучшенными механическими свойствами имеет большое значение. Одним из перспективных материалов является композит на основе скомканного графена и наночастиц меди (Cu), обладающий уникальными свойствами [1]. В данной работе рассматриваются потенциалы межатомного взаимодействия для исследования деформационного поведения предшественника композита графен/Cu.

Для описания взаимодействия в системе графен/Cu рассматриваются два потенциала: потенциал ВОР, который включает сразу все три взаимодействия: Cu-Cu, C-C и Cu-C, а также потенциал Морзе для описания взаимодействия C-Cu и Cu-Cu с параметрами, представленными в работах [2, 3], и потенциал AIREBO для описания взаимодействия C-C. Для анализа влияния потенциалов на деформационное поведение предшественника композита графен/Cu, скомканный графен, заполненный наночастицами Cu, выдерживается при температуре 300 К.

Результаты моделирования показывают, что в случае использования потенциала ВОР показана довольно сильная связь между чешуйками графена и наночастицами Cu: наночастицы Cu притягиваются к чешуйкам графена. Для структуры, полученной с помощью потенциала Морзе, наблюдается более слабая связь между графеном и Cu: наночастицы Cu движутся в противоположных направлениях от чешуек графена, взаимодействуют друг с другом и коагулируют. За счет того, что потенциал ВОР воспроизводит более сильное межатомное взаимодействие между C и Cu, он больше подходит для моделирования роста графена на подложке Cu. Данная работа показывает, что потенциал Морзе является довольно точным и эффективным потенциалом для изучения деформационного поведения предшественника композита графен/Cu.

Литература

1. Wang M., Sheng J., Wang L.D., Wang G., Fei W.D. // Journal of Materials Research and Technology, 2022, v. 17, pp. 3205–3210.
2. Wang Y., Jing S. // Nanoscale research letters, 2013, v. 8(1), pp. 1-14.
3. Mendelev M., King A. // Philosophical Magazine, 2013, v. 9, pp. 1268–1278.

© Рожнова Е.А., Сафина Л.Р., Баймова Ю.А., 2023 г.

**СИНТЕЗ НОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ $Cu_{1.5}Na_{0.5}S$
И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СТРУКТУРЫ**

Алексеева К.В., Альмухаметов Р.Ф., Давлетшина А.Д.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Синтез новых термоэлектрических материалов является актуальной задачей. Эффективность термоэлектрического преобразователя и его к.п.д. растет с уменьшением теплопроводности материала и с увеличением коэффициента термо-э.д.с. и электропроводности. В халькогенидах меди с высокой ионной проводимостью теплопроводность снижается из-за рассеяния фононов на подвижных ионах. Введение в решетку халькогенидов меди щелочных металлов приводит к образованию наноразмерных пор, которые служат также центрами рассеяния фононов. Поэтому халькогениды меди, допированные щелочными металлами, являются перспективными материалами для термоэлектрических преобразователей [1,2]. Синтез халькогенидов меди, замещенных щелочными металлами, из элементов или методом жидкофазных реакций связан с определенными трудностями из-за высокой активности щелочных металлов и образования посторонних фаз. По нашему мнению, этим объясняется небольшое количество публикаций, посвященных исследованиям сульфидов меди, допированных щелочными металлами. В данной работе смешанные соединения $Cu_{1.5}Na_{0.5}S$ получили методом твердофазных реакций при высокой температуре из сульфидов меди Cu_2S и натрия Na_2S . Сульфид меди Cu_2S синтезировали из элементов в кварцевых ампулах, моносульфид натрия Na_2S получили из водного сульфида натрия $Na_2S \cdot 9H_2O$ путем обезвоживания в вакууме. DSC-исследования показывают наличие фазовых переходов при температурах 108 °С, 205 °С и 436 °С. При охлаждении температуры фазовых переходов несколько снижаются. Согласно рентгеновским исследованиям соединение $Cu_{1.5}Na_{0.5}S$ при комнатной температуре имеет гексагональную структуру, при $T \geq 200$ °С - ГЦК структуру. Природа других фазовых переходов изучается.

Литература

1. Qin Y., Yang L., Wei J., Yang Sh., Zhang M., Wang X., Yang F. // *Materials* 2020, 13, 5704; doi:10.3390/ma13245704.
2. Ge Z.H., Liu X.; Feng D., Lin J., He J. // *Adv. Energy Mater.*, 2016, 6:1600607. doi: 10.1002/aenm.201600607.

© Алексеева К.В., Альмухаметов Р.Ф., Давлетшина А.Д., 2023 г.

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СОЕДИНЕНИЯ
 $\text{Cu}_{1.7}\text{Na}_{0.3}\text{S}$**

Казакбаев А.Р., Альмухаметов Р.Ф., Давлетшина А.Д.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Халькогениды меди и их сплавы являются перспективными термоэлектрическими материалами. Высокая термоэлектрическая добротность этих материалов обусловлена высокой ионной проводимостью ($4 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$), коэффициентом химической диффузии ($10^{-1} \text{ см}^2/\text{с}$) и высокой электронной проводимостью [1]. Работа посвящена синтезу новых соединений на базе сульфида натрия $\text{Cu}_{2-\delta}\text{Na}_\delta\text{S}$ путем замещения ионов меди Cu^{1+} ионами натрия Na^{1+} . Ионные радиусы натрия и меди близки: $R_{\text{Na}^{1+}} = 0,98 \text{ \AA}$, $R_{\text{Cu}^{1+}} = 0,96 \text{ \AA}$. Поэтому на базе сульфида меди Cu_2S должны образоваться твердые растворы замещения меди натрием $\text{Cu}_{2-x}\text{Na}_x\text{S}$.

Смешанные соединения $\text{Cu}_{1.7}\text{Na}_{0.3}\text{S}$ получили методом твердофазных реакций в вакуумированных ампулах из сульфидов меди Cu_2S и натрия Na_2S . Сульфид меди Cu_2S синтезировали из элементов ампульным методом. Безводный сульфид натрия Na_2S получили из гидрата сульфида натрия $\text{Na}_2\text{S} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($n=1, 2, 5, 9$) путем обезвоживания в вакууме.

На ДСК кривых соединения $\text{Cu}_{1.7}\text{Na}_{0.3}\text{S}$ при нагреве проявляются аномалии при температурах $110 \text{ }^\circ\text{C}$, $233 \text{ }^\circ\text{C}$ и $439 \text{ }^\circ\text{C}$, связанные с фазовыми превращениями. При охлаждении эти аномалии смещаются в область более низких температур: $81 \text{ }^\circ\text{C}$, $\sim 194 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\sim 379 \text{ }^\circ\text{C}$. Эти результаты показывают, что с повышением температуры в соединении $\text{Cu}_{1.7}\text{Na}_{0.3}\text{S}$ имеет место три эндотермических фазовых превращения. Индифференцирование дифрактограмм показало, что соединение $\text{Cu}_{1.7}\text{Na}_{0.3}\text{S}$ при комнатной температуре имеет гексагональную структуру с параметрами $a = 13.803(10) \text{ \AA}$ и $c = 14.972(16) \text{ \AA}$, при температурах $T \geq 200 \text{ }^\circ\text{C}$ соединение $\text{Cu}_{1.7}\text{Na}_{0.3}\text{S}$ имеет ГЦК структуру. Природа остальных фазовых переходов изучается.

Литература

1. Qiu, P.; Shi, X.; Chen, L. Cu-based thermoelectric materials. Energy Storage Mater. 2016, 3, 85–97.

© Казакбаев А.Р., Альмухаметов Р.Ф., Давлетшина А.Д., 2023 г.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В
СОЕДИНЕНИИ $\text{Cu}_{1,9}\text{Na}_{0,1}\text{S}$**

Мустакимов И.Р., Альмухаметов Р.Ф., Давлетшина А.Д.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Халькогениды меди, допированные щелочными металлами, является перспективным материалом для термоэлектрических преобразователей. Дополнительное рассеяние фононов из-за высокой подвижности катионов в этих материалах способствует уменьшению теплопроводности и повышению добротности термоэлектрического преобразователя. Введение атомов щелочного металла в сульфид меди приводит к образованию наноразмерных пор, которые являются дополнительными центрами рассеяния фононов [1]. В работе [1] получены однофазные образцы $\text{Na}_x\text{Cu}_9\text{S}_5$ до состава $x = 0.15$ в шаровой мельнице с использованием металлического Na и Cu_9S_5 . Затем, для получения объемных образцов полученные материалы компактированы искрово-плазменным методом. В работе [2] образцы $\text{Na}_x\text{Cu}_{2-x}\text{S}$ синтезировали жидкофазным методом из NaCl, CuCl и $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ в расплавленной смеси NaOH и KOH. Полученные образцы содержали примеси различных сульфидов меди. Для полного понимания природы термоэлектрических явлений исследования необходимо проводить на однофазных образцах. В данной работе смешанные соединения $\text{Cu}_{1,9}\text{Na}_{0,1}\text{S}$ получили методом ампульного синтеза из сульфидов меди Cu_2S и натрия Na_2S . Сульфид меди Cu_2S синтезировали из элементов в кварцевых ампулах. Сульфид натрия Na_2S получили из водного сульфида натрия $\text{Na}_2\text{S} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($n=1, 2, 5, 9$) путем обезвоживания в вакууме. На ДСК-кривых образцов при нагреве проявляются аномалии при температурах 118 °С, 245 °С и 442 °С, связанные с фазовыми превращениями. При охлаждении эти аномалии смещаются в область более низких температур: 66 °С, ~234 °С и ~395 °С. Индицирование дифрактограмм показало, что соединение $\text{Cu}_{1,9}\text{Na}_{0,1}\text{S}$ при температурах $T \geq 200$ °С имеет ГЦК структуру. При комнатной температуре образцы состоят из ГЦК-фазы и фазы с неизвестной структурой. Природа остальных фазовых переходов изучается.

Литература

1. Ge Z.H., Liu X.; Feng D., Lin J., He J. //Adv. Energy Mater., 2016, 6:1600607. doi: 10.1002/aenm.201600607.
2. Balapanov M. Kh., Ishembetov R.Kh., Kuterbekov K.A., Kubenova M.M., Almukhametov R.F., Yakshibaev R.A.// Ionics , 2018. V.24. № 5. P. 1349–1356. doi: 10.1007/s11581-017-2299-z.

© Мустакимов И.Р., Альмухаметов Р.Ф., Давлетшина А.Д., 2023 г.

МИКРОСТРУКТУРА И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВА $Ni_{55}Mn_{20}Ga_{25}$

Кириллук К.К.¹, Галеев Р.М.², Нагимов М.И.², Мусабилов И.И.²

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа, Россия

Сплавы, называемые сплавами Гейслера имеют множество функциональных эффектов. В частности, магнитокалорический эффект и ферромагнитный эффект памяти формы. Кроме того, в сплавах наблюдается проявление гигантского магнитосопротивления. К сожалению, интерметаллиды данной системы разрушаются при многократных фазовых превращениях. Ранние исследования показали, что многоциклическая деформационно-термическая обработка увеличивает усталостную прочность сплава.

В данной работе представлены результаты исследования микроструктуры и магнитных свойств сплава Гейслера системы $Ni_{55}Mn_{20}Ga_{25}$.

На снимке литой структуры наблюдается образование в сплаве множества колоний мартенситных пластин толщиной от 50 мкм. Колонии были образованы в процессе мартенситного превращения в теле равноосных аустенитных зёрен. Методом дифференциальной сканирующей калориметрии определено, что температура окончания мартенситного превращения равна 64 °С, температура начала обратного мартенситного превращения равна 80 °С. Для точного нахождения точки Кюри будет выполнен термомагнитный анализ.

С целью повышения циклической стабильности свойств сплава была проведена деформационно-термическая обработка заготовки методом всесторонней изотермическойковки при 700 °С в 7 переходов. Ковка приводит к формированию микроструктуры «ожерелье» и кратному повышению циклической прочности материала. В исследуемом сплаве выполняется анализ структуры на предмет наличия аналогичной структуры «ожерелье».

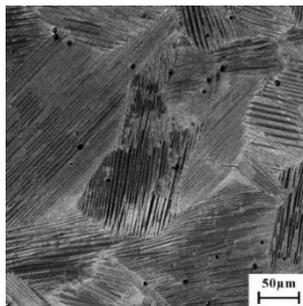


Рис. 1. Структура сплава Гейслера системы Ni-Mn-Ga

Литература

1. Мусабилов И.И. // Журнал радиоэлектроники, 2022, №11, 1684-1719.

© Кириллук К.К., Галеев Р.М., Нагимов М.И., Мусабилов И.И., 2023 г.

СТРУКТУРА, ТВЕРДОСТЬ И СОПРОТИВЛЕНИЕ КОРРОЗИИ СПЛАВА Al-5Mg С ПЕРЕХОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Губайдуллин М.И.^{1,2}, Автократова Е.В.¹, Ситдииков О.Ш.¹,
Загитов Р.Р.¹, Маркушев М.В.¹

¹Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Цель работы – на основе анализа параметров структуры, твердости и сопротивления коррозии оценить комплекс свойств, позволяющих оптимизировать режимы гомогенизации слитка сплава 1570С (Al-5Mg-0,18Mn-0,2Sc-0,08Zr, масс. %).

Гомогенизацию сплава, полученного полунепрерывным литьем, проводили по схеме двухступенчатого отжига. На первой ступени слиток выдерживали при температуре 360°C в течение 6 ч. Вторую ступень проводили в интервале температур 400-520°C в течение 1 ч. Структуру сплава анализировали с помощью оптической, растровой и просвечивающей электронной микроскопии. Микротвердость оценивали по Виккерсу. Сопротивление коррозии исследовали гравиметрическим методом.

Обнаружено, что после первой ступени отжига в матрице сплава присутствовали дисперсоиды $Al_3(Sc,Zr)$ диаметром 5-10 нм с плотностью распределения 2×10^4 мкм⁻³. При этом размер зерна составил 25 мкм, а микротвердость 105 Нв. Вблизи границ зерен регистрировали крупные метастабильные Al_3Mg_2/Al_8Mg_5 фазы, что свидетельствовало о незавершенности гомогенизации, несмотря на то, что температура отжига превышала температуру сольвуса для Mg. Проведение второй ступени гомогенизации не оказало существенного влияния на размер зерна, но одновременно привело к растворению избыточных фаз и выравниванию содержания Mg в твердом растворе. Однако отжиг при температурах выше 450°C разупрочнял сплав, и после выдержки при 520°C твердость снижалась до 85 Нв. Такое поведение сплава было обусловлено укрупнением дисперсоидов до 20-50 нм и уменьшением их плотности до 5×10^3 мкм⁻³.

Сделан вывод о том, что проведение высокотемпературной второй ступени гомогенизационного отжига, помимо снижения прочности сплава, оказалось эффективным с точки зрения устранения химической неоднородности литой структуры и повышения сопротивления коррозии.

© Губайдуллин М.И., Автократова Е.В., Загитов Р.Р.,
Ситдииков О.Ш., Маркушев М.В., 2023 г.

ЛОКАЛИЗОВАННЫЕ ДИСКРЕТНЫЕ БРИЗЕРЫ

Наумов Е.К.^{1,2}, Дмитриев С.В.^{1,2}

¹Институт физики молекул и кристаллов, г. Уфа, Россия

²Институт проблем сверхпластичности металлов, г. Уфа, Россия

Интерес к нелинейным колебаниям решетки возрос в последние десятилетия из-за того, что кристаллические материалы подвергаются высокоамплитудным воздействиям во многих сферах деятельности человека. Один из эффектов нелинейности в дискретных периодических структурах заключается в возможности существования локализованных в пространстве колебаний большой амплитуды, называемых дискретными бризерами. Изучение и описание таких бризеров в одномерной четырехугольной кристаллической решетке, полученных при помощи локализованной функции, является предметом представленной статьи.

В ходе исследования было получено две однокомпонентные моды квадратной кристаллической решетки, с частотой колебания выше фононного спектра. Из этих двух мод было образовано одиннадцать возможных локализованных ДБ. Мы подчеркиваем, что начальные условия, используемые для возбуждения ДБ, не дают точных пространственно локализованных решений, но позволяют получать долгоживущие квазибризеры. Часть энергии, первоначально переданной в локализованную колебательную моду, излучается, и после переходного периода, колебания стабилизируются. Параметры функции локализации выбираются таким образом, чтобы энергия, выделяемая во время стабилизации квазидышащей модели, была минимальной.

На основе полученных графиков зависимости амплитуды колебания одного из атомов бризера в четырехугольной решетке от времени можно сделать выводы, что описанные бризеры устойчивы, т.к. с течением расчетного времени амплитуда колебания атома в идеальной кристаллической решетке не меняется.

Литература

1. Dolgov, A.S.: On localization of oscillations in nonlinear crystal structure. *Sov. Phys. Solid State* 28, 907 (1986).
2. Sievers, A.J., Takeno, S.: Intrinsic localized modes in anharmonic crystals. *Phys. Rev. Lett.* 61, 970 (1988).
3. Page, J.B.: Asymptotic solutions for localized vibrational modes in strongly anharmonic periodic systems. *Phys. Rev. B* 41, 7835 (1990).

© Наумов Е.К., Дмитриев С.В., 2023 г.

УДК 669.715;669-177

СТРУКТУРА И ТВЕРДОСТЬ КРИОКАТАНОГО ВЫСОКОПРОЧНОГО АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА

Терешкин В.В., Крымский С.В., Автократова Е.В., Ситдииков О.Ш.,
Ахметшин М.А., Маркушев М.В.

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

Цель работы – оценить эффект криогенной прокатки, на структуру и твердость высокопрочного алюминиевого сплава 1965 (Al-Zn-Mg-Cu-x).

Образцы, вырезанные из гомогенизированного слитка, с размером зерна 21 мкм и содержащие однородно распределенные наноразмерные выделения алюминидов переходных металлов (ПМ), были подвергнуты закалке, изотермической прокатке при температуре жидкого азота до суммарных обжатий 90%.

Аттестация структуры сплава на различных структурных уровнях с использованием современных методов просвечивающей и растровой электронной микроскопии позволила установить, что основные изменения структуры и прочности сплава при прокатке были обусловлены формированием развитой слабозаориентированной дислокационно-ячеистой структуры матрицы. На начальной стадии деформация локализовалась вблизи тройных стыков и границ исходных зерен, вдоль которых располагались грубые избыточные фазы и зоны, свободные от выделений (ЗСВ) алюминидов переходных металлов. С увеличением степени деформации формирование ячеек захватывало все больший объем зерен и их количество. При этом перестройке дислокаций активно препятствовали наноразмерные алюминиды ПМ. Одновременно происходило механическое дробление избыточных фаз, которое контролировало процесс формирования и развития трещин и ограничило прокатываемость заготовки без явных признаков разрушения 70%.

Обсуждена природа обнаруженных тенденций, в том числе роль вторых фаз.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-19-00702 на базе Центра коллективного пользования ИМСП РАН «Структурные и физико-механические исследования материалов».

© Терешкин В.В., Автократова Е.В., Крымский С.В.,
Ситдииков О.Ш., Ахметшин М.А., Маркушев М.В., 2023 г.

**СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОГО АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА
1570С ПОСЛЕ КРИОГЕННОЙ ПРОКАТКИ**

Загитов Р.Р., Автокротова Е.В., Ситдииков О.Ш., Терешкин В.В.,
Крымский С.В., Латыпова О.Э., Маркушев М.В.

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

Исследовали влияние изотермической прокатки при температуре жидкого азота с обжатием 70% на структуру и статическую прочность термически неупрочняемого сплава 1570С (Al-5,0Mg-0,18Mn-0,2Sc-0,08Zr-0,01Fe-0,01Si (вес. %)). Ультрамелкозернистую (УМЗ) структуру с размером зерна ~2 мкм гомогенизированному при 360°C в течение 6 ч слитку придавали всесторонней изотермической ковкой (ВИК) при 325°C до суммарной степени $\epsilon=12$.

Установлено, что в результате криопробатки (КП) в сплаве была сформирована неравновесная сильнонагартованная УМЗ структура, отличавшаяся от структуры после ВИК: более чем в 2 раза меньшей долей высокоугловых границ (33%), почти в 1,5 раза большим размером зерна (3,3 мкм) и в 2 раза меньшим размером субзерна (1,1 мкм) в плоскости прокатки, а также на 2 порядка большей плотностью дислокаций ($8,7 \times 10^{14} \text{ м}^{-2}$). Обнаружено, что отмеченные изменения структуры сплава повысили пределы его прочности и текучести до уровней, демонстрируемых наиболее прочными термически упрочняемыми алюминиевыми сплавами типа В96ц. И при этом прокатанный сплав 1570С обладал также повышенной пластичностью (Табл.1).

Таблица 1 - Механические свойства сплавов

Сплав	Состояние	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %
1570С	Слиток	245 ± 10	355 ± 10	27 ± 2
	ВИК	235 ± 5	365 ± 5	38 ± 3
	КП	580 ± 10	610 ± 15	7 ± 1
В96ц	Т1	550	600	4

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-19-00702 <https://rscf.ru/project/23-19-00702>. Работы проводились на базе Центра коллективного пользования ИМСП РАН «Структурные и физико-механические исследования материалов».

© Загитов Р.Р., Автокротова Е.В., Ситдииков О.Ш., Терешкин В.В.,
Крымский С.В., Латыпова О.Э., Маркушев М.В., 2023 г.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИХАЛЬКОГЕНИДОВ ЦИРКОНИЯ И ИХ
ИНТЕРКАЛИРОВАННЫХ СОЕДИНЕНИЙ**¹Ягафаров С.Р., ²Ягафарова З.А.¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия²Стерлитамакский филиал Уфимского университета науки и технологий,
г. Стерлитамак, Россия

Дихалькогениды переходного металла циркония ZrX_2 ($X=Se,Te$) относятся к широкому классу слоистых дихалькогенидов переходного металла (СДПМ). СДПМ, относящиеся к IV-VI группам обладают способностью кристаллизоваться в квазидвумерную структуру, состоящую из блоков-«сэндвичей», в которых подслои атомов переходного металла заключен между двумя слоями атомов халькогена.

Для интеркалирования серебра в слоистые соединения ZrX_2 использован метод электрохимического титрования, который был разработан и применен для исследования халькогенидов меди и серебра Вагнером [1]. При внедрении интеркаланта в диселенид циркония в интервале температур 423–673 К получены изотемпературные кривые соединения Ag_xZrSe_2 , экспериментальные зависимости были приведены в работе [2]. Согласно данным в исследуемом диапазоне температур в системе $Ag-ZrSe_2$ наблюдаются две однофазные области, соответствующие составам $Ag_{1/8}ZrSe_2$ и $Ag_{1/4}ZrSe_2$.

Далее были исследованы зависимости параметров решётки от концентрации внедрённого серебра и при других температурах. Согласно анализу экспериментальных данных, полученных при комнатной температуре, в соединении наблюдаются две области составов: интервал состава при $0 < x < 0.18$, где параметры решетки не зависят от содержания интеркалата и интервал состава $0.18 < x < 0.25$, в котором параметры решетки уменьшаются с увеличением концентрации серебра в составе. Это свидетельствует о том, что при комнатной температуре в системе $Ag-ZrSe_2$ при $0.18 < x < 0.25$ существует единственная устойчивая однофазная область, которая соответствует фазе $Ag_{0.25}ZrSe_2$.

Литература

1. Wagner J.B., Wagner C. // J. Chem. Phys. 1957. Vol.26. № 6. P. 1602.
2. Титов А.Н., Ягафарова З.А. // Известия АН. Серия физическая. 2002. Том 66. №6. С. 874.

© Ягафаров С.Р., Ягафарова З.А., 2023 г.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОФИЛЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ДИФРАКЦИОННЫХ ЛИНИЙ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КОБАЛЬТА

Габдрахманова Л.А., Альмухаметов Р.Ф.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Многие физические свойства металлов и сплавов зависят от размеров блоков и микродеформаций в материале. Варьируя размеры блоков и величину микродеформаций можно менять физические свойства. Для определения размеров блоков и микродеформаций широко используют метод аппроксимаций, который основан на измерении ширины дифракционных линий путем их аппроксимации определенными функциями. В зависимости от того, какими функциями описываются профили дифракционных линий, зависят соотношения между общим уширением дифракционной линии B , физическим уширением W и инструментальным уширением b . Часто профиль дифракционных линий удается аппроксимировать функцией Лоренца:

$$f(\theta) = (1 + \alpha\theta^2)^{-1}.$$

В ряде работ для аппроксимации используют квадрат функции Лоренца, либо функцию Гаусса:

$$f(\theta) = e^{-\alpha\theta^2},$$

где θ – угол дифракции, α – постоянный коэффициент. Несмотря на то, что метод аппроксимаций широко используется для определения размеров блоков и микродеформаций в кристаллах, в литературе мало работ, посвященных изучению этого вопроса.

В данной работе приведены результаты наших исследований для нанокристаллического кобальта, полученного методом интенсивной пластической деформации. Исследования проводились на рентгеновском дифрактометре ДРОН-7 на $\text{Co } K_\alpha$ и K_β – излучении. В качестве эталонного образца использовали тот же образец кобальта, отожженный при 500 °С.

Результаты исследований показали, профили дифракционных линий удовлетворительно описываются функцией Лоренца. В работе сделано заключение о том, что общее уширение, физическое уширение и инструментальное уширение связаны соотношением: $B=W+b$. Из результатов исследований следует также что, физическое уширение представляется в виде суммы уширений за счет размеров блоков L и за счет микронапряжений ε в виде:

$$W = \frac{\lambda}{L \cos \theta} + (4\varepsilon \cdot tg \theta).$$

**АПРОБИРОВАНИЕ МЕЖАТОМНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЛЯ
МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ
ГРАФЕН/МЕТАЛЛ**

Сафина Л.Р., Крылова К.А., Мурзаев Р.Т., Баимова Ю.А.
Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

На сегодняшний день разработка композитов на основе углеродных структур и наночастиц металлов вызывает большой интерес ученых [1,2]. Ожидается, что такие композитные материалы будут сочетать в себе новые уникальные свойства: повышенную прочность, пластичность, теплопроводность и т.п. Выбор наиболее подходящего способа получения, рассмотрение деформационного поведения композитов графен/металл и прогнозирование их физико-механических свойств может быть осуществлено методом молекулярной динамики. Одним из важнейших задач при молекулярно-динамическом моделировании является выбор корректного межатомного потенциала для исследуемой системы. В данной работе методом молекулярной динамики исследуются потенциалы межатомного взаимодействия, такие как потенциал Леннарда-Джонса, Морзе, Терсоффа и потенциал порядка связи (ВОР) для моделирования взаимодействия в системе графен/металл с целью дальнейшего изучения физико-механических свойств композитов графен/Ni, графен/Ti, графен/Cu и графен/Al.

В результате моделирования получено, как потенциалы для одной и той же системы влияют на деформационное поведение структуры. Это можно объяснить тем, что параметры разных потенциалов подгонялись для изучения разных задач. В работе определены межатомные потенциалы, которые наиболее точно и реалистично воспроизводят взаимодействие в системах графен/Ni, графен/Ti, графен/Cu и графен/Al и могут быть использованы для дальнейшего изучения физико-механических свойств композитов графен/металл.

Авторы благодарят Российский научный фонд (грант №20-72-11012-П).

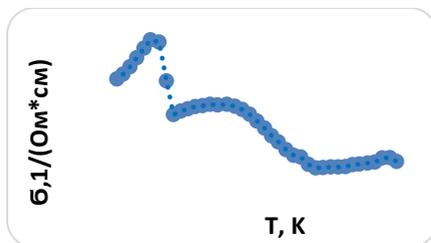
Литература

1. Baimova J.A., Shcherbinin S.A. // Materials, 2023, v. 16(1), pp. 202.
2. Hu Z., Tong G., Lin D., Chen C., Guo H., Xu J., Zhou L. // Mater. Sci. Technol., 2016, v. 32, pp. 930-953.

© Сафина Л.Р., Крылова К.А.,
Мурзаев Р.Т., Баимова Ю.А., 2023 г.

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ СПЛАВА $K_{0.05}Cu_{1.95}S$ Аккубеков Ш.А.¹, Алина Р.А.², Ахметгалиев Б.М.¹,Балапанов М.Х.¹, Кутербеков К.А.²¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия²Евразийский национальный университет, г. Астана, Казахстан

Сплавы сульфида меди перспективны как термоэлектрические материалы [1]. В данной работе исследованы проводящие свойства образца $K_{0.05}Cu_{1.95}S$. Рентгенофазовый анализ [2,3] показал, что сплав $K_{0.05}Cu_{1.95}S$ является нанокompозитным. Размеры кристаллитов лежат в пределах от 20 до 80 нм. Образец представляет собой смесь фаз Cu_2S (65 %), $Cu_{1.96}S$ (30 %) и KCu_4S_3 (5 %). Результаты измерений проводимости показаны на рис.1.

Рис. 1. Электронная проводимость нанокompозита $K_{0.05}Cu_{1.95}S$

При легировании проводимость сульфида меди снижается, однако при этом значительно возрастают значения коэффициента термо-э.д.с. и снижается теплопроводность сплава, что, в конечном счете, должно приводить к повышению термоэлектрической добротности ZT [2,4].

Литература

1. Kubenova M.M., Balapanov M.K. et al. // *Nanomaterials*. – 2021. – Vol. 11(9). – P. 2238.
2. М. Х. Балапанов, Р. Х. Ишембетов, М. М. Кубенова и др. // *Вестник Башкирского университета*. 2021. Т. 26. № 4. С. 961-964.
3. Ахметгалиев Б.М., Палымбетов Р. Ш. и др.// *Тезисы XII Межд. школы-конф. «Фундаментальная математика и её приложения в естествознании»*. г. Уфа, 6–9 октября 2021 г. С.162-163
4. Sakhabayeva S.M., Balapanov M.Kh., Kuterbekov K.A. и др. // *Recent Contributions to Physics*. - 2021. - № 4 (79). - P. 72-81.

© Аккубеков Ш.А., Алина Р.А., Ахметгалиев Б.М.,
Балапанов М.Х., Кутербеков К.А., 2023 г.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ НОВЫХ НАНОКОМПЗИТНЫХ СУПЕРИОННЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СУЛЬФИДА МЕДИ

Палымбетов Р.Ш.¹, Кубенова М.М.¹, Балапанов М.Х.²,

Ишембетов Р.Х.², Кутербеков К.А.¹

¹Евразийский национальный университет, г. Астана, Казахстан

²Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Халькогениды меди перспективны для использования в качестве термоэлектрических материалов [1]. В данной работе измерены теплопроводности сплавов $K_{0.01}Cu_{1.96}S$, $K_{0.02}Cu_{1.95}S$, $K_{0.03}Cu_{1.94}S$, $K_{0.04}Cu_{1.93}S$, $K_{0.05}Cu_{1.94}S$. Результаты для трех сплавов показаны на рис. 1.

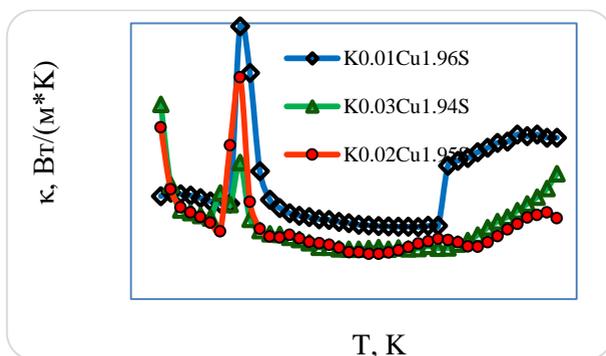


Рис. 1. Теплопроводность наноконкомпозитов

Измеренные значения теплопроводности характерны для суперионных кристаллов. Низкая теплопроводность благоприятствует высокой термоэлектрической добротности материала. Так, недавно, для подобного наноконкомпозита $K_{0.04}Cu_{1.85}S$ с теплопроводностью $0.2 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{К}$ было получено чрезвычайно высокое значение термоэлектрической добротности $ZT=9.7$ при температуре 605 К [2].

Литература

1. Kubenova M.M., Balapanov M.K., Kuterbekov K.A., Ishembetov R.K. et al. // *Nanomaterials*. – 2021. – Vol. 11(9). – P. 2238.
2. Sakhabayeva S.M., Balapanov M.Kh., Kuterbekov K.A., Giniyatova Sh.G., Kubenova M.M., Palymbetov R.Sh., Ishembetov R.H., Yulaeva Y.H. // *Recent Contributions to Physics*. - 2021. - № 4 (79). - P. 72-81.

© Палымбетов Р.Ш., Кубенова М.М., Балапанов М.Х.,
Ишембетов Р.Х., Кутербеков К.А., 2023 г.

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ЩЕЛОЧНЫХ СУЛЬФАТОВ С ПРИМЕСЬЮ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

Шамиева Р.К.¹, Нурахметов Т.Н.¹, Балапанов М.Х.², Алибай Т.Т.¹

¹ЕНУ им.Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

²Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Сульфаты с различными примесями широко применяются как люминесцентный материал. В качестве примеси часто используются редкоземельные элементы третьей группы шестого периода периодической таблицы. Для получения таких сульфатов используются такие методы, как метод Чохральского [1] для $\text{Yb:Na}_2\text{SO}_4$ и метод перекристаллизации для $\text{BaSO}_4\text{:Eu}$ [2]. Именно излучение ионов примесей очень полезно в лампах и дисплеях.

В данной работе образцы получены методом медленного испарения. Спектры излучения и возбуждения в видимой области измерялись на спектрофлуориметре CM 2203. Спектр поглощения измерялся на спектрофотометре Jasco V-770. На рисунке 1 $\text{NaSO}_4\text{-Dy}$ поглощает в области 2 эВ, 4-5 эВ и 6 эВ. Ранее в [3] было показано, что излучательное состояние возбуждается при энергиях фотона 4,0 эВ и 4,5 эВ. Предполагалось, что эти величины соответствуют поглощению и возбуждению рекомбинационного излучения 3,0-3,1 эВ.

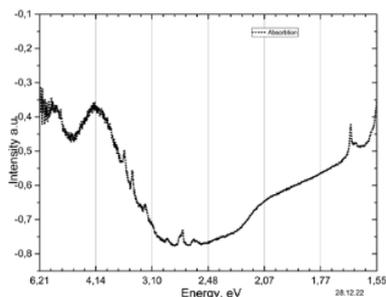


Рис. 1. Спектр поглощения $\text{NaSO}_4\text{-Dy}$

Литература

1. Tsvetkov V.B. et al. Quantum Electronics. – 2019. – Т. 49. – №. 11. – С. 1008.
2. L. Sun. Experimental and Theoretical NANOTECHNOLOGY, 2022.- 6(3). – P. 387–394. <https://doi.org/10.56053/6.3.387>
3. Nurakhmetov T. N. et al. //Optik. – 2021. – Т. 242. – С. 167081.

© Шамиева Р.К., Нурахметов Т.Н.,
Балапанов М.Х., Алибай Т.Т., 2023 г.

СЕКЦИЯ «ГЕОФИЗИКА»

УДК 550.832.552

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДАННЫХ ПЛОТНОСТНОГО КАРОТАЖА

Тавлыкаев С.Р.¹, Мухутдинов В.К.^{1,2}

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

Плотностной каротаж применяется для исследований в открытом стволе нефтегазовых скважин с целью расчленения разрезов, уточнения литологии выделения коллекторов и оценки их пористости [1].

Старый фонд скважинного материала геофизических исследований скважин, как правильно, содержит небольшое количество замеров данного метода, и многие исследователи решают задачу по расчёту синтетических кривых плотностного каротажа различными алгоритмами с целью восполнения недостающего материала для решения задач подсчета запасов, выделения стратиграфических границы и т. д. [2,3]

При этом качество восстановленных кривых плотностного каротажа невысокое. Как подмечают многие исследователи результаты сильно зависят как от исходных кривых плотностного каротажа, используемых для восстановления данных, так и скважинных условий, которые влияют на сопутствующие кривые, которые используются в алгоритмах восстановления данных [2,3].

В работе приводятся результаты восстановления данных плотностного каротажа по нормированным данным радиоактивного, электрического и плотностного методов каротажа.

Литература

1. Гулин Ю.А. "Гамма-гамма-метод исследования нефтяных скважин". – Недра, 1975. 160 с
2. Сахаутдинов И.Р., Вахитова Г.Р. Анализ результатов восстановления и коррекции плотностных свойств горных пород // Вестник Башкирского университета. – 2018. – Т. 23. – № 2. – С. 299–304.
3. Ленский В.А., Жужель А.С. Точность стратиграфической привязки по синтетическому акустическому и плотностному каротажу // Геология нефти и газа. – 2021. – № 4. – С. 103–111.

© Тавлыкаев С.Р., Мухутдинов В.К., 2023 г.

**ОТРАБОТКА МЕХАНИЗМА ПОЛУЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОЙ
ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ**

Хайбуллин А.Д., Космылин Д.В., Федотов В.Я.,

Галимов Р.А., Рюков А.И.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

По результатам проведения термометрии мы можем: выделить работающие (отдающие и принимающие) интервалов пластов; выявить заколонные перетоки снизу и сверху и т.д. Изменение температуры в пласте и скважине обусловлено проявлением эффекта Джоуля-Томсона и адиабатическим эффектом [1]. Одним из коэффициентов необходимых для количественной интерпретации данных термогидродинамических исследований является коэффициент Джоуля-Томсона, который до настоящего времени недостаточно изучен в широком температурном диапазоне. В особенности это относится к различным многофазным системам (эмульсиям). Для изучения термодинамических коэффициентов этих систем, необходимо получить мелкодисперсную устойчивую эмульсию. Рассмотрев все возможные варианты получения эмульсий, для поставленной задачи наиболее оптимальным решением оказалось эмульгирование ультразвуком [2]. Это объясняется несколькими пунктами: метод «средний» по сложности изготовления, малые финансовые затраты, размеры частиц необходимые для изучения к.Д-Т, быстрое изготовление эмульсии по времени, продолжительная устойчивость эмульсии. Для создания эмульсии была изготовлена установка, принцип действия которой основан на кавитации, создаваемой излучателями Ланжевена. В рабочую емкость помещаются жидкости необходимых пропорций, после чего запускается электрическая плата создающая прямоугольный сигнал для работы излучателей Ланжевена, которые в свою очередь преобразует электрический сигнал в механические колебания, создавая при этом в емкости с жидкостью кавитационные пузырьки, они в свою очередь при схлопывании разрывают частички масла и создают эмульсию.

Литература

1. Эмульсии: получение, свойства, разрушение: Метод. указ. к лаб. работам / Самар. гос. техн. ун-т; Сост. Л.В. Кольцов, М.А. Лосева.
2. Термогидродинамические исследования пластов и скважин нефтяных месторождений: учебное пособие по методике исследований и интерпретации / Р.А. Валиуллин и др. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2010. – 250 с.

© Хайбуллин А.Д., Федотов В.Я.,
Космылин Д.В., Галимов Р.А., Рюков А.И., 2023 г.

УДК 536, 550.3

ДИАГНОСТИКА И ОЦЕНКА ОБЪЕМОВ НЕЦЕЛЕВОЙ ЗАКАЧКИ ВОДЫ ПО ДАННЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СКВАЖИНАХ

Рамазанов И.Ш., Валиуллин Р.А., Рамазанов А.Ш.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Техническое состояние нефтяных и водонагнетательных скважин играет существенную роль в энергетическом балансе при разработке месторождений. Наиболее критично это на поздней стадии разработки месторождения, когда разность пластовых давлений между разными пластами становится значительной, что может приводить к нарушению целостности цемента и перетокам закачиваемой воды по заколонному пространству скважины. Прямым следствием таких нарушений является снижение эффективности поддержания пластового давления целевых объектов. Косвенным следствием является возможность загрязнения пресноводных горизонтов закачиваемой водой. Для диагностики заколонных перетоков в нагнетательных скважинах эффективным оказалось комплексное применение термометрии и шумометрии. Для количественной оценки объемов нецелевой закачки рассматриваются такие комбинации методов, как механическая расходометрия + данные ГИС открытого ствола, данные термометрии переходных процессов в нагнетательной скважине (кратковременная остановка скважины – закачка – остановка), шумометрия в комплексе с термометрией, гидродинамические исследования на разных режимах закачки и метод активной термометрии [1].

В нашей работе анализируются достоинства и недостатки этих методов по опубликованным данным и по результатам скважинных исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ по теме: "Разработка инновационной технологии на основе метода активной термометрии для решения задач экологии пресноводных горизонтов», соглашение № 23-17-20017 от 20 апреля 2023 г..

Литература

1. Патент РФ № 2795225. E21B47/06. Способ определения работающих интервалов в действующих скважинах. / Шарафутдинов Р.Ф., Валиуллин Р.А., Рамазанов А.Ш., Космылин Д.В. № заявки: 2022120551. Дата регистрации: 25.07.2022. Дата публикации: 02.05.2023.

© Рамазанов И.Ш., Валиуллин Р.А., Рамазанов А.Ш., 2023 г.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕБИТА/РАСХОДА МЕТОДОМ АКТИВНОЙ
ТЕРМОМЕТРИИ**

Рюков А.И., Акчурин Р.З., Хайбуллин А.Д.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Задачи определения дебита жидкости в добывающей скважине и расхода в нагнетательной являются одними из важных задач при диагностировании состояния разрабатываемых пластов и скважин. Количественная оценка величин притока/ухода флюида позволяет достоверно построить соответствующие профили и выяснить долю работы каждого прослоя зоны перфорации. [1].

В основе метода активной термометрии лежит кратковременный нагрев обсадной металлической колонны в некоторой точке индукционным нагревателем и запись нестационарного температурного поля в стволе скважины. Индуктор устанавливается на определенную глубину и нагревает металлическую колонну. Вследствие механизма теплопроводности нагревается около- и внутрискважинное пространство, создается «тепловая метка». Данный метод позволяет изучить основные закономерности изменения величины температурной аномалии, скорости и направления движения тепловой метки.

На основе математического моделирования в программном продукте Ansys выполнены расчеты распределения температуры в скважине и околоскважинном пространстве при нагреве металлической колонны индуктором заданной мощности с разными значениями входных параметров модели для количественной оценки дебита/расхода в скважине и определения заколонных перетоков. Показано, как изменяется температура во времени и по глубине при изменении задаваемых дебитов притока в скважину и заколонного перетока.

Литература

1. Фаттахова Л.В. Применение расходомерии в нагнетательных скважинах на примере Приобского месторождения / Л.В. Фаттахова, Д.В. Пакаев, А.М. Диваев // Нефтегазовое дело. – 2014. – Т. 12. – № 2. – С. 28-33.
2. К вопросу диагностики заколонного перетока снизу методом активной термометрии / Р.А. Валиуллин [и др.] // Сборник статей конференции «Perspective Innovations in Science, Education, Production and Transport '2013». – 2013. – С. 1-7.

© Рюков А.И., Акчурин Р.З. Хайбуллин А.Д., 2023 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ СМЫКАНИЯ ТРЕЩИНЫ ПЛАСТА ПО ДАННЫМ ПГИ

Казарян А.А.¹, Мухутдинов В.К.^{1,2}

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

При разработке нефтяных месторождений повсеместно применяется закачка воды в продуктивные горизонты. В тех случаях, когда давление нагнетания превышает давление разрыва горной породы возникают техногенные трещины. Трещины авто-ГРП могут являться продолжением трещин, созданных в процессе ГРП, и увеличивать охват заведением в пласте по площади [1,2].

С целью определения оптимального способа эксплуатации нагнетательных скважин проводят гидродинамические исследования (ГДИ) при установившихся режимах работы. Режим эксплуатации скважин последовательно изменяется и измеряются приемистость и давление на забое. В ходе выполнения работы были обработаны данные ПГИ нагнетательных скважин на установившихся режимах закачки, определены профиль приемистости, пластовое давление и давление смыкания трещины (рис. 1).

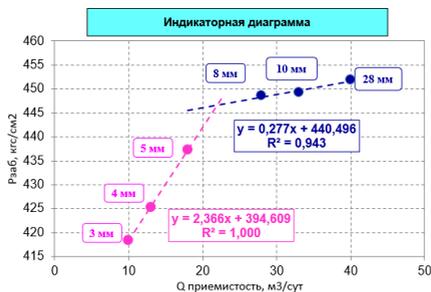


Рис. 1. Индикаторная диаграмма

Литература

1. Мальцев В.В. Исследование развития трещин авто-ГРП на опытном участке Приобского месторождения с линейной системой разработки / [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 5. – С.70–73.

2. Байков В.А., Давлетбаев А.Я., Усманов Т.С. Специальные гидродинамические исследования для мониторинга за развитием трещин ГРП в нагнетательных скважинах. ООО «РН-Юганскнефтегаз», г. Нефтеюганск, 2011. – 13 с. Komarov, E.G., Gumerov, A.M., Kudryavtsev, R.V., Dmitriev, S.V., Nazarov, V.N. // Brazilian Journal of Physics, 2018, v. 48(6), pp. 576–584.

© Казарян А.А., Мухутдинов В.К., 2023 г.

НЕСТАЦИОНАРНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ГАЗОКОНДЕНСАТНОЙ СМЕСИ

Ржевская И.Г., Шарафутдинов Р.Ф.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Решение задачи о неизоэтермической фильтрации газоконденсата включает использование дифференциальных уравнений в частных производных для описания фильтрации газа и динамики изменения температуры пласта.

В работе рассмотрена модель неизоэтермической фильтрации газоконденсата, которая включает дифференциальные уравнения в частных производных, описывающих формирование температуры и давления в пласте. На рисунке 1 приведен один из результатов расчета изменения температуры от времени на выходе из пласта для различных проницаемостей пласта и дебитов конденсата.

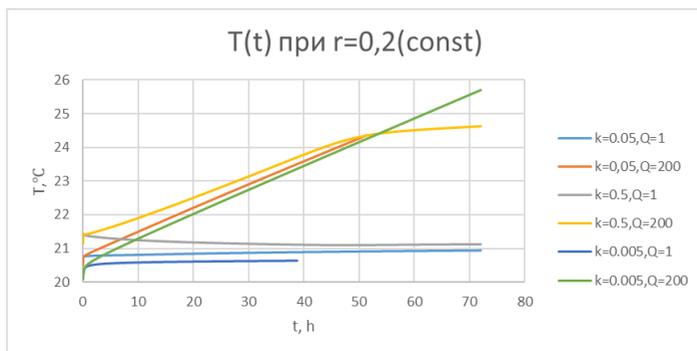


Рис. 1. Изменение температуры с течением времени

Литература

1. Зотов Г.А., Алиев З.С. Инструкция по комплексному исследованию газовых и газоконденсатных пластов и скважин. – М.: Недра, 1980. – 301 с.
2. Алиев З.С., Самуйлова Л.В. Газо-гидродинамические исследования газовых и газоконденсатных месторождений: Учебное пособие для вузов – М.: МАКС Пресс, 2011. – 340 с..

© Ржевская И.Г., Шарафутдинов Р.Ф., 2023 г.

ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ПРОФИЛЯ ПО ДАНЫМ ТЕРМОДЕБИТОМЕТРИИ

Гарифуллина Д.И., Мухутдинов В.К.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Закачка в пласт является одной из затратных составляющих процесса разработки месторождения, поэтому точное определение профиля приемистости позволяет снижать неэффективные затраты. Основным методом определения приемистости и интервалов ухода в промысловой геофизике является механическая расходометрия (РГД). Однако качество закачиваемой воды, а также наличие трущихся элементов механического расходомера влияет на успешность решения этой задачи.

Альтернативным методом определения приемистости является термодобитометрия (СТД). Известны методики определения скорости потока с помощью термодобитомера при переменной скорости движения жидкости и с постоянными скоростями [1].

Без применения сложных численных расчетов количественный профиль приемистости рассчитывается только по механической расходометрии, а по методам термометрии и термодобитометрии строится только качественный профиль приемистости, который позволяет определить интервалы ухода, но не может различить на сколько отличаются принимающие интервалы.

В работе приводится пример определения количественного профиля по термодобитометрии на основе скорости потока жидкости. В результате выполнения работы была определена приемистость по СТД и построен количественный профиль приемистости по СТД.

Литература

1. В.Ф. Назаров, В.К. Мухутдинов. Определение скорости потока закачиваемой воды в нагнетательных скважинах по результатам измерений механическим расходомером. НТЖ Нефтепромысловое дело. М: сентябрь 2012. С. 34-38.
2. Мухутдинов В.К., Диссертация, Развитие термодобитометрии при исследовании технического состояния нагнетательных скважин. — Уфа: 2016. – 156с.

© Гарифуллина Д.И., Мухутдинов В.К., 2023 г.

УДК 550.836.3

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНДУКЦИОННЫМ НАГРЕВАТЕЛЕМ В ИНТЕРВАЛЕ СКВАЖИНЫ, ПЕРЕКРЫТОМ НКТ

Галимов Р.А.¹, Канафин И.В.¹, Хайбуллин А.Д.¹, Чиж М.О.²,
Мухамедов Д.И.¹, Ахняпов Э.Ш.¹

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Россия

Исследование формирования теплового поля в интервале добывающей скважины, перекрытой насосно-компрессорной трубой (НКТ), является сложной технологической задачей. Эффективность решения данной задачи снижается при использовании традиционных методов геофизики, особенно при диагностике заколонной циркуляции флюида (ЗКЦ).

Авторами предлагается применение метода активной термометрии с распределенными прижимными датчиками температуры [1]. Идея подхода заключается в локальном кратковременном индукционном нагреве трубы в интервале НКТ. Анализируется формирование теплового поля, обусловленного теплопереносом от стенки НКТ к каналу перетока через межтрубье и стенку обсадной колонны. Даны практические рекомендации по расположению температурных датчиков в приборе, определены временные интервалы на температурных кривых для более достоверного обнаружения наличия ЗКЦ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, соглашение № 075-11-2021-061 от 25 июня 2021 г.

Литература

1. Galimov, R. Numerical research of thermal field in well model with behind-casing flow during casing heating / R. Galimov, A. Khaybullin // VII International SPE Black Gold Symposium 2023 : Book of Abstracts, Ufa, 10–12 мая 2023 года. – Ufa: ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ", 2023. – Р. 47-48. – EDN KREXZI.

© Галимов Р.А., Канафин И.В., Хайбуллин А.Д.,
Чиж М.О., Мухамедов Д. И., Ахняпов Э.Ш., 2023 г.

УДК 532.546

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЕ С ЗАКОЛОННЫМ ПЕРЕТОКОМ В СИМУЛЯТОРЕ PSIM

Хуссамов Р.И.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Метод термометрии является одним из наиболее информативных методов при решении широкого круга нефтепромысловых задач, в частности, определения заколонных перетоков жидкости. Температурное поле в скважине в общем определяется эффектом Джоуля-Томсона, адиабатическим и калориметрическим эффектами, конвективным переносом тепла и теплопроводностью. Проявление этих эффектов при заколонном движении жидкости (заколонном перетоке) позволяет обнаруживать перетоки по замерам температурного поля в стволе добывающей скважины.

В данной работе выполнено моделирование температурного поля в добывающей скважине в симуляторе PSim с учетом наличия заколонного перетока снизу к работающему пласту. Теоретические термограммы строятся на основе математической модели термогидродинамических процессов в системе «ствол скважины – совместно эксплуатируемые пласты», учитывающей конвективный теплоперенос, теплопроводность и баротермический эффект в пласте. Температурная модель скважины учитывает конвективный теплоперенос, теплообмен с окружающей средой. Заколонные перетоки моделируются кольцевым течением флюида в затрубном пространстве из пластов – источников обводнения. В ходе выполнения работы установлены закономерности влияния заколонного перетока на температурное поле в стволе скважины. Установлено, что глубина начала перетока соответствует той глубине, на которой отмечается расхождение термограмм в зумпфе скважины относительно геотермического распределения. Этот признак можно использовать для определения глубины начала перетока. Задача определения интервала заколонного перетока и дебита жидкости в канале перетока может быть решена в численном симуляторе PSim.

Литература

1. Валиуллин Р.А. Геофизические исследования и работы в скважинах. Том 3. Исследования действующих скважин./ Валиуллин Р.А., Яруллин Р.К. – Уфа: Информ-реклама, 2010. – 182 с.

© Хуссамов Р.И., 2023 г.

УДК 532.546

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В НЕОДНОРОДНОМ ПО ПРОНИЦАЕМОСТИ ПЛАСТЕ ПРИ ФИЛЬТРАЦИИ ФЛЮИДА

Сулейманова М.Д., Шарафутдинов Р.Ф.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Рассматриваются термогидродинамические процессы фильтрации нефти и воды в неоднородном по проницаемости пласте. Полученные закономерности могут быть использованы при интерпретации данных термометрии при двухфазной фильтрации. В работе проведено численное исследование влияния неоднородности по проницаемости на температурное поле в плоскорадиальном пласте.

Рассмотрен случай неизотермического двухфазного потока флюида в пласте. Из анализа полученных результатов следует, что наличие зоны неоднородности по проницаемости приводит к аномалиям температуры: наличие зоны с ухудшенной проницаемости приводит к появлению на зависимости температуры от времени участков интенсивного разогрева, замедления темпов разогрева и последующего повторного повышения темпов разогрева; причем при меньших углах распределения зоны неоднородности этот участок является наиболее явным.

Литература

1. Шарафутдинов Р.Ф., Бочков А.С., Шарипов А.М., Садретдинов А.А. Фильтрация газированной нефти с фазовыми переходами в неоднородной по проницаемости пористой среде// ПМТФ, 2017. Т.58, №2

© Сулейманова М.Д., Шарафутдинов Р.Ф., 2023 г.

УДК 532.546

О МОДЕЛИРОВАНИИ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗОКОНДЕНСАТА С УЧЕТОМ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ

Буджогра С., Шарафутдинов Р.Ф., Канафин И.В.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Изучение термодинамических процессов в газоконденсатных пластах имеет важное значение не только точки зрения разработки пласта, но и диагностики состояния пласта с использованием термометрических методов исследования скважин.

В работе на основе использования теории неизотермической многофазной фильтрации с учетом термодинамических эффектов и теплоты конденсации строится математическая модель для исследования распределения температуры в пласте и скважине. Построение модели производится по аналогии с моделью нелетучей нефти. Рассматривается возможность адаптации фильтрации двухфазной модели нелетучей нефти для неизотермической фильтрации газового конденсата и газа.

Авторами предлагается математическая модель для изучения температурного поля в пласте при фильтрации газа и конденсата, при котором учитываются термодинамические эффекты (Джоуля-Томсона и адиабатический эффекты) и теплота конденсации. Полученные особенности формирования температурного поля позволяют уточнить методику исследования и интерпретации данных термометрии в газоконденсатных пластах.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда соглашение № 23-77-01066 от 8 августа 2023 г.

Литература

1. Valiullin R.A., Ramazanov A.Sh., Sharafutdinov R.F. Barothermal effect in three-phase filtration with phase transitions. *Izv. RAN. Mechanics of liquid and gas*. 1994. No. 6. S. 113-117.

© Буджогра С., Шарафутдинов Р.Ф., Канафин И.В., 2023 г.

УДК 536+550.3

ТЕРМОАНОМАЛИИ В ИНТЕРВАЛАХ ОСАЖДЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРИМЕСИ В СТВОЛЕ СКВАЖИНЫ

Карачурин А.И., Аликов Р.Р., Закиров М.Ф.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В результате разработки нефтяного пласта в продукции добывающих скважин возникают многофазные потоки. Кроме этого в результате разрушения призабойной зоны пласта или выноса проппанта, например, при выполнении гидроразрыва пласта по стволу скважины могут двигаться и механические примеси. Механические примеси представляют из себя сложную структуру, состоящую их парафино-смолистых отложений, мелких частиц горной породы. Осаждение механических примесей на стенках скважины осложняют работу подземного оборудования и при определённых условиях возникает осаждение механических примесей на стенке скважины. Возникает необходимость прогноза и анализа влияния осаждения примесей при проведении промыслово-геофизических исследований при различных профилях ствола скважины. В данной работе приводится попытка учёта осаждение механических примесей при термометрических исследованиях скважины.

Качественным признакам осаждения механических примесей по термометрическим исследованиям относится изменением градиентов и соответственно наличием термоаномалий. Это связано с изменением условий теплообмена, например, из-за: 1) увеличения теплопроводности стенки, вследствие осаждения мех.примесей, 2) уменьшение проходного сечения и соответственно увеличение скорости флюида. Действие таких эффектов приводит к изменению конвективного теплообмена. Влияние осаждения также приведет к изменению показаний методов расходомерии (РГД и СТИ). На участках осаждения будет наблюдаться увеличение скорости потока вследствие сужения ствола скважины. В работе предлагается использовать математические зависимости для расчета температуры для оценки возникающих термоаномалий в интервалах осаждения.

Литература

1. Елькин Г.А. Движение жидкости по трубам. Зависимость давления жидкости от скорости её течения [Электронный ресурс]/ А.Г. Елькин. — Режим доступа: <https://pandia.ru/text/78/644/95218.php>. — (Дата обращения: 08.09.2023).

© Карачурин А.И., Аликов Р.Р., Закиров М.Ф., 2023 г.

СЕКЦИЯ «ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА»

УДК 517.9, 519.633

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦ НА КОНТАКТНЫЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ НА ГРАНИЦЕ ГОРНАЯ ПОРОДА-НЕФТЬ-ВОДА

Батыршин К.Э.¹, Солнышкина.О.А.¹, Батыршин Э.С.²

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

Смачиваемость пород коллекторов углеводородов в значительной мере определяет распределение флюидов в продуктивных пластах. После традиционного заводнения пласта значительная часть нефти остается неизвлеченной, вследствие блокирования в микроканалах за счет капиллярных сил или адсорбции на гидрофобной поверхности пор. Одним из вариантов решения данной проблемы является изменение смачиваемости поверхности [1]. Изменения смачиваемости породы можно достичь при воздействии на поверхность поровых каналов раствором суспензии наночастиц.

В настоящей работе смачиваемость поверхности изучалась методом сидячей (захваченной) капли. Изображение капли на исследуемой поверхности регистрировалось с помощью видеокамеры, сопряженной с компьютером. Контактные углы смачивания определялись из анализа формы капель с использованием программы ImageJ и плагина Drop Shape Analysis.

В работе исследовалось изменение смачиваемости эталонной поверхности из силикатного стекла и образца ядра карбонатной породы. Определение контактных углов смачивания производилось на чистой поверхности горной породы на границе с нефтью и соляного раствора (NaCl 4 мас.%), а так же после состаривания в нефти в течение трех суток. Изменение контактного угла происходило при замещении соляного раствора растворами, содержащими наночастицы диоксида кремния. Определено изменение смачиваемости (контактного угла смачивания) при воздействии указанного раствора.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 21-79-10212.

Литература

1. Yao Y. et al. // Adv Colloid Interface Sci. Elsevier B.V., 2021. Vol. 294, № June. P. 102477.

© Батыршин К.Э., Солнышкина.О.А.,
Батыршин Э.С., 2023 г.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕЧЕНИЙ В МИКРОМОДЕЛИ ДВОЙНОЙ ПОРИСТОСТИ

Фаткуллина Н.Б.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Горные породы, составляющие нефтяной пласт, содержат множество пор и трещин. Потoki в таких коллекторах ведут себя так, как если бы пласт обладал двумя пористыми структурами, одна из которых связана с системой трещин, а другая связана с пористой породой (матрицей). Выделяют два подхода к описанию пористой среды – структурную, состоящую из множества непроницаемых элементов, и капиллярную, представленную в виде сети микроканалов [1].

В данной работе рассматривается структурная модель пористой среды. Исследуется медленное течение вязкой несжимаемой жидкости вокруг недеформируемых цилиндрических элементов внутри закрытого плоского микроканала, представляющие собой модель двойной пористости. Задача решается при заданном перепаде давлений и малом числе Рейнольдса. Для оценки гидравлического радиуса поровых каналов использовано отношение ширины широких поровых каналов (w_b) к узким (w_s): $k=w_b/w_s$. Используемый численный подход основан на ускоренном методе граничных элементов [2].

Показано, что в областях модели двойной пористости с малыми порами происходит стагнация потока, и общий вклад этих областей в перенос жидкости через пористую структуру уменьшается. Выявлено, что при увеличении отношения гидравлических радиусов широких поровых каналов к узким распределение скоростей меняется. Основной поток жидкости происходит в широких каналах вдоль потока, а в области модели с узкими каналами скорость течения жидкости существенно уменьшается. Предложенный подход и полученные результаты могут быть использованы для решения прикладных задач, связанных с изучением и разработкой методов воздействия на одно- и многофазные потоки в средах с различными масштабами пористости.

Литература

1. Солнышкина О.А., Батыршин Э.С., Питюк Ю.А. // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа, 2021, № 4, С. 9-18.
2. Abramova O.A., Pityuk Y.A., Gumerov N.A., Akhatov I.S. // Communications in Computer and Information Science, 2019, v. 965, pp. 427-438.

© Фаткуллина Н.Б., 2023 г.

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В МИКРОКАНАЛАХ С ПРЯМОУГОЛЬНЫМИ ЛОВУШКАМИ

Булатова А.З.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Микроканалы являются основным функциональным элементом микрофлюидных систем. Геометрия микроканалов оказывает значительное влияние на характер движения частиц и деформируемость капель в таких каналах [1], что в свою очередь воздействует на его транспортные свойства. Численное моделирование многофазных потоков в микроустройствах позволяет предсказывать динамику жидкостей внутри каналов, а также оптимизировать дизайн микрофлюидных систем.

В рамках данного исследования проведены численные эксперименты по изучению особенностей гидродинамических потоков в плоском микроканале с ловушками прямоугольной геометрии. Течение жидкости описывается уравнениями Стокса. Задача рассматривается при $Re < 1$ и $T = const$. Более подробная постановка задачи описана в работе [2]. Задача решается с использованием ускоренного метода граничных элементов (МГЭ). Данный подход успешно протестирован и применен для расчета большого количества капель неограниченном потоке [3], а также для моделирования течения эмульсий в микроканалах [4].

В данной работе изучена особенность течения вязкой жидкости в каналах при изменении взаимного расположения ловушек. Показано, что с увеличением сдвига ловушек относительно друг друга характер распределения скорости меняется и максимум скорости образует участок зигзагообразной формы. При приближении к стенкам каналов скорость потока уменьшается, а профиль скорости наиболее отклоняется в сторону ловушек.

Литература

1. Solnyshkina O.A., Fatkullina N.B., Bulatova A.Z. // Journal of Physics: Conference Series, 2020, v. 1675, p 012099.
2. Солнышкина О.А., Фаткуллина Н.Б., Булатова А.З. // Сибирский журнал индустриальной математики, 2023, Т. 26, № 2, С. 130–141.
3. Абрамова О.А., Иткулова Ю.А., Гумеров Н.А., Ахатов И.Ш. // Доклады Академии наук, 2014, Т. 456, № 2, С. 166.
4. Abramova O.A., Itkulova Y.A., Gumerov N.A. // ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition. – American Society of Mechanical Engineers, 2013, v. 56321, p V07BT08A009.

© Булатова А.З., 2023 г.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОДНОФАЗНОЕ ТЕЧЕНИЕ В СТРУКТУРНОЙ МИКРОМОДЕЛИ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ

Курбанова С.С., Фаткуллина Н.Б., Солнышкина О.А.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

На течение жидкости влияют многие физические параметры и особенности среды, поэтому возникает необходимость в исследовании гидродинамических процессов в различных условиях [1]. При изучении потоков в задачах нефтяной промышленности следует учитывать сложную геометрию пористых структур, что является актуальной проблемой гидродинамики. В данной работе исследуется медленное течение вязкой несжимаемой жидкости вокруг недеформируемых элементов внутри микроканала прямоугольного поперечного сечения, что представляет собой модель пористой среды. Задача решается при заданном перепаде давлений и малом числе Рейнольдса с использованием ускоренного метода граничных элементов [2].

Получены линии тока (рис. 1) и поля скоростей течения жидкости внутри микроканала со сложной геометрией. Рассчитаны коэффициенты пористости ($m = 0.8$) и абсолютной проницаемости для моделей с включениями круглого ($k = 2.94$ Д) и квадратного поперечного сечения ($k = 2.86$ Д). Показано, что проницаемости в двух рассмотренных вариациях геометрии существенно различаются при сохранении коэффициента пористости среды.

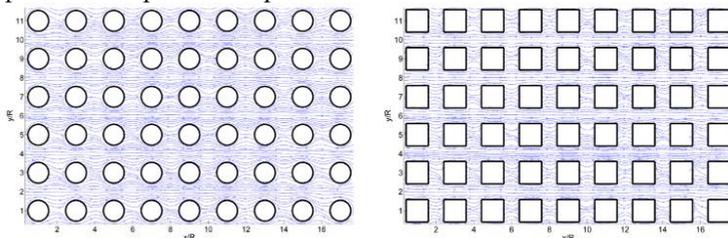


Рис. 1. Линии тока в модели с элементами круглого и квадратного поперечного сечения

Литература

1. Солнышкина О.А., Батыршин Э.С., Питюк Ю.А. // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа, 2021, № 4, С. 9-18.
2. Abramova O.A., Pityuk Y.A., Gumerov N.A., Akhatov I.S. // Communications in Computer and Information Science, 2019, v. 965, pp. 427-438.

© Курбанова С.С., Фаткуллина Н.Б., Солнышкина О.А. 2023 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРЕЩИН ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ В ПК «РН-ВЕГА»

Латыпов В.Р.¹, Бикбулатова Г.Р.², Давлетбаев А.Я.¹

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

Разработка низко- и сверхнизкопроницаемых коллекторов осуществляется посредством горизонтальных скважин (ГС) с многостадийным гидроразрывом пласта (МГРП). При этом доля ГС с МГРП на месторождениях с каждым годом увеличивается. Соответственно, важно совершенствовать методы контроля за энергетическим состоянием и продуктивностью скважин, в том числе развивать методы исследования таких сложных заканчиваний скважин как ГС с МГРП. Это обусловлено тем, что в ГС с МГРП увеличивается количество параметров, которые необходимо определить для проведения селективных мероприятий по повышению коэффициента продуктивности скважин.

Одним из наиболее распространенных методов определения параметров пласта, оценки текущего $R_{пл}$ в низкопроницаемых коллекторах является анализ добычи и давления (АДД) [1]. Определение индивидуальных параметров трещин гидроразрыва пласта в ГС с МГРП в ПК «РН-ВЕГА» осуществляется путем комбинирования методов АДД и данных по распределению добычи по стадиям по результатам промыслово-геофизических исследований скважин (ПГИС) [2-3]. В рамках данной работы рассматриваются различные сценарии времени проведения ПГИ после запуска скважины в работу и начала записи динамических данных по величинам притока и давлениям в скважине. Целью работы является определение оптимального момента проведения ПГИ с момента запуска скважины в работу для получения наиболее достоверных параметров трещины в ГС с МГРП.

Литература

1. Асалхузина Г.Ф., Давлетбаев А.Я. и др. Апробация подхода по оценке текущего пластового давления при анализе динамических данных эксплуатации скважин // Нефтяное хозяйство. - 2022. - №10. С.30 –33.
2. Уразов Р.Р., Давлетбаев А.Я. и др. Анализ добычи и давления по горизонтальным скважинам с многостадийным гидроразрывом пласта // Нефтяное хозяйство. - 2020. - № 10. С.62 – 67.
3. <https://rn.digital/mvega/>

© Латыпов В.Р., Бикбулатова Г.Р., Давлетбаев А.Я., 2023 г.

УДК 004.8

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ПК «РН-ВЕГА»

Закирьянов И.И.¹, Ишкина Ш.Х.¹, Сарапулова В.В.¹, Давлетбаев А.Я.^{1,2}

¹ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Гидродинамические исследования скважин (ГДИС) позволяют получить гидродинамические параметры пласта, которые необходимы для контроля за разработкой месторождений, анализа текущей работы скважин. В ряде случаев при интерпретации ГДИС на неустановившихся режимах есть потребность в наличии функционала по распознаванию и выделению режимов течения на диагностических графиках [1].

Метод автоматической интерпретации ГДИС на неустановившихся режимах заключается в определении комбинации моделей скважины, коллектора, границ пласта, послепритока и дальнейшем расчете параметров в зависимости от полученной комбинации моделей, исходя из известных данных по давлению и дебиту.

Данная задача в терминах машинного обучения представляет собой задачу многозначной классификации, в которой каждая уникальная комбинация моделей представляет собой уникальный класс. Решение задачи классификации на N классов представляет собой рассмотрение N задач бинарной классификации, которые решаются для каждого класса независимо. Признаковое описание строится на основе равномерно отобранных точек с логарифмического цикла кривых изменения и производной давления. Результатом работы алгоритма машинного обучения является перечень наиболее вероятных комбинаций моделей для наилучшей интерпретации.

Представленные методы внедрены в ПК «РН-ВЕГА» и протестированы на синтетических и промысловых примерах [2]. В случае применения функционала автоматической интерпретации ГДИС решение обратной задачи осуществляется с меньшее количество итераций.

Литература

1. Афанасьев И.С. и др. Применение методов вейвлет-анализа в задачах автоматической обработки данных гидродинамических исследований скважин // Нефтяное хозяйство. - 2012. - № 11. - С. 34-37
2. <https://rn.digital/rnvega/>

© Закирьянов И.И., Ишкина Ш.Х.,
Сарапулова В.В., Давлетбаев А.Я., 2023 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В НАГНЕТАТЕЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ ПОСЛЕ СМЫКАНИЯ ТРЕЩИНЫ САМОПРОИЗВОЛЬНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

Халикова В.Ф.¹, Бобренёва Ю.О.², Давлетбаев А.Я.¹

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

При разработке низко- и сверхнизкопроницаемых коллекторов осуществляются мероприятия по поддержке пластового давления (ППД) путем заводнения. При этом закачка жидкости в нагнетательные скважины происходит с самопроизвольным развитием трещин самопроизвольного гидроразрыва пласта (автоГРП) [1, 2]. Соответственно, наличие протяженных трещин автоГРП в нагнетательных скважинах приводит к необходимости проведения протяженных по времени гидродинамических исследований скважин (ГДИС) методом кривой падения давления (КПД) длительностью до 60 и более суток. Однако, даже при такой длительной остановке на диагностических графиках не наблюдаются признаки выхода на псевдо радиальный режим течения.

При этом проведение геолого-технических мероприятий (ГТМ) сопровождается остановкой нагнетательных скважин с последующей разрядкой скважин в режиме фонтанирования. Для оперативного отслеживания текущего пластового давления проводят ГДИС методом кривой восстановления давления (КВД) на разрядке после режима фонтанирования. Целью работы является математическое моделирование процесса развития и смыкания динамической части трещин автоГРП на этапах фонтанирования и остановки скважины, а также выработка рекомендаций по технологии проведения исследований в нагнетательных скважинах с наличием трещин автоГРП.

Литература

1. Губайдуллин М.Р., Давлетбаев А.Я., Штинов В.А., Мирошниченко В.П., Щутский Г.А. Численное исследование самопроизвольного развития трещины автоГРП в нагнетательной скважине // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2022. №4 (108). С.47 -59.

2. Специальные гидродинамические исследования для мониторинга за развитием трещин ГРП в нагнетательных скважинах / В.А. Байков. А.Я. Давлетбаев. Т.С. Усманов, З.Ю. Степанова // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». - 2011. - № 1. - С. 65-75.

© Халикова В.Ф., Давлетбаев А.Я., Бобренёва Ю.О., 2023 г.

УДК 532; 519.6

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАСТОЙНЫХ ЗОН В КАНАЛАХ С НЕРОВНЫМИ СТЕНКАМИ

Ахмадеев Р.Р., Булатова А.З., Солнышкина О.А.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Исследование образований застойных зон в каналах с неровными стенками является важной и актуальной задачей гидродинамики, поскольку подобные течения наблюдаются в связи с переносом жидкости или газа в различных технологических и природных процессах. В этой связи стоит отметить, что данное явление имеет существенное практическое значение для разнообразных отраслей промышленности, поскольку результаты исследования позволяют достаточно точно антиципировать, прогнозировать, оценивать, планировать и использовать соответствующие объекты и процессы.

В ряде научных изысканий отмечено, что одними из главных компонентов микрофлюидных систем являются микроканалы, геометрия которых оказывает значительное влияние на характер динамики частиц и деформацию капель внутри в непрерывном потоке жидкостей [1].

В данном исследовании были проведены численные эксперименты с целью выявления особенностей гидродинамических потоков в плоском микроканале при изменении высоты канала. При условии $Re < 1$, $T = const$ и отсутствия сил Ван-дер-Ваальса для описания течения жидкости использовались уравнения Стокса. Задача решается с использованием ускоренного метода граничных элементов.

Была построена триангуляция микроканалов тупиковыми порами квадратной формы различной высоты. В результате обнаружено, что с увеличением высоты внутри тупиковых пор канала образуются устойчивые воронки. Получена критическая высота канала, при которой внутри тупиковых пор начинают образовываться вихри. Построены графики зависимости расхода жидкости от гидравлического диаметра.

Дальнейшие исследования данной научной проблемы позволят более детально изучить особенности гидродинамических потоков, научиться управлять движением частиц для сортировки и разделения их по размерам.

Литература

1. Solnyshkina O.A., Fatkullina N.B., Bulatova A.Z. // Journal of Physics: Conference Series, 2020, v. 1675, p 012099.

© Ахмадеев Р.Р., Булатова А.З., Солнышкина О.А., 2023 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИТОКА ЖИДКОСТИ С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Ефимова М.В.¹, Мухаметова З.С.¹, Давлетбаев А.Я.¹

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Разработка трудноизвлекаемых запасов нефти, в частности, с сверхнизкопроницаемыми коллекторами, нефтематеринскими породами, высоковязкими нефтями, может осуществляться с применением гидравлического разрыва пласта (ГРП) и воздействием высокочастотного (ВЧ) электромагнитного (ЭМ) поля [1]. В работах многих авторов отмечается, что для описания процесса фильтрация в таких коллекторах с низкой подвижностью продуктивного пласта требуется учесть зависимость скорость фильтрации от градиента давления в пласте [2-3].

В процессе численного моделирования притока высоковязкой жидкости из низкопроницаемого пласта при высокочастотном электромагнитном воздействии получены оценки влияния предельного градиента давления на темпы падения величины притока в скважине. Установлено, что при воздействии ВЧ ЭМ полем величина притока жидкости к скважине в процессе воздействия значительно возрастает тем больше, чем меньше предельный градиент давления.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 22-11-20042.

Литература

1. Давлетбаев А.Я., Ковалева Л.А., Мухаметова З.С. Математическое моделирование притока высоковязкой жидкости в скважину с трещиной гидроразрыва пласта при высокочастотном электромагнитном воздействии // Сибирский журнал индустриальной математики. 2023. Т. 26. №1. С. 33 –46.
2. Байков В.А., Давлетбаев А.Я., Иващенко Д.С. Моделирование притока жидкости к скважинам в низкопроницаемых коллекторах с учетом нелинейной фильтрации // Нефтяное хозяйство. 2014. № 11. С. 54-58.
3. Шагапов В.Ш., Белова О.В., Давлетбаев А. Я. Особенности фильтрации в низкопроницаемых коллекторах с проявлением предельного градиента // Инженерно-физический журнал. 2014. Т. 87. № 6. С. 1269 – 1281.

© Ефимова М.В., Мухаметова З.С., Давлетбаев А.Я., 2023 г.

ОЦЕНКА СКОРОСТИ ЗВУКА В ЗАТРУБНОМ ПРОСТРАНСТВЕ СКВАЖИНЫ ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯ PVT-ПРОБ В ПК «РН-ВЕГА»

Хамидуллина А.И., Давлетбаев А.Я, Ишмуратов Т.А.
ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

Предлагаемая общая методика определения среднего значения скорости звука в затрубном пространстве основывается на математическом восстановлении затрубного газа из PVT-свойств нефтяной пробы, отобранная на исследуемой скважине, или общих свойств пласта.

Идея заключается в применении алгоритма flash-расчета для отобранного флюида в зависимости от давления и температуры, с помощью которого проводится разделение флюида на жидкость и газ. Данная процедура позволяет определить компонентный состав затрубного газа, зная который, можно теоретически вычислить в нем скорость звука.

Для апробации данного алгоритма был разработан программный модуль «РН-ВЕГА», в котором проводилось моделирование скорости звука по различным месторождениям ООО «Пурнефтегаз» и ПАО «НГК Славнефть», значения которых сравнивались с замерами скорости звука, полученные методом эхограммы. В результате сравнения получались следующим результатам: если в скважине, в котором проведён замер скорости звука были отобраны пробы нефти среднее отклонение теории от эксперимента составило 1,4%; если PVT-свойства принимаются как средние по пласту, тогда 6,2%.

Разработанная и реализованная методика в ПК «РН-ВЕГА» позволяет оценить скорость звука в каждой скважине при текущих режимах его работы, что позволяет в реальном времени определить динамический уровень.

Литература

1. Гаус П.О., Лавров П.О., Налимов Г. П., Семенчук В. Е. Определение скорости звука в газовой среде скважин диагностическим комплексом «СиаММастер 2С» // Нефтяное хозяйство. 2001. № 10. С. 76-78.
2. Фархуллин Р. Г., Никашев О. А., Смыков В. В., Хисамов Р. С. [и др.]. Скорость звука в газе межтрубного пространства скважин // Нефтяное хозяйство. 2000. № 7. С. 55-58.

© Хамидуллина А.И., Давлетбаев А. Я,
Ишмуратов Т. А., 2023 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В НАГНЕТАТЕЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ С ТРЕЩИНОЙ САМОПРОИЗВОЛЬНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

Адельгужина Э.М.¹, Давлетбаев А.Я.^{1,2}

¹ООО «РН-БашНИПНефть», г. Уфа, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

При проведении нагнетательных тестов со ступенчатым изменением давления/расхода на нескольких режимах [1], давление закачки жидкости в скважину, как правило, превышает минимальные смыкающие напряжения в пласте (авто-ГРП), вследствие чего зависимость расхода жидкости от давления имеет нелинейный вид. Поэтому актуальной задачей является обсуждение методов исследования нагнетательных скважин с развитием трещин авто-ГРП.

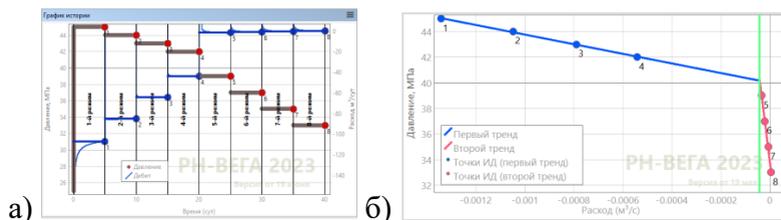


Рис. 1. Результаты ступенчатого теста: а) динамика изменения давления и расхода жидкости в скважине; б) зависимость расхода жидкости от давления

Результаты моделирования исследования со ступенчатым изменением давления и расхода закачиваемой жидкости в скважину в сторону уменьшения приведены на рис. 1. Рассчитаны случаи с различной проницаемостью продуктивного пласта. В результате вычислений установлено, что чем больше проницаемость коллектора, тем больше отличие между коэффициентами приемистости скважины на режимах до и после смыкания трещины авто-ГРП.

Литература

1. Давлетбаев А.Я., Мухаметова З.С. Моделирование закачки жидкости в скважину с развитием трещины гидравлического разрыва пласта // Инженерно-физический журнал. 2019. Т.92. №4. С. 1074 – 1082.

© Адельгужина Э.М., Давлетбаев А.Я., 2023 г.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЭМУЛЬСИИ В МИКРОКАНАЛАХ С ТУПИКОВЫМИ ПОРАМИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ОБЪЁМНОГО РАСХОДА ЖИДКОСТИ

Коновалов О.А., Гарифуллин И.Ш., Солнышкина О.А.
Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Течение жидкостей в пористых средах имеет большое значение во многих промышленных сферах, в хроматографии, течении в грунтах и добычи нефти. В связи с этим, эксперименты в данной области необходимы для дальнейшего развития промышленности и науки.

Для изучения движения потока в пористой среде, были использованы микрофлюидные чипы (МФЧ). МФЧ обеспечивают оптическую прозрачность для качественной визуализации движения потока, а также позволяют использовать малое количество реагентов. Для эксперимента, с помощью метода мягкой литографии, был изготовлен МФЧ для двух микроканалов: с симметричным расположением пор на боковой поверхности канала и со смещением на 50 микрон. Выбраны следующие размеры канала: высота – 35 мкм., размеры пор 50х50 мкм. (рис.1-а,б). В качестве жидкости была замешена эмульсия 5% со средним размером капель 10 мкм.



Рис. 1. Расположение тупиковых пор в построенных микроканалах. (а) – со смещением на 50 микрон, (б) – без смещения

После проведенных опытов, по изучению течения эмульсии при значениях объемного расхода жидкости 5 и 10 мкл/мин., было обнаружено, что при симметричном расположении пор затекание жидкости в поры значительно меньше, чем при смещении. Также, при увеличении объемного расхода, затекание потока становится меньше.

Полученные результаты влияния объемного расхода жидкости и сдвига пор на течение потока, могут использоваться для выбора наилучших параметров при создании микро флюидных устройств для определенных задач.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В СКВАЖИНЕ С ТРЕЩИНОЙ КОНЕЧНОЙ ПРОВОДИМОСТИ

Кунафин А.Ф.¹, Давлетбаев А.Я.^{1,2}

¹ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Разработка месторождений с низкопроницаемыми коллекторами осуществляется с применением гидравлического разрыва пласта (ГРП). Многие авторы получили аналитические и численные решения задачи о притоке к скважине с трещиной ГРП [1-4]. В работах [1-3] приведены постановки задачи, которые описывают билинейный режим течения в трещине с бесконечной длиной. На практике длины трещин ограничены и имеют размеры в среднем до 150 м. Гидродинамические расчеты показывают, что при средних фильтрационно-емкостных свойствах трещины изменение давления достигает торца трещины в течение ~ 1 часа.

При обработке промысловых данных встречается различные варианты с изменением структуры потоков. В частности, после билинейного режима течения может иметь место переход на линейный режим течения, затем может диагностироваться эллиптический режим течения, а после этого отмечается влияние границ пласта или влияние скважин окружения. Соответственно, аналитические решения [1-3] могут быть использованы на отдельных временных отрезках и имеют границы применимости. С целью выявления этих границ в данной работе проведено графическое и поточечное сравнение изменений давления численного решения [4] с аналитическими решениями [1-3].

Литература

1. Хабибуллин И.Л., Хисамов А.А. Нестационарная фильтрация в пласте с трещиной гидроразрыва пласта // Изв. РАН. Механика жидкости и газа. 2019. № 5. С. 6-9.
2. Cinco-ley H., Samaniego V.F., Dominguez A.N. Transient pressure behavior for a well with a finite-conductivity vertical fracture // SPE 6014. 1978.
3. Нагаева З.М., Шагапов В.Ш. Об упругом режиме фильтрации в трещине, расположенной в нефтяном или газовом пласте // Прикл. математика и механика. 2017. Т. 81, ВЫП. 3. С. 319-329.
4. Давлетбаев А.Я. Фильтрация жидкости в пористой среде со скважинами с вертикальной трещиной гидроразрыва пласта // Инженерно-физический журнал, 2012, Т. 85, № 5, С. 919-924

© Кунафин А.Ф., Давлетбаев А.Я., 2023 г.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОФЛЮИДНЫХ ЧИПОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МУН

Гарифуллин И.Ш.¹, Солнышкина О.А.¹, Батыршин Э.С.²

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

Микромодели пористых сред из прозрачных материалов для визуализации фильтрации в отдельных поровых каналах начали применяться достаточно давно [1]. Один из основных инструментов экспериментальной микрофлюидики основан на визуализации процессов в микроканалах. Микрофлюидные чипы как правило изготавливаются из оптически прозрачных материалов, таких как подиметилсилоксан, поликарбонат, полимеры для 3D печати или стекло. Каждый материал обладает своими преимуществами и недостатками. Однако для задач с использованием углеводородов и агрессивных химических реагентов подходят чипы из стекла. Изготовление стеклянных микрофлюидных чипов проводится в несколько этапов: подготовка стеклянной подложки, формирование микроканалов в подложке, изготовление ответных подложек, склейка.

В рамках данной работы были изготовлены микрофлюидные чипы с помощью фотолитографии и мокрого (химического) травления. Для формирования рельефа необходимого микроканала применялся отечественный фоторезист ФП-3515, для травления использовался буферный раствор: в 60 мл деионизированной воды добавлялись 40 г фторида аммония NH_4F и 10 мл 49% фтороводорода HF . Далее буферный раствор разбавлялся водой в различных концентрациях.

Были проведены экспериментальные исследования зависимости глубины образующихся в стекле каналов от времени травления, а также изучена прочность склейки подложек в зависимости от концентрации детергента и времени активации поверхности.

Литература

1. Солнышкина О.А., Батыршин Э.С., Питюк Ю.А. // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа, 2021, № 4, С. 9-18.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ № 21-79-10212.

© Гарифуллин И.Ш., Батыршин Э.С., Солнышкина О.А., 2023 г.

УДК 622.276.1/4

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ СТЕНОК ТРУБ В
НАГНЕТАТЕЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СО
СТУПЕНЧАТЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ РАСХОДА
ЗАКАЧИВАЕМОЙ ЖИДКОСТИ**

Латыпов Т.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Шероховатость стенок труб нагнетательной скважины оказывает влияние¹ на турбулентность потока, увеличивая нестабильность потока в трубопроводе, в результате чего возникают неточности в предварительных расчетах с нагнетательными скважинами. Это, в свою очередь, приводит к потере давления¹ при закачке жидкости в нагнетательную скважину.

Для решения данной проблемы, в расчеты включают потери давления на трение, проводя оценку шероховатости: либо - поэлементно, путем сравнения отдельных параметров, либо - в комплексе, используя сравнительный анализ исследуемого образца с эталоном. Однако, данные способы довольно длительны по времени и требуют остановки скважины.

Метод определения шероховатости путем проведения ГДИС со ступенчатым изменением расхода закачиваемой жидкости не требует остановки нагнетательной скважины и промысловые данные получаются в процессе изменения режимов закачки путем изменения диаметра проходного сечения штуцера.

Это позволяет уточнить расчеты, путем измерения шероховатости в реальном времени, что сокращает длительность измерений и позволяет избежать полной остановки скважины.

Литература

1. <https://www.nektonnasos.ru/articles/sherokhovatost-stenok#h2> - Производитель насосного оборудования.
2. «Апробация экспериментального стенда для определения гидравлического сопротивления шероховатой трубы». 2015 С. А. Анциферов, магистрант В. М. Филенков, к.ф.-т.н., Тольяттинский государственный университет.

© Латыпов Т.Р., 2023 г.

**АПРОБАЦИЯ АЛГОРИТМОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
ДИНАМИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ГАЗОВЫХ И
ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИНАХ**

Закирьянов А.Ш., Болонистов В.В., Ишкин Д.З.

ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

Контроль за разработкой газовых и газоконденсатных месторождений напрямую связан с анализом показателей работы скважин, ключевыми среди которых являются замеры величины и состава притока, забойного давления. На промысле активно применяются телеметрические системы для выполнения замеров забойного давления. Эти промысловые данные используются для интерпретации классических и малозатратных газодинамических исследований в низкопроницаемых коллекторах. Так, в скважинах с трещиной гидроразрыва пласта длительность непрерывной записи с прослеживанием давлений и величины притока должна быть значительной (не менее 30 суток). Соответственно, осуществление контроля за работоспособностью и корректностью показаний манометров в постоянном режиме является актуальной задачей.

В данной работе разработаны и апробированы алгоритмы, позволяющие отслеживать полноту и качество данных со скважинной телеметрии. Алгоритмы включают в себя: инструменты контроля частоты записи данных, степени зашумленности, наличия «вылетов» и некорректных показаний, полноты данных (наличие пропусков в данных). На основе анализа перечисленных характеристик по каждой скважине формируется «Паспорт данных», который представляет собой таблицу со средними значениями показателей качества и набор кривых для отслеживания тех же показателей во времени. Дальнейшее внедрение полученных результатов в корпоративные программные комплексы позволят эффективно контролировать полноту промысловых данных, а также увеличить количество и достоверность газодинамических исследований скважин.

Литература

1. Давлетбаев А.Я., Мухаметова З.С. Фильтрация газа в низкопроницаемом коллекторе с трещиной гидроразрыва пласта // Прикладная механика и теоретическая физика. 2019. Т. 60. №1, С. 41 – 53.

© Закирьянов А.Ш., Болонистов В.В., Ишкин Д.З., 2023 г.

**АПРОБАЦИЯ МУЛЬТИСКВАЖИННОЙ ДЕКОНВОЛЮЦИИ И
МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ ДЛЯ
ОЦЕНКИ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ СКВАЖИН В ПК «РН-ВЕГА»**

Ефимова М.В.^{1,2}, Фахреева Р.Р.¹, Ишкин Д.З.¹, Ахметова О.В.¹,

Уразов Р.Р.¹, Давлетбаев А.Я.^{1,2}

¹ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Определение взаимовлияния скважин (ВС) играет ключевую роль в производственных задачах. Для автоматизации проведения анализа ВС разрабатываются методы, не требующие геологических и гидродинамических (г/д) моделей. Целью работы является выявление г/д связи между скважинами на месторождениях Западной Сибири при помощи методов многопараметрической линейной регрессии (MLR) и мультискважинной деконволюции (МСД).

Метод MLR, основанный на корреляционном подходе [1], и МСД, позволяющий создать математическую модель с «функциями влияния» скважин [2], реализованы в ПК «РН-ВЕГА» [3]. Метод MLR протестирован на 7 нагнетательных скважинах нефтяного месторождения А. Для каждой пары скважин получены коэффициенты взаимовлияния и выявлено наличие г/д связи между скважинами 1Н и 6Н, 1Н и 7Н. Метод МСД тестировался на 5 добывающих скважинах газоконденсатного месторождения В. Для каждой пары скважин получены функции влияния и выявлена максимальная г/д связь между скважинами 1Г и 5Г. Полученные результаты совпали с экспертной оценкой.

Таким образом, данные методы по определению анализа ВС показали свою эффективность, позволили определить г/д связь между скважинами на рассматриваемых участках месторождений.

Литература

1. Бухмастова С.В., Фахреева Р.Р. и др. Апробация методов MLR и CRMIP при исследовании взаимовлияния скважин // Нефтяное хозяйство. – №1162. – 2020. – стр. 58-62.
2. Levitan M.M. Deconvolution of multiwell test data // SPE ATCE. 2006. – p.420–428. <https://doi.org/10.2118/102484-MS>
3. RN-Vega: Анализ и интерпретация гидродинамических исследований скважин (ГДИС) / Разработчик ПО: ООО «РН-БашНИПИнефть». – URL: <https://rn.digital/rnvega> (дата обращения 28.09.2023).

© Ефимова М.В., Фахреева Р.Р., Ишкин Д.З.,
Ахметова О.В., Уразов Р.Р., Давлетбаев А.Я., 2023 г.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
КАПЕЛЬ ПО РАЗМЕРАМ НА ОСНОВЕ РАЗНОМАСШТАБНОГО
АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ЭМУЛЬСИИ**

Гайсарова Л.В., Валиуллина В.И., Мусин А.А.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Микрофлюидные системы на основе капель являются наиболее ценными в исследованиях в области физики и химии. Однако модуляция и манипулирование каплями требует дальнейшего совершенствования. Широкое использование устройств для создания монодисперсных капель, позволяют манипулировать мельчайшими объемами жидкости с высокой точностью и повторяемостью. Однако по мере уменьшения размеров этих устройств отношение площади поверхности к объему увеличивается, что приводит к существенным ограничениям на адсорбцию и диффузию реагентов. Несмотря на важность монодисперсности капель, универсальной методологии получения капель с высокой монодисперсностью пока не существует. В отличие от традиционного метода образования капель, применение одинакового давления из одного источника делает микрожидкостную капельную систему невосприимчивой к внешним колебаниям, которые возникают из-за несовершенства источника потока.

Для создания монодисперсной эмульсии в качестве дисперсионной среды использовалось вазелиновое масло, дисперсной фазой являлась дистиллированная вода (Milli-Q). Эмульсия была стабилизирована поверхностно-активным веществом Span 80. Готовая эмульсия была изучена под электронным микроскопом OLYMPUS IX71. В ходе исследования были сделаны снимки эмульсии под объективами микроскопа с разным увеличением.

Предложен подход экспериментального определения распределения капель по размерам на основе разномасштабного анализа изображений образца эмульсии, полученных при разном увеличении оптического микроскопа. Такой подход позволит повысить эффективность распознавания капель и тем самым увеличить достоверность гистограммы распределения капель по размерам.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ проект № 19-11-00298.

© Гайсарова Л.В., Валиуллина В.И., Мусин А.А., 2023 г.

УДК 532.1

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЬЮТОНОВСКИХ И НЕНЬЮТОНОВСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

Нурияхметова Д. Э., Валиуллина В.И., Мусин А.А.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Образование водонефтяных эмульсий из-за механической прочности и природных поверхностно-активных веществ в процессе производства нежелательно. Проблемы, связанные с транспортировкой и переработкой нефти, побудили исследователей изучить практические методы деэмульгации. Для обработки эмульсии необходимо глубокое понимание реологических свойств нефти и условий эксплуатации.

Основной целью исследования было изучение реологических свойств ньютоновских и неньютоновских жидкостей. В настоящей работе была экспериментально изучена вязкость жидкости модельной эмульсии типа «вода в масле», состоящая из вазелинового масла, дистиллированной воды и поверхностно-активного вещества Span 80. Основной частью экспериментальной установки являлся ротационный вискозиметр Brookfield DV II+pro, подключенный к термостату Wise Circu WCB-6. Были проведены замеры зависимостей скорости сдвига от напряжения сдвига при различных температурах.

Реологические свойства эмульсии изучались путем манипулирования ее температурой (30°C–90°C), скоростью сдвига и объемной долей воды. Экспериментальные результаты показали, что измеренная вязкость эмульсии значительно снижалась с повышением температуры, в то время как увеличение объемной доли воды увеличивало вязкость.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ проект № 19-11-00298.

© Нурияхметова Д.Э,
Валиуллина В.И., Мусин А.А., 2023 г.

УДК 532.5

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В Т-ОБРАЗНОЙ КАВЕРНЕ С ДВИЖУЩЕЙСЯ КРЫШКОЙ

Хабибрахманова Л.Д., Киреев В.Н.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Численное моделирование течения жидкостей и процессов теплообмена в замкнутых полостях (кавернах), вызванных движением одной или нескольких стенок полости, по-прежнему является одной из актуальных задач термогидродинамики. В статье [1], например, исследован теплообмен при конвективном течении жидкости с наночастицами Al_2O_3 в Т-образной каверне с движущейся крышкой.

В данной работе с помощью численного моделирования исследованы гидродинамические особенности течения жидкости в кавернах с движущейся крышкой, имеющих Т-образную форму. В качестве инструмента для компьютерного моделирования использовалась открытая интегрируемая платформа для численного моделирования задач механики сплошных сред OpenFOAM.

На рис. 1 показаны характерные картины течения, образующиеся в Т-образных кавернах различных геометрических размеров. В результате численного моделирования исследована зависимость числа и структуры образующихся в каверне вихрей от различных значений геометрических размеров каверны и скорости движения крышки.

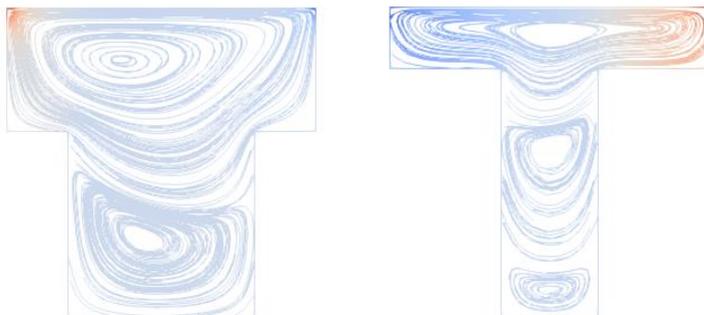


Рис. 1. Линии тока в Т-образных кавернах различной геометрии

Литература

1. Xia, S., Mostafavi, M., Alghazali, T., Sadi, S., Guerrero, J.W.G., Suksatan, W., Toghraie, D., Khan, A. // Alexandria Engineering Journal, 2022. v. 61, pp. 7393-7415.

© Хабибрахманова Л.Д., Киреев В.Н., 2023 г.

УДК 622.276.1/4

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ВСЛЕДСТВИЕ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН АВТОГРП В ЦЕЛЕВЫХ И НЕЦЕЛЕВЫХ ПЛАСТАХ ПРИ МЕРОПРИЯТИЯХ НА СКВАЖИНАХ

Муллагалиев Б.И.^{1,2}, Мирзаянов А.А.^{1,2}, Давлетбаев А.Я.^{1,2}

¹ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Большой объём бурения уплотняющих скважин с гидроразрывом пласта (ГРП) и резки боковых стволов (ЗБС) делает всё более актуальной необходимость своевременного выявления и снятия рисков аномально высокого пластового давления (АВПД) [1]. Основной причиной АВПД является развитие в высоту и в длину трещин автоГРП в нагнетательных скважинах [1-2]. Оценка рисков АВПД успешно проводится специалистами по гидродинамическим исследованиям скважин (ГДИС) и промыслово-геофизическим исследованиям (ПГИ) в тех скважинах, в которых ранее проводились промысловые исследования. В скважинах без исследований оценку рисков выполнить затруднительно.

Для повышения точности прогнозирования рисков ГНВП апробирован подход по интеграции промысловых исследований скважин в 3D секторные гидродинамические модели, которые помимо разрабатываемых (целевых) пластов учитывают уход жидкости в вышележащие водоносные (нецелевые) пласты. Стоит отметить, наличие гидродинамических моделей только по целевым интервалам позволяло снять риски по высокому давлению только в разрабатываемых (целевых) объектах [2]. Наличие 3D секторных моделей с учетом вышележащих нецелевых пластов, которые помимо ГДИС и ПГИ настраиваются и учитывают данные по бурению, результаты расчета высоты трещины автоГРП в ПК «РН-СИГМА» и другие, позволяют снять риски по высокому давлению в нецелевых объектах [1].

Литература

1. Иващенко Д.С. и др. Комплексирование результатов гидродинамических исследований и геомеханико-гидродинамического моделирования для прогнозирования зон аномально высокого пластового давления // Нефтяное хозяйство. – 2019. – №6. С.66-70
2. Губайдуллин М.Р. и др. Численное исследование самопроизвольного развития трещины автоГРП в нагнетательной скважине // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2022. №4 (108). С.47 -59.

© Муллагалиев Б.И., Мирзаянов А.А., Давлетбаев А.Я., 2023 г.

УДК 532.61, 004.942

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ
КОНЦЕНТРАЦИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА
ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ РАЗДЕЛА ЖИДКИХ ФАЗ**

Ильясова А.В., Мусин А.А.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Обводненность большинства крупных нефтяных месторождений достигает 80%. Добыча нефти с долей воды усложняет процесс переработки нефти, поскольку вода в совокупности с нефтью образует устойчивую эмульсию. Существуют различные методы разделения водонефтяных эмульсий: механический, химический, термический, электрический. Чаще применяется химический метод. Основой данного метода является применение деэмульгаторов, которые способствуют образованию гидрофильного адсорбционного слоя, не имеющего структурно - механической прочности.

Целью данной работы явилось исследование динамики изменения поверхностного натяжения на границе раздела жидких фаз в зависимости от концентрации поверхностно-активного вещества (ПАВ) в исходном растворе.

Реализована одномерная модель системы «жидкость-жидкость» с использованием общего уравнения конвективной диффузии с граничными условиями для: 1) бесконечной правой границы; 2) ограниченной правой границы. Применены математические модели Лэнгмюра и Шишковского.

Установлено, что увеличение концентрации ПАВ приводит к убыванию величины поверхностного натяжения. Исследованы зависимости концентрации ПАВ, величины физической адсорбции частиц ПАВ, поверхностного натяжения, скорости частиц ПАВ от времени протекания физической адсорбции при разных адсорбционных коэффициентах. Увеличение данного коэффициента приводит к уменьшению поверхностного натяжения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-11-00298.

Литература

1. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика. – М: Государственное издательство физико-математической литературы. 1959. – изд. 2. – 700 с.

© Ильясова А.В., Мусин А.А., 2023 г.

УДК 622.276.1/4

АППРОБАЦИЯ ОДНОСКВАЖИННОЙ ДЕКОНВОЛЮЦИИ ПРИ АНАЛИЗЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО НИЗКОПРОНИЦАЕМЫМ КОЛЛЕКТОРАМ В ПК «РН-ВЕГА»

Латыпов Т.Р.^{1,2}, Давлетбаев А.Я.^{1,2}, Ахметова О.В.¹,

Уразов Р.Р.¹, Зарафутдинов И.А.¹

¹ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Сложное поведение низкопроницаемых коллекторов при испытаниях скважин приводит к зашумлению данных о забойном давлении, что затрудняет получение точных результатов с использованием традиционного анализа гидродинамических исследований скважин (ГДИС). ГДИС в добывающей скважине методами кривых восстановления (КВД) и стабилизации (КСД) давления в низкопроницаемых пластах бывают малоинформативными из-за малой длительности отдельных циклов остановки или работы скважины [1].

Для низкопроницаемых коллекторов целесообразно применение малозатратных видов исследований [1], таких как анализ добычи и давления (АДД) и деконволюция. Целью исследований является определение параметров скважины и пласта. Метод односкважинной деконволюции, реализованный в ПК «РН-ВЕГА» [2], позволяет сшивать «короткие» циклы остановки на КВД и прослеживания давления при КСД с работающей скважиной [3]. Увеличение длительности этапов прослеживания данных при использовании АДД и деконволюции позволяет уточнять проницаемость пласта, расстояние до границ пласта и др.

Литература

1. Асалхузина Г.Ф., Давлетбаев А.Я., Салахов Т.Р., Лошак А.А., Губайдулин В.Р., Лескин Ф.Ю. Апробация подхода к оценке текущего пластового давления при анализе динамических данных эксплуатации скважин // Нефтяное хозяйство. 2022. № 10. С. 30-33.

2. RN-Vega: Анализ и интерпретация гидродинамических исследований скважин (ГДИС) URL: <https://rn.digital/rnvega> (дата обращения 01.09.2023).

3. Levitan M.M. Practical Application of Pressure/Rate Deconvolution to Analysis of Real Well Tests // SPE Res Eval & Eng 8 (02). 2005. P. 113–121. <https://doi.org/10.2118/84290-PA>

© Латыпов Т.Р., Давлетбаев А.Я., Ахметова О.В.,
Уразов Р.Р., Зарафутдинов И.А., 2023 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СО СТУПЕНЧАТЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СКВАЖИНЫ

Тимершаехов Д.Ф.^{1,2}, Губайдуллин М.Р.², Давлетбаев А.Я.^{1,2}

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

Основным источником информации о величине пластового давления является гидродинамическое исследование скважин (ГДИС) методом регистрации кривой восстановления давления (КВД). С учетом потерь в добыче при проведении КВД требуется развитие «малозатратных» методов проведения исследований, одним из которых является метод со ступенчатым изменением режимов работы скважины, которые анализируются путем построения индикаторной диаграммы (ИД) [1]. Однако из-за различных технологических факторов в некоторых случаях длительность режимов ИД могут быть не выдержана, а их последовательность нарушена [2].

Для исследования влияния нарушений на результаты интерпретации в гидродинамическом симуляторе ПК «РН-КИМ» проведены многовариантные расчеты ГДИС методом ИД с различными сценариями изменения последовательности и длительности режимов. Полученные в результате моделирования синтетические ИД проанализированы и получены оценки пластового давления. Далее эти величины давлений по ИД сопоставлялись с давлением на контуре исследования в гидродинамической модели [2]. В результате анализа получено, что отклонение от технологии ИД на режимах с минимальными и максимальными перепадами давлений в скважине приводят к максимальным ошибкам в оценках пластового давления.

Литература

1. Тимершаехов Д.Ф. и др. Моделирование гидродинамических исследований со ступенчатым изменением режимов закачки жидкости в сверхнизкопроницаемых коллекторах // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2022. Вып. 6 (140), С. 101-111.
2. Валеева Э.З., Асалхузина Г.Ф., Давлетбаев А.Я. Моделирование исследований методом установившихся режимов закачки в низкопроницаемых коллекторах // Нефть и газ. 2016. № 6. С. 39-46.

© Тимершаехов Д.Ф.,
Губайдуллин М.Р., Давлетбаев А.Я., 2023 г.

THREE-DIMENSIONAL NUMERICAL SIMULATION OF FLOW IN THE PORE DOUBLET MODEL

Latypova A.R., Solnyshkina O.A.

Ufa University of Sciences and Technologies

Microfluidics is a science that studies the behavior of fluids at the microchannel scale [1]. The field of application of microfluidics technology is wide-ranging: the encapsulation of cells [2] or magnetic beads for scientific research, analysis and diagnosis, drug delivery with polymeric particles and etc. In this paper we investigate numerically the steady periodic flow of viscous incompressible fluid in a channel of a micromodel pore doublet. Since the work studies processes occurring at Reynolds numbers much less than 1, Stokes equations are used to describe the flow [3]. Calculations were performed on a personal computer equipped with CPU Intel Xeon 5660, 2.8GHz, 12 GB RAM with 12 physical and 12 virtual cores and GPU NVIDIA Tesla K20 (Kepler), 5GB global memory. All tests are presented for double precision operations. A qualitative triangulation of microchannels in the form of a pore doublet is developed to perform the calculations. A mathematical model based on the Stokes equations with periodic inlet and outlet boundary conditions and a sticking condition on the side surface of the channel is used for the three-dimensional slow flow of a viscous incompressible fluid. The viscous fluid flow in a microchannel is considered by using the developed software modules based on the boundary element method. Longitudinal and transverse velocity field components in different cross sections of the microchannel are calculated. Comparison with experimental results published in the literature was carried out. The tested software modules can be further applied to investigate a wide class of problems about the flow of single-phase media in various micromodels of porous media.

List of references

1. Xia, Y. & Whitesides, G. M. Soft Lithography. *Angew. Chem. Int. Ed.* 37, 550–575 (1998)..
2. И.В. Кухтевич, К.И. Белоусов «Научное приборостроение» 2015, том 25, №3, с.94-109], ДНК [Zilionis R., Nainys J., Veres A., Savova V., Zemmour D., Klein A.M., Mazutis L. // *Nat. Protoc.* 2017. Vol. 12. P. 44–73. DOI: 10.1038/nprot.2016.154
3. Э. С. Батыршин, А.И. Муллаянов, С.П. Саметов, “Разрушение эмульсий “вода в масле” при воздействии неоднородного переменного электрического поля”, *Письма в ЖТФ*, 46:5 (2020), 52–54; *Tech. Phys. Lett.*, 46:3 (2020), 253–255

ВЛИЯНИЕ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД В РАЗРЕЗЕ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ СКВАЖИН

Семенова Н.А.^{1,2}, Давлетбаев А.Я.^{1,2}, Кондратьева Н.Р.², Щутский Г.А.³

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

³ООО «РН-Юганскнефтегаз», г. Нефтеюганск, Россия

Классический подход к построению геолого-гидродинамических моделей предполагает дифференцирование геологического разреза на продуктивную часть - коллектор, и непродуктивную - неколлектор. При этом известно, что глинистые породы, обладая низкими и сверхнизкими проницаемостями, характеризуются повышенными значениями сжимаемости и выступают в качестве дополнительного источника деформаций [1].

Для оценки вклада глинистых включений, на первом этапе проведены расчеты на синтетических моделях, представляющие собой слоистый пласт с глинистыми прослоями различной мощности (рис 1).

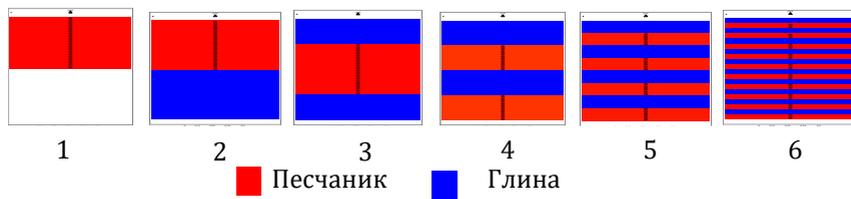


Рис. 1. – Разрез по скважине в моделях №1 –6

Предложенная методика, позволяет оценить влияние глинистых пород в разрезе продуктивного пласта на эксплуатационные показатели работы скважин, что особенно актуально для месторождений разрабатываемых на истощении.

Литература

1. Гольдберг В.М., Скворцов Н.П. Проницаемость и фильтрация в глинах. М.: Недра, 1986. 160 с
2. Добрынин В.М. Деформации и изменения физических свойств коллекторов нефти и газа. М.: Недра, 1970. 239 с.

© Семенова Н.А., Кондратьева Н.Р.
Давлетбаев А.Я., Щутский Г.А., 2023 г.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ТРЕЩИН МНОГОСТАДИЙНОГО ГРП ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТРАССЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ковшова Ю.Ю.^{1,2}, Бикметова А.Р.², Асалхузина Г.Ф.²

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа

²ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа

В условиях разработки низко- и сверхнизкопроницаемых коллекторов скважинами со сложным способом заканчивания, таких как многостадийный гидроразрыв пласта (МГРП) актуальной является задача оценки параметров каждой стадии ГРП. Одним из таких методов являются трассерные исследования [1]. Суть технологии таких исследований заключается в размещении маркеров (трассеров) и отбора проб в процессе эксплуатации скважины с целью оценки профиля притока по интервалам горизонтального ствола (ГС). После ввода скважины в эксплуатацию, производится отбор проб с целью количественного определения каждого трассера. Это позволяет провести оценку профиля притока по интервалам ГС. Наибольший вклад в общий приток вносит интервал, по которому отмечается наибольший вынос трассера. Кривые изменения массы вынесенного трассера по каждой стадии МГРП могут быть использованы для настройки гидродинамической модели. В ходе выполнения работ изменяются параметры трещин МГРП таким образом, чтобы получить наименьшее отклонение рассчитанных от фактических кривых выноса трассера по каждой стадии МГРП. В дальнейшем такая модель, настроенная на результаты трассерных исследований, может быть использована для прогноза добычи скважины и моделирования геолого-технических мероприятий по повышению продуктивности скважины.

Литература

1. Бикметова А.Р., Асалхузина Г.Ф., Давлетбаев А.Я. и др. Оценка параметров трещин в горизонтальных скважинах с многостадийным гидроразрывом пласта путем настройки гидродинамической модели на результаты трассерных исследований // Нефтяное хозяйство. - 2022. - №11. С.118 –121.

© Ковшова Ю.Ю., Бикметова А.Р.,
Асалхузина Г.Ф., 2023 г.

УДК 532.546

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН НА НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ СЕТКАХ ВОРОНОГО В ПК «РН-ВЕГА»

Валеева Ю.Р.¹, Бухмастова С.В.¹, Сарапулова В.В.¹,

Давлетбаев А.Я.^{1,2}, Нуриев А.Х.¹

¹ООО «РН-БашНИПИнефть», г. Уфа, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Гидродинамическая модель (ГДМ) позволяет рассмотреть сложные фильтрационные технологии, учитывая при этом геометрию трещин и разломов, взаимовлияние соседних скважин, сложные границы расчетной области. Численное решение дополняет и уточняет упрощенные аналитические модели, является многофункциональным инструментом для прямого численного моделирования, прогнозирования дебита жидкости/давления в скважинах и т.д.

В программном комплексе (ПК) «РН-ВЕГА» реализован функционал для построения и расчета численных моделей для анализа динамических данных по добыче/закачке жидкости и давлений [1]. Численная модель создается с учетом скважин окружения и непроницаемых разломов, в интерактивном режиме можно редактировать контуры модели, размеры ячеек. Для расчета модели вызывается ядро трехфазного гидродинамического симулятора ПК «РН-КИМ». Расчеты проводятся на неструктурированных сетках Вороного (rebi-сетках). Численная сетка подстраивается под любые элементы разработки. Измельчение в прискважинной зоне и в районе трещины позволяет корректно учитывать нелинейное распределение давления в этих областях. Это является одной из основных причин для использования rebi-сеток в моделировании.

Сравнение результатов численных расчетов с аналитическими позволило сделать вывод, что корректно настроенная ГДМ с достаточно высокой точностью описывает промысловые гидродинамические исследования скважин в скважинах со сложным заканчиванием.

Литература

1. RN-Vega: Анализ и интерпретация гидродинамических исследований скважин (ГДИС) / Разработчик ПО: ООО «РН-БашНИПИнефть». – URL: <https://rn.digital/rnvega/> (дата обращения 21.09.2023)

© Валеева Ю.Р., Бухмастова С.В.,
Сарапулова В.В., Давлетбаев А.Я., Нуриев А.Х., 2023 г.

СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ, ФИЗИКИ»

УДК 372.853

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЙ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ФИЗИКЕ

Мусомирова Н.С.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

За последние годы в системе общего образования произошли серьезные изменения: на смену традиционным урокам приходят личностно-ориентированный и деятельностный подход, однако ученики тоже изменились. В сформировавшейся у них системе ценностей качественное естественно-математическое образование не всегда стоит на первых позициях. Сегодня нет универсальных методик для всех учителей, способствующих изменить сложившуюся ситуацию. С другой стороны, трудно убедить ребёнка учить и понимать физику, пока он не поймет, зачем ему это нужно. В данной статье акцентируется внимание на способе мотивации ребёнка на самостоятельную деятельность. Рассматривается способ мотивации обучающихся к изучению физики через применение современных игровых технологий на уроках по физике. Подробно описывается методика применения квест-технологий, а также приводятся уникальные примеры испытаний.

Литература

1. Волков И. П. Цель одна – дорог много. Проектирование процессов обучения. Из опыта работы: книга для учителя/И. П. Волков. – М.: Просвещение. – 1990. – 159с.
2. Додж Б. Некоторые мысли о Web-квесте. [Электронный ресурс]/Персональный сайт. URL: https://webquest.org/sdsu/about_webquests.html
3. Зуева Д. Г. Квест-технология в учебном процессе по физике//Актуальные проблемы развития среднего и высшего образования: межвуз. сб. науч. тр. Вып. XVI. – Челябинск: Край Ра. – 2020. – с. 40-45.

© Мусомирова Н.С., 2023 г.

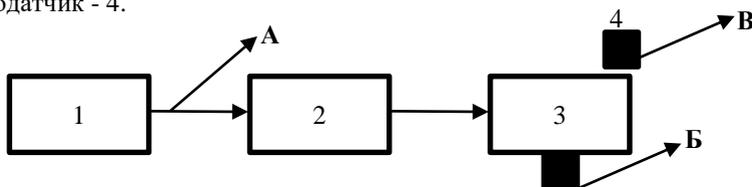
ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СИСТЕМ РЕГУЛИРУЕМОЙ ЧАСТОТЫ В ОБУЧЕНИИ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Заманова Г.И., Газизов Э.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В процессе изучения резонансных и кавитационных явлений в объеме [1], а также определения кавитационного запаса и стойкости материалов при различных вибрационных нагрузках в рамках лабораторных работ, существует потребность в простых, регулируемых системах, позволяющих наглядно демонстрировать физические процессы в объеме.

В качестве демонстрационного стенда для лекционных и лабораторных занятий предлагается следующая блок схема устройства, содержащая генератор синусоидального сигнала - 1, усилительных каскад - 2, осциллографические выходы (А, Б, В), емкость с излучателем Ланжевена или единичный излучатель Ланжевена - 3 и внешний пьезодатчик - 4.



При работе демонстрационной установки предполагается следующий порядок действий: в емкость помещается жидкость и исследуемый объект, на генераторе 1 устанавливается частота работы установки, режим работы отслеживается визуальным путем, а контроль за частотами и проверка резонанса путем сравнения сигнала на осциллографических точках А, Б, В. При этом осциллографическая точка А является точкой сравнения, т.к. на ней присутствует исходный сигнал. Точка Б – показывает сигнал на излучателе Ланжевена и зависит от объема жидкости в емкости, происходящих процессах в объеме данной жидкости. Внешний пьезодатчик, должен быть снабжен волноводом для погружения в объем жидкости, предназначен для съема сигнала в конкретной точке объема.

Литература

1. Сиротюк, М.Г. Акустическая кавитация.// М.: Наука, 2008. 59-64 с.

© Заманова Г.И., Газизов Э.Р., 2023 г.

ПРЕПОДАВАНИЕ ФИЗИКИ НА ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ

Заманова Г.И., Турбин А.Д.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

В условиях современного мира и появлении новых вызовов к науке всё важнее становится образовательный процесс и образование в целом как его итог. При этом возрастает его сложность, комплексность, а потому закономерным было появление преподавательских направлений подготовки в курсе высшего образования, что было представлено на Химическом факультете УУНиТ в рамках направления 44.03.05 «Педагогическое образование».

При подготовке будущих химических педагогических кадров одной из важнейших компетенций, обязательных к освоению, является ОПК-4. Ей обозначаются способность составлять план работ химической направленности, умения обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач. Следует отметить, что данная компетенция осваивается, в том числе, и при изучении дисциплины «Физика (Механика и молекулярная физика, электричество и магнетизм, оптика и квантовая физика)», что делает её очень важной для будущих специалистов-педагогов. Одной из центральной частей курса данной дисциплины является лабораторный практикум, состоящий из 5 разделов. Однако в наше время очень остро встаёт вопрос необходимости развития данного практикума с учётом новых веяний в науке и образовании. Эта актуальность подчёркивается и поддерживается стремительным развитием информационных и компьютерных технологий в последние десятилетия [1].

Литература

1. Заманова Г.И., Газизов Э.Р. Информационно-компьютерные технологии при обучении физике на физическом лабораторном практикуме. Материалы XII международной научно-практической конференции «Академическая наука – проблемы и достижения». – North Charleston, USA. 2017. Т. 2. С. 51-52.

© Заманова Г.И., Турбин А.Д., 2023 г.

ДИДАКТИЧЕСКИЕ ИГРЫ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ КАК ОДНО ИЗ СРЕДСТВ РАЗВИТИЯ ЛОГИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Гафарова К.Р.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Введение новых федеральных государственных стандартов (ФГОС), с одной стороны, явилось ответом на вызовы общества и породило в образовательной практике множество проблем. Смена ценностных ориентиров привела к изменению требований к результатам обучения, к пересмотру статуса многих предметных областей, в том числе и математике [1]. Целью данной статьи является научное обоснование достоверности выдвинутой гипотезы и разработка технологических аспектов конструирования и проведения учебных деловых игр в процессе обучения математике. Игровая технология обучения отличается от других методов обучения тем, что обучающийся некоторое время «живет» в «реальных» жизненных ситуациях. Однако игровая технология обучения не может заменить современные и традиционные методы обучения, но обогащает их по содержанию, расширяет сферу педагогической деятельности учителя, позволяет достичь поставленной цели, оптимизирует социально-профессиональное развитие учащихся [2].

Дидактические игры используют не только как учебное пособие, но и как вид контроля успеваемости. Основное обучающее воздействие принадлежит учебному материалу, игровым действиям, которые автоматически ведут к расширению познавательного процесса, направляя активность обучающихся в определенное русло. Целесообразность использования дидактических игр на определенных этапах урока различна. При усвоении новых знаний возможности дидактических игр значительно уступают более традиционным формам обучения.

Литература

1. Тумашева, О.В. Учебная деловая игра в процессе обучения математике / О.В. Тумашева, Е.В. Абрамова // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2016. — № 2. — С. 62-66. — ISSN 1814-6457.

2. «Рашидова, Р.Г. Технология обучения игре - важный фактор подготовки будущих профессионалов к профессиональной деятельности / Р. Г. Рашидова, З. Б. Шодмонова // Проблемы современного образования. — 2021. — № 1. — С. 161-166. — ISSN 2218-8711. // Проблемы современного образования. — 2021. — № 1. — С. 161-166. — ISSN 2218-8711.

© Гафарова К.Р., 2023 г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ЛАБОРАТОРИЙ НА УРОКАХ ФИЗИКИ

Гафарова К.Р.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Одним из методов обучения, который помогает обучающимся понять суть происходящих явлений, является лабораторный эксперимент. Термины «лаборатория», «лабораторный» связаны с использованием умственных и физических усилий для нахождения путей и средств разрешения научных и жизненных задач.

Лабораторная работа – метод обучения, по которому обучающиеся под руководством учителя и по определенному плану выполняют задания для закрепления теоретического материала по предмету, а так же является формой обучения, направленная на получение практических навыков работы материальными объектами. Возможности для получения знаний разнообразны, одним из способов являются мультимедийные технологии, а при преподавании предмета физика – это цифровые лаборатории [1].

Цифровая лаборатория – это комплект оборудования, включающий: набор проводных и беспроводных цифровых датчиков, регистрирующие значения различных физических величин; интерфейсы для подключения датчиков к компьютеру и программное обеспечение, позволяющее собирать, анализировать и визуализировать изучаемые процессы [2].

Демонстрационное оборудование для лабораторных работ помогает организации исследовательской деятельности с учащимися начальных классов. Дети могут самостоятельно экспериментировать, наблюдать и делать выводы на основе реальных самостоятельных действий с помощью датчиков. В рамках исследовательской деятельности, участники проектов сотрудничают друг с другом, как настоящие ученые, создавая новое знание входе совместной работы.

Литература

1. Организация лабораторных работ по физике в условиях реализации обновленного содержания образования. Составители: Иманова А.Н., ст. преподаватель кафедры ИТМПЕН(Г)Д ФАО НЦПК «Өрлеу» ИПК ПР по Акмолинской области, Репрынцева И.И., учитель физики Аккольской средней школы №2 Акмолинской области. Филиал АО «НЦПК «Өрлеу» ИПК ПР по Акмолинской области», 2018 г. – 54 с.

2. Цифровые лаборатории einstein™. Внешние датчики: сборник инструкций – М.: ИНТ, 2020 – 61 с.

© Гафарова К.Р., 2023 г.

УДК 372.851

ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРСОНАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЕГЭ ПО МАТЕМАТИКЕ

Гафарова К.Р.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Одним из основных принципов школьного образования, провозглашенных в ФГОС является построение образовательной деятельности на основе индивидуальных особенностей каждого ребенка, при котором сам ребенок становится активным в выборе содержания своего образования, то есть становится субъектом образования. В основе ФГОС лежит системно-деятельностный подход, который предполагает построение образовательного процесса с учётом индивидуальных возрастных, психологических и физиологических особенностей обучающихся [1] индивидуальная траектория развития – это фиксация конкретных сцен, которые актуализируются в определенные моменты человека в соответствии с единым сценарием, «который разрабатывает субъект с использованием личностных ценностей на протяжении всей своей жизненной активности в ответ на разворачивающиеся перед ним события» [2]. Персональная траектория обучения – сознательный выбор обучающегося, который ясно представляет свой дальнейший путь обучения или знает, чего он хочет достичь в будущем. Далее представления дополняются и на основе предыдущих действий разрабатывается первичная модель персональной траектории обучения. Затем учитель должен удостовериться, что ученик осознает смысл персональной траектории обучения. В работе были составлены рекомендации к организации персональной или дифференцированной траектории обучения, которые проиллюстрированы на примерах и при составлении конспекта урока. Формирование персональной траектории обучения при подготовке к ЕГЭ по математике способствует включению в работу каждого обучающегося, повышению качества подготовки обучающихся к государственной итоговой аттестации, и как следствие, повысит процент верного решения заданий из КИМов ЕГЭ по математике.

Литература

1. ФГОС среднего (полного) общего образования [Электронный ресурс]/ Министерство образования и науки Рос. Федерации. Режим доступа: <https://минобрнауки.рф/документы/2365>
2. Зеер Э. В. Теоретико-прикладные основания персонализированного образования: перспективы развития / Э. В. Зеер, Э. Э. Сыманюк // Пед. образование в России. – 2021. – № 1. – С. 17– 25.

© Гафарова К.Р., 2023 г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ЛАБОРАТОРИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Галлямов В.А., Гесс Д.З.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Цифровая (компьютерная) лаборатория (ЦЛ) — комплект учебного оборудования, включающий в себя измерительный блок, интерфейс которого позволяет обеспечивать связь между компьютером и датчиками для измерения различных физических величин: температуры, давления, плотности и т.д.

Цель настоящей работы заключалась в наглядной демонстрации возможностей применения цифровых лабораторий в учебном процессе. С их помощью можно не только проводить лабораторные работы, предусмотренные учебным планом, но и организовать проектную научно-исследовательскую работу учащихся. Снабженные цифровыми датчиками, лаборатории обеспечивают автоматизированный сбор данных с приборов, позволяют в реальном времени отслеживать ход эксперимента, включая показания приборов, таблицы и графики. Благодаря цифровым лабораториям учителя могут проводить сложные эксперименты, лабораторные работы, практики.

При этом педагог экономит свое время на подготовку определенного эксперимента. Кроме того, преимуществами ЦЛ являются точность измерений, возможность хранения и математической обработки результатов эксперимента, многократного повторения эксперимента с теми же либо уточненными параметрами, сокращение времени проведения эксперимента, быстрое получение результата.

Цифровые лаборатории позволяют развить способности учащихся к организации своей учебной деятельности, способствуют повышению интереса к предмету. Этот инструмент позволяет педагогу осуществлять функционально-деятельностный и личностно-ориентированный подходы, направленные на познание действительности учащимися.



Рис. 1. Цифровая лаборатория по физике (комплект учителя)

РАБОЧИЙ ЛИСТ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ФИЗИКЕ

Усманова Р.Р.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В рамках ФГОС одной из задач учителя является организация учебной деятельности. Перед каждым учителем в течение всей его педагогической деятельности стоит вопрос: как заинтересовать обучающегося? Учитель физики 21 века использует различные новшества, внедряет в свою работу разнообразные технологии. К ним так же относится использование рабочих листов на занятиях. Рабочий лист - разработанный учителем, содержащий задания с пояснениями того или иного тематического блока или урока в целом. Его можно применять как для классной и лабораторной, так и для домашней работы. Благодаря увлекательной подаче информации, рабочие листы полюбились ученикам [1-3]. На уроке физики их использование позволяет учащимся максимально погрузиться в процесс обучения. Так же работа с листами может быть и не просто индивидуальной, но и групповой работой, что немало важно для социализации информирования коммуникативных навыков учащихся.

В заключении необходимо подчеркнуть, что внедрение в учебный процесс использования рабочих листов возможно на всех этапах обучения: ознакомление, тренировка, применение, контроль. Но использование подобных приемов позволяет не только многократно повысить эффективность обучения, но и стимулировать учащихся к дальнейшему самостоятельному изучению физики.

Литература

1. Рабочий лист, как способ организации учебного процесса – Режим доступа: URL: <https://infourok.ru/rabochij-list-kak-sposob-organizacii-uchebnogo-processa-6201361.html?ysclid=le2pc53l6p993980165>.

2. Рымонина Н.А. Рабочий лист по литературе как средство реализации личностно-деятельностного подхода в обучении студентов // Учительский журнал, 2022. URL: <https://www.teacherjournal.ru/categories/15/articles/1335>.

3. Усманова, Р.Р., Ахтарьянова, Г.Ф. Рабочий лист как средство организации познавательной деятельности на занятиях по физике / актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 81-й международной научно-технической конференции. — 2023. — № . — С. 314.

© Усманова Р.Р., 2023 г.

В своем докладе мы продолжаем обзор трудных мест курса общей физики [1-3]. Недоумение по поводу названия развеется, если учесть, что автор преподает механику – первый раздел общей физики. И ему, как и многим его коллегам, приходится на своих занятиях уделять много внимания именно математике. Хочешь не хочешь, но первое знакомство с интегралами, векторным произведением и самыми простыми методами решения дифуров у большинства первокурсников происходит не на занятиях по математике, а на лекциях и семинарах по механике!

И здесь хотелось бы отметить два момента, которые могут быть полезны моим коллегам, ведущим занятия у новоиспеченных студентов. Во-первых, надо стараться, где возможно, использовать для задания математических величин физические понятия и аналогии. Например, при введении понятия векторного произведения векторов мною используется близкое каждому со школьного курса правило буравчика (правого винта). А именно: направление вектора векторного произведения совпадает с направлением смещения буравчика при его вращении от первого вектора ко второму по кратчайшему пути. Разумеется, потом дается и классическое определение аналитической геометрии через правую тройку векторов. Но зато у студента появляется выбор, что использовать в качестве определения. Второй момент связан со строгостью изложения математики. Мне, как теоретику, приходится «наступать на горло собственной песне», но я стараюсь себя сдерживать, ограничиваясь порой лишь «физическим» уровнем строгости.

Литература

1. Абдуллин А.У. О спиралях в теории дифракции. // Тезисы докладов XIII Международной школы-конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых «Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании», Уфа, 2022. С.216.
2. Абдуллин А.У. Всего лишь кинематика. // Тезисы докладов XII Международной школы-конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых «Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании», Уфа, 2021. С.253.
3. Абдуллин А.У. О СТО. // Сборник материалов VI Всероссийской научно-методической конференции «Проблемы современного физического образования». Уфа, 2021. С.42-43.

ОБ ОДНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ В ПРЕПОДАВАНИИ КУРСА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Абдуллин А.У., Акманова Г.Р.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

Перейдем от общего [1-3] к частному. В перечне компетенций стандарта ФГОСЗ++ для направления «Физика» есть ОПК-1 «Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности». Где-то она даже усилена способностью применяться «в сфере педагогической деятельности». Для этого нужно не просто хорошо владеть предметом, а владеть «хорошо в квадрате», да и еще обладать особыми навыками!

Предметники на первых курсах воспринимают освоение указанной компетенции как бы в двух ипостасях: с одной стороны, нужно «впихнуть» в студента определенный объем знаний, а с другой – научить применять их в профессиональной деятельности. И эти «две стороны медали» порой непросто сочетать! Чтобы студент воспринял как можно больший объем информации, ее нужно четко структурировать, адаптировать к уровню каждого студента, другими словами, «разжевать». Напротив, для развития навыков применения, например, для решения задач, стоит ограничиться только общими шаблонами, давая возможность студенту проявить инициативу. Он должен научиться самостоятельно отбирать необходимые инструменты из курса как общей физики, так и математики. А это предполагает определенную поисковую и творческую работу. К сожалению, в связи с падением уровня знаний поступающих абитуриентов и увеличением доли иностранных граждан первая «ипостась» все более и более преобладает над второй.

Литература

1. Абдуллин А.У., Акманова Г.Р. От компетенций – вперед к прошлому? //Тезисы докладов XIII Международной школы-конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых «Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании», Уфа, 2022. С.217.

2. Абдуллин А.У., Акманова Г.Р. На злобу дня. РПД и ФГОС – насколько они связаны? // Тезисы докладов XII Международной школы-конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых «Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании», Уфа, 2021. С.252.

3. Абдуллин А.У., Акманова Г.Р. О переходе на ФГОСЗ++. // Тезисы докладов VI Всероссийской научно-методической конференции «Проблемы современного физического образования». Уфа, 2021. С.300-302.

© Абдуллин А.У., Акманова Г.Р., 2023 г.

УДК 372.853.

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В ШКОЛЕ

Заикина С.А., Косарев Н.Ф.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Одной из главных задач современного образования является обеспечение обучающихся всем необходимым для их дальнейшей социализации и развития склонности к самообразованию.

В школе физику начинают изучать в среднем звене. Задача сознания и формирования интереса к предмету очень важна: необходимо использовать примеры из жизненного опыта учащихся, природы, мира животных и растений. В методах преподавания демонстрационный лабораторный эксперимент является мощным средством создания интереса к предмету. Рекомендуется проводить самостоятельные экспериментальные работы учеников, экспериментальные задачи. Для повышения интереса к уроку, а также в связи с особенностями внимания детей этого возраста, рекомендуется разнообразить методики и методы проведения урока, менять их 2–3 раза во время урока: можно чередовать опрос, объяснение, демонстрационный эксперимент, решение проблем, работу с дидактическими материалами и т.д. Важно и отделить технику обучения; таким образом, при решении задач в физике необходимо выбирать не только обычные задачи расчета, но и качественные задачи. Особый интерес для учеников этого возраста представляют экспериментальные задачи, задачи по чертежам, а чтобы его усилить, можно добавить использование смартфонов во время проведения лабораторных работ. Например, таймер, секундомер, фонарик, шумомер, уровень, линейка, транспортир, барометр и множество других приложений.

В старших классах преобладает форма проведения урока-лекции. Внимание учащихся в этом возрасте более сфокусировано, что позволяет осуществить усилить возможности абстрактного мышления. Характерно повышение сложности лабораторной работы - они являются небольшими исследованиями, которые требуют знания всего раздела или темы предмета, комбинированных расчетов.

Литература

1. Frolova M.S. // International Journal of Humanities and Natural Sciences, 2022, v. 5-1(68), pp. 276-280.
2. Raimbekova H.K. // Экономика и социум, 2018, №10(53), с. 70-72.

© Заикина С.А., Косарев Н.Ф., 2023 г.

**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ СВЯЗИ НА УРОКАХ ФИЗИКИ В
СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ**Северцов С.А.¹, Фатыхов М.А.²,¹МГУ им.М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия²БГПУ им. М.Акмуллы, г. Уфа, Россия

Переход к новому ФГОС предполагает более обширное освещение межпредметных связей на уроках. Идея междисциплинарности является одним из основных дидактических принципов. Разобщенность учебных дисциплин является причиной неправильной, некорректной, неполной картины мира и понимания устройства многих важных вещей. Поэтому разработка методических основ применения междисциплинарных связей школьного курса физики с другими дисциплинами является чрезвычайно актуальной в современном образовании [2]. Курс физики в школе очень важен для естественнонаучных дисциплин, потому что физические явления и закономерности являются основой химии, биологии, географии и астрономии. Существует несколько способов осуществления межпредметных связей, таких как: интегрированные уроки, исторические вставки, задачи с историческим содержанием и других [1].

Междисциплинарные связи - это некоторое отображение межнаучных связей в учебном процессе. Выделим более общие направления межнаучного взаимодействия: 1. Комплексное изучение различными предметами и науками одного объекта. 2. Использование методов одного предмета для изучения объектов в близких предметах. 3. Использование различными науками одних теорий и законов для изучения различных объектов.

Литература

1. Дорофеев, А. В. Реализация межпредметных связей в школьном курсе математики / А. В. Дорофеев, С. А. Северцов // Современные физика, математика, цифровые и нанотехнологии в науке и образовании : Материалы I Всероссийской молодежной школы-конференции, посвященной 100-летию со дня рождения А.Д. Сахарова, Уфа, 25–27 апреля 2022 года. – Уфа: Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, 2022. – С. 42-46.

2. Фатыхов, М. А. Реализация принципов практико-ориентированного подхода обучения физике / М. А. Фатыхов // Традиции и инновации в национальных системах образования: Материалы Национальной научно-практической конференции 21-22 ноября 2019 г., Уфа, 21–22 ноября 2019 года. – Уфа: Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, 2019

© Северцов С.А., Фатыхов М.А., 2023 г.

ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ СРЕДСТВАМИ ЦИФРОВЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

Арисова Ю.Ю., Косарев Н.Ф.

Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акумуллы, г.Уфа, Россия

Эксперимент на занятиях по физике позволяет решать разнообразные задачи. Одним из путей осуществления связи теории с практикой является решение экспериментальных задач и выполнение экспериментальных заданий.

Экспериментальная задача подразумевает использование полученных в ходе измерений данных для нахождения других величин косвенным путем. Основным признаком экспериментальной задачи является не просто наличие эксперимента, проделанного в связи с ее решением, а невозможность постановки задачи и осуществления ее решения без эксперимента.

В современное оборудование кабинета физики включены цифровые датчики, используемые в цифровых лабораториях. Цифровые лаборатории – это инновационное учебное оборудование для проведения большого количества демонстраций, исследований, опытов и лабораторных работ.

Опыт работы показывает, что использование цифровой лаборатории при постановке экспериментальных задач позволяет: сократить время выполнения экспериментальных работ, повышает качество измерений, избавляет учителей и учащихся от рутинной работы построения графиков по точкам и тем самым способствует повышению эффективности обучения.

Пример экспериментальной задачи с использованием цифровой лаборатории: емкость в цепи постоянного тока.

Оборудование: источник тока; конденсатор; резистор; датчик напряжения; соединительные провода.

1. Соберем установку;
2. Снимем показания датчика;
3. Формулируем задачи:
 - а) Определить заряд конденсатора после полной зарядки.
 - б) Определить работу сторонних сил.
 - в) Определить количество теплоты, выделяющееся в резисторе при зарядке конденсатора.

**СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
В ПОПУЛЯЦИОННОЙ И МЕДИЦИНСКОЙ ГЕНЕТИКЕ»**

УДК 616.3

**ИЗУЧЕНИЕ РОЛИ ПОЛИМОРФНЫХ ВАРИАНТОВ ГЕНА *MTHFR*
В РАЗВИТИИ ЖЕЛЧНОКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ**

Федорова Ю.Ю.¹, Григорьева А.А.¹, Нургалиева А.Х.¹, Прокофьева Д.С.¹,
Псянчина Р.М.², Кучина Е.С.², Мурзина Р.Р.², Хуснутдинова Э.К.^{1,2}

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа, Россия

Желчнокаменная болезнь (ЖКБ) относится к заболеваниям гепатобилиарной системы, вызванной нарушениями обмена веществ, в частности билирубина и холестерина, для которого характерно образование камней в желчных протоках и в желчном пузыре. Статистические исследования показывают, что желчнокаменная болезнь выявляется у каждой пятой женщины и у каждого десятого мужчины. Целью работы явилось исследование ассоциации полиморфных вариантов гена метилентетрагидрофолатредуктазы *MTHFR* (rs1801133 (C677T), rs1801131 (A1298C)) в развитии ЖКБ. В качестве материала исследования использованы образцы ДНК 196 пациентов с ЖКБ и образцы ДНК 274 индивидов контрольной группы в возрасте 23-87 лет, проживающих в Республике Башкортостан. Генотипирование выполнено с помощью метода ПЦР в режиме реального времени. Установлено, что аллель rs1801133**T* и генотип rs1801133**TT* гена *MTHFR* являются маркерами повышенного риска развития ЖКБ в основной группе и у лиц мужского пола. Установлена ассоциация генотипа rs1801133**TT* полиморфного варианта rs1801133 гена *MTHFR* со средней степенью тяжести ЖКБ. Обнаружена ассоциация генотипа rs1801133**TT* полиморфного варианта rs1801133 гена *MTHFR* с наследственной отягощённостью у больных ЖКБ. Сравнительный анализ частот аллелей и генотипов полиморфного локуса rs1801131 (A1298C) гена *MTHFR* между больными ЖКБ и здоровыми индивидами не выявил статистически значимых различий ($p > 0,05$).

Работа выполнена при финансовой поддержке «Государственное задание Министерства науки и высшего образования РФ №075-03-2021-193/5»

© Федорова Ю.Ю., Григорьева А.А.,
Нургалиева А.Х., Прокофьева Д.С., Псянчина Р.М.,
Кучина Е.С., Мурзина Р.Р., Хуснутдинова Э.К., 2023 г.

**ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ АЛЛЕЛЯ HLA-B*27 В ПОПУЛЯЦИИ
БАЛКАРЦЕВ**

Киль Е.Е.¹, Куряев Б.Р.¹, Джаубермезов М.А.^{1,2}, Екомасова Н.В.^{1,2},
Хуснутдинова Э.К.^{1,2}

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Ведущая роль в регуляции иммунного ответа принадлежит генам главного комплекса гистосовместимости (major histocompatibility complex — МНС), к которому относится система HLA (human leukocyte antigens). Эти гены расположены на участке короткого плеча 6-й аутосомной хромосомы. Наличие аллели *HLA-B*27* связано с развитием семейства воспалительных ревматологических состояний, известных под общим названием спондилоартрит.

Материалом для исследования служили образцы ДНК (N=141) субэтнических групп балкарцев выделенные из цельной крови неродственных индивидов. Забор крови осуществлялся после подписания информированного согласия на участие в научном исследовании достигнувших 18-летнего возраста и заполнивших анкеты с указанием предков до третьего поколения.

Выделение ДНК из периферической крови проводилось стандартным методом фенол-хлороформной экстракции. Генотипирование проводили методом ПЦР в режиме реального времени с использованием наборов фирмы «Вектор-Бест».

Установлено, что аллель *HLA-B*27* наблюдается у 5,7% проанализированных образцов, что примерно соответствует наблюдаемой частоте носительства данной аллели в популяциях Европы и Центральной Азии. Особый интерес вызвало то, что 5 из 8 индивидов, определенных как носители аллеля *HLA-B*27*, являются представителями субэтнической группы чегем.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-03-2021-193/5.

Литература

1. Khan, M.A. // Curr. Rheumatol Rep., 2013, v 15(10), p.362

© Киль Е.Е., Куряев Б.Р., Джаубермезов М.А.,
Екомасова Н.В., Хуснутдинова Э.К., 2023 г.

УДК 577.29

ВКЛАД ПОЛИМОРФНЫХ ЛОКУСОВ *rs6999647* И *rs2010963* ГЕНА *VEGFA* В ПАТОГЕНЕЗ РАКА ЯИЧНИКОВ

Сагитова А.В.¹, Прокофьева Д.С.¹, Мингажева Э.Т.¹, Федорова Ю.Ю.¹,
Нургалиева А.Х.¹, Екомасова Н.В.¹, Фаисханова Р.Р.²,
Хуснутдинова Э.К.^{1,3}

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²Республиканский клинический онкологический диспансер,
г. Уфа, Россия

³Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра
Российской академии наук, г. Уфа, Россия

Рак яичников (РЯ) – злокачественное новообразование женской репродуктивной системы, является актуальной социально-медицинской проблемой современного общества, из-за высокой заболеваемости и смертности. Одним из генов кандидатов является *VEGFA*. Повышение экспрессии *VEGFA* играет важную роль в онкогенезе и прогрессировании рака яичников. Цель работы — анализ роли полиморфных локусов *rs699947* и *rs2010963* гена *VEGFA* в патогенезе РЯ у женщин из Республики Башкортостан. В качестве материала исследования были использованы образцы ДНК, выделенные из венозной крови больных наследственными формами РЯ (n=56), больных спорадическими формами РЯ (n=171) и женщин без онкологических заболеваний на момент забора крови (n=194). Генотипирование проводилось методом Real-time PCR. При сравнении групп больных спорадическим РЯ, наследственным РЯ и условно здоровых женщин согласно этнической принадлежности и в общей выборке, а также при разделении пациенток на подгруппы согласно менопаузальному статусу, степени злокачественности, распространению метастазов и поражению лимфатических узлов не было обнаружено достоверных различий между исследованными выборками. Таким образом, полиморфные варианты *rs699947* и *rs2010963* гена *VEGFA* не ассоциированы с риском развития и тяжестью течения рака яичников. Для подтверждения полученных результатов необходимы репликативные исследования на расширенных выборках.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (№075-03-2021-193/5) и гранта Президента РФ (соглашение № 75-15-2023-329 от 22.02.23 г.).

© Сагитова А.В., Прокофьева Д.С.,
Мингажева Э.Т., Федорова Ю.Ю., Нургалиева А.Х.,
Екомасова Н.В., Фаисханова Р.Р., Хуснутдинова Э.К., 2023 г.

УДК 575.174:599.9

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЛИМОРФНЫХ ВАРИАНТОВ rs11385942 ГЕНА *LZTFL1* И rs657152 ГЕНА *ABO* В ПОПУЛЯЦИЯХ БАЛКАРЦЕВ И ОСЕТИН

Карабатова В.В.¹, Джаубермезов М.А.^{1,2},
Екомасова Н.В.^{1,2}, Хуснутдинова Э.К.^{1,2}

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Согласно официальным данным Всемирной организации здравоохранения, с начала пандемии COVID-19 умерло более 6 миллионов человек. Исследование геномных ассоциаций (GWAS), проведенное на пациентах из Италии и Испании, выявило два генетических региона, ассоциированных с тяжелым течением COVID-19. Первый регион, rs11385942 гена *LZTFL1*, расположен на 3-й хромосоме. Второй регион, rs657152, находится на 9-й хромосоме и ассоциирован с группой крови по системе *ABO* (D. Ellinghaus et al., 2020). Данные о распределении клинически значимых генетических маркеров в разных популяциях будут полезны при создании персонализированных подходов к клиническому ведению COVID-19.

Было проведено генотипирование 233 образцов из популяций балкарцев (130) и осетин (93), населяющих горные и предгорные области центральной части Северного Кавказа. Выявлено, что частота аллеля GA rs11385942 гена *LZTFL1* в популяции балкарцев составляет 6,7%, генотипа GA/GA – 1,5%. В популяции осетин аллель GA выявлен с частотой 5,4%, в то время как генотип GA/GA не был обнаружен. Установлено, что частота аллеля A rs657152 гена *ABO* в популяции балкарцев составляет 38,8%, генотипа A/A – 17,7%. В популяции осетин аллель A выявлен с частотой 50,6%, в то время как генотип A/A составил 23,8%. В изученных популяциях аллель GA гена *LZTFL1* встречается с частотами, характерными для европейских популяций, Ближнего Востока и Центральной Азии. Аллель A гена *ABO* встречается с частотами, характерными для популяций Евразийского материка.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-03-2021-193/5.

Литература

1. D. Ellinghaus et al. // N Engl J Med., 2020, NEJMoa2020283.

© Карабатова В.В., Джаубермезов М.А.,
Екомасова Н.В., Хуснутдинова Э.К., 2023 г.

УДК 575.174:599.9

АНАЛИЗ ДРЕВНЕЙ ДНК АЛАНСКОГО ПЕРИОДА С ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Джаубермезов М.А.^{1,2}, Габидуллина Л.Р.¹, Екомасова Н.В.^{1,2},
Атабиев Б.Х.³, Хуснутдинова Э.К.^{1,2}

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

³Институт археологии Кавказа, г. Нальчик, Россия

Процесс формирования современной генетической картины Кавказа остается не до конца изученным, в особенности в период Средневековья. Генетическое родство аланов раннего Средневековья с современным населением Кавказа изучено только для 6 образцов аланской культуры, что не позволяет определить всю генетическую картину данного населения [1].

Материалом для исследования послужил палеоматериал в виде зубов 10 индивидуумов из могильников Кудахурт и Зарагж (Кабардино-Балкарская республика), принадлежащих аланскому периоду III-VII веков н.э. Для подтверждения датировки образцов был проведен радиоуглеродный для 4 из 10 изученных образцов.

В исследовании было проведено полногеномное секвенирование с низкой глубиной охвата, покрытие составило 0,005-0,178X, и содержание эндогенной ДНК 10,9-71,6%. По результатам генетического определения пола было выявлено 1 женский и 9 мужских индивидов. Разнообразие гаплогрупп Y-хромосомы представлено в основном линиями гаплогрупп R1a, R1b и J1, что свидетельствует о схожем паттерне распределения с современными популяциями Северного Кавказа. Разнообразие гаплогрупп митохондриальной ДНК в изученных образцах показывает их гетерогенность и характеризуется наличием таких гаплогрупп как: C4, K1, T2, U1, U7, H, HV, X2. Предварительный анализ позволяет сделать предположение о формировании населения аланского периода, при значительном участии автохтонных популяций Северного Кавказа.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ №22-24-00681 «Генетическая структура народов Северного Кавказа с III века и до наших дней».

Литература

1. Damgaard, P.d.B., Marchi, N., Rasmussen, S. et al. // Nature, 2018, v 557, pp. 369–374.

© Джаубермезов М.А., Габидуллина Л.Р.,
Екомасова Н.В., Атабиев Б.Х, Хуснутдинова Э.К., 2023 г.

УДК 577.29

ВКЛАД ПОЛИМОРФНОГО ЛОКУСА rs3025039 ГЕНА VEGF В ПАТОГЕНЕЗ РАКА ЯИЧНИКОВ

Андреева Е.А.^{1,5}, Прокофьева Д.С.¹, Мингажева Э.Т.¹, Федорова Ю.Ю.¹,
Екомасова Н.В.¹, Фаисханова Р.Р.², Сакаева Д.Д.³, Хуснутдинова Э.К.^{1,3,4}

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²Республиканский клинический онкологический диспансер, г.Уфа, Россия

³Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа, Россия

⁴Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра
Российской академии наук, г. Уфа, Россия

⁵Уральский медицинский колледж, г. Челябинск, Россия

Фактор роста эндотелия сосудов (*VEGF*) играет ключевую роль в неоангиогенезе при развитии большинства злокачественных опухолей, включая рак яичников (РЯ). Часто его экспрессия коррелирует с прогрессированием и стадией опухоли [1]. **Цель исследования** – поиск ассоциации полиморфного локуса rs3025039/*VEGF* с риском развития рака яичников. Генотипирование проводили методом ПЦР Real Time. Относительный риск развития заболевания оценивали с помощью показателя odds ratio (OR) с указанием 95% доверительного интервала (95%, CI). При статистическом критерии $p < 0.05$ различия оценивались как значимые. Распределение частот генотипов в выборках пациентов и контроля согласовывается с равновесием Харди-Вайнберга. В результате сравнительного анализа частот аллелей и генотипов полиморфного локуса rs3025039 гена *VEGF* в выборке больных РЯ ($n=200$) и здоровых индивидов ($n=223$) не было выявлено статистически значимых различий между исследуемыми группами ($p > 0.05$). Таким образом, полиморфный локус rs3025039 гена *VEGF* не ассоциирован с риском развития рака яичников у женщин Республики Башкортостан.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (№075-03-2021-193/5) и гранта Президента РФ (соглашение № 75-15-2023-329 от 22.02.23 г.).

Литература

1. VEGFA vascular endothelial growth factor A [Homo sapiens (human)] [Электронный ресурс] [дата обращения 24.09.2023]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene/7422>

© Андреева Е.А., Прокофьева Д.С.,
Мингажева Э.Т., Федорова Ю.Ю., Екомасова Н.В.,
Фаисханова Р.Р., Сакаева Д.Д., Хуснутдинова Э.К., 2023 г.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ
ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МУТАЦИЙ И ОЦЕНКИ ИХ
ВЛИЯНИЯ НА ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС И
РАСПРОСТРАНЕНИЕ НАСЛЕДСТВЕННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ В
РАЗЛИЧНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ**

Ковалева К.С., Нестеров С.В., Ознобихина Ю.Д.
Уральский государственный экономический университет,
г. Екатеринбург, Россия

Использование различных математических алгоритмов может помочь в выявлении генетических мутаций, а также последующей оценке их влияния на эволюционный процесс и распространение наследственных заболеваний.

В свою очередь генетические мутации – это изменения в генетическом коде, которые могут приводить к нарушению функционирования организма и возникновению наследственных заболеваний. В случае генетических мутаций важно ее раннее выявление и определения уровня угрозы с точки зрения распространение наследственных заболеваний в различных популяциях. Для этих целей используются различные методы, включая математические алгоритмы.

Существуют два фундаментальных метода для выявления мутаций. Анализ частоты аллелей считается один из самых простых и эффективных. Аллель – это одна из двух или более форм гена, которые могут наследоваться от родителей. Присутствие различных мутаций нередко влечет за собой изменение частоты аллелей в популяции. В том случае, если в течение наблюдения было выявлено, что определенный аллель начинает появляться или исчезать в больших масштабах, это вполне может свидетельствовать о наличии мутации. Не менее эффективным может быть использование математических моделей с целью описания эволюционных процессов и прогнозирования распространения наследственных заболеваний в популяциях. Самая популярная из них – это модель Харди-Вайнберга, используемая для оценки частоты генов.

Отметим, что использование математических алгоритмов для выявления генетических мутаций и оценки их влияния на эволюционный процесс и распространение наследственных заболеваний в различных популяциях является неотъемлемым инструментом современной генетики. Такие методы позволяют более точно определить механизмы возникновения и распространения наследственных заболеваний, а также своевременно разработать более эффективные стратегии их лечения и профилактики.

© Ковалева К.С., Нестеров С.В., Ознобихина Ю.Д., 2023 г.

УДК 616-006:575.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ВСТРЕЧАЕМОСТИ МУТАЦИЙ В ГЕНАХ *BRCA1*, *BRCA2* И *BRAF* У БОЛЬНЫХ РАКОМ ЖЕЛУДКА

Нургалиева А.Х.¹, Курмаева К.Р.¹, Петрова С.Г.¹, Прокофьева Д.С.¹,
Рахимов Р.Р.², Сакаева Д.Д.³, Абдеев Р.Р.², Хуснутдинова Э.К.^{1,3}

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²Республиканский клинический онкологический диспансер МЗ РБ,
г. Уфа, Россия

³Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа, Россия

Рак желудка (РЖ) является одним из тяжелейших заболеваний, занимающее лидирующие позиции среди причин смерти от ЗНО в мире.

Материалом для исследования послужили образцы ДНК больных РЖ (N=400) и здоровых доноров (N=400), проживающих в РБ. Проведен поиск мутаций методом ПЦП в режиме реального времени в генах: *BRCA1* (с.68_69delAG, с.4035delA, с.5266dupC, с.3700_3704delGТААА, с.3756_3759delGTCT, с.181T>G, с.1961delA); *BRCA2* (с.5946delT). При скрининге генетических вариантов в гене *BRCA1* у больных раком желудка из Республики Башкортостан выявлена Всего выявлены 7 носителей мутаций в гетерозиготном состоянии: 2 пациента башкирской и татарской этнической принадлежности имеют герминальную мутацию- с.5266dupC в гене *BRCA1*, 1 женщина татарка имеет с.3756_3759delGTCT в гене *BRCA1*. Проведен поиск мутаций гена *BRAF* у больных раком желудка из Республики Башкортостан. Мутация rs113488022 (V600E, с.1799T>A) гена *BRAF* обнаружена у одного пациента с умеренно-дифференцированной аденокарциномой желудка русской этнической принадлежности (0,68%). У индивидов контрольной группы мутации rs113488022 (V600E, с.1799T>A) гена *BRAF* не выявлено.

Работа выполнена при поддержке: Государственное задание Минобрнауки России (№ 075-03-2021-193 / 5), Соглашение Министерства науки и образования Республики Башкортостан № 1 от «14» августа 2023 тема №031-БФ-ГМ-ГБ-23.

Литература

1. Maccaroni, E., Giampieri, R., Lenci, E., et al. BRCA mutations and gastrointestinal cancers: When to expect the unexpected?. // World journal of clinical oncology, 2021, v. 12(7), p.565.

© Нургалиева А.Х., Курмаева К.Р.,
Петрова С.Г., Прокофьева Д.С., Рахимов Р.Р.,
Сакаева Д.Д., Абдеев Р.Р., Хуснутдинова Э.К., 2023 г.

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЛИМОРФНОГО ВАРИАНТА rs2252639 ГЕНА *IFNAR2* В ПОПУЛЯЦИЯХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Екомасова Н.В.^{1,2}, Джаубермезов М.А.^{1,2}, Суфьянова З.Р.¹,
Габидуллина Л.Р.¹, Казанцева А.В.^{1,2}, Хуснутдинова Э.К.^{1,2}

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Интерфероны являются каноническими медиаторами передачи противовирусных сигналов в организме хозяина и стимулируют высвобождение важных компонентов раннего ответа хозяина на вирусную инфекцию. Было показано, что повышенная экспрессия субъединицы рецептора интерферона *IFNAR2* снижала вероятность тяжелой формы COVID-19, что свидетельствует о протективной роли *IFNAR2* при COVID-19. Мутации, приводящие к потере функциональности *IFNAR2* связаны с тяжелой формой COVID-19 и многими другими вирусными заболеваниями. В рамках настоящего исследования было проанализировано распределение аллелей и генотипов варианта rs2252639 гена *IFNAR2*. С наибольшими частотами генотип GG встречается в популяциях мегрелов (29,6%), чамалинцев (28,6%), караногайцев (28,6%), балкарцев (24,2%), даргинцы (22,6%), казанских татар (21,8%). С наименьшими частотами генотип GG встречается в популяциях черкесов (8%), осетин (7,8%), табасаран (7,7%), и багаулинцев (6,7%) (табл.3). Частота рискового аллеля А выше 50% только в двух исследованных популяциях: в популяции караногайцев (57,8%) и в популяции чамалинцев (52,9%). Самые низкие частоты аллеля А были обнаружены в популяции черкесов (29%), багаулинцев (30%), бесермян (31,3%), удмуртов (31,3%) адыгейцев (31,7%) и чувашей (31,9%). Статистически значимые различия были нами выявлены между популяцией караногайцев и всеми исследованными популяциями за исключением архангельских башкир, аварцев, балкарцев, даргинцев, мегрелов и чамалинцев. Также были выявлены статистически значимые различия между популяциями мегрелов и чамалинцев и популяциями пермских башкир, бесермян, удмуртов, чувашей, адыгейцев, багаулинцев, кабардинцев, осетин и черкесов

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-74-00104, при поддержке «Государственное задание Министерства науки и высшего образования РФ №075-03-2021-193/5» и гранта Министерства образования и науки Республики Башкортостан Соглашение №1 от 15.08.2023.

© Екомасова Н.В., Джаубермезов М.А., Суфьянова З.Р.,
Габидуллина Л.Р., Казанцева А.В., Хуснутдинова Э.К., 2023 г.

УДК 517.9, 519.633

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МУТАЦИЙ ГЕНОВ *BRCA1* И *BRCA2* В ПОПУЛЯЦИЯХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Екомасова Н.В.^{1,2}, Джаубермезов М.А.^{1,2}, Суфьянова З.Р.¹,
Сахабутдинова Д.Р.¹, Габидуллина Л.Р.¹, Нургалиева А.Х.¹,

Прокофьева Д.С.¹, Хуснутдинова Э.К.^{1,2}

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Значительным шагом в понимании наследственных основ рака, было выявление генов *BRCA1* и *BRCA2*, мутации в которых связывают с высоким риском развития опухолей как молочной железы, так и яичников. Было показано, что нарушения механизмов репарационных процессов поврежденной ДНК и поддержания стабильности генома вовлечены в патогенез онкологических заболеваний. В целом, BRCA-ассоциированный рак яичников рассматривается как отдельный подтип, в рамках которого выделяется особый набор характеристик, который называют фенотип «BRCAness». С появлением возможности проводить ранний скрининг мутаций у лиц с отягощенным онкологическим анамнезом появилась возможность выявлять предрак и ранний рак, что безусловно позволит проводить профилактические и лечебные мероприятия по отношению к людям, находящимся в группе риска. Выявление наиболее распространенных мутаций для региона позволит сократить список мутаций, на которые необходимо тестировать и ускорит поиск генетической основы заболевания. Нами для анализа были отобраны следующие мутации *BRCA1* 4153delA, *BRCA1* 2080delA (insA), *BRCA1* 5382insC и *BRCA2* 6174delT. В работе были использованы образцы ДНК более 1000 человек из 20 популяций и субпопуляций Северной Евразии, собранных в период с 2002 по 2020 г. и включающих в себя народы Сибири, Кавказа, Средней Азии и Волго-Уральского региона. Мутации *BRCA1* 4153delA, *BRCA1* 2080delA (insA), *BRCA1* 5382insC и *BRCA2* 6174delT среди исследованных нами популяций не были выявлены не в гетерозиготном не в гомозиготном состоянии.

Исследование выполнено за счет стипендии Президента РФ, при поддержке «Государственное задание Министерства науки и высшего образования РФ №075-03-2021-193/5» и гранта Министерства образования и науки Республики Башкортостан Соглашение №1 от 15.08.2023.

© Екомасова Н.В., Джаубермезов М.А.,
Суфьянова З.Р., Сахабутдинова Д.Р., Габидуллина Л.Р.,
Нургалиева А.Х., Прокофьева Д.С., Хуснутдинова Э.К., 2023 г.

УДК 517.9, 519.633

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МТДНК В КАЧЕСТВЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ РАКА ЖЕЛУДКА

Екомасова Н.В.^{1,2}, Джаубермезов М.А.^{1,2}, Суфьянова З.Р.¹,
Сахабутдинова Д.Р.¹, Габидуллина Л.Р.¹, Нургалиева А.Х.¹,
Прокофьева Д.С.¹, Хуснутдинова Э.К.^{1,2}

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Рак желудка (РЖ) входит в число лидирующих причин смерти от онкологических заболеваний в мире (<http://globocan.iarc.fr>). В Российской Федерации рак данной локализации занимает шестое место среди всех злокачественных опухолей по заболеваемости и второе – по смертности. В России ежегодно диагностируют более 35 000 случаев РЖ, при котором пятилетняя выживаемость в среднем составляет не более 25%. Несмотря на то, что на сегодняшний день исследования по изучению генетических основ РЖ активно ведутся, остается еще множество не изученных аспектов. Далеко не все события, происходящие при канцерогенезе, можно объяснить генетическими нарушениями в тех или иных генах ядерной ДНК. Одним из перспективных является исследование митохондриальной дисфункции как следствия изменений энергетического метаболизма, являющихся одним из признаков малигнизации. Ранее целый ряд исследований показали вовлеченность мтДНК в патогенез рака желудка, а также влияние отдельных маркеров на диагностику и прогноз течения рака желудка. Определения гаплогрупп мтДНК является актуальным направлением исследования, поскольку ранее было показано наличие ассоциации гаплогрупп мтДНК с раком желудка. Полное секвенирование мтДНК в опухолевой и прилегающей нормальной ткани позволит выявить наиболее часто подвергающиеся мутациям регионы мтДНК. Таким образом, структурные изменения мтДНК могут быть ценным диагностическим и прогностическим маркером для пациентов с прогрессирующим раком желудка. Поиск стратегий предотвращения изменений мтДНК и ингибирования митохондриальной ретроградной передачи сигналов может способствовать разработке новых методов лечения злокачественных новообразований желудочно-кишечного тракта

Работа выполнена при поддержке гранта Республики Башкортостан молодым ученым Соглашение №1 от 14.08.2023 и Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ №075-03-2021-193/5.

© Екомасова Н.В., Джаубермезов М.А., Суфьянова З.Р., Габидуллина Л.Р.,
Нургалиева А.Х., Прокофьева Д.С., Хуснутдинова Э.К., 2023 г.

УДК 575.1

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЛИМОРФНОГО ВАРИАНТА RS2285666 ГЕНА ACE2 В ПОПУЛЯЦИИ УДМУРТОВ

Суфьянова З.Р.¹, Екомасова Н.В.^{1,2}, Джаубермезов М.А.^{1,2},
Бисамбаева А.В.¹, Байгильдина А.Ю.¹, Хуснутдинова Э.К.^{1,2}

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Новый коронавирус - SARS-CoV-2 впервые был обнаружен в конце 2019 года в городе Ухань (Китай) и вызвал вспышку нового коронавирусного заболевания (COVID-19), которое быстро распространилось по всему миру [2]. По эпидемиологическим данным заболеваемость и смертность от COVID-19 различаются как между отдельными людьми в популяции, так и между странами [1]. На данный момент накоплены данные о связи гена ACE2 с тяжелым течением COVID-19. Ген ACE2 (Хр22.2) кодирует ангиотензин-превращающий фермент 2. ACE2 также является функциональным клеточным рецептором для SARS-CoV и SARS-CoV-2. В нашем исследовании было проанализировано 81 образцов представителей популяции удмуртов. В результате исследования, было выявлено, что генотип С/С полиморфного варианта rs2285666 гена ACE2 в популяции удмуртов встречается с частотой 56,8%, генотип С/Т с частотой 23,4% и генотип Т/Т с частотой 19,8%. Частота аллеля С составила 68,5%, а частота аллеля Т равна 31,5%.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-74-00104, при поддержке «Государственное задание Министерства науки и высшего образования РФ №075-03-2021-193/5» и гранта Министерства образования и науки Республики Башкортостан Соглашение №1 от 15.08.2023.

Литература

1. Balanovsky O.P., Petrushenko V.V., Mirzaev K.B., et al. Variation of Genomic Sites Associated with Severe Covid-19 Across Populations: Global and National Patterns // *Pharmgenomics Pers Med.* - 2021. - V.14. - P. 1391-1402.
2. Zhu N., Zhang D., Wang W., et al. A novel corona-virus from patients with pneumonia in China // *N. Engl. J. Med.* - 2020. - V. 382. - P. 727- 733.

© Суфьянова З.Р., Екомасова Н.В.,
Джаубермезов М.А., Бисамбаева А.В.,
Байгильдина А.Ю., Хуснутдинова Э.К., 2023 г.

**МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ
МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ ПОПУЛЯЦИЙ КАВКАЗА К
УСЛОВИЯМ ВЫСОКОГОРЬЯ**

Ахмадуллина Г.А.¹, Нугуманов Ф.Ф.¹, Киль Е.Е.¹,
Джаубермезов М.А.^{1,2}, Екомасова Н.В.^{1,2}, Чагаров О.С.³,
Моллаев М.А.⁴, Габидуллина Л.Р.¹, Хуснутдинова Э.К.^{1,2}

¹Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

²Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

³Лаборатория контекстуальной антропологии ИА РАН, г. Москва, Россия

⁴ИП «Моллаев», г. Нальчик, Россия

Высокогорные территории являются экстремальными местами проживания из-за условий гипобарической гипоксии. Генетический вклад в формирование адаптации к высокогорным условиям проживания на Кавказе ранее не был исследован. Наиболее значимыми в данном контексте являются гены *EGLN1*, *EXOC8* и *SPRTN* (Foll et al., 2014).

Был собран биологический материал у сотрудников высокогорных поисково-спасательных отрядов МЧС России. Выделение ДНК из периферической крови проводилось стандартным методом фенол-хлороформной экстракции. Генотипирование проводили путем определения однонуклеотидных полиморфизмов методом KASP.

Установлено распределение частот аллелей и генотипов rs2064766 гена *EXOC8* в изученной выборке. Так, генотип GG встречается с частотой 17,65%, AA-38,24% и AG-44,12%. Частота минорного аллеля G составила 39,71%. В результате анализа rs2437150 гена *SPRTN* установлено, что генотип CC встречается у 19,44% исследованных образцов, TT-44,44% и частота генотипа CT составила 36,11% (T-62,5%; C-37,5%). По результатам анализа rs479200 гена *EGLN1* установлено, что частота генотипа GG составляет 2,78%, AA-66,67%, AG-30,56% (A-81,94%; G-18,06%).

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-03-2021-193/5.

Литература

1. Foll, M.1, Gaggiotti, O. E., Daub, J. T., Vatsiou, A., Excoffier, L. // *Am J Hum Genet.*, 2014, v 95(4), pp.394-407.

© Ахмадуллина Г.А., Нугуманов Ф.Ф., Киль Е.Е.,
Джаубермезов М.А., Екомасова Н.В., Чагаров О.С.,
Моллаев М.А., Габидуллина Л.Р., Хуснутдинова Э.К., 2023 г.

**ИЗОТОПНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПАЛЕОАНТРОПОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ
ИЗ ПОГРЕБАЛЬНЫХ ПАМЯТНИКОВ
АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ КУЛЬТУР РАННЕГО ЖЕЛЕЗНОГО ВЕКА
ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Чагаров О.С.¹, Слепцова А.В.²

¹Лаборатория контекстуальной антропологии ИА РАН, г. Москва, Россия

²Институт проблем освоения Севера – обособленное структурное подразделение ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень, Россия

Археологические исследования свидетельствуют о том, что хозяйство носителей саргатской культурно-исторической общности существовавшей на территории юга Западной Сибири в V в. до н.э. – III в. н.э., сочетало подвижное скотоводство с охотой и рыболовством [1].

Палеоантропологические объекты из погребальных памятников саргатской культурно-исторической общности (V в. до н.э. – III в. н.э.), были исследованы изотопными методами, с целью реконструкции системы питания и выявления мигрантных групп.

В анализ были включены данные об изотопных соотношениях в образцах коллагена костной ткани 23 индивидов и двух диких травоядных животных (*C. capreolus*). Разброс дельта углерода для большинства индивидов оказался нестабильным, значения колеблются в диапазоне от -17,04‰ до -24,07‰. Несмотря на то, что для большинства случаев индивидуальная изменчивость по данному показателю достаточно высока, необходимо отметить, что значения располагаются в зоне характерных для растений C-3 типа фотосинтеза.

Изменчивость дельта азота более устойчива и находится в диапазоне от 11,15 ‰ до 13,52 ‰. Разброс значений для $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ исследованных образцов коллагена свидетельствует о том, что: изученные индивиды и животные, последние десять лет своей жизни провели в гумидных ландшафтах; злаки культурных растений C-4 типа фотосинтеза в пищу не употребляли; крупных миграций в ареал исследуемых культур со стороны аридных зон не было; белковый компонент в формировании рациона питания играл преобладающую роль.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № АААА-А20-120121890022-2.

Литература

1. Корякова Л. Н. Ранний железный век Зауралья и Западной Сибири: (Саргатская культура). Свердловск: Издательство Уральского университета, 1988. - 239 с.

© Чагаров О.С., Слепцова А.В., 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И ТЕОРИЯ ФУНКЦИЙ»

- Рахимова А.И.** 3
ГИПЕРЦИКЛИЧЕСКИЕ ОПЕРАТОРЫ В $\mathcal{E}(\varphi)$
- Семенова Д.В., Абузязрова Н.Ф.** 4
ОБ АСИМПТОТИКЕ ОДНОГО ИНТЕГРАЛА

СЕКЦИЯ «ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ И СПЕКТРАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОПЕРАТОРОВ»

- Сираева Д.Т.** 5
ИНВАРИАНТНОЕ РЕШЕНИЕ С КОЛЛАПСОМ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ СО СПЕЦИАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЕМ СОСТОЯНИЯ ИЗ 1-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ 3-МЕРНОЙ ПОДАЛГЕБРЫ
- Kim D.I., Chepukhalin.S.A.** 6
QUASI-NORM GENERATED BY QUASITRACE OF AW*-ALGEBRA
- Зотова Е.И., Муртазина Р.Д., Васенина Н.А., Зеркина А.В., Черданцев И.Ю.** 7
ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЕ КОЛЬЦО ЛИ ЭВОЛЮЦИОННОГО УРАВНЕНИЯ
- Муртазина Р.Д., Макаров М.И., Васенина Н.А., Игнатъева Г.А.** 8
УРАВНЕНИЕ ЦИЦЕЙКИ ПРИ ВОСЬМИ ЛИНЕЙНО-НЕЗАВИСИМЫХ ВЕКТОРНЫХ ПОЛЯХ
- Егорова А.Ю.** 9
ЗАДАЧА КОШИ ДЛЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВТОРОГО ПОРЯДКА НА ПЛОСКОСТИ В АНИЗОТРОПНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ ЗИГМУНДА

СЕКЦИЯ «МЕХАНИКА»

- Никонорова Р.Ф.** 10
ИНВАРИАНТНЫЕ РЕШЕНИЯ НА ЧЕТЫРЕХМЕРНЫХ ПОДАЛГЕБРАХ, ДОПУСКАЕМЫХ УРАВНЕНИЯМИ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ С УРАВНЕНИЕМ СОСТОЯНИЯ ОДНОАТОМНОГО ГАЗА

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

- Попов Е.А.** 11
ШИФРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ AES-128 И
МАТРИЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

СЕКЦИЯ «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СТАТИСТИКА»

- Загиров И.И., Каримов Н.А., Павленко В.А., Филиппов Р.Г.** 12
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ОПИСЫВАЮЩАЯ ЗАКОН
ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ОТ ВРЕМЕНИ В ОДНОЙ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ

- Михайлин И.Л., Гильманов А.Я., Шевелёв А.П., Гуляев П.Н.,
Петухов А.С., Лагунов П.С., Лютоев П.А.** 13

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ПАРОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СКВАЖИНЫ ПУТЕМ
ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

- Ковальчук Т.Н., Гильманов А.Я., Шевелёв А.П.** 14
УЧЕТ ЕСТЕСТВЕННО КОНВЕКТИВНЫХ ПОТОКОВ ПРИ
ПАРОЦИКЛИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ В РАМКАХ
ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ

- Кириллова Е.А., Сафина Г.Ф.** 15
ПРЯМАЯ И ОБРАТНАЯ СПЕКТРАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПО
СВОБОДНЫМ КОЛЕБАНИЯМ ПОЛОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ
ОБОЛОЧКИ

- Коняев Ю.С., Сафина Г.Ф.** 16
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРУЖИННО-МАССОВОЙ МОДЕЛИ
РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

СЕКЦИЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА»

- Маликов Р.О., Бострем И.Г., Синицын Вл.Е.** 17
НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ДИСКРЕТНЫЕ БРИЗЕРЫ

- Шарипов Р.А.** 18
МОДЕЛЬ ВСЕЛЕННОЙ КАК 3D-БРАНЫ

- Баных П.А., Панов Ю.Д.** 19
ПРИБЛИЖЕНИЕ БЕТЕ НА ПРИМЕРЕ ДВУМЕРНОЙ МОДЕЛИ
ИЗИНГА

Кудрейко А.А.	20
ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОПТИЧЕСКИ АНИЗОТРОПНОЙ СРЕДЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАЩИТНЫХ ПЛЕНОК	
Бычков И.В., Кузьмин Д.А., Загребина М.А.	21
ВОЗБУЖДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛАЗМОН- ПОЛЯРИТОНОВ В НАНОРЕЗОНАТОРАХ ТОЧЕЧНЫМ ИСТОЧНИКОМ	
Сокол А.С., Матюнина М.В., Бучельников В.Д.	22
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ $Me_2FeNiSb_2$ ($Me = Ti, Zr, Hf$)	
Макаров Г.Н., Овчинников А.С.	23
КВАНТОВОЕ ОПИСАНИЕ ФОНОННЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ В МИКРОПОЛЯРНОЙ СРЕДЕ	
Загребин М.А., Бучельников В.Д.	24
25 ЛЕТ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СПЛАВАХ ГЕЙСЛЕРА	
Анисимова М.А., Гильманов А.Я., Шевелев А.П.	27
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ СТОКОВ МАССЫ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ В УСТАНОВКЕ С СЕЛЕКТИВНОЙ МЕМБРАНОЙ	
Синицын Вл.Е., Овчинников А.С., Бострем И.Г.	28
ЛИНЕЙНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ В КИРАЛЬНОМ ОДНООСНОМ МАГНЕТИКЕ	
Валиахметов У.Р., Шарафуллин И.Ф.	29
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МУЛЬТИФЕРРОИКОВ	
Кабанов Д.К., Самсонов К.Ю., Екомасов Е.Г.	30
ОДНОМЕРНАЯ ДИНАМИКА КИНКА УРАВНЕНИЯ СИНУС- ГОРДОНА В МОДЕЛИ С ТРЕМЯ ПРОТЯЖЕННЫМИ ПРИМЕСЯМИ. БРИЗЕРНЫЕ И СОЛИТОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ	
Ахтарьянова Г.Ф., Хидиров У.К., Исмаилов Р.Н.	31
ИССЛЕДОВАНИЕ КРИВЫХ БЛЕСКА ФОНТОМНОЙ КРОТОВОЙ НОРЫ	
Юсупова Р.М., Исмаилов Р.Н.	32
ПРОЦЕСС АККРЕЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ ДАМУРА- СОЛОДУХИНА	
Галеев В.В.	33
ФОРМИРОВАНИЕ БАРОВ В ГАЛАКТИКАХ ТИПОВ SB0 И SBA В СКОПЛЕНИИ ДЕВЫ	

Гильмутдинова И.Р.	34
ФОРМИРОВАНИЕ МАССИВНЫХ ЗВЕЗД В IC 2944	
Зиннатуллин Р.Р.	35
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЛИВНЫХ СИЛ НА ЧЕРНУЮ ДЫРУ НА ТРЕХБРАНЕ	
Каримов Р.Х., Измаилов Р.Н.	36
ЗАДЕРЖКА ВРЕМЕНИ ШАПИРО В ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ КЕРРА-СЕНА	
Габышев Д.Н., Ганопольский Р.М.	37
ПРЕОДОЛЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАТЕНЕНИЯ ВНУТРИ КАПЕЛЬ ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ МОРФОЛОГИЧЕСКИ ЗАВИСИМЫХ РЕЗОНАНСОВ	
Каримов Р.Х.	38
ЭФФЕКТ САНЬЯКА В ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ В ЧЕТЫРЕХМЕРНОЙ ТЕОРИИ ЭЙНШТЕЙНА-ГАУССА-БОННЕ	
Обамби М.А., Загребин М.А., Бучельников В.Д.	39
ЭЛЕКТРОННЫЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВА ГЕЙСЛЕРА Mn_2CrSn	
Галимова А.Д., Закирьянов Ф.К.	40
ИЕРАРХИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ДНК	
Кубатиева М.Р., Закирьянов Ф.К.	41
ИЕРАРХИЯ УГЛОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДНК	
Терещенко А.А.	42
ПРОЯВЛЕНИЕ МАГНИТОУПРУГОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ДИХАЛЬКОГЕНИДОВ И ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ	
Фасхутдинов Р.А., Антонов Г.И., Филиппова В.В.	43
ДИНАМИКА СВЯЗАННЫХ МАГНИТНЫХ ВИХРЕЙ В СПИН-ТРАНСФЕРНЫХ НАНО-ОСЦИЛЛЯТОРАХ РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРЫ	
СЕКЦИЯ «ДИЗАЙН ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»	
Акманов И.С.	44
ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ НАНОКОМПОЗИТА УНТ/ПОЛИМЕР	
Магадеев Е.Б., Вахитов Р.М.	45
ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОГО МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА ПЛОСКИЕ МАГНИТНЫЕ СТРУКТУРЫ	

Галимов И.И. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЭНАНТИО- СЕЛЕКТИВНОСТИ КОМПОЗИТНЫХ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИ- ЧЕСКИХ СЕНСОРОВ	46
Абрамов И.А., Гайнанова С.И., Загитова Л.Р. ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННОГО ФУЛЛЕРЕНА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕВОФЛОКСАЦИНА В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ	47
Самигуллина А.И., Шарафуллин И.Ф. ВЛИЯНИЕ НА СТРУКТУРУ, ДИНАМИКУ И УСТОЙЧИВОСТЬ СКИРМИОНОВ ДЕФЕКТОВ МАГНИТНОЙ И КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ	48
Канбеков Р.Р., Магадеев Е.Б., Вахитов Р.М. ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ВИХРЕПОДОБНЫЕ МАГНИТНЫЕ СТРУКТУРЫ В ПЕРФОРИРОВАННЫХ ПЛЕНКАХ	49
Нугуманов А.Г., Шарафуллин И.Ф., Абдрахманов Д.И. ПЛОСКОСТНАЯ МАГНИТНАЯ АНИЗОТРОПИЯ НА ТРЕУГОЛЬНОЙ РЕШЁТКЕ	50
Гайнанова С.И., Абрамов И.А., Загитова Л.Р. ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПРОПРАНОЛОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО СЕНСОРА НА ОСНОВЕ ТРИТЕРПЕНОИД-ОКСИДА ГРАФЕНА	51
Юлдашева А.Р. УСТОЙЧИВОСТЬ СКИРМИОНОВ В ФРУСТРИРОВАННЫХ АНТИФЕРРОМАГНИТНЫХ/СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ БИСЛОЯХ С ТРЕУГОЛЬНОЙ РЕШЕТКОЙ	52
Нугуманов Р.Р., Абдрахманов Д.И., Шарафуллин И.Ф. ОСНОВНОЕ СОСТОЯНИЕ АНТИФЕРРОМАГНИТНОГО БИСЛОЯ С ПЛОСКОСТНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ДЗЯЛОШИНСКОГО-МОРИЯ, В ОТСУТСТВИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ	53
Вахитов Р.М., Ильясова Г.Ф., Солонецкий Р.В. СТРУКТУРА И СВОЙСТВА $k\pi$ -СКИРМИОНОВ В ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПЛЕНКАХ С ПРОСТРАНСТВЕННО- МОДУЛИРОВАННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ	54
Ибрагимова А.Р., Вахитов Р.М., Солонецкий Р.В. ОСОБЕННОСТИ ЗАРОЖДЕНИЯ 0° ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В ОДНООСНЫХ ПЛЕНКАХ С ФЛЕКСОМАГНИТО- ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЭФФЕКТОМ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ	55

Филиппов М.А., Вахитов Р.М., Ахметова А.А., Солонецкий Р.В. СТРУКТУРА И СТАБИЛЬНОСТЬ СОСТОЯНИЯ МАГНИТНЫХ ВИХРЕВЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В МОДУЛИРОВАННЫХ УЛЬТРАТОНКИХ МАГНИТНЫХ ПЛЕНКАХ	56
Селовсянова Л.З., Мамосолиева Ф.Д., Акманова Г.Р. КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ДВУМЕРНОГО СУПЕРИОННОГО ПРОВОДНИКА $AgCrS_2$	57
Курбангулов А.Р., Сафаргалиев Д.И., Биккулова Н.Н., Акманова Г.Р. РАСЧЕТЫ ЗОННОЙ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ Cu-Te	58
Сафаргалиев Д.И., Биккулова Н.Н., Ермилов Н.В., Акманова Г.Р. ЗОННАЯ СТРУКТУРА СЕЛЕНИДА СВИНЦА	59
Цыганкова Л.В., Биккулова Н.Н., Кутов А.Х., Акманова Г.Р. ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ХАЛЬКОГЕНИДАХ МЕДИ	60
Назыров М.И., Яркаева Ю.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И РАСПОЗНАВАНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ КЛОПИДОГРЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ГРАФИТИРОВАННОЙ САЖИ И ПРОИЗВОДНЫХ ЦИКЛОПЕНТАДИЕНА	61
Абдуллин Я.Р., Яркаева Ю.А. ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ СЕНСОРНОЙ ПЛАТФОРМЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИАРИЛЕНФТАЛИДА С МОЛЕКУЛЯРНЫМИ ОТПЕЧАТКАМИ	62

СЕКЦИЯ «РАДИОФИЗИКА»

Мухамедьянов М.М., Рыжиков О.Л. МЕТАЛЛОИСКАТЕЛЬ НА ОСНОВЕ ПРЕЦИЗИОННОГО ТАЙМЕРА NE555	63
Шугубаева С.Б., Кузнецов Д.П., Лопатюк А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТСЕЧКИ МОД В ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКНАХ	64
Кузнецов Д.П., Шугубаева С.Б., Лопатюк А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ МАССИВА НАПРАВЛЯЮЩИХ ОТВЕТВИТЕЛЕЙ	65
Лопатюк А.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ МАГИСТРАЛЬНОЙ DWDM СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ	66

Шахмаев Р.Р., Шайхитдинов Р.З. ДИНАМИКА МАССОПЕРЕНОСА ЖИДКОСТИ В ВОДНОМ МОСТИКЕ	67
Алибай Т.Т., Шарипов Т.И. ТУННЕЛЬНАЯ МИКРОСКОПИЯ ГОМОНУКЛЕОТИДОВ	68
Нургалиев И.Г., Шарипов Т.И. ИССЛЕДОВАНИЕ АРТЕФАКТОВ ПРИ РАБОТЕ С АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИЕЙ	69
Полухин Р.В., Шарипов Т.И. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ АСМ ПОВЕРХНОСТИ КАЛИБРОВОЧНЫХ РЕШЕТОК	70
Татлыбаев С.А., Шайхитдинов Р.З. ИЗУЧЕНИЕ ЭГД ПРОЦЕССОВ В ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИКАХ	71
Семенов А.М., Шайхитдинов Р.З. МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ВОДНОГО МОСТИКА	72
Мусин А.И., Шарипов Т.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RASPBERRY PI В КАЧЕСТВЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ И ВИЗУАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ШИМ	73
Укадеров М.И., Шарипов Т.И. МАЛОГАБАРИТНЫЙ РАДАР КАК ЧАСТЬ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО БПЛА	74
Захаров Ю.А., Гоц С.С., Бахтизин Р.З., Шарипов Т.И. ПРОБЛЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР ВЫШЕ 800 К В МЕТАЛЛАХ	75
Захаров Ю.А., Гоц С.С., Бахтизин Р.З. МОДЕЛЬ СЛУЧАЙНЫХ ПОЛЕЙ ДРОБОВОГО ШУМА В ВОЛЬФРАМОВЫХ НИТЯХ НАКАЛА	76
Явватова Р.Р., Шайхитдинов Р.З., Юминов И.П. О ВОЗМОЖНОСТИ СЕПАРАЦИИ ПОПУТНОГО ГАЗА В ВИХРЕВОЙ ТРУБКЕ РАНКА-ХИЛША	77
Абдрахимов С.А., Шарипов Т.И. НАБЛЮДЕНИЕ МОЛЕКУЛ ДНК И ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРОВ	78
Мочалов А.Н., Шарипов Т.И. СОВРЕМЕННОЕ ПРОВЕДЕНИЕ ОБСЛЕДОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ	79
Мочалов А.Н., Вафин Д.А., Валиев Д.А., Шарипов Т.И. НОВЫЕ СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ РОБОТОВ	80

СЕКЦИЯ «НАНОЭЛЕКТРОНИКА И НАНОМАТЕРИАЛЫ»

Бадретдинов Б.Р., Салихов Р.Б. ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО КИСЛОРОДА НА ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК	81
Полякова П.В., Баимова Ю.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОРФОЛОГИИ ГРАФИНА НА КОНСТАНТЫ УПРУГОСТИ: АТОМИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	82
Сычева М.А. ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНЫЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ ЦЕОЛИТА MFI-И ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ТРИПТОФАНА	83
Масалимова Л.Ф., Булышева Е.О. СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ АМИНОКИСЛОТНЫХ КОМПЛЕКСОВ Cu (II) и Zn (II) ДЛЯ РАСПОЗНОВАНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ПРОПРАНОЛОЛА	84
Мухаметдинов Ч.Р., Терес Ю.Б., Булышева Е.О. РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ПАСТОВОГО ЭЛЕКТРОДА ИЗ ГРАФИТИРОВАННОЙ САЖИ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОМ КОБАЛЬТА (III) И ЦИКЛИЧЕСКИМИ ДИАМИНАМИ	85
Терес Ю.Б., Шайдуллина Р.М. КОМПОЗИТНЫЙ ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНЫЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ БИСАРГЕНИНАТА ЦИНКА	86
Булышева Е.О., Терес Ю.Б. ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПЛЕНОК ДЛЯ НАНОЭЛЕКТРОННЫХ СЕНСОРНЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ТОКОПРОВОДЯЩЕГО ПОЛИМЕРА И ОДНОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК	87
Мухамедов Д.И., Ахняпов Э.Ш., Галимов Р.А., Вальшин А.М. АНАЛИЗ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ НАКАЧКЕ	88
Ахняпов Э.Ш., Мухамедов Д.И., Галимов Р.А., Абдрахманов В.Х. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ IOT НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ	89
Ахняпов Э.Ш., Мухамедов Д.И., Галимов Р.А., Вальшин А.М. ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ИНДУКЦИОННАЯ НАКАЧКА ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ	90

Юмалин Т.Т., Салихов Р.Б. ИНТЕГРАЦИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ IOT	91
Юмалин Т.Т., Салихов Т.Р. ТОНКИЕ ПЛЕНКИ: КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ	92
Сагидуллина А.Р., Салихов Р.Б. ОРГАНИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА	93
Остальцова А.Д., Салихов Р.Б. ДАТЧИКИ ВЛАЖНОСТИ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК	94
Остальцова А.Д., Салихов Т.Р. ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИМЕРА	95
Остальцова А.Д., Салихов Т.Р. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ СТРУКТУР	96
Муллагалиев И.Н., Мухитова Л.Р. СЕНСОРНЫЕ СВОЙСТВА ПРОИЗВОДНЫХ ПОЛИАНИЛИНА НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ, ГРАДУИРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	97
Муллагалиев И.Н., Мухитова Л.Р., Салихов Т.Р. ФОТОТРАНЗИСТОРЫ НА ОСНОВЕ ПЛЕНОК ХИМИЧЕСКИ УЛУЧШЕННОГО Фуллерена, СВОЙСТВА И ИХ ПАРАМЕТРЫ	98
Ильясов Д.А., Салихов Т.Р. ТОНКОПЛЁНОЧНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ФОТОРЕЗИСТОРЫ	99
Гильманов Д.Р., Салихов Р.Б. ОРГАНИЧЕСКИЕ ТОНКОПЛЁНОЧНЫЕ ФОТОТРАНЗИСТОРЫ	100
Фахрисламова Д.У., Остальцова А.Д., Салихов Р.Б. ТОНКОПЛЁНОЧНЫЕ СЕНСОРЫ НА ПАРЫ АММИАКА	101
Фахрисламова Д.У., Остальцова А.Д., Салихов Т.Р. СЕНСОРНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПЛЕНКИ PES- SWCNT ОТ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА	102

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОНИКА НАНОСИСТЕМ»

Мукминова Р.Р., Юсупова А.Р. РАСШИРЕНИЕ ДИАПАЗОНА ИЗМЕРЯЕМЫХ ТОЛЩИН НА МИКРОИНТЕРФЕРОМЕТРИИ-4М	103
--	------------

Байбулова Г.Ш., Карамов Д.Д., Лачинов А.Н., Галиев А.Ф. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРОЕНИЯ И ЭЛЕКТРОННЫХ СВОЙСТВ СОПОЛИАРИЛЕНЭФИРКЕТОНОВ	104
Кохов А.Ю., Исламгулов А.Р., Корнилов В.М. ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОЧАСТИЦ	105
	106
Гумеров Н.Р., Ильясов В.Х., Карамов Д.Д., Лачинов А.Н. ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТОНКИХ ПЛЕНОК ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПОД ВЛИЯНИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ	
Ильясов В.Х., Карамов Д.Д., Лачинов А.Н., Пономарев А.Ф., Богданов Н.П. ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЛЕНОК ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА МЕТОДОМ ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННОЙ ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ	107
Ихсанов Р.Ш., Каган М.Ю., Мазур Е.А. ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ В МАТЕРИАЛАХ С ПЛОСКИМИ ЗОНАМИ	108
Попова Е.А. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ФЕРРОБОРАТОВ	109
Квашнина Е.О., Ильин И.П., Камалов Ф.К., Корнилов В.М. АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ СУБМИКРОННЫХ ПЛЕНОК ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА	110
Давлятгареев Х.И., Лачинов А.Н., Лачинов А.А., Яхин А.Р., Мустафин Г.Ф. ОРГАНИЧЕСКИЙ СЕНСОР ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ КВАЗИДВУМЕРНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ	111
Алтыншина Г.Р. ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОБЛАСТИ ВДОЛЬ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИД- ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТ	112
Галиев А.Ф., Карамов Д.Д., Лачинов А.Н. ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА ЭЛЕКТРОДА НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА	113

Гайфуллина Э.Р., Юсупов А.Р.	114
ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА В КАЧЕСТВЕ ОСНОВЫ ТОНКОПЛЕНЧОГО НАГРЕВАТЕЛЯ	
Таюпов М.М., Маркова А.В., Сафронов А.М., Поглазов К.Ю.	115
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РАЗРЫВА О-Н СВЯЗЕЙ КСЕНОБИОТИКОВ В ГАЗОВОЙ ФАЗЕ НА ИХ АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ	
Сафронов А.М., Поглазов К.Ю.	116
СВЯЗЬ МЕЖДУ ПЕРВЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ В МЕТОДЕ ЦВА И СРОДСТВОМ К ЭЛЕКТРОНУ В ГАЗОВОЙ ФАЗЕ У ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ	

СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

Титов В.В., Гундеров Д.В., Шарафутдинов А.В., Астанин Вас. В.	117
Гундерова С.Д.	
АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИПДК НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМОРФНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ZR ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТРЕХТОЧЕЧНОГО ИЗГИБА	
Давлетшина А.Д., Халиуллина А.Р., Латыпова А.Р.	118
ЗОННАЯ СТРУКТУРА ТЕЛЛУРИДА МЕДИ Cu_3Te_2	
Рожнова Е.А., Сафина Л.Р., Баимова Ю.А.	119
ПОДГОТОВКА МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОЗИТА ГРАФЕН/ Cu МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ	
Алексеева К.В., Альмухаметов Р.Ф., Давлетшина А.Д.	120
СИНТЕЗ НОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ $Cu_{1.5}Na_{0.5}S$ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СТРУКТУРЫ	
Казакбаев А.Р., Альмухаметов Р.Ф., Давлетшина А.Д.	121
СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СОЕДИНЕНИЯ $Cu_{1.7}Na_{0.3}S$	
Мустакимов И.Р., Альмухаметов Р.Ф., Давлетшина А.Д.	122
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СОЕДИНЕНИИ $Cu_{1.9}Na_{0.1}S$	
Кириллок К.К., Галеев Р.М., Нагимов М.И., Мусабилов И.И.	123
МИКРОСТРУКТУРА И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВА $Ni_{55}Mn_{20}Ga_{25}$	
Губайдуллин М.И., Автократова Е.В., Ситдииков О.Ш.,	124
Загитов Р.Р., Маркушев М.В.	
СТРУКТУРА, ТВЕРДОСТЬ И СОПРОТИВЛЕНИЕ КОРРОЗИИ СПЛАВА Al-5Mg С ПЕРЕХОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ	
Наумов Е.К., Дмитриев С.В.	125
ЛОКАЛИЗОВАННЫЕ ДИСКРЕТНЫЕ БРИЗЕРЫ	

- Терешкин В.В., Крымский С.В., Автократова Е.В., Ситдиков О.Ш., Ахметшин М.А., Маркушев М.В.** 126
СТРУКТУРА И ТВЕРДОСТЬ КРИОКАТАНОГО ВЫСОКОПРОЧНОГО АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА
- Загитов Р.Р., Автократова Е.В., Ситдиков О.Ш., Терешкин В.В., Крымский С.В., Латыпова О.Э., Маркушев М.В.** 127
СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОГО АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1570С ПОСЛЕ КРИОГЕННОЙ ПРОКАТКИ
- Ягафаров С.Р., Ягафарова З.А.** 128
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИХАЛЬКОГЕНИДОВ ЦИРКОНИЯ И ИХ ИНТЕРКАЛИРОВАННЫХ СОЕДИНЕНИЙ
- Габдрахманова Л.А., Альмухаметов Р.Ф.** 129
ИЗУЧЕНИЕ ПРОФИЛЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ДИФРАКЦИОННЫХ ЛИНИЙ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КОБАЛЬТА
- Сафина Л.Р., Крылова К.А., Мурзаев Р.Т., Баимова Ю.А.** 130
АПРОБИРОВАНИЕ МЕЖАТОМНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ ГРАФЕН/МЕТАЛЛ
- Аккубеков Ш.А., Алина Р.А., Ахметгалиев Б.М., Балапанов М.Х., Кутербеков К.А.** 131
ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ СПЛАВА $K_{0.05}Cu_{1.95}S$
- Палымбетов Р.Ш., Кубенова М.М., Балапанов М.Х., Ишембетов Р.Х., Кутербеков К.А.** 132
ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ НОВЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ СУПЕРИОННЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СУЛЬФИДА МЕДИ
- Шамиева Р.К., Нурахметов Т.Н., Балапанов М.Х., Алибай Т.Т.** 133
ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ЩЕЛОЧНЫХ СУЛЬФАТОВ С ПРИМЕСЬЮ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

СЕКЦИЯ «ГЕОФИЗИКА»

- Тавлыкаев С.Р., Мухутдинов В.К.** 134
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДАННЫХ ПЛОТНОСТНОГО КАРОТАЖА
- Хайбуллин А.Д., Космылин Д.В., Федотов В.Я., Галимов Р.А., Рюков А.И.** 135
ОТРАБОТКА МЕХАНИЗМА ПОЛУЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОЙ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ

Рамазанов И.Ш., Валиуллин Р.А., Рамазанов А.Ш.	136
ДИАГНОСТИКА И ОЦЕНКА ОБЪЕМОВ НЕЦЕЛЕВОЙ ЗАКАЧКИ ВОДЫ ПО ДАННЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СКВАЖИНАХ	
Рюков А.И., Акчурин Р.З., Хайбуллин А.Д.	137
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕБИТА/РАСХОДА МЕТОДОМ АКТИВНОЙ ТЕРМОМЕТРИИ	
Казарян А.А., Мухутдинов В.К.	138
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ СМЫКАНИЯ ТРЕЩИНЫ ПЛАСТА ПО ДАННЫМ ПГИ	
Ржевская И.Г., Шарафутдинов Р.Ф.	139
НЕСТАЦИОНАРНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ГАЗОКОНДЕНСАТНОЙ СМЕСИ	
Гарифуллина Д.И., Мухутдинов В.К.	140
ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ПРОФИЛЯ ПО ДАННЫМ ТЕРМОДЕБИТОМЕТРИИ	
Галимов Р.А., Канафин И.В., Хайбуллин А.Д., Чиж М.О., Мухамедов Д.И., Ахняпов Э.Ш.	141
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНДУКЦИОННЫМ НАГРЕВАТЕЛЕМ В ИНТЕРВАЛЕ СКВАЖИНЫ, ПЕРЕКРЫТОМ НКТ	
Хуссамов Р.И.	142
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЕ С ЗАКОЛОННЫМ ПЕРЕТОКОМ В СИМУЛЯТОРЕ PSIM	
Сулейманова М.Д., Шарафутдинов Р.Ф.	143
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В НЕОДНОРОДНОМ ПО ПРОНИЦАЕМОСТИ ПЛАСТЕ ПРИ ФИЛЬТРАЦИИ ФЛЮИДА	
Буджогра С., Шарафутдинов Р.Ф., Канафин И.В.	144
О МОДЕЛИРОВАНИИ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗОКОНДЕНСАТА С УЧЕТОМ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ	
Карачурин А.И., Аликов Р.Р., Закиров М.Ф.	145
ТЕРМОАНОМАЛИИ В ИНТЕРВАЛАХ ОСАЖДЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРИМЕСИ В СТВОЛЕ СКВАЖИНЫ	

СЕКЦИЯ «ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА»

- Батыршин К.Э., Солнышкина О.А., Батыршин Э.С.** 146
ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦ НА КОНТАКТНЫЙ
УГОЛ СМАЧИВАНИЯ НА ГРАНИЦЕ ГОРНАЯ ПОРОДА-НЕФТЬ-
ВОДА
- Фаткуллина Н.Б.** 147
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕЧЕНИЙ В
МИКРОМОДЕЛИ ДВОЙНОЙ ПОРИСТОСТИ
- Булатова А.З.** 148
ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В
МИКРОКАНАЛАХ С ПРЯМОУГОЛЬНЫМИ ЛОВУШКАМИ
- Курбанова С.С., Фаткуллина Н.Б., Солнышкина О.А.** 149
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ
ЭЛЕМЕНТОВ НА ОДНОФАЗНОЕ ТЕЧЕНИЕ В СТРУКТУРНОЙ
МИКРОМОДЕЛИ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ
- Латыпов В.Р., Бикбулатова Г.Р., Давлетбаев А.Я.** 150
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРЕЩИН ГИДРОРАЗРЫВА
ПЛАСТА В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ В ПК «РН-ВЕГА»
- Закирьянов И.И., Ишкина Ш.Х., Сарпулова В.В.,
Давлетбаев А.Я.** 151
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
СКВАЖИН С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО
ОБУЧЕНИЯ В ПК «РН-ВЕГА»
- Халикова В.Ф., Бобренёва Ю.О., Давлетбаев А.Я.** 152
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В
НАГНЕТАТЕЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ ПОСЛЕ СМЫКАНИЯ
ТРЕЩИНЫ САМОПРОИЗВОЛЬНОГО ГИДРОРАЗРЫВА
ПЛАСТА
- Ахмадеев Р.Р., Булатова А.З., Солнышкина О.А.** 153
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАСТОЙНЫХ
ЗОН В КАНАЛАХ С НЕРОВНЫМИ СТЕНКАМИ
- Ефимова М.В., Мухаметова З.С., Давлетбаев А.Я.** 154
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИТОКА ЖИДКОСТИ С УЧЕТОМ
НЕЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОМ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ
- Хамидуллина А.И., Давлетбаев А.Я., Ишмуратов Т.А.** 155
ОЦЕНКА СКОРОСТИ ЗВУКА В ЗАТРУБНОМ ПРОСТРАНСТВЕ
СКВАЖИНЫ ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯ PVT-ПРОБ В ПК
«РН-ВЕГА»

Адельгужина Э.М., Давлетбаев А.Я. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В НАГНЕТАТЕЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ С ТРЕЩИНОЙ САМОПРОИЗВОЛЬНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА	156
Коновалов О.А., Гарифуллин И.Ш., Солнышкина О.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЭМУЛЬСИИ В МИКРОКАНАЛАХ С ТУПИКОВЫМИ ПОРАМИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ОБЪЁМНОГО РАСХОДА ЖИДКОСТИ	157
Кунафин А.Ф., Давлетбаев А.Я. МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В СКВАЖИНЕ С ТРЕЩИНОЙ КОНЕЧНОЙ ПРОВОДИМОСТИ	158
Гарифуллин И.Ш., Солнышкина О.А., Батыршин Э.С. ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОФЛОИДНЫХ ЧИПОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МУН	159
Латыпов Т.Р. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ СТенок ТРУБ В НАГНЕТАТЕЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СО СТУПЕНЧАТЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ РАСХОДА ЗАКАЧИВАЕМОЙ ЖИДКОСТИ	160
Закирьянов А.Ш., Болонистов В.В., Ишкин Д.З. АПРОБАЦИЯ АЛГОРИТМОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДИНАМИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИНАХ	161
Ефимова М.В., Фахреева Р.Р., Ишкин Д.З., Ахметова О.В., Уразов Р.Р., Давлетбаев А.Я. АПРОБАЦИЯ МУЛЬТИСКВАЖИННОЙ ДЕКОНВОЛЮЦИИ И МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ СКВАЖИН В ПК «РН-ВЕГА»	162
Гайсарова Л.В., Валиуллина В.И., Мусин А.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАПЕЛЬ ПО РАЗМЕРАМ НА ОСНОВЕ РАЗНОМАСШТАБНОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ЭМУЛЬСИИ	163
Нуряхметова Д. Э., Валиуллина В.И., Мусин А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЬЮТОНОВСКИХ И НЕНЬЮТОНОВСКИХ ЖИДКОСТЕЙ	164

Хабибрахманова Л.Д., Киреев В.Н.	165
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В Т-ОБРАЗНОЙ КАВЕРНЕ С ДВИЖУЩЕЙСЯ КРЫШКОЙ	
Муллагалиев Б.И., Мирзаянов А.А., Давлетбаев А.Я.	166
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ВСЛЕДСТВИЕ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН АВТОГРП В ЦЕЛЕВЫХ И НЕЦЕЛЕВЫХ ПЛАСТАХ ПРИ МЕРОПРИЯТИЯХ НА СКВАЖИНАХ	
Ильясова А.В., Мусин А.А.	167
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ РАЗДЕЛА ЖИДКИХ ФАЗ	
Латыпов Т.Р., Давлетбаев А.Я., Ахметова О.В., Уразов Р.Р., Зарафутдинов И.А.	168
АППРОБАЦИЯ ОДНОСКВАЖИННОЙ ДЕКОНВОЛЮЦИИ ПРИ АНАЛИЗЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО НИЗКОПРОНИЦАЕМЫМ КОЛЛЕКТОРАМ В ПК «РН-ВЕГА»	
Тимершаехов Д.Ф., Губайдуллин М.Р., Давлетбаев А.Я.	169
МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СО СТУПЕНЧАТЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СКВАЖИНЫ	
Latypova A.R., Solnyshkina O.A.	170
THREE-DIMENSIONAL NUMERICAL SIMULATION OF FLOW IN THE PORE DOUBLET MODEL	
Семенова Н.А., Давлетбаев А.Я., Кондратьева Н.Р., Щутский Г.А.	171
ВЛИЯНИЕ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД В РАЗРЕЗЕ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ СКВАЖИН	
Ковшова Ю.Ю., Бикметова А.Р., Асалхузина Г.Ф.	172
ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ТРЕЩИН МНОГОСТАДИЙНОГО ГРП ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТРАССЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	
Валеева Ю.Р.¹, Бухмастова С.В.¹, Сарапулова В.В.¹, Давлетбаев А.Я.^{1,2}, Нуриев А.Х.¹	173
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН НА НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ СЕТКАХ ВОРОНОГО В ПК «РН-ВЕГА»	

**СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ И
ИНФОРМАТИКИ, ФИЗИКИ»**

Мусомирова Н.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЙ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ФИЗИКЕ	174
Заманова Г.И., Газизов Э.Р. ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СИСТЕМ РЕГУЛИРУЕМОЙ ЧАСТОТЫ В ОБУЧЕНИИ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ	175
Заманова Г.И., Турбин А.Д. ПРЕПОДАВАНИЕ ФИЗИКИ НА ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ	176
Гафарова К.Р. ДИДАКТИЧЕСКИЕ ИГРЫ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ КАК ОДНО ИЗ СРЕДСТВ РАЗВИТИЯ ЛОГИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ	177
Гафарова К.Р. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ЛАБОРАТОРИЙ НА УРОКАХ ФИЗИКИ	178
Гафарова К.Р. ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРСОНАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЕГЭ ПО МАТЕМАТИКЕ	179
Галлямов В.А., Гесс. Д.З. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ЛАБОРАТОРИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	180
Усманова Р.Р. РАБОЧИЙ ЛИСТ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ФИЗИКЕ	181
Абдуллин А.У. О ПРЕПОДАВАНИИ МАТЕМАТИКИ В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ	182
Абдуллин А.У., Акманова Г.Р. ОБ ОДНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ В ПРЕПОДАВАНИИ КУРСА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ	183
Заикина С.А., Косарев Н.Ф. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В ШКОЛЕ	184
Северцов С.А., Фатыхов М.А. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ СВЯЗИ НА УРОКАХ ФИЗИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ	185

Арисова Ю.Ю., Косарев Н.Ф. 186
ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗДАДАЧ
СРЕДСТВАМИ ЦИФРОВЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

**СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
В ПОПУЛЯЦИОННОЙ И МЕДИЦИНСКОЙ ГЕНЕТИКЕ»**

Федорова Ю.Ю., Григорьева А.А., Нургалиева А.Х., 187
Прокофьева Д.С., Псянчина Р.М., Кучина Е.С.,
Мурзина Р.Р., Хуснутдинова Э.К.

ИЗУЧЕНИЕ РОЛИ ПОЛИМОРФНЫХ ВАРИАНТОВ ГЕНА *MTHFR*
В РАЗВИТИИ ЖЕЛЧНОКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ

Киль Е.Е., Куряев Б.Р., Джаубермезов М.А., Екомасова Н.В., 188
Хуснутдинова Э.К.

ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ АЛЛЕЛЯ HLA-B*27 В ПОПУЛЯЦИИ
БАЛКАРЦЕВ

Сагитова А.В., Прокофьева Д.С., Мингажева Э.Т., 189
Федорова Ю.Ю., Нургалиева А.Х., Екомасова Н.В.,
Фаисханова Р.Р., Хуснутдинова Э.К.

ВКЛАД ПОЛИМОРФНЫХ ЛОКУСОВ *rs6999647* И *rs2010963*
ГЕНА *VEGFA* В ПАТОГЕНЕЗ РАКА ЯИЧНИКОВ

Карабатова В.В., Джаубермезов М.А., Екомасова Н.В., 190
Хуснутдинова Э.К.

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЛИМОРФНЫХ ВАРИАНТОВ
rs11385942 ГЕНА *LZTFL1* И *rs657152* ГЕНА *ABO* В ПОПУЛЯЦИЯХ
БАЛКАРЦЕВ И ОСЕТИН

Джаубермезов М.А., Габидуллина Л.Р., Екомасова Н.В., 191
Атабиев Б.Х., Хуснутдинова Э.К.

АНАЛИЗ ДРЕВНЕЙ ДНК АЛАНСКОГО ПЕРИОДА С
ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Андреева Е.А., Прокофьева Д.С., Мингажева Э.Т., 192
Федорова Ю.Ю.¹, Екомасова Н.В., Фаисханова Р.Р.,
Сакаева Д.Д., Хуснутдинова Э.К.

ВКЛАД ПОЛИМОРФНОГО ЛОКУСА *rs3025039* ГЕНА *VEGF* В
ПАТОГЕНЕЗ РАКА ЯИЧНИКОВ

Ковалева К.С., Нестеров С.В., Ознобихина Ю.Д. 193

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ
ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МУТАЦИЙ И ОЦЕНКИ ИХ
ВЛИЯНИЯ НА ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС И РАСПРОСТРА-

НЕНИЕ НАСЛЕДСТВЕННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ	
Нурғалиева А.Х., Курмасева К.Р., Петрова С.Г., Прокофьева Д.С., Рахимов Р.Р., Сакаева Д.Д., Абдеев Р.Р., Хуснутдинова Э.К.	194
ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ВСТРЕЧАЕМОСТИ МУТАЦИЙ В ГЕНАХ <i>BRCA1</i> , <i>BRCA2</i> И <i>BRAF</i> У БОЛЬНЫХ РАКОМ ЖЕЛУДКА	
Екомасова Н.В., Джаубермезов М.А., Суфьянова З.Р., Габидуллина Л.Р., Казанцева А.В., Хуснутдинова Э.К.	195
АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЛИМОРФНОГО ВАРИАНТА rs2252639 ГЕНА <i>IFNAR2</i> В ПОПУЛЯЦИЯХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ	
Екомасова Н.В., Джаубермезов М.А., Суфьянова З.Р., Сахабутдинова Д.Р., Габидуллина Л.Р., Нурғалиева А.Х., Прокофьева Д.С., Хуснутдинова Э.К.	196
АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МУТАЦИЙ ГЕНОВ <i>BRCA1</i> И <i>BRCA2</i> В ПОПУЛЯЦИЯХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ	
Екомасова Н.В., Джаубермезов М.А., Суфьянова З.Р., Сахабутдинова Д.Р., Габидуллина Л.Р., Нурғалиева А.Х.	197
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МТДНК В КАЧЕСТВЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ РАКА ЖЕЛУДКА	
Суфьянова З.Р., Екомасова Н.В., Джаубермезов М.А., Бисамбаева А.В., Байгильдина А.Ю., Хуснутдинова Э.К.	198
АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЛИМОРФНОГО ВАРИАНТА RS2285666 ГЕНА <i>ACE2</i> В ПОПУЛЯЦИИ УДМУРТОВ	
Ахмадуллина Г.А., Нугуманов Ф.Ф., Киль Е.Е., Джаубермезов М.А., Екомасова Н.В., Чагаров О.С., Моллаев М.А., Габидуллина Л.Р., Хуснутдинова Э.К.	199
МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ ПОПУЛЯЦИЙ КАВКАЗА К УСЛОВИЯМ ВЫСОКОГОРЬЯ	
Чагаров О.С., Слепцова А.В.	200
ИЗОТОПНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАЛЕОАНТРОПОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ИЗ ПОГРЕБАЛЬНЫХ ПАМЯТНИКОВ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ КУЛЬТУР РАННЕГО ЖЕЛЕЗНОГО ВЕКА ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	

Научное издание

**ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА
И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ:
спутник Международной научной конференции
«Уфимская осенняя математическая школа-2023»**

*Тезисы докладов
XIV Международной школы-конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых,
посвящённой 75 - летнему юбилею профессоров
Я.Т. Султанова и М.Х. Харрасова
(г. Уфа, 8 – 11 октября 2023 г.)*

*За достоверность информации, изложенной в статьях,
ответственность несут авторы.
Статьи публикуются в авторской редакции*

Подписано в печать 06.10.2023 г. Формат 60x84/16.
Усл. печ. л. 12,65. Уч.-изд. л. 13,2.
Тираж 300 экз. (1-й завод 25 экз.). Изд. № 103. Заказ 267.

*Редакционно-издательский центр
Уфимского университета науки и технологий
450008, Башкортостан, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 12.*

*Отпечатано в отделе полиграфии
редакционно-издательского центра
Уфимского университета науки и технологий
450008, Башкортостан, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 12.*