

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ С ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ ЦЕНТРОМ УФИЦ РАН
ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ ИМ. Р.Р. МАВЛУТОВА УФИЦ РАН
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ МЕТАЛЛОВ РАН
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МОЛЕКУЛ И КРИСТАЛЛОВ УФИЦ РАН
ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИИ И КАТАЛИЗА УФИЦ РАН
УФИМСКИЙ ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ УФИЦ РАН
ИНСТИТУТ БИОХИМИИ И ГЕНЕТИКИ УФИЦ РАН
БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. АКУМУЛЛЫ

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ

Тезисы докладов

**X Международной школы-конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых,
*посвященной 100-летию первого декана
математического факультета БашГУ
Зигандара Иргалеевича Биглова***

**16 – 20 октября 2018 г.
г. Уфа**

**УФА
РИЦ БашГУ
2018**

УДК 51+53
ББК 22.1+22.3
Ф94

*Сборник издан при финансовой поддержке РФФИ
(проект № 18-31-10035_мол_г)
и за счет внебюджетных средств БашГУ*

Редакционная коллегия:

д-р физ.-мат. наук, профессор **Б.Н. Хабибуллин** (*отв. редактор*);
д-р физ.-мат. наук, профессор **Е.Г. Екомасов**;
канд. физ.-мат. наук **Л.А. Габдрахманова**;
канд. физ.-мат. наук, доцент **Ф.К. Закирьянов**;
канд. хим. наук, доцент **В.В. Чернова**;
канд. биол. наук, доцент **В.О. Цветков**;
аспирант **А.М. Юрєва**

Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании:
Ф94 тезисы докладов X Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию первого декана математического факультета БашГУ Зигандара Иргалеевича Биглова (г. Уфа, 16 – 20 октября 2018 г.) / отв. ред. Б.Н. Хабибуллин. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2018. – 440 с.

ISBN 978-5-7477-4737-1

В сборник помещены тезисы докладов участников X Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании», посвященной 100-летию первого декана математического факультета БашГУ Зигандара Иргалеевича Биглова.

Тезисы докладов воспроизводятся с представленных авторами оригиналов.

УДК 51+53
ББК 22.1+22.3

ISBN 978-5-7477-4737-1

© БашГУ, 2018

**FUNDAMENTAL MATHEMATICS
AND ITS APPLICATIONS IN NATURAL
SCIENCE**

Abstracts
of X International school-conference
for students, graduate students and young scientists
dedicated to the 100th anniversary of Zigandar Irgaleevich
Biglov, the first dean of Faculty of Mathematics

16 – 20 October 2018
Ufa

U f a
BSU Publishing center
2018

UDC 51+53
BBK 22.1+22.3
F94

The collection was published with the financial support of the Russian
Foundation for Fundamental Research (RFFR)
(Grant № 18-31-10035)
and extrabudgetary funds of the BSU

Editorial team:

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor **B.N. Khabibullin**
(*Executive editor*);
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor **E.G. Ekomasov**;
Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
assistant professor **L.A. Gabdrakhmanova**;
Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
assistant professor **F.K. Zakiryanov**;
Candidate of Chemical Sciences, assistant professor **V.V. Chernova**;
Candidate of Biology Sciences, assistant professor **V.O. Tsvetkov**;
post-graduate student **A.M. Yurieva**

Fundamental mathematics and its applications in Natural sciences: Book of Abstracts of the X International school-conference for students, post-graduate students, and young scientists dedicated to the 100th anniversary of Zigandar Irgaleevich Biglov, the first dean of Faculty of Mathematics / exec. ed. B.N. Khabibullin, E.G. Ekomasov. - Ufa: BSU Publishing center, 2018. - 440 p.

ISBN 978-5-7477-4737-1

The collection contains abstracts of participants of the X International school-conference for students, post-graduates, and young scientists «Fundamental mathematics and its applications in Natural sciences» dedicated to the 100th anniversary of Zigandar Irgaleevich Biglov, the first dean of Faculty of Mathematics.

Abstracts are reproduced from originals provided by the authors.

UDC 51+53
BBK 22.1+22.3

ISBN 978-5-7477-4737-1

© BSU, 2018

ФИЗИКА

СЕКЦИЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

УДК 538.9

СПИНОВЫЙ НЕМАТИК СО СПИНОМ $S=3/2$ НА ТРЕУГОЛЬНОЙ РЕШЁТКЕ

Неклюдов Е.А.

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,
г. Симферополь, Россия

Для изотропных магнетиков при наличии высших по спинам обменных слагаемых типа $(\mathbf{S}_i \mathbf{S}_j)^n$, $n = 2S$, $S > 1/2$, возможна реализация не только фаз с отличным от нуля средним значением спина, но также и фаз с $\langle \mathbf{S} \rangle = 0$, в которых спонтанное нарушение вращательной симметрии обусловлено средними значениями спиновых мультиполей, например, квадрупольными средними $S^{ij} = \langle S^i S^j + S^j S^i \rangle / 2$. Такое состояние, названное спиновым нематиком (SN), было найдено для магнетиков со спином $S=1$ [1,2]. Для спина $S=3/2$ на квадратной решетке найдены фазы с $\langle \mathbf{S} \rangle = 0$, для которых симметрия относительно отражения времени нарушена за счет нетривиальных свойств трёхспиновых средних [3,4]. В силу этого для спина $S=3/2$ на квадратной решетке возможно существование антинематической (SAN) фазы, в которой направления вектор-директора в двух подрешетках антипараллельны [4].

В данной работе исследуются спектры элементарных возбуждений в одноподрешёточных фазах (FM и SN фазы) негейзеберговского магнетика с $S=3/2$ на треугольной решетке. Чтобы определить области существования устойчивых фаз, а также установить тип фазового перехода между ними, исследуем спектры элементарных возбуждений. Для этого используем метод бозанизации операторов Хаббарда.

Литература

1. A. Läuchli, G. Schmid, and S. Trebst, Phys. Rev. 74, 144426 (2006).
2. N. Papanikolaou, Nucl. Phys. 305, 367 (1988).
3. A. Lauchli, F. Mila, and K. Penc, Phys. Rev. Lett. 97, 087205 (2006).
4. О.А. Космачёв, Ю.А. Фридман, Е.Г. Галкина, Б.А. Иванов, ЖЭТФ 147, 320 (2015).
5. А.И. Ахиезер, В.Г. Барьяхтар, С.В.Пелетминский Спиновые волны, – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1967. – 368.

© Неклюдов Е.А., 2018 г.

О КАТАЛИЗЕ ДЕЙТЕРИЙ-ТРИТИЕВОГО НУКЛЕОСИНТЕЗА

Шарипов Р.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В городе Кадараш на юге Франции строится реактор ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor). Проект ITER предполагает осуществление реакции управляемого термоядерного синтеза в дейтерий-тритиевой плазме: ${}^2_1\text{D} + {}^3_1\text{T} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \text{n}$.

Катализатором принято называть нечто, ускоряющее и облегчающее протекание реакции и не расходуемое либо возобновляемое в ходе реакции. Главным препятствием для нуклеосинтеза является кулоновское отталкивание участвующих в нём ядер. Его можно преодолеть, если на время сделать одно из ядер нейтральным. Предполагаемым катализатором реакции термоядерного синтеза ${}^2_1\text{D} + {}^3_1\text{T} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \text{n}$

может стать короткоживущий барион Δ^- , называемый дельта-минус резонансом [1]. Соединяясь с одним из компонентов плазмы (ядром дейтерия либо трития) он производит трёх- либо четырёхнейтронное ядро: ${}^2_1\text{D} + \Delta^- \rightarrow \text{n}_3$ или ${}^3_1\text{T} + \Delta^- \rightarrow \text{n}_4$. Последнее, будучи электрически нейтральным, легко соединяется со вторым компонентом плазмы, после чего распадается с воспроизводством дельта-минус резонанса: ${}^3_1\text{T} + \text{n}_3 \rightarrow {}^4_2\text{He} + \text{n} + \Delta^-$ или ${}^2_1\text{D} + \text{n}_4 \rightarrow {}^4_2\text{He} + \text{n} + \Delta^-$. Распад бариона на компоненты с противоположным электрическим зарядом не запрещён. Примеры можно найти в [1].

Рассматриваемая здесь схема катализа отличается от мюонного катализа. Она не нацелена на холодный термоядерный синтез.

Вопрос об источниках дельта-минус резонансов Δ^- в докладе не обсуждается. Реакция $\text{n} + \text{e}^- \rightarrow \Delta^- + \nu_e$ возможна. Но она идёт через слабые взаимодействия. Поэтому её сечение скорее всего невелико.

Литература

1. *Список барионов*, Wikipedia, Wikimedia Foundation Inc., San Francisco, USA.

© Шарипов Р.А., 2018 г.

СПИНОВЫЙ РЕЗОНАНС В СОЛИТОННОЙ РЕШЕТКЕ КОНЕЧНОГО РАЗМЕРА

Синицын Вл.Е.¹, Овчинников А.С.¹, Бострем И.Г.¹,
Проскурин И.В.¹, Кишине Дж.²

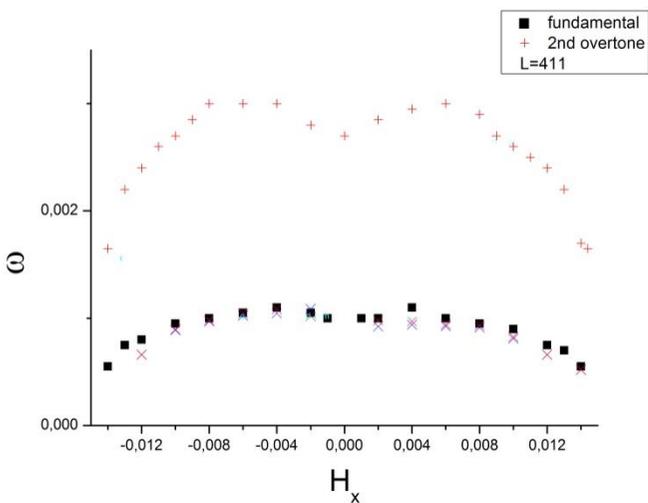
¹Институт естественных наук и математики, УрФУ, Екатеринбург, Россия

²Graduate School of Arts and Sciences, The Open University of Japan, Japan

Мы представляем численные исследования спинового резонанса для солитонной решетки конечного размера под граничными условиями, налагаемые граничным локальным полем, для объяснения последних данных эксперимента в киральной полупроводнике $\text{Cr}_0.33\text{NbS}_2$ [1].

Используя технологию численного моделирования на графическом процессоре Nvidia CUDA мы вычисляем временную эволюцию спиновой динамики из уравнений ЛЛГ, рассматривая две конфигурации приложенных переменных полей: параллельные и перпендикулярные киральной оси. Мы покажем, что особенности спинового резонанса можно рассматривать в ракурсе аналогии с возбуждениями стоячих волн с движущимися концами.

В случае параллельной конфигурации по переменному полю мы сталкиваемся с так называемым линейным режимом, в котором возбуждаются четные косинусоидальные моды. В случае перпендикулярной конфигурации мы имеем дело с суперпозицией четных стоячих волн и короткомасштабных собственных мод. Показано, что



расщепление резонансных частот, наблюдаемое в эксперименте для этой конфигурации, может быть связано с вкладами основного и второго обертоновых мод стоячих волн.

Ниже представлен график зависимости

резонансной частоты от величины постоянного поля H_x . Точки на графике соответствуют результатам численного моделирования, а также аналитической кривой, полученной из разработанной для этой системы «теории стоячих волн с движущимися концами».

Эта работа была поддержана грантом РФФИ № 18-32-00769 мол а, Министерством образования и науки Российской Федерации по гранту № МК-1731.2018.2 и грантом Фонда развития теоретической физики и математики «БАЗИС».

Литература

1. F. J. T. Goncalves, T. Sogo, Y. Shimamoto, et al. Phys. Rev. B 95, 104415 (2017).

© Синицын Вл.Е., Овчинников А.С.,
Бострем И.Г., Проскурин И.В., Кишине Дж., 2018 г.

УДК 51-73, 537.611.3

СОЛИТОННЫЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ СИНУС-ГОРДОНА В МОДЕЛИ С ПРОИЗВОЛЬНЫМ ЧИСЛОМ ПРИМЕСЕЙ, ВНЕШНЕЙ СИЛОЙ И ЗАТУХАНИЕМ

Гумеров А.М.¹, Кудрявцев Р.В.^{1,2}, Салимов Р.К.², Екомасов Е.Г.¹
Антонов Г.И.¹, Капитонов И.В.¹

¹ Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

² Институт физики молекул и кристаллов УНЦ РАН, Уфа, Россия

Одним из самых известных представителей интегрируемых нелинейных дифференциальных уравнений является уравнение синус-Гордона (УСГ). На сегодняшний день, модели, основанные на использовании данного уравнения и его различных модификаций, встречаются в самых разнообразных областях естествознания: геологии, молекулярной биологии, физики, космологии и т.д. Однако построение различных моделей, наиболее адекватно описывающих физические системы, приводит к необходимости модифицировать УСГ, вводя, например, переменные коэффициенты, внешнюю силу и затухание. Часто исследуется случай наличия пространственной модуляции периодического потенциала (или примеси) (см. например, [1-3]).

В работе для случая (1+1) - мерного уравнения синус-Гордона УСГ показана возможность аналитического и численного нахождения солитонных решений для случая произвольного числа примесей. Для случая наличия двух примесей определено наличие критического

значения расстояния между примесями, которое приводит к двум качественно различным сценариям динамического поведения кинка УСГ. Рассмотрены структура и свойства трех- и четырехкинковых решений уравнения синус-Гордона, возбуждаемых в области примесей. Для (3+1)-мерного УСГ рассмотрен случай примеси сферически симметричного вида. С помощью псевдоспектрального метода Фурье численно найдены долгоживущие локализованные решения пульсонного и солитонного вида.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-31-00122.

Литература

1. A. M. Gumerov, E. G. Ekomasov, F. K. Zakir'yanov, R. V. Kudryavtsev, *Comput. Math. Math. Phys.*, 54(3) (2014) 491–504.
2. E. G. Ekomasov, A.M. Gumerov, R.V. Kudryavtsev, *JETP Letters*, 101(12) (2015) 835–839.
3. E.G. Ekomasov, A. M. Gumerov, R. V. Kudryavtsev, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 312 (2017) 198–208.

© Гумеров А.М., Кудрявцев Р.В., Салимов Р.К., Екомасов Е.Г.
Антонов Г.И.¹, Капитонов И.В., 2018 г.

ЭФФЕКТЫ МАГНИТОСТРИКЦИИ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ХИРАЛЬНЫХ ГЕЛИМАГНЕТИКОВ: МОДЕЛЬ ДВОЙНОГО СИНУС-ГОРДОНА

Терещенко А.А.¹, Овчинников А.С.^{1,2}, Сеницын Вл.Е.¹

¹Институт естественных наук и математики УрФУ,
г. Екатеринбург, Россия

²Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Физические свойства хиральных гелимагнетиков, спиральный магнитный порядок в которых обусловлен антисимметричным взаимодействием Дзялошинского-Мория – одна из активно изучаемых областей современной теории магнетизма. Это связано с уникальными солитонно-подобными формами магнитного порядка, найденными в этих материалах: магнитной солитонной решеткой, обнаруженной в CrNb_3S_6 , и скирмионной решеткой, наблюдаемой, например, в MnSi . Глубокое понимание особенностей выше перечисленных магнитных фаз позволит эффективно использовать эти соединения в устройствах спинтроники.

Широко признано, что связь решеточных степеней свободы с магнетизмом играет значительную роль в процессах, наблюдаемых в хиральных гелимагнетиках. Например, в работе [1] было продемонстрировано механическое управление фазой скирмионной решетки в объемном монокристалле MnSi. Однако в случае магнитной солитонной решетки подобные исследования не проводились. В частности, прикладывая деформации растяжения/сжатия к тонким пленкам хиральных гелимагнетиков, возможно сделать вклад магнитоупругого взаимодействия сравнимым, например, с зеемановским. Это может привести к возникновению новых равновесных магнитных состояний. В данной работе показывается, что обсуждаемая ситуация хорошо описывается моделью двойного синус-Гордона, которая ранее использовалась для анализа эффектов кристаллической анизотропии второго порядка в одноосных хиральных гелимагнетиках [2,3].

Рассмотрение проблемы ведется в рамках классического феноменологического подхода. Предполагается, что намагниченность неоднородна только вдоль геликоидальной оси. Плотность свободной энергии одноосного хирального гелимагнетика включает в себя прямой обмен Гейзенберга, антисимметричный обмен Дзялошинского-Мория, взаимодействие с внешним магнитным полем, магнитоупругое взаимодействие и упругую энергию:

$$\mathcal{F} = \int (\partial_z \mathbf{M})^2 + D \dot{z} \cdot [\mathbf{M} \times \partial_z \mathbf{M}] - \mathbf{H} \cdot \mathbf{M} + \mathcal{F}_{ME} + \mathcal{F}_E \quad (1)$$

Поиск основного состояния рассматриваемой системы ведется путем минимизации свободной энергии кристалла.

В результате анализа основного состояния была построена соответствующая фазовая диаграмма (рисунок 1 а)). Оказывается, что при приложении внешнего магнитного поля против оси x и растяжении кристалла вдоль оси y , формируется решение, изображенное на рисунке 1 б). Его можно охарактеризовать как модификацию решения уравнения синус-Гордона, которая проявляется в появлении нелинейности в области быстрого проворота вектора намагниченности. При увеличении внешнего магнитного поля система переходит в состояние вынужденного ферромагнетизма. Подобная ситуация возникает и при деформации кристалла вдоль оси x , однако там возникает еще одно пространственно-неоднородное решение (рисунок 1 в)). Данное решение характеризуется двумя выделенными направлениями и при увеличении внешнего магнитного поля не переходит в состояние вынужденного ферромагнетизма, вследствие сильной магнитоупругой анизотропии. Исследование эволюции решений при изменении внешнего магнитного поля и деформаций, позволило сформулировать принципы управления солитонной решетки.

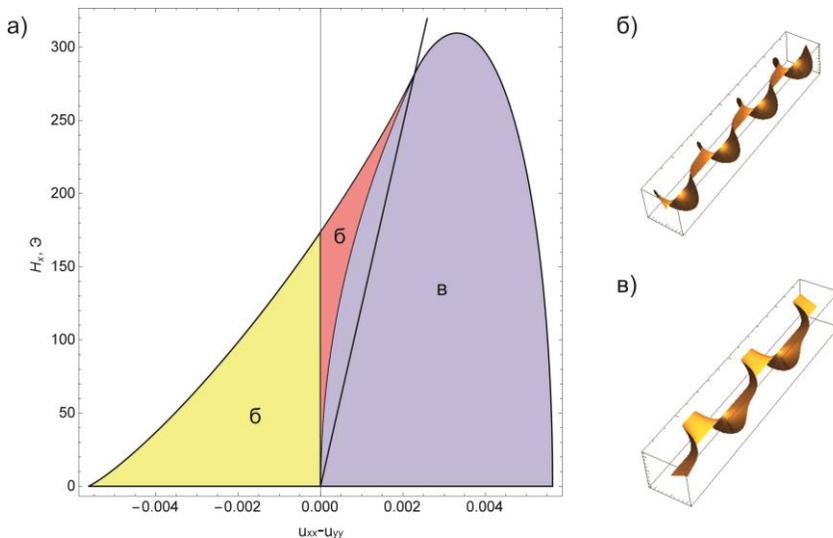


Рис. 1.- а) Фазовая диаграмма б) и в) вид намагниченности в основном состоянии

Литература

1. Y. Nii, T. Nakajima, A. Kikkawa, Y. Yamasaki, K. Ohishi, J. Suzuki, Y. Taguchi, T. Arima, Y. Tokura, and Y. Iwasa, Nat. Commun. 6, 8539 (2015).
2. Iwabuchi S. Commensurate-incommensurate phase transition in double sine-Gordon system //Progress of theoretical physics. – 1983. – V. 70. – №. 4. – P. 941-950.
3. Izyumov Y. A. Modulated, or long-periodic, magnetic structures of crystals //PhysicsUspekhi. – 1984. – V. 27. – №. 11. – P. 845-867.

© Терещенко А.А., Овчинников А.С., Синицын Вл.Е., 2018 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗАМКНУТОЙ АКСИАЛЬНО-СИММЕТРИЧНОЙ НУЛЬ-СТРУНЫ

Осокин К.С., Леляков А.П.

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,
г. Симферополь, Россия

Космические струны – это одномерные топологические дефекты, которые, согласно предсказаниям Калибровочных Теорий Великого Объединения (ТВО), могли образовываться в ранней Вселенной в процессе фазовых переходов. Также не исключается, что космические струны могли сохраниться до современной эпохи и могут быть наблюдаемыми.

Нуль-струны реализуют предельный случай нулевого натяжения космических струн. В таком пределе точки нуль-струны взаимодействуют лишь с внешним гравитационным полем, но не друг с другом. Так как натяжение струны измеряется отрицательными степенями планковской массы m_{pl} , то предел нулевого натяжения соответствует асимптотически большим масштабам энергии $E \gg m_{pl}$. С этой точки зрения нуль-струны реализуют высокотемпературную фазу теории струн, то есть могли образовываться на ранних стадиях эволюции Вселенной.

При изучении точных решений уравнений Эйнштейна активно используется классификация Петрова, которая для каждого события на псевдоримановом многообразии описывает возможные алгебраические симметрии тензора Вейля:

$$W_{abcd} = R_{abcd} - \frac{2}{n-2}(g_{a[c}R_{d]b} - g_{b[c}R_{d]a}) + \frac{2}{(n-1)(n-2)}Rg_{a[c}g_{d]b}, \quad (1)$$

где R_{abcd} тензор Римана, R_{ab} тензор Риччи, g_{ab} метрический тензор, R скалярная кривизна, n размерность многообразия, квадратные скобки обозначают операцию антисимметризации.

В данной работе произведен поиск решения уравнений Эйнштейна для “размазанной” замкнутой нуль-струны с осевой симметрией, движущейся ортогонально плоскости, в которой она расположена. Так же было проведено исследование симметрии тензора Вейля для такой системы и показана устойчивость данной конфигурации.

© Осокин К.С., Леляков А.П., 2018 г.

О ПОЛОЖЕНИИ ЗВЕЗД, ИОНИЗУЮЩИХ ТУМАННОСТИ, НА ИНФРАКРАСНЫХ ДИАГРАММАХ

Плотникова А.Н., Соболев А.М.

Уральский федеральный университет им. Б.Н.Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия

На основе данных каталога точечных источников инфракрасных обзоров всего неба WISE и 2MASS об ионизирующих туманности звездах, взятых из работы В.С. Аведисовой и Г.И. Кондратенко, были определены положения звезд на двухцветных диаграммах и диаграммах цвет-величина.

Полученные результаты были сопоставлены с представленными в статье G. Marton с соавторами двухцветной диаграммой (W1-W2, W2-W3) для цветов WISE. Отличие в положениях сгущений звезд на этой диаграмме между нашими данными и данными G. Marton и др. связаны с различным количеством околозвездного вещества в рассматриваемых объектах. Эти данные содержат важную информацию о покраснении звезд за счет околозвездного и межзвездного поглощения.

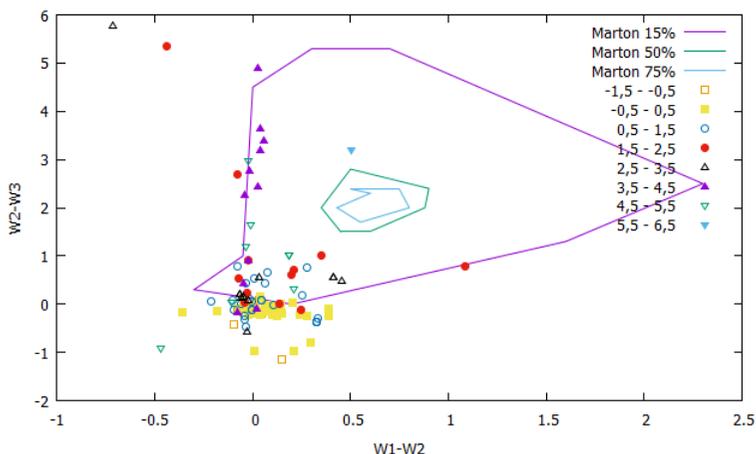


Рис. 1. Двухцветная диаграмма в показателях цвета WISE

Литература

1. Avedisova, V. S. Exciting stars and the distances of the di_use nebulae / V. S. Avedisova, G. I. Kondratenko // Nauchnye Informatsii. - 1984. - Vol. 56. - P. 59.
2. An all-sky support vector machine selection of WISE YSO candidates / G. Marton, L. V. T'oth, R. Paladini et al. // - 2016. - . - Vol. 458. - P. 3479-3488.

© Плотникова А.Н., Соболев А.М., 2018 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ, ОПИСЫВАЕМЫХ АНТИФЕРРОМАГНИТНОЙ МОДЕЛЬЮ ИЗИНГА

Трушникова Е.В.

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия

В ферромагнитных и антиферромагнитных системах может наблюдаться поверхностный магнетизм. В нескольких работах была построена фазовая диаграмма полуограниченных систем со свободной поверхностью. Исходя из нее может наблюдаться три фазы, связанных с упорядочением поверхностных и объемных спинов: неупорядоченная фаза, поверхностно-упорядоченная объемно-неупорядоченная фаза и поверхностно-упорядоченная объемно-упорядоченная фаза.

Гамильтониан антиферромагнитной модели Изинга может быть записан в следующем виде:

$$H = -J_B \sum_B S_i S_j - J_S \sum_S S_i S_j - J_{SB} \sum_S S_i S_j, \quad (1)$$

где S_i – значения спина в i -ом узле. Первая сумма по всем парам спинов ближайших соседей, расположенных не на поверхности пленки, вторая – по парам ближайших спинов на одной из поверхностей, в третьей сумме в каждой паре один из спинов расположен на одной из поверхностей, а второй в ближайшем подповерхностном слое. Обменные интегралы могут отличаться, поэтому вводится два параметра $R_S = J_S / J_B$ и $R_{SB} = J_{SB} / J_B$.

В работе проводилось компьютерное моделирование тонких антиферромагнитных пленок толщиной от $D=4$ слоев до $D=12$ слоев с кубической решеткой, методом Монте-Карло с помощью алгоритма Метрополиса [1]. Для определения температуры фазового перехода применялась теория конечноразмерного скейлинга [2]. Значения отношения обменных интегралов изменялось R_S от 0.5 до 2.0 с шагом 0.1, R_{SB} от 1 до R_S . Для всех значений параметров вычислялась температура объемного перехода T_N и температура поверхностного фазового перехода T_S . Критическое поведение тонких антиферромагнитных пленок отличается от поведения полуограниченных систем следующим образом: температура объемного перехода растет с увеличением поверхностной энергии, поверхностный фазовый переход может наблюдаться только при больших отношениях обменных интегралов.

Литература

1. D.P. Landau, K. Binder. Phys. Rev. B. 17, 2328 (1978).
2. C. Ruge, F. Wagner. Phys. Rev. B. 1995. V. 52. P. 4209-4216.

© Трушникова Е.В., 2018 г.

ПАРАМЕТРЫ ЛИНЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ В СКАЛЯРНО-ТЕНЗОРНО-ВЕКТОРНОЙ ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ

Лукманова Р.Ф., Камалова Д.Ю.

Башкирский государственный педагогический университет

им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

В скалярно-тензорно-векторной теории гравитации (СТВТГ), в дополнение к тензорному метрическому полю вводится векторное поле, а универсальная гравитационная постоянная G вместе с массой μ векторного поля рассматриваются как динамические скалярные поля. В частности, для слабой гравитации, СТВТГ приводит к модифицированному закону ускорения. Полученный усовершенствованный Ньютоновский закон ускорения, где $G = G_N(1 + \alpha)$ успешно объяснил вращение кривых для многих галактик, динамику движения галактических кластеров и космологические наблюдения без темной материи (G_N - гравитационная постоянная Ньютона, α - параметр связи).

В работе [1] было получено решение для статичной сферически-симметричной черной дыры, которое при $\alpha = 0$ сводится к решению черной дыры Шварцшильда.

$$ds^2 = - \left(1 - \frac{2G_N(1+\alpha)M}{c^2 r} + \frac{G_N^2 M^2 (1+\alpha)\alpha}{c^4 r^2} \right) dt^2 + \left(1 - \frac{2G_N(1+\alpha)M}{c^2 r} + \frac{G_N^2 M^2 (1+\alpha)\alpha}{c^4 r^2} \right)^{-1} dr^2 + r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2)$$

где M – стандартная масса черной дыры.

Используя формализм Китона-Петерса [2], в работе будет получен угол отклонения света в слабом гравитационном поле и параметры гравитационного линзирования, такие как положение изображения, увеличение изображения, центроид, задержка по времени, позволяющие определить тип астрофизического объекта. Ранее параметры гравитационного линзирования для дилатонной кротовой норы и кротовой норы типа Эллиса-Бронникова были рассмотрены в [3]

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00377.

Литература

1. Moffat, J.W. Black holes in modified gravity // Eur. Phys. J. C (2015) v.75, pp. 175
2. Keeton, C.R., Petters, A.O. Formalism for testing theories of gravity using lensing by compact objects: Static, spherically symmetric case // Phys. Rev. D 72, 104006 (2005);

3. Lukmanova, R.F, Tulegenova, G.Y., Izmailov, R.N., Nandi, K.K. Lensing observables: Massless dyonic vis-à-vis Ellis wormholes // Phys. Rev. D 97, 124027 (2018).

© Лукманова Р.Ф., Камалова Д.Ю., 2018 г .

УДК 523.11

АНАЛИЗ СТАБИЛЬНОСТИ ТОНКОЙ ОБОЛОЧКИ КРОВОЙ НОРЫ В ТЕОРИИ $f(R)$ - ГРАВИТАЦИИ

Хайбуллина А.Р., Тулеганова Г.Ю.

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

В работе рассматривается стабильность кротовой норы с тонкой оболочкой, где внутренняя область описывается решением в теории $f(R)$ гравитации [1], а внешняя – решением Шварцшильда. Следуя методу [2], рассмотрим кротовую нору в теории $f(R)$ гравитации, имеющую следующий вид:

$$ds^2 = -(1 + r_0/r)^{-2} dt^2 + (1 + r_0^2/r^2)^{-1} dr^2 + r^2 d\Omega^2, \quad (1)$$

где $d\Omega^2 = d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2$, r_0 – радиус горловины кротовой норы.

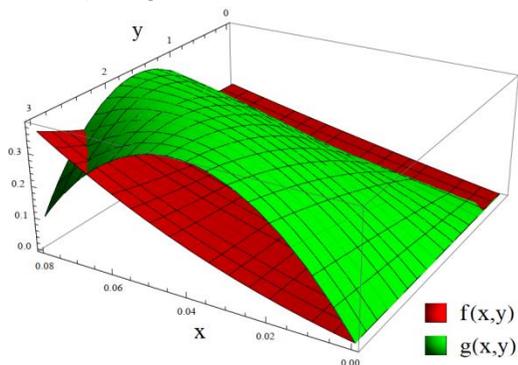


Рис.1. Область стабильности тонкой оболочки Шварцшильда- $f(R)$ кротовой норы. По осям x и y определяем, соответственно, $x = M/a_0$ и $y = r_0/M$, где $x \in [0,0.08]$ и $y \in [0.3,3]$, где a_0 – статичный радиус. При a_0 близком к r_0

область над поверхностью $g(x, y)$ является стабильной для тонкой оболочки, а в остальных областях – нестабильна

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00377.

Литература

1. Mazharimousavi S.H., Halilsoy M. Wormhole solutions in $f(R)$ gravity satisfying energy conditions // Mod. Phys. Lett. A, 2016, v. 31, pp. 1650192.
2. Garcia N.M., Lobo F.S.N., Visser M. Generic spherically symmetric dynamic thin-shell traversable wormholes in standard general relativity // Phys. Rev. D, 2012, v. 86, pp. 044026.

© Хайбуллина А.Р., Тулеганова Г.Ю., 2018 г .

УДК 523.11

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЗАДЕРЖКИ СВЕТА В ПОЛЕ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ В МОДИФИЦИРОВАННОЙ ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ

Байбулова Г.Б., Тулеганова Г.Ю.

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

В работе будет исследована относительная задержка времени света для вращающейся черной дыры в скалярно-тензорно-векторной теории гравитации (СТВГ) [1], которая выступает в роли реалистичной конечной линзы. Для этого будет использовано приближение тонкой линзы в слабом поле, которое предполагает, что источник, линза и наблюдатель находятся на одной линии. Вращающаяся система линз может быть заменена эквивалентной «статичной» системой с фиктивной геометрией линз, которая может быть использована для вычисления относительных факторов задержки по времени с хорошей точностью из наблюдений за увеличением блеска изображений.

Литература

1. Moffat, J. W. Black holes in modified gravity // Eur. Phys. J. C, 2015, v.75, pp. 175.

© Байбулова Г.Б., Тулеганова Г.Ю., 2018 г.

ЭФФЕКТ САНЬЯКА В ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ ЙОХАНСЕНА-ПСАЛТИСА

Давлетшина Н.Ю., Каримов Р.Х.

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

В работе исследовано влияние параметра искажения ε вращающейся черной дыры Йохансена-Псалтиса [1] на эффект Саньяка. Параметр искажения ε имеет нелокальный эффект. Эффект Саньяка ранее был исследован в различных теориях гравитации, например, в ОТО [2], в теории $f(R)$ – гравитации [3].

Задержку Саньяка для экваториального движения в пост-Ньютоновском приближении получаем в виде:

$$\delta\tau = 4\pi\omega_0(R^2 + a^2) - \frac{8\pi i M}{R} + \frac{2\pi\omega_0 M}{R} [2(R^2 + 3a^2) - \varepsilon(R^2 - a^2)], \quad (1)$$

где $\delta\tau_1 = 4\pi\omega_0(R^2 + a^2)$ – поправка к обычному эффекту Саньяка,

$\delta\tau_2 = -\frac{8\pi i M}{R}$ – поправка к моменту инерции черной дыры,

$\delta\tau_3 = \frac{2\pi\omega_0 M}{R} [2(R^2 + 3a^2) - \varepsilon(R^2 - a^2)]$ – поправка к чистой массе объекта.

Из уравнения (1) видно, что параметр искажения не влияет на основной вклад в задержку и на вклад от момента инерции. Влияние параметра ε появляется только в члене поправки к массе объекта.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00377.

Литература

2. Tartaglia, A. General relativistic corrections to the Sagnac effect // Phys. Rev. D, 1988, v. 58, pp. 064009.
3. Karimov, R.K., Izmailov, R.N., Garipova, G.M., Nandi, K.K. Sagnac delay in the Kerr-dS spacetime: Implications for Mach's principle // Eur. Phys. J. Plus, 2018, v. 44, pp. 133.
4. Karimov, R. Kh., Izmailov, R. N., Potapov, A. A., Nandi, K. K. Terrestrial Sagnac delay constraining modified gravity models // Gen. Relativ. Gravit., 2018, v. 50, pp. 44.

© Давлетшина Н.Ю., Каримов Р.Х., 2018 г.

ACCRETION PROCESS IN BLACK HOLES AND NAKED SINGULARITIES

Karimov R.Kh., Izmailov R.N.

M. Akmullah Bashkir State Pedagogical University, Ufa, Russia

An important characteristic of the accretion disk is its efficiency ε , which quantifies the ability with which the central body converts the accreting mass into radiation. The efficiency is measured at infinity and it is defined as the ratio of two rates: the rate of energy of the photons emitted from the disk surface and the rate with which the mass-energy is transported to the central body. If all photons reach infinity, an estimate of the efficiency is given by the specific energy of the accreting particles measured at the marginally stable orbit [1]:

$$\varepsilon = 1 - \tilde{E}(r_{ms})$$

where \tilde{E} is the specific energy and r_{ms} is the marginally stable orbit.

In this paper, we will find the efficiency for GMGHS solution in the Einstein frame [2]. This solution describes a black hole of mass M and magnetic charge Q when $Q < \sqrt{2}M$. If $Q = \sqrt{2}M$ that solution describes naked singularity.

Q	$r_{ms} [M]$	ε
0	6.00	0.0572
M	4.85	0.0768
$\sqrt{2}M$	2.00	1.0000

Table 1. The marginally stable orbit and efficiency for GMGHS solution.

Thus NS should be the brightest objects in the sky (like QSOs). This conclusion is supported by the efficiency $\varepsilon = 1$ for NS in Table 1. It thus seems that, at the singular radius $r = r_{ms} = 2M$ (second column of the Table), all infalling matter is minced into radiation all of which then escape to us.

Part of the work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR) under Grant No.18-32-00377.

References

1. Thorne, K.S. Disk-Accretion onto a Black Hole. II. Evolution of the Hole // *Astrophys. J.*, 1974, v. 191, pp. 507.
2. Gibbons, G.W., Maeda, K. Black holes and membranes in higher-dimensional theories with dilaton fields // *Nucl. Phys. B*, 1988, v. 298, pp. 741.

© Karimov R.Kh., Izmailov R.N., 2018.

АНАЛИЗ СТАБИЛЬНОСТИ ТОНКОЙ ОБОЛОЧКИ КРОВОЙ НОРЫ В ТЕОРИИ $f(R)$ - ГРАВИТАЦИИ

Валиев Р.Р., Измаилов Р.Н.

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

Пространство-время Йоханнсена-Псалтиса [1] описывает гравитационное поле вокруг не Керровских черных дыр, а отклонения от геометрии Керра квантуются множеством «параметров искажения». Простейшая модель не Керра имеет только один не исчезающий параметр искажения ε_3 . В работе исследуется прецессия тестового гироскопа, прикрепленного к стационарному наблюдателю в пространстве-времени Йоханнсена-Псалтиса.

Частота прецессии гироскопа для пространства-времени Йоханнсена-Псалтиса представляется в виде

$$\Omega_{LT} = \frac{\sqrt{2}aM \sin\theta}{\Sigma^{3/2} \{r(r-2M) + a^2 \cos^2\theta\}} \left[\frac{(r^2 - a^2 \cos^2\theta)^2 \sin^2\theta}{4} + \frac{r^2(r^2 - 2Mr + a^2) \cos^2\theta (1 + M^3 r \varepsilon_3 / \Sigma^2)}{r^2 - 2Mr + a^2 + a^2 M^3 r \varepsilon_3 \sin^2\theta / \Sigma^2} \right]^{1/2}, \quad (1)$$

где $\Sigma = r^2 + a^2 \cos^2\theta$.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00377.

Литература

1. Tartaglia, A. General relativistic corrections to the Sagnac effect // Phys. Rev. D, 1988, v. 58, pp. 064009.

© Валиев Р.Р., Измаилов Р.Н., 2018 г.

УДК 538.7

КОМБИНИРОВАННОЕ ВЛИЯНИЕ СПИН-ПОЛЯРИЗОВАННОГО ТОКА И ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ДИНАМИКУ И ТРАНСФОРМАЦИЮ СТРУКТУРЫ СВЯЗАННЫХ МАГНИТНЫХ ВИХРЕЙ

Степанов С.В., Антонов Г.И.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Большое внимание, в настоящее время, привлекают исследования переключения и возбуждения осцилляций намагниченности в магнитных наноструктурах с помощью спин-поляризованного тока и внешнего магнитного поля, которые могут позволить увеличить скорости устройств магнитной памяти, вплоть до терагерцового уровня. Интересны, в этом плане, микроволновые спин-трансферные наноосцилляторы (СТНО), которые отличаются относительно большим спектром частот осцилляций магнитных вихрей, реализуемых даже без приложения внешнего магнитного поля. Большинство таких структур имеют два магнитных слоя, разделенных немагнитной прослойкой. Одной из наиболее перспективных разновидностей СТНО, является вихревая структура, в которой магнитный вихрь реализуется как основное состояние в ферромагнитных слоях. Появилось много экспериментальных и теоретических работ, посвященных исследованию динамики магнитостатически связанных магнитных вихрей (см., например, [1-4]).

С помощью численного решения обобщенного уравнения Ландау-Лифшица, проведено микромагнитное исследование динамики двух дипольно связанных магнитных вихрей в трехслойном наностолбике, под действием внешнего магнитного поля и спин-поляризованного электрического тока. Показана возможность существования различных режимов движения вихрей, в зависимости от величины поляризованного тока и магнитного поля. Для случая стационарной динамики связанных магнитных вихрей, найдена зависимость частоты их колебаний от величины тока. Предложена возможность управления частотой стационарного движения вихрей и подстройки амплитуды управляющих токов с помощью внешнего магнитного поля.

Литература

1. N. Locatelli, A.E. Ekomasov, A.V. Khvalkovskiy. Applied Physics Letters// 2013, 102, 062401.
2. N. Locatelli, R. Lebrun, V. Naletov. IEEE Transactions on magnetics Das// 2015, 51, 8, 4300206.
3. Hamadeh, N. Locatelli, V. Naletov. Physical Review Letters// 2014, 112, 257201.

4. А.Е. Екомасов, С.В. Степанов, Е.Г. Екомасов, К.А. Звездин. Физика металлов и металловедение// 2017 118, 345.

© Степанов С.В., Антонов Г.И., 2018 г.

УДК 537.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ В СВЕРХРЕШЕТКАХ МУЛЬТИФЕРРОИКОВ

Жармухаметов А.Р.¹, Нугуманов А.Г.¹,
Юлдашева А.Р.¹, Шарафуллин И.Ф.^{1,2}

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Université de Cergy-Pontoise, Cergy-Pontoise, Cedex, France

В работе изучаются фазовые переходы и влияние температуры, внешнего магнитного поля, магнитоэлектрической модели сверхрешетки мультиферроика с двумя параметрами порядка методом Монте-Карло. Рассматриваемая структура образована чередующимися ферромагнитными и ферроэлектрическими слоями. Ферромагнитные слои моделируются как гейзенберговская кубическая решетка. Электрическая поляризация на узлах задается значениями $0, \pm 1$.

Изучено влияние магнитоэлектрической связи между ферроэлектрическим и ферромагнитным слоями системы на критическую температуру, параметры порядка, восприимчивость, внутреннюю энергию, поверхностную намагниченность системы. Построены зависимости намагниченностей слоев в зависимости от температуры для различных параметров взаимодействия и поля.

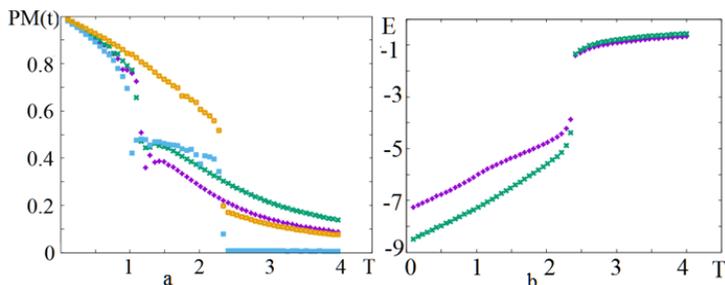


Рис. 1. а) Температурные зависимости параметра порядка ферромагнитной подсистемы при различных значениях параметра магнитоэлектрического взаимодействия и внешних полей. б) Энергии подсистем для случая $J^{mf} = -6.0$

Заметим, что в отсутствии внешнего магнитного поля и при большом значении магнитоэлектрического параметра ($J^{mf} = -6.0$) наблюдаются два чередующихся фазовых перехода второго рода при $T_{C1} = 1.05 J^m / k_B$ и $T_{C2} = 2.19 J^m / k_B$.

Литература

1. М. Х. Харрасов, И. Р. Кызыргулов, И. Ф. Шарафуллин, А. Г. Нугуманов // Фазовые переходы и критические явления в пленках мультиферроиков с орторомбической магнитной структурой // Известия РАН. Серия физическая, 2016, том 80, № 6, с. 766-768

© Жармухаметов А.Р., Нугуманов А.Г., Юлдашева А.Р., Шарафуллин И.Ф., 2018 г.

УДК 537.622.4

ВОЗНИКНОВЕНИЕ МИКРОМАГНИТНЫХ СТРУКТУР В НЕОДНОРОДНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ В ОДНООСНЫХ МУЛЬТИФЕРРОИКАХ

Вахитов Р.М.¹, Гареева З.В.^{1,2}, Солонецкий Р.В.³, Мажитова Ф.А.¹

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²ИФМК УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

³Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Россия

Мультиферроики являются одним из перспективных материалов, которые могут найти применение в различных областях науки и технике [1-2]. В этих материалах допускается возможность проявления магнитоэлектрического эффекта: возникновение электрической поляризации во внешнем магнитном поле, и наоборот.

В данной работе исследовано зарождение и трансформация микромагнитной структуры в одноосном ферромагнетике с неоднородным магнитоэлектрическим взаимодействием под действием неоднородного электрического поля вида:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 / \text{ch}(y/L), \quad (1)$$

где L – определяет размер области действия поля вдоль оси Oy (направление неоднородности магнетика), \mathcal{E}_0 – величина напряженности поля в центре этой области ($y=0$).

Из численных расчетов уравнений Эйлера-Лагранжа следует, что при включении неоднородного электрического поле вида (1) возможны решения, соответствующие как 180^0 , так 0^0 доменным границам (ДГ). Выявлено, что 180^0 ДГ под действием поля трансформируются путем перехода из блоховской структуры в квазиблоховскую с возникновением поляризации в стенке, а затем при некотором критическом поле \mathcal{E}_c и в неелевскую ДГ. Показано, что зарождение 0^0 ДГ в поле носит пороговый характер, при этом 0^0 ДГ уже имеет неелевскую компоненту намагниченности. Установлено, что процессы зарождения 0^0 ДГ в неоднородном электрическом поле имеют те же закономерности, что и зарождение 0^0 ДГ на дефектах типа «потенциальная яма» [2]. Рассмотрены также различные этапы эволюции структуры обоих типов ДГ в возрастающем электрическом поле.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-02-00336-А

Литература

1. Пятаков А.П., Звездин А.К.//УФН,2012, т. 182,с. 593.
2. Вахитов Р. М., Шапаева Т. Б., Солонецкий Р.В., Юмагузин А.Р. //ФММ, 2017, т. 48, с. 571.

© Вахитов Р.М., Гареева З.В.,
Солонецкий Р.В., Мажитова Ф.А., 2018 г.

ЭЛЕКТРОИНДУЦИРОВАННОЕ ЗАРОЖДЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ МАГНИТНЫХ ДОМЕНОВ В ПЛЕНКАХ ФЕРРИТОВ ГРАНАТОВ

Гареев Т.Т., Пятаков А.П.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия

В настоящий момент в физике мультиферроиков актуальной является проблема исследования возможности управления микромагнитными неоднородностями электрическим полем – так называемый неоднородный магнитоэлектрический эффект. Впервые теоретически это явление было описано в работе [1] и экспериментально продемонстрировано в работе [2] на примере смещения доменной границы в пленке феррита граната под действием неоднородного электрического поля. Другим актуальным направлением современного магнетизма является исследование топологически устойчивых магнитных

структур, к которым относятся магнитные вихри, скирмионы, а также цилиндрические магнитные домены (ЦМД).

Цилиндрические магнитные домены (ЦМД) возникают в магнитных материалах с развитой одноосной магнитной анизотропией и высоким фактором качества $Q=K_u/2\pi M_s^2$, условия зарождения ЦМД и поведения их в магнитном поле активно исследовались в 70-е гг XX века, теоретические модели и результаты экспериментальных исследований ЦМД в магнитном поле подробно описаны в работах [3 - 5], но природа их возникновения была связана исключительно с действием магнитного поля. Однако, с практической точки зрения управление ЦМД электрическим полем открывает широкие перспективы для развития энергосберегающих технологий.

Впервые возможность зарождения ЦМД с помощью электрического поля была продемонстрирована в работе [6], и в дальнейшем описана в работе [7], в которой рассмотрены физические механизмы магнитоэлектрического управления ЦМД. В этих работах проводились исследования на образцах с кристаллографической ориентацией (210).

Настоящая работа является продолжением исследований [6, 7]. Здесь мы рассматриваем влияние различного соотношения электрических и магнитных полей, необходимых для зарождения ЦМД в пленке феррита граната $(\text{BiLu})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$, выращенной на подложке из $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ с кристаллографической ориентацией (110). Толщина пленки $h = 11.6$ мкм, период полосовой доменной структуры $p = 40$ мкм. Электрическое поле создавалось электродом (молибденовой проволокой диаметром около 10 мкм), к которому приложено постоянное напряжение от высоковольтного источника. Для визуализации доменной структуры использовался магнитооптический эффект Фарадея.

Электрическая поляризация ферритов гранатов, возникающая в окрестности магнитной неоднородности, в том числе на ЦМД в рамках концепции флексомагнитоэлектрического взаимодействия [1] рассчитывается как $|P| = \gamma \chi_e \left(\cos \theta \frac{d\theta}{d\rho} + \sin \theta \cos \theta \left(\sin(\varphi - \Phi) \frac{d\varphi}{d\rho} + \frac{1}{\rho} \cos(\varphi - \Phi) \right) \right)$, где χ_e -диэлектрическая восприимчивость, γ - константа магнитоэлектрического взаимодействия, θ , φ - полярный и азимутальный углы, задающие ориентацию вектора намагниченности $M(r)$ в сферической системе координат, ρ , Φ координаты радиус-вектора r в цилиндрической системе координат. В дальнейшем будем полагать $\varphi = \Phi + k\pi$, зависимость полярного угла от координаты определим с помощью пробных функций, которые определяют распределение намагниченности в ЦМД. Расчеты, проведенные в рамках приближения доменной границы [5] (рис.1а), показывают, что в окрестности ЦМД

возникает электрическая поляризация (рис.1б), локализованная на его границе, степень локализации зависит от параметров материала, она усиливается при увеличении магнитной анизотропии.

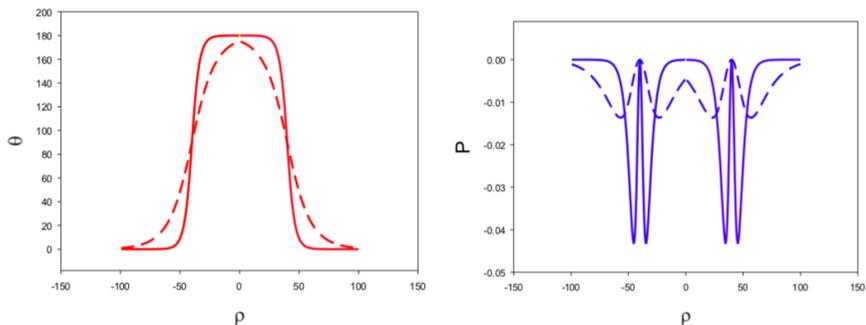


Рис. 1. а) распределение намагниченности в ЦМД, б) распределение поляризации в ЦМД ($P = \frac{|P|}{\chi_e \gamma}$). Сплошные линии $\Delta = 1,25$, $K = 10^6 \frac{erg}{cm^3}$, пунктирные линии

$$\Delta = 12,5, K = 10^4 \frac{erg}{cm^3}.$$

Работа поддержана грантом: РФФИ №№ 16-02-00494.

Литература

1. В. Г. Барьяхтар, В.А. Львов, Д.А. Яблонский, Теория неоднородного магнитоэлектрического эффекта, Письма в ЖЭТФ, т. 37, с. 565-567 (1983)
2. А.С. Логинов, Г.А. Мешков, А.В. Николаев, А.П. Пятаков, Магнитоэлектрическое управление доменными границами в пленке феррита граната, Письма в ЖЭТФ, т.86, n2, с.124-127 (2007)
3. Vobeck, E. Della Tore, Magnetic Bubbles, Amsterdam, 1975.
4. А. Эшенфельдер, Физика и техника цилиндрических магнитных доменов, Пер. с англ. М.: Мир, 1986.
5. Малоземов А., Слончевский Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами //Мир. – Москва. – 1982
6. Д. П. Куликова др. Письма в ЖЭТФ, 104 (2016), 196.
7. D. Kulikova et. al., Phys. Status Solidi RRL 2018, 12, 1800066.

© Гареев Т.Т., Пятаков А.П., 2018 г.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ДВИЖЕНИЯ КИНКА МОЛЕКУЛЫ ДНК ПОД ВЛИЯНИЕМ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Балашова В.Н., Закирьянов Ф.К.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В работе рассмотрена динамика молекулы ДНК под действием различных внешних факторов. Для математического описания вращательной динамики ДНК в нашей работе использовалась известная модель Инглэндера. Мы рассмотрели общий случай, когда постоянные и периодические поля включаются и выключаются асинхронно, что часто наблюдается во многих реальных ситуациях. Детально были исследованы три варианта асинхронного включения/выключения. В первом интервалы (или диапазоны) действия постоянного и периодического полей не перекрывались, во втором – перекрывались, а третьем – интервалы были вложены друг в друга. (см. рис. 1).

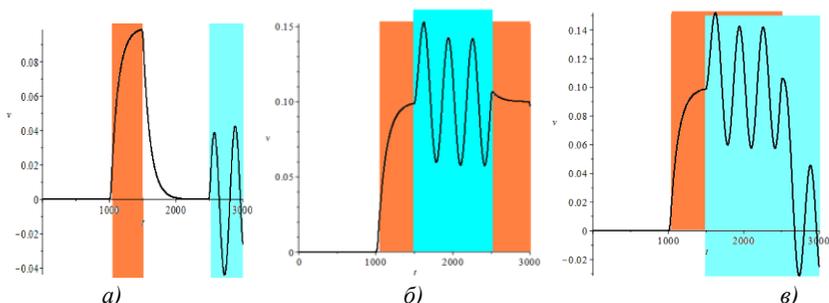


Рис. 1. Зависимость скорости кинка от времени под действием асинхронного внешнего воздействия постоянным и периодическим полем

Численные эксперименты показали, что постоянные и периодические поля действительно оказывают существенное влияние на характер движения кинка и регулируют его.

Литература

2. Якушевич Л.В., Балашова В.Н., Закирьянов Ф.К. Особенности движения кинков ДНК при асинхронном включении/выключении постоянного и периодического полей // Компьютерные исследования и моделирование. – 2018. – Т. 10, №4.

© Балашова В.Н., Закирьянов Ф.К., 2018 г.

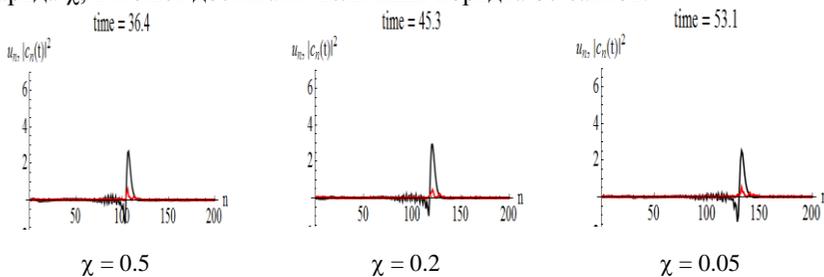
МОДЕЛЬ ПЕРЕНОСА ЗАРЯДА В МОЛЕКУЛЕ ДНК

Закирьянов Ф.К., Мельников В.Ю.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Использование молекулы ДНК в качестве основы для элементной базы перспективных устройств нанобиоэлектроники представляется весьма актуальным. В работе [1] показано, что конформационные возмущения в виде бризеров, возбуждаемые в модели ДНК, взаимодействуют с зарядами. При этом характерная длина перемещения связанного состояния "бризер-заряд" составила в этой модели около 20 сайтов.

Нами предлагается модель переноса заряда в молекуле ДНК, отличающаяся от модели, рассмотренной в [1], тем, что изменение конформации происходит не за счет поперечного смещения нуклеотидов, а за счет их вращения вокруг сахара-фосфатного остова. Начальное конформационное возмущение задаётся в виде солитонной пары "кинк-антикинк", центр которой приходится на 50-й сайт участка молекулы ДНК (см. рис. 1). Основная плотность заряда так же находится в пределах этого возмущения. После превращения пары "кинк-антикинк" в движущийся бризер плотность заряда стремится к нулю. Как видно из рис. 1, расстояние, которое проходит солитон, связанный с зарядом, до его превращения в бризер, растёт с уменьшением коэффициента взаимодействия между конформационным возмущением и плотностью заряда χ , и может достигать величины порядка 80 сайтов.

Рис. 1. Зависимость прохождения заряда от параметра χ **Литература**

1. Лахно В.Д., Четвериков А.П. Возбуждение бабблов и бризеров в ДНК и их взаимодействие с носителями заряда // Математическая биология и биоинформатика. 2014. Т. 9. № 1. С. 4–19.

**ПРОСТРАНСТВЕННО - МОДУЛИРОВАННЫЕ СТРУКТУРЫ В
ПЛЕНКАХ ФЕРРИТА ВИСМУТА**Каюмов И.Р.^{1,2}, Гареева З.В.¹, Звездин А.К.³¹ИФМК УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия²ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, г. Уфа, Россия³ИОФ РАН, г. Москва, Россия

В настоящее время в связи с активным развитием стрейнтроники возрастает интерес к исследованию тонкопленочных мультиферроидных структур, перспективных для энергосберегающих технологий, в которых проявление ряда физических свойств имеет особенности по сравнению с объемными кристаллами.

Целью данной работы является исследование магнитных состояний и фазовых переходов в эпитаксиальных пленках высокотемпературного мультиферроика феррита висмута BiFeO_3 . Основным магнитным состоянием BiFeO_3 является пространственно – модулированная структура циклоидного типа, которая стабилизируется неоднородным магнитоэлектрическим взаимодействием [1]. Действие ряда факторов: магнитного поля, механических деформаций, легирования, изменения температуры приводит к трансформации циклоид и переходу в состояние однородной намагниченности [3].

В работе исследованы (110) – ориентированные пленки BiFeO_3 , показано, что циклоидные структуры в пленках отличаются от циклоид в объемных кристаллах. В пленках BiFeO_3 выделяются циклоиды с определенным направлением спиновой модуляции, в то время как в монокристаллах BiFeO_3 возможно существование нескольких (6) энергетически эквивалентных циклоид, модулированных вдоль кристаллографических направлений $\langle 110 \rangle$. В ультратонких (110) - пленках BiFeO_3 энергетически выгодными являются циклоиды с вектором модуляции $\mathbf{q} \parallel [001]$. В отличие от объемных образцов плоскость разворота спинов в циклоидах в пленках не содержит вектор электрической поляризации, что необходимо учитывать при переключении магнитного состояния BiFeO_3 внешним электрическим полем, действующим на электрическую поляризацию.

Работа поддержана грантом РФФИ No. 16-02-00336-А.

Литература

1. I. Sosnowska, T.P. Neumaier, E.J. Steichele, J. Phys. C: Solid State Physics **15**, 23 (1982).
2. D. Sando et al., Nature Materials **12**, 641 (2013).

МОДЕЛЬ ВОЛНОВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ЧАСТИЦЫ И АНТИЧАСТИЦЫ

¹⁾Алиева М.Е., ²⁾Мукашев К.М., ²⁾Мурадов А.Д., ³⁾Умаров Ф.Ф.

¹⁾Казахский национальный педагогический университет им. Абая,
г. Алматы, Казахстан

²⁾Казахский национальный университет им. Аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан

³⁾Казахско-Британский технический университет, г. Алматы, Казахстан

Введение. Современная квантовая теория поля включает в себе механику Ньютона, квантовую механику и специальную теорию относительности. С помощью методов этой теории получены уравнения для описания всех видов взаимодействия материальных тел. Однако эти уравнения настолько сложны, что точных решений найти практически невозможно. При использовании приближенных методов приходится прибегать к множеству перенормировок. Эти действия представляют собой скорее подгонку теоретических расчетов под желаемые результаты. И как следствие, гипотезы ученых прошлого и многочисленные эксперименты не привели к пониманию и описанию с единых позиций все известные взаимодействия материальных тел. Особенно это касается теории Максвелла, которая описывается системой непрерывных уравнений, и не может быть применена к дискретному закону Планка [1].

Гипотетическая модель волновых взаимодействий частицы и античастицы на примере электрона и позитрона. Что касается взаимодействия таких частиц, как позитрон и электрон, представляющих собой немаловажные субстанции материальных тел, то можно сослаться на известное из курса ядерной физики положение. Оно гласит, что эти две частицы, относящиеся к классу лептонов, взаимодействуют между собой посредством слабых взаимодействий. Следовательно, здесь вступает в силу закон Кулона, по которому сила взаимодействия двух заряженных частиц обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Т.о., чем ближе находятся эти частицы, тем сильнее они взаимодействуют между собой. Законы слабого взаимодействия относятся к категории близкодействующих. В то же время, между заряженными частицами действуют также законы электромагнитных взаимодействий, которые относятся к категории далекодействующих. Следовательно, эти два закона из четырех фундаментальных законов взаимодействия природы описывают все состояния частицы и античастицы, каковыми являются электрон и позитрон в твердом теле (рис. 1).

Но электромагнитное взаимодействие между заряженными частицами возможно при условии наличия излучения, исходящего из

частицы. Именно излучение является носителем этого взаимодействия. Но если рассматривать частицы в статике, никакого излучения не должно быть. В этом случае электромагнитное взаимодействие между ними должно отсутствовать. Следовательно, остается только слабое взаимодействие. Но как бы там ни было, возникает вопрос - как они «узнают» друг друга? Сам Кулон, очевидно, полагал, что заряженные частицы априори знают как взаимодействовать друг с другом на различных расстояниях и в различные моменты времени.

Предположим, что точечный заряд создает вокруг себя электростатическое поле. Но откуда оно берется и является ли это поле излучением? Если «да», то за счет чего оно возникает и почему оно не иссякает, поскольку всякое излучение сопровождается затратами энергии $\epsilon = h\nu$? Может быть, данное явление относится к категории врожденных свойств заряженных частиц, которое должно восприниматься в качестве априори, не подлежащее сомнению? Или может быть, электростатическое поле вокруг заряженных частиц создается за счет изменения их агрегатного состояния?

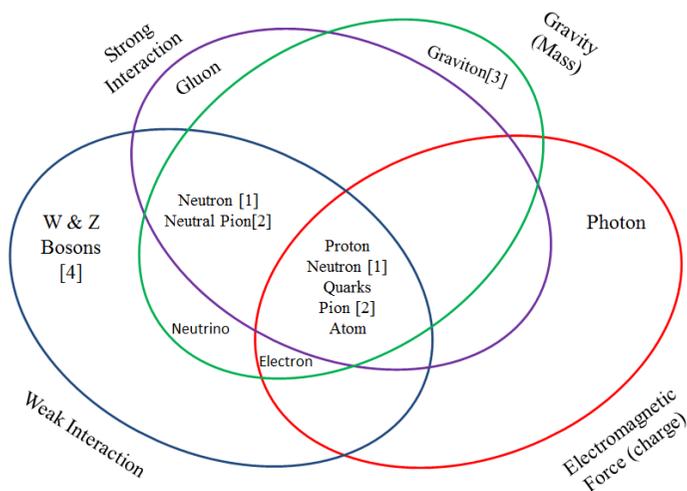


Рис. 1. Четыре фундаментальных взаимодействия

Для этого заряженная частица должна постоянно восполнять потери, скажем, за счет преобразования потоков энергии, получаемых из окружающей среды посредством возбуждения. Если так, то для того чтобы позитрон притягивал электрон и образовал с ним связанное состояние, вероятно, они должны находиться в различных агрегатных

состояниях. Но что из себя должны представлять эти агрегатные состояния? Очевидно, в этом случае речь может идти для элементарных частиц о возбужденном и невозбужденном состоянии.

Если возбужденное состояние соответствует электрону, то невозбужденное состояние может относиться к позитрону. Возбужденный электрон излучает поле, а невозбужденный позитрон воспринимает его и меняет свое агрегатное состояние. Вероятно, этот процесс распространяется со скоростью света (c) и достигнет другой частицы за время $dt = dr/c$, где dr – расстояние между частицами. И только по истечении этого времени они «узнают» друг друга и начинается процесс взаимодействия между ними. Если до этого они ничего «не знали» о существовании друг друга, то после изменения агрегатного состояния позитрон тоже должен испускать в окружающее пространство некие потоки. Это является его реакцией на действие электрона. Но чтобы позитрон воспринял излучение электрона, а электрон – потоки позитрона, каждый из них должен иметь возможность пропустить через себя потоки другой частицы. Следовательно, потоки излучения каждой частицы должны проникать в структуру другой частицы.

Но для этого нужно допустить, чтобы каждая частица обладала соответствующими элементами приема поступающего потока. Если что-то подобное возможно, то структура каждой частицы должна быть достаточно сложной, например, хотя бы в виде объектов сотовой структуры. В зависимости от того, на какую сторону частицы падает поток, именно эта сторона поверхности должна возбуждаться, тогда как противоположная сторона должна оставаться без возбуждения (рис. 2). В этом случае классическое представление о заряженной элементарной частице, как о шарике с сосредоточенным зарядом в центре, вряд ли соответствует действительности. В реальности не встречается бесконечно высокая концентрация, чего бы то ни было, в бесконечно малом объеме. Как минимум, заряд должен быть распределен по объему частицы. Возникает естественный вопрос – что он должен представлять собой, имеет ли внутреннюю структуру или это что-то цельное?

Можно допустить, что «сотовую» структуру образуют неделимые фемто- или акторазмерные частицы, скажем, в электроне – *электрониты*, в позитроне – *позитрониты*, образующие в совокупности электрон и позитрон, соответственно. Если приведенная гипотеза справедлива, то можно предположить, что ответственными в изменении агрегатного

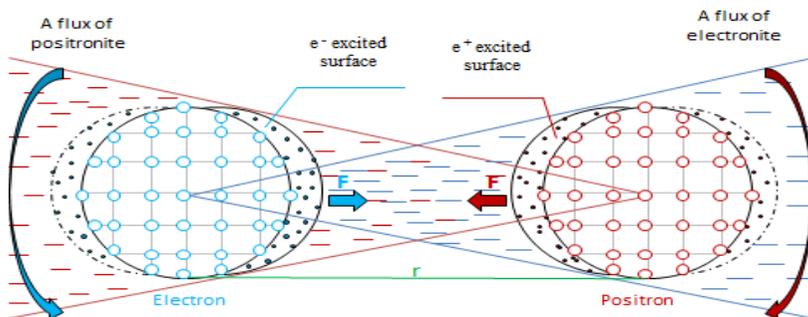


Рис. 2 – Вероятная модель волновых взаимодействий электрона и позитрона

состояния, следовательно, в возбуждении электрона и позитрона, являются именно эти структурные элементы заряженных частиц, которые воспринимают потоки другой стороны. Следствием всего этого может быть последующее взаимодействие положительного позитрона с отрицательным электроном. Но для исследования структуры конденсированного состояния, очевидно, пригодны не всякие электроны, а именно те, которые в определенной степени задействованы в области структурных нарушений. Именно в этой области они имеют высокую плотность за счет отсутствия в них атомов кристаллической решетки благодаря концепции, что природа не любит пустоты. Эти области представляют для позитронов глубокую потенциальную яму, обеспечивающую захват позитронов дефектами структуры. Исходя из этого, можно разрабатывать математические модели захвата позитронов различными структурными нарушениями кристаллических тел [2,3].

Литература

1. Ахизер А.И., Берестецкий В.Б. Квантовая электродинамика. - М.: Наука, 1969, 623 с
2. Мукашев К.М. Физика медленных позитронов и позитронная спектроскопия. – Алматы, 2010, 512 с.
3. Габдрахманова Л.А., Мукашев К.М., Мурадов А.Д. Металлы, сплавы, композиты, - Алматы, 2018, 530 с.

© Алиева М.Е., Габдрахманова Л.А.,
Мукашев К.М., Мурадов А.Д., Умаров Ф.Ф., 2018 г.

АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ
НАДМОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ АСФАЛЬТЕНОВ

Шарипов Т.И.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время большое внимание уделяется работам, в которых рассматривается использование органических молекул для создания электронных компонент микро- и нанoeлектроники. Перспективными конструкционными материалами в молекулярной электроники являются асфальтены. Известно, что асфальтены в нефтяных дисперсных системах находятся в виде надмолекулярных структур размером от 1 до 1000 нм, что позволяет рассматривать их в качестве перспективного объекта нанотехнологий. На данный момент молекулярные и надмолекулярные свойства асфальтенов изучены разными физическими, физико-химическими и теоретическими методами и в том числе методами атомно-силовой микроскопии [1-2].

Целью данной работы является разработка методики приготовления образцов асфальтенов, подходящих для исследования методами атомно-силовой микроскопии, их визуализация с высоким разрешением до единичных молекул, а также сравнение полученных результатов с расчетами компьютерного моделирования.

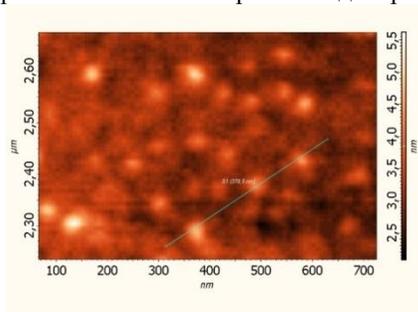


Рис. 1. АСМ-изображение пленки асфальтенов.

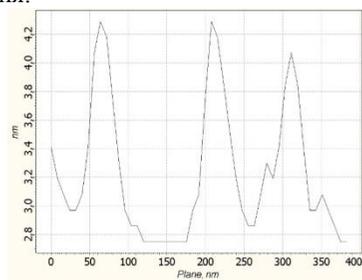


Рис. 2. Профиль сечения, выполненого по линии, проведенной на рис. 1.

При разработке данного метода мы использовали имеющийся опыт по приготовлению образцов органических молекул [3-5]. Первоначальной задачей ставилась подбор оптимальной концентрации асфальтенов в толуоле — рабочего раствора. Теоретически рассчитав соотношение массы асфальтена в объеме толуола, приготавливались рабочие растворы.

В качестве подложки была выбрана слюда. Для получения мономолекулярной пленки использовался метод Ленгмюра-Блоджетт. Готовый образец сканировался в режиме прерывистого контакта атомно-силовой микроскопии.

На полученных АСМ-изображениях наблюдаются объекты высотой 1,15-1,35 нм и латеральным размером около 30 нм (рис.1). Различие в высотах составило примерно 0,15-0,20 нм. Сравнив наши результаты с теоретической «пачечной» моделью, выяснили, что различие в высоте объектов зависит от количества слоев (фрагментов плоских молекул асфальтенов) в «пачке». Мы предполагаем, что исследованные нами надмолекулярные структуры представляют собой кристаллиты асфальтенов. Среднее число слоев в кристаллите равно 4.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-42-020616 и проекта № АР05132165 «Разработка технологии получения асфальтенов из нефтяного сырья в качестве органических полупроводников для наноэлектроники» Республики Казахстан.

Литература

1. Т.И. Шарипов, Р.З. Бахтизин. Разработка методики приготовления образцов асфальтенов для детальной визуализации их поверхностной структуры. // «Наноэлектроника, нанофотоника и нелинейная физика»: сборник трудов XIII Всерос. конф. молодых ученых. – Саратов: Изд-во «Техно-Декор», 2018. – с. 354-355.
2. Р.З. Бахтизин, Т.И. Шарипов. Атомно-силовая микроскопия молекул смоло-асфальтеновых веществ. // Актуальные проблемы микро- и наноэлектроники: сборник тезисов докладов V Всероссийской научной молодежной конференции с международным участием (г. Уфа, 28 – 31 мая 2018 г.) / отв. ред. Р.З. Бахтизин. - Уфа: РИЦ БашГУ, 2018. - с. 105.
3. T.I. Sharipov and R Z Bakhtizin The study of electrical conductivity of DNA molecules by scanning tunneling spectroscopy // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 256 (2017) 012009 doi:10.1088/1757-899X/256/1/012009
4. T.I. Sharipov, R Z Bakhtizin The estimation of quantitative parameters of oligonucleotides immobilization on mica surface // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 195 (2017) 012002 doi:10.1088/1757-899X/195/1/012002
5. T.I. Sharipov, G.D. Akbutin, R.Z. Bakhtizin. The study of supramolecular structure of asphaltenes by atomic force microscopy. // Scanning Probe Microscopy. Abstract Book of International Conference (Ekaterinburg, August 26-29, 2018) Ekaterinburg, Ural Federal University, 2018, pp. 43-44.

© Шарипов Т.И., 2018 г.

СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

УДК 538.911

АВТОИНТЕРКАЛИРОВАННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГРАФЕНА

Смирнова Д.А.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Автоинтеркалированные углеродные соединения состоят из подобных друг другу структурных фрагментов, так что эти структурные фрагменты вложены друг в друга. Ряд таких материалов существует в природе – многослойные фуллерены, многослойные нанотрубки, пиподы и др., еще большее количество таких соединений предсказано в результате теоретических исследований [1-3]. В данной работе выполнены расчеты гипотетических автоинтеркалированных соединений, которые могут быть сформированы из графеновых слоев.

В качестве исходных графеновых слоев были использованы основные полиморфные разновидности графена L_6 , L_{3-12} , L_{4-8} и L_{4-6-12} . Первичные расчеты структуры автоинтеркалированных соединений были выполнены методом молекулярной механики ММ+. Расчет электронных свойств соединений был выполнен методом теории функционала плотности в градиентном приближении DFT-GGA.

В результате выполненных модельных расчетов была установлена возможность устойчивого существования 12 автоинтеркалированных фаз, в которых перпендикулярно ориентированные стопки слоев графена вложены друг в друга. В таких соединениях происходит сильная деформация структуры графеновых слоев: длины межатомных связей увеличиваются на 0,1 – 27,9 %, углы между связями деформируются на 0,1 – 5,8 %, что указывает на наличие значительных напряжений в их структурах. Дальнейшие DFT-GGA расчеты показали, что структура фазы на основе графена L_6 оказалась неустойчивой и трансформировалась при оптимизации в sp^2+sp^3 фазу, обладающую металлическими свойствами.

Литература

1. Belenkov, E.A., Shabiev, F.K. Structure of new carbon phases from carbyne nanorings // Crystallography Reports, 2007, v. 52. pp. 343-348.
2. Belenkov, E.A., Shakhova, I.V. Structure of carbinoid nanotubes and carbinofullerenes // Physics of the Solid State, 2011, v. 53, pp. 2385-2392.
3. Belenkov, E.A., Ulyanov, S.N., Shabiev, F.K., Ivanovskii, A.L. New framework nanostructures of carbon atoms in sp^2 and sp^3 hybridized states // Journal of Structural Chemistry, 2005, v. 46, pp. 961-967.

© Смирнова Д.А., 2018 г.

К настоящему времени выполнен детальный теоретический анализ формирования алмазоподобных структур, получаемых на основе гексагонального графена [1, 2]. Однако алмазоподобные фазы также могут быть получены на основе нового 2D-предшественника – графена L_{5-7} . Поэтому в данной работе было проведено теоретическое исследование структуры и свойств новой алмазоподобной фазы, получаемой в результате сшивки графеновых слоев L_{5-7} .

Кристаллическая структура новой алмазоподобной фазы $LA_{4_{5-7}}$ была получена из графита L_{5-7} при использовании методики, приведенной в работах [3, 4]. Расчеты структуры и свойств новой фазы были выполнены методом теории функционала плотности в обобщенном градиентном приближении. Моноклинная элементарная ячейка фазы $LA_{4_{5-7}}$ с параметрами $a = 4.868 \text{ \AA}$, $b = 4.339 \text{ \AA}$, $c = 4.753 \text{ \AA}$ и $\beta = 74.44^\circ$ содержит 16 атомов. Плотность $LA_{4_{5-7}}$ составляет 3.157 г/см^3 . Расчетные значения энергии сублимации и ширины запрещенной зоны (рис. 1) составляют 8.65 эВ/атом и 3.65 эВ , соответственно.

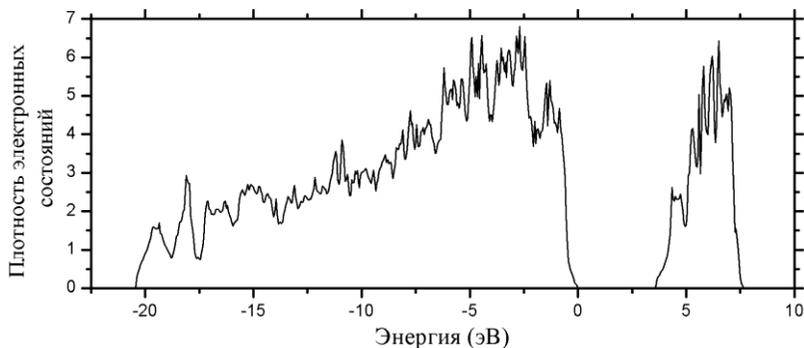


Рис. 1. Плотность электронных состояний алмазоподобной фазы $LA_{4_{5-7}}$.

Литература

1. Беленков Е.А., Грешняков В.А. // ФТТ, 2015, Т. 57, С. 192-199.
2. Беленков Е.А., Грешняков В.А. // ФТТ, 2016, Т. 58, С. 2069-2078.
3. Грешняков В.А., Беленков Е.А. // ЖЭТФ, 2011, Т. 140, С. 99-111.
4. Беленков Е.А., Грешняков В.А. // ЖЭТФ, 2014, Т. 146, С. 116-122.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КАРБИНОАЛМАЗНЫХ ФАЗ

Генералов А.И.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Гибридные углеродные материалы, состоящие из атомов в sp , sp^2 и sp^3 гибридизованных состояниях должны обладать свойствами, изменяющимися в зависимости от доли атомов в разных гибридизованных состояниях [1-3]. Это должно позволять получать углеродные материалы с различными свойствами, требующимися для различных практических приложений. В данной работе теоретически исследовалась структура карбино-алмазных ($sp+sp^3$) фаз, построенных на основе суперкубановой алмазоподобной фазы.

Модельное построение структуры карбиноалмазных фаз было выполнено в результате замены межатомных связей на карбиновые цепочки. В результате были модельно построены исходные структуры семи гибридных карбиноалмазных фаз: $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\beta 1$, $\beta 2$, $\gamma 1$, $\gamma 2$ и δ . Расчеты геометрически оптимизированной структуры были выполнены методом молекулярной механики ММ+. Для каждой из семи фаз были определены элементарные ячейки и найдены численные значения векторов элементарных трансляций. Кристаллические решетки фаз относятся к кубической и орторомбическим сингониям. В элементарных ячейках фаз содержится от 32 атомов для фазы α до 80 для фазы δ . В структуре шести фаз карбиновые цепочки изогнулись при геометрической оптимизации. Единственная фаза, в которой карбиновые цепочки остались прямыми это фаза $\alpha 1$. Расчеты удельных энергий связей, приходящихся на один атом, показали, что минимальные величины этой характеристики для α карбиноалмазных фаз, структура которых менее всего отличается от структуры исходного суперкубана. Это указывает на большую устойчивость таких структур по сравнению с остальными.

Литература

1. Belenkov, E.A., Shakhova, I.V. Structure of carbinoid nanotubes and carbinofullerenes // *Physics of the Solid State*, 2011, v. 53, pp. 2385-2392.
2. Беленков, Е.А., Грешняков, В.А., Мавринский, В.В. Структура $sp+sp^3$ гибридных углеродных фаз // *Челябинский физико-математический журнал*, 2009, № 25 (163), С. 22-33.
3. Belenkov, E.A., Ulyanov, S.N., Shabiev, F.K., Ivanovskii, A.L. New framework nanostructures of carbon atoms in sp^2 and sp^3 hybridized states // *Journal of Structural Chemistry*, 2005, v. 46, pp. 961-967.

© Генералов А.И., 2018 г.

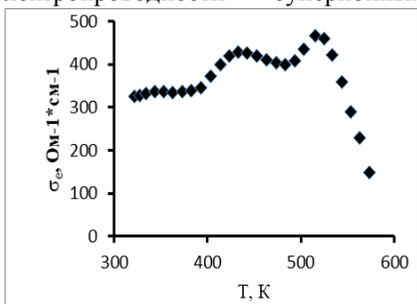
ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ



Хасанова А., Ишембетов Р.Х.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Целью данной работы было изучение влияния изменения катионной подрешетки на электронную проводимость, электронную термо-эдс халькогенида меди в зависимости от температур. Для измерений электропроводности суперионных



полупроводниковых сплавов использовался четырехзондовый метод. Для исключения влияния температуры измерения проводились в двух направлениях. Чтобы исключить окисление образца и деталей установки при высоких температурах, все измерения проводились в кварцевой трубке, заполненной осушенным аргоном.. На рис. 1

приведен график зависимости электронной проводимости от температуры сплава $\text{Cs}_{0.125}\text{Cu}_{1.875}\text{S}$ со средним размером зерен около 300 нм в интервале от 290 до 600 К. При температуре выше 500 К отмечен переход к металлическому типу проводимости. Были проведены измерения коэффициента электронной термо-эдс, теплопроводности.

Литература

1. Полупроводниковые халькогениды и сплавы на их основе / Под ред. Н.Х.Абрикосова, В.Ф.Банкиной, Л.В.Порецкой и др. - М.: Наука, 1975. - 219 с.

© Хазиева Г., Ишембетов Р.Х., 2018 г.

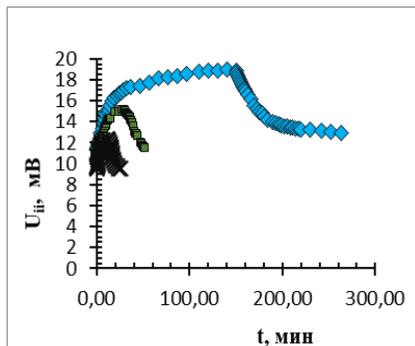
ИССЛЕДОВАНИЕ ИОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ХИМИЧЕСКОЙ ДИФФУЗИИ СУПЕРИОННЫХ ПРОВОДНИКОВ

$\text{Ag}_x\text{Cu}_{2-x}\text{Te}$ ($x=0.125$);

Хазиева Г., Ишембетов Р.Х.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В данной работе соединения $\text{Ag}_x\text{Cu}_{2-x}\text{Te}$ получали методом высокотемпературного твердотельного синтеза в вакуумированных до давления $\sim 10^{-3}$ Па ампулах.



Гомогенизация вещества происходила при температуре 400°C в атмосфере аргона в течение трех дней.

Образцы для дальнейших исследований получались методом холодного прессования под давлением $4 \cdot 10^4 \text{ Н/см}^2$ в виде параллелепипедов размером $0.5 \times 2.0 \times 0.2$ см. Также по методу холодного прессования под давлением $2 \cdot 10^4 \text{ Н/см}^2$ в виде

параллелепипедов получали фильтры из твердого электролита CuBr.

Для измерения ионной проводимости σ_{Cu^+} в смешанном ионно-электронном проводнике $\text{Ag}_x\text{Cu}_{2-x}\text{Te}$ использована следующая ячейка:

Cu/ CuBr /образец / CuBr/Cu. (I) При использовании ячейки (I) ток через образец в стационарном состоянии переносится только ионами Cu^+ , так как электронный ток блокируется на Cu/ CuBr зондах, что приводит к явлению концентрационной поляризации. Плотность тока не превышало 1 мА/см^2 в области температур $350 - 390^{\circ}\text{C}$. Наблюдаются высокие значения ионной проводимости от 0.8 до $2.6 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$.

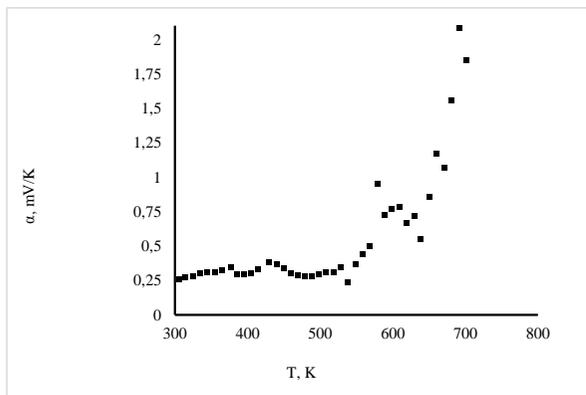
© Хазиева Г., Ишембетов Р.Х., 2018 г.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ДОБРОТНОСТЬ $\text{Cs}_{0.225}\text{Cu}_{1.775}\text{S}$

Фахретдинов Т., Ишембетов Р.Х.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Согласно известной формуле, полученной впервые А.Ф. Иоффе, эффективность Z работы полупроводника в термоэлектрических устройствах



определяется его тремя кинетическими параметрами $Z = \alpha^2 \sigma / \chi$, где α — коэффициент термо-э.д.с. (коэффициент Зеебека), σ — электрическая проводимость, χ — теплопроводность материала.

Получение оптимального сочетания одновременно всех трех кинетических параметров полупроводника для достижения максимальной термоэлектрической добротности представляет собой сложную задачу. Для практического использования, кроме термоэлектрической эффективности, важны еще и стоимость исходных материалов, технологичность синтеза, стабильность свойств, механическая прочность и множество других факторов. Термоэлектрические наноматериалы $\text{Cs}_{0.225}\text{Cu}_{1.775}\text{S}$ были синтезированы нами при низких температурах 165-170 °С. Для синтезированного нового материала $\text{Cs}_{0.225}\text{Cu}_{1.775}\text{S}$ термоэлектрическая добротность достигает значение $ZT = 0.5$ при температуре 150 °С, что является высоким показателем для объемных термоэлектрических материалов при таких температурах.

© Фахретдинов Т., Ишембетов Р.Х., 2018 г.

УДК 536

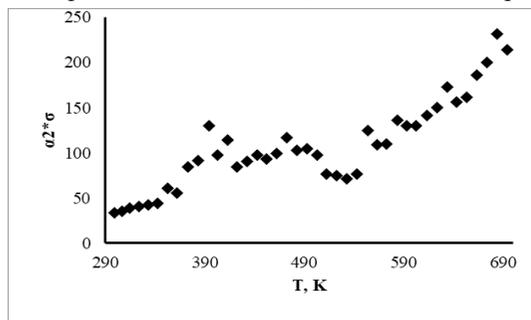
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ $\text{Ag}_x\text{Cu}_{2-x}\text{Te}$ ($x=0.075$;)

Маркабаева Ф., Ишембетов Р.Х.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Халькогениды меди и их сплавы проявляют свойства смешанных электронно-ионных проводников. По электронным свойствам – это полупроводники, которые уже нашли применение в солнечных элементах, термоэлектрических генераторах, полупроводниковых лазерах и т.д.

Одним из перспективных практических приложений халькогенидов меди является использование их в качестве р-ветвей гетеропереходов для полупроводниковых холодильников, работающих на эффекте Пельтье. Модули Пельтье в настоящее время находят широкое применение в кулерах для охлаждения компьютерных процессоров и других элементов электрических схем. Целью данной работы было исследование



термоэлектрических свойств твердого раствора $\text{Ag}_x\text{Cu}_{2-x}\text{Te}$ ($x=0.075$;). Измерения электронной проводимости, электронной термо-эдс проводились на поликристаллических образцах, спрессованных из порошка, Для

определения термоэлектрической мощности использовалось выражение $\alpha^2\sigma$, где α – коэффициент термо-эдс, σ – электронная проводимость, T – абсолютная температура. Коэффициент электронной термо-эдс измеряли по широко известной методике подавления ионной составляющей. Электронными зондами служили рабочие спаи хромель-алюмелевых термопар, применяемых для измерения температуры, между хромелевыми ветвями которых измерялась электронная термо-эдс. При измерениях поддерживался постоянный градиент температуры вдоль образца порядка 10 К/см. Погрешность измерений не превышала 4-5 %.

© Маркабаева Ф., Ишембетов Р.Х., 2018 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МОЛЕКУЛ КВЕРЦЕТИНА МЕТОДОМ ЯМР

Баишева А.Х., Насибуллин Р.С., Балапанов М.Х.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время медицина и биология являются феноменологическими науками. Поэтому большинство биомедицинских систем характеризуются, как правило, по феноменологическим параметрам. Сейчас развивается досимптомная медицина, когда состояние биосистем исследуется на молекулярном уровне. С появлением ядерного магнитного резонанса впервые можно экспериментально проверить кванто-физические и кванто-химические расчеты молекулярных структур.

Несложность приготовления образца, информативность и быстрота исследования сделали ЯМР спектроскопию одним из важных экспресс-методов анализов органических соединений [1]. В основе ЯМР лежит резонансное поглощение или испускание электромагнитной волны ядра с полуцелыми спинами, помещенными в магнитное поле. Все биологические процессы проходят в водном растворе. Наиболее подходящий метод – ядерный эффект Оверхаузера, который дает косвенный путь получения информации о диполь-дипольном взаимодействии атомов, что обуславливается зависимостью межъядерных расстояний и движений атомов в молекуле [1]. Ядерный эффект Оверхаузера основан на изменении поляризации, в связанной системе при условии изменения населенности одной или нескольких подсистем. Поскольку диполь-дипольное взаимодействие зависит от расстояния между взаимодействующими спинами, именно этот фактор позволяет определить межатомные расстояния.

Цель работы заключается в определении структуры молекулы кверцетина методом Оверхаузера и измерении расстояний между атомами в молекуле.

С помощью программы ACD Labs NMR Spectrum был рассчитан двумерный спектр кверцетина. Полученный двумерный спектр показывает связь атомов с учетом условия предельного сужения и подтверждает прямое взаимодействие через пространство. Полученные экспериментальные значения с учетом условия предельного сужения способствовали корректному вычислению погрешности межъядерного расстояния, точность параметра составляет $10^{\frac{1}{5}}$ с учетом относительной погрешности равной 8%. Была определена интенсивность линий ЯМР с учетом тысячных долей.

Литература

1. Дероум Э. Современные методы ЯМР для химических исследований. М.: Мир, 1992. 403с.

© Баишева А.Х., Насибуллин Р.С., Балапанов М.Х., 2018 г.

УДК 538.91

THE MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL BEHAVIOR OF THE Ti_{49,0}Ni_{51,0} ALLOY OBTAINED BY THE ECAP IN VARIOUS INITIAL CONDITIONS

Churakova A.A.

Department of Materials Science and Physics of Metals;
Institute of Physics of Molecules and Crystals UFRC RAS, Ufa, Russia
Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

The alloys based on titanium nickelide alloys are distinguished among materials with functional characteristics, increased strength, ductility and a good range of performance properties: durability, corrosion resistance, biocompatibility, etc. [1-5]. For many applications, especially in critical or small items, the level of mechanical and functional properties that Ti-Ni alloys have in the conventional coarse-grained state is insufficient. Since the physical and mechanical properties are structurally sensitive, methods of deformation-thermal processing are traditionally used for their enhancement, which allow obtaining different types of structures. The TiNi (Ti_{49,0}Ni_{51,0}) alloy of Intrinsic Devices Inc., USA with a temperature of $A_f = 10$ °C was chosen as the object of research. The Ti_{49,0}Ni_{51,0} alloy is the austenite phase of TiNi, which has a B2 crystal lattice and a phase enriched in nickel Ti₂Ni₃. To form a solid solution based on TiNi, the alloys were quenched from the region of homogeneity (from 800 °C) to water. For the formation of the UFG structure, the quenched samples ($T_q = 800$ °C) of TiNi alloys of were subjected by ECAP Bc, $n=8$. According to optical metallography, in the initial state after quenching, the Ti_{49,0}Ni_{51,0} alloy had an austenitic structure with a grain size of about 50-60 μm. SEM studies show a large content of Ti₄Ni₂Ox oxide particles. The microstructure after annealing at 400 °C is an austenitic structure with a grain size of several microns (~ 40-45 μm) with a small fraction of the precipitated aging particles. An increase in the annealing temperature to 450 °C causes the proportion of aging particles to increase, and a martensite relief is observed inside the grains, indicating the end of the aging process. Mechanical tensile tests show that the ultimate strength reaches the highest value at annealing at

400 °C. However, the limit of dislocation flow continues to increase to a temperature of 450 °C, a further increase in temperature leads to a drop in strength level and a decrease in ductility (plasticity at 550 °C is 21%). As a result of the ECAP of the quenched sample, the strength and yield strengths are increased. Annealing at temperatures of 400 ° and 450 °C additionally increases the tensile strength to 1185 MPa with a slight reduction in ductility. The increase in strength is due to the aging process and the release of hardening particles at these temperatures.

References

1. Pushin, V.G. Pretransitional phenomena and martensitic transformations / V.G. Pushin, V.V. Kondratiev, V.N. Hachin. - Ekaterinburg: UrB RAS, 1998. - 368 p.
2. Guenther, V.E. Medical materials and implants with shape memory / V.E. Günther, G.T. Dambayev, P.G. Sysolyatin and others - Tomsk: TSU, 1998. - 487 p.

© Churakova A.A., 2018.

УДК 538.91

THE STUDY OF MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES STABILITY THE TiNi ALLOY UNDER MULTIPLE PHASE TRANSFORMATIONS

Sultanova E.A., Churakova A.A.

Department of Materials Science and Physics of Metals;
Institute of Physics of Molecules and Crystals UFRC RAS, Ufa, Russia
Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia

The alloys based on titanium nickelide are known functional materials with shape memory effects (SME) due to thermoelastic martensitic transformations [1-3]. The martensitic transformation (MT) cycle leads to the generation of dislocations in the crystal lattice, while understanding the nature of the effect of thermal cycling (TC) on the structure and properties of materials is of great importance for metals and alloys. The effect of the stability of the properties obtained with multiple martensitic transformations in a coarse-grained (CG) and ultrafine-grained (UFG) $Ti_{49.15}Ni_{50.85}$ alloy was studied. The material of the study is an alloy TiNi with a high Ni content with respect to stoichiometry ($M_s = -106$ °C, $M_f = -120$ °C, $A_s = -18$ °C, $A_f = 12$ °C).

To obtain the UFG structure, the ECAP method was used at $T = 450$ °C $n = 8$. To study the stability of the properties and structure obtained, part the

samples were kept at room temperature for a year. After that, a complex of studies was carried out on them. Samples after thermal cycling (1 samples), samples after a year of hold (2 samples). On samples of batch 1 as a result of thermal cycling with an increase in the number of cycles, a consecutive increase mechanical characteristics (tensile strength, yield strength, microhardness) and in CG and in UFG state. The studies of the samples of the second batch showed that the level of properties ($n=100$: $\sigma_{UTS} \sim 880$ MPa) obtained at the TC is preserved on the samples in the course-grained state, for characteristics in the UFG state, the characteristics decrease by 8-10% (up to 1100 MPa). A similar trend is observed for the change in microhardness, but the decrease is somewhat larger (up to 15%).

The observed decrease in properties indirectly indicates a relaxation structure and a reduction in the level of defects accumulated during thermal cycling. At the same time, the fall by 10% is insignificant, and speaks about the relative stability of properties and structure.

References

1. S. Belyaev, N. Resnina, A. Sibirev, J. Alloys Compd., 542 (2012) 37–42.
2. S. Belyaev, N. Resnina, R. Zhuravlev, J. Alloys Compd., 577 (2013) 232–236.
2. A.A. Churakova, D.V. Gunderov, Acta Metall. Sinica (English Lett.), 28 (2015) 1230–1237.

© Sultanova E.A., Churakova A.A., 2018.

УДК 620.179.14

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ РЕЛАКСАЦИОННОЙ КОЭРЦИТИВНОЙ СИЛЫ ТРУБНОЙ СТАЛИ

Якшибаев Б.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Значение релаксационной коэрцитивной силы металла H_r весьма важно при расчете устройств, предназначенных для размагничивания стальных трубопроводов. На практике этот магнитный параметр следует или измерять для стального образца, или рассчитать теоретически, исходя из известных величин основных магнитных параметров металла.

Было получено аналитическое выражение для оценки релаксационной коэрцитивной силы металла конструкционной стали по его основным магнитным параметрам, которое обладает приемлемой для практики точностью.

На его основе было установлено, что допустимые значения напряженности размагничивающего магнитного поля в металле стального трубопровода должны находиться в интервале:

$$H = H_r \pm \Delta H_r, \quad (1)$$

где $\Delta H_r = M_{r \min} / \chi_d$, $\chi_d = \frac{2 M_s}{\pi H_c} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi M_r}{2 M_s} \right)$ - дифференциальная

магнитная восприимчивость металла в области коэрцитивной силы, M_s - намагниченность насыщения, M_r - остаточная намагниченность, H_c - коэрцитивная сила.

Для конструкционной стали марки 09Г2С (трубная сталь) расчетным способом установлено, что величина релаксационной коэрцитивной силы металла равна $H_r=3.96$ А/см, а величина дифференциальной магнитной восприимчивости $\chi_d \approx 196$.

Для этих магнитных параметров металла из формулы (1) следует, что допустимые значения напряженности размагничивающего поля для стального трубопровода, изготовленного из стали марки 09Г2С, равны: $H = 3.96 \pm 1.22$ А/см.

Это магнитное поле обеспечивает техническое (не абсолютное) размагниченное состояние металла трубной стали.

Результаты экспериментальных исследований показали справедливость полученных расчетных данных.

Литература

1. Загидулин Р.В., Мужикский В.Ф. Оценка величины остаточного поля внутри трубопровода после контроля магнитными дефектоскопами. – Дефектоскопия, 2003, № 7, с.65-69.
2. Мужикский В.Ф., Кудрявцев Д.А. Некоторые вопросы определения оптимальных размеров намагничивающих систем на постоянных магнитах. – Дефектоскопия, 2004, №2, с.67-76.
3. Загидулин Р.В., Мужикский В.Ф. Расчет релаксационной коэрцитивной силы ферромагнитного материала. - Контроль. Диагностика. 2006, №3, с.14-16.
4. Загидулин Р.В., Якшибаев Б.Р., Загидулин Т.Р. Влияние дискретности полюсов магнитной системы на величину ее магнитного поля. – Контроль. Диагностика, 2009, №10, с. 9-14.

© Якшибаев Б.Р., 2018 г.

**К МАГНИТОМУ КОНТРОЛЮ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

Якшибаев Б.Р., Мардамшин В.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В механике разрушения показано, что в зависимости от физического состояния, величина механических напряжений в пластической зоне при вершине реального дефекта сплошности будет находиться в интервале значений, ограниченных пределом текучести σ_T и пределом прочности металла σ_B . Даже при отсутствии давления внутри стального трубопровода, в пластических зонах при вершинах дефектов сплошности сварных соединений будут оставаться остаточные деформации, формирующее остаточные механические напряжения металла.

Размер зоны пластичности при вершине дефекта сплошности можно оценить по расчетной формуле для плоского напряженного состояния металла:

$$R_p = K^2 \left(1 + \frac{3}{2} \sin^2 \theta + \cos \theta \right) / 4 \pi \sigma_T^2, \quad (1)$$

где K - коэффициент интенсивности напряжений θ – полярный угол точки в металле относительно вершины дефекта.

Расчеты (1) показывают, что размеры зоны пластичности металла при вершинах трещин сопоставимы с толщиной стенки стальной трубы. Например, для реального краевого дефекта сплошности глубиной 4 мм в продольном сварном шве стального трубопровода при внутреннем давлении $P=5.0$ МПа, размер зоны пластичности металла при вершине дефекта $R_p = 2.8$ мм, то есть пластическая зона практически достигает граничной поверхности стальной трубы.

Так как магнитные системы индикаторов механического напряжения металла способны намагничивать металл стальной трубы на глубину до 5-10 мм, то ими можно реально измерить величины механических напряжений, формируемых в зонах пластичности металла при вершинах внутренних дефектов сплошности сварных соединений.

Этим обстоятельством объясняется совпадение месторасположений дефектов сплошности сварных соединений, выявленных при ультразвуковой дефектоскопии, и областей с повышенным напряженным состоянием металла, установленных при магнитном контроле сварных соединений стального трубопровода.

Литература

1. Мельгуй М.А., Пиунов В.Д. Влияние режима намагничивания и размеров контролируемого объекта на величину градиента остаточного магнитного поля. - Дефектоскопия, 1980, №7, с.17-22.
2. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. - Справочник под редакцией Ключева В.В., М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
3. Загидулин Р.В., Султанов М.Х., Макаров П.С., Мужичкий В.Ф. Измерительно-диагностический комплекс для оценки напряженно-деформированного состояния стальных трубопроводов. - Мировое сообщество: проблемы и пути решения: Сб. научн. статей.–Уфа: Изд-во УГНТУ, 2006, № 19, с. 11-15.
4. Загидулин Р.В., Якшибаев Б.Р., Загидулин Т.Р. Исследование и расчет устройства внутритрубного размагничивания стального трубопровода (УВР). Часть 1. О магнитном состоянии магистрального стального трубопровода. – Контроль. Диагностика, 2009, № 12, с.8-12.

© Якшибаев Б.Р., Мардамшин В.Р., 2018 г.

УДК 538.93

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Ag_xCu_{2-x}Te$

Курбангулов А.Р.¹, Нигматуллина Г.Р.², Акманова Г.Р.²

¹Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета,
г. Стерлитамак, Россия

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Суперионные проводники на основе халькогенидов меди применяются в качестве электродных материалов, составных элементов аналоговых интеграторов, твердотельных топливных элементов, функциональных датчиков, причем область их использования постепенно расширяется.

В представленной работе рассматриваются электрофизические свойства твердых растворов, которые являются наименее изученными по сравнению с бинарными халькогенидами.

Исходными материалами для получения халькогенидов меди и серебра и их твердых растворов служили теллур (марки ХЧ), селен (марки ОСЧ), медь и серебро чистотой 99,999%. Синтез проводился прямым спеканием соответствующих эквимольных количеств элементов при температуре 723 К в пирексовых ампулах, вакуумированных до $P =$

10^{-3} Па. Гомогенизация проводилась при температуре 673 К в вакууме 10^{-5} Па в течение 100 часов.

Однофазность полученных образцов контролировалась рентгеноструктурным и нейтроноструктурным анализом, их состав определялся методами химического анализа и кулонометрического титрования.

Качественный рентгенофазовый анализ был проведен для образцов составов Cu_2Te , $\text{Cu}_{1,8}\text{Ag}_{0,2}\text{Te}$, $\text{Cu}_{1,6}\text{Ag}_{0,4}\text{Te}$, $\text{Cu}_{1,2}\text{Ag}_{0,8}\text{Te}$, AgCuTe , $\text{Ag}_{1,2}\text{Cu}_{0,8}\text{Te}$, $\text{Ag}_{1,5}\text{Cu}_{0,5}\text{Te}$, $\text{Ag}_{1,6}\text{Cu}_{0,4}\text{Te}$, $\text{Ag}_{1,75}\text{Cu}_{0,25}\text{Te}$, Ag_2Te при различных температурах.

$\text{Cu}_{1,8}\text{Ag}_{0,2}\text{Te}$ в интервале температур 423 - 748 К представляет собой твердый раствор на основе гексагонального Cu_2Te . Выше температуры 748 К имеется твердый раствор на основе ГЦК модификации Cu_2Te . $\text{Cu}_{1,6}\text{Ag}_{0,4}\text{Te}$ до температуры 673 К является неоднородным, выше температуры 673 К представляет собой твердый раствор с ГЦК решеткой. Состав $\text{Cu}_{1,2}\text{Ag}_{0,8}\text{Te}$ до температуры 593 К является неоднородным, выше 593 К имеется твердый раствор на основе ГЦК решетки кубической модификации Cu_2Te . Составы AgCuTe и $\text{Ag}_{1,2}\text{Cu}_{0,8}\text{Te}$ выше температуры 523 К представляют собой твердые растворы с ГЦК решеткой. $\text{Ag}_{1,5}\text{Cu}_{0,5}\text{Te}$, $\text{Ag}_{1,6}\text{Cu}_{0,4}\text{Te}$ и $\text{Ag}_{1,75}\text{Cu}_{0,25}\text{Te}$ выше температуры 423 К являются однофазными и образуют твердые растворы на основе высокотемпературной кубической фазы Ag_2Te .

Четырехзондовым методом исследованы электропроводность, термоэдс в интервале температур 293-673 К.

© Курбангулов А.Р., Нигматуллина Г.Р., Акманова Г.Р., 2018 г.

УДК 538.93

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $\text{Ag}_x\text{Cu}_{2-x}\text{Te}$

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

¹Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета,
г. Стерлитамак, Россия

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Представлен расчет зонной структуры и электронной плотности твердых растворов хальгенидов меди и серебра.

На рис. 1а приведена зонная структура $\text{Ag}_{0,5}\text{Cu}_{1,5}\text{Te}$. Зависимость энергии от волнового вектора имеет сложный характер, представляющий собой наличие гибридизованных уровней. Рассмотрение полной и

парциальных плотностей состояний показывает, что первая валентная подзона образована преимущественно s-зоной теллура. Валентная зона характеризуется *pd*-гибридизацией уровней теллура и серебра и *pd*-гибридизацией уровней теллура и меди. Дно зоны проводимости формируется из *s*-, *p*-состояний халькогена и *s*-состояний металлов обоих типов.

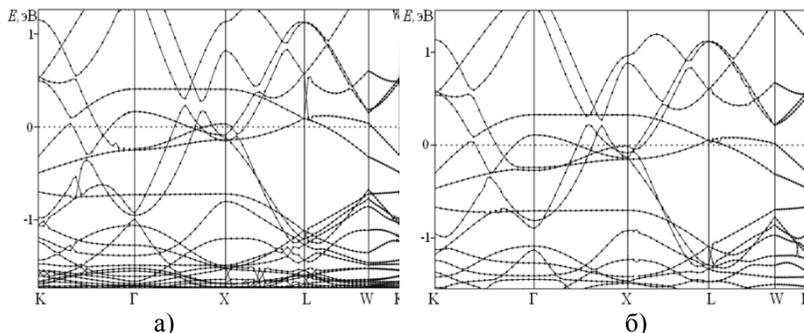


Рис. 1. Зонная структура соединений а) $\text{Ag}_{0.5}\text{Cu}_{1.5}\text{Te}$; б) $\text{Ag}_{1.5}\text{Cu}_{0.5}\text{Te}$

Для зонной структуры $\text{Ag}_{1.5}\text{Cu}_{0.5}\text{Te}$ как и для зонной структуры $\text{Ag}_{0.5}\text{Cu}_{1.5}\text{Te}$ сохраняется сложный гибридный характер энергетических уровней. Максимальной плотности электронных состояний соответствуют *d*-состояния серебра. Наблюдается сужение валентной зоны. И при увеличении содержания атомов серебра происходит увеличение степени гибридации.

Распределение электронной плотности в исследуемых соединениях имеет на качественном уровне примерно одинаковый характер. Сравнение полученных результатов показывает, что при анионном замещении *S-Se-Te* и катионном замещении *Cu-Ag* происходит уменьшение связи между атомами, обусловленное увеличением параметра решетки.

© Сафаргалиев Д.И., Биккулова Н.Н., Акманова Г.Р., 2018 г.

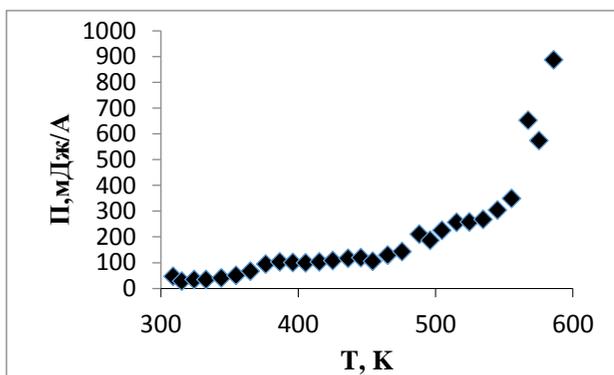
ЭЛЕКТРОННЫЙ ЭФФЕКТ ПЕЛЬТЬЕ В $Cs_{0.1}Cu_{1.8}S$

Янбарисов А., Ишембетов Р.Х.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одним из перспективных практических приложений халькогенидов меди является использование их в качестве р-ветвей гетеропереходов для полупроводниковых холодильников, работающих на эффекте Пельтье. Модули Пельтье в настоящее время находят широкое применение в кулерах для охлаждения компьютерных процессоров и других элементов электрических схем.

Целью данной работы было исследование эффекта Пельтье в $Cs_{0.1}Cu_{1.8}S$.



Измерения проводились на поликристаллических образцах, спрессованных из порошка, состоящих из нанопроволок.

Для определения коэффициента Пельтье

использовалось соотношение $\Pi = \alpha T$, где α – коэффициент термо-эдс, T – абсолютная температура. Коэффициент электронной термо-эдс измеряли по широко известной методике подавления ионной составляющей. Электронными зондами служили рабочие спаи хромель-алюмелевых термопар, применяемых для измерения температуры, между хромелевыми ветвями которых измерялась электронная термо-эдс. При измерениях поддерживался постоянный градиент температуры вдоль образца порядка 10 К/см. Погрешность измерений не превышала 4-5 %.

Наблюдаемые значения коэффициента Пельтье образцов $Cs_{0.1}Cu_{1.8}S$ (рис.1) с находятся в пределах $0.05 \div 0.3$ Дж/А.

© Янбарисов А., Ишембетов Р.Х., 2018 г.

УДК 53.096:53.092

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛА ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ КОРРОЗИОННО-СТОЙКИХ СТАЛЕЙ

Назарова М.А., Аминова Г.А., Бронская В.В., Мануйко Г.В.
Казанский национальный исследовательский технологический
университет, г. Казань, Россия

Трещиностойкость – способность материала сопротивляться развитию трещин при воздействии разрушения. При выборе материалов, которые эксплуатируются в агрессивных средах, характеристика трещиностойкости является важной характеристикой.

Актуальность темы исследования обусловлена продлением срока эксплуатации трубопроводов в различных отраслях пользования.

С помощью методов математического моделирования, по данным испытаний образцов и основываясь на нормативных актах получены обобщающие зависимости (1)-(4) механических характеристик основного металла от температуры в условиях эксплуатации теплообменника. Выполнена оценка степени влияния различных факторов на скорость роста трещин для коррозионно-стойких сталей.

Для расчетов были взяты данные по испытаниям образцов основного металла. По данным испытаний с помощью метода наименьших квадратов построены зависимости скорости роста трещин от условий эксплуатации (температура и коэффициент асимметрии цикла, термическое старение), на которых можно наглядно оценить степень воздействия повышенных температур на срок эксплуатации

$$\begin{aligned} \delta_p &= 64.9192 - 0.0959596 T & \delta &= 48.2828 - 0.0708081 T \\ \psi &= 75.8535 - 0.0176768 T & \sigma_{0,2} &= 319.99 - 0.149495 T \\ \sigma_B &= 603.98 - 0.532323 T & S_k &= 1441.66 - 1.66283 T \end{aligned}$$

где $\sigma_{0,2}$ – предел текучести условный, МПа; σ_B – предел текучести временный, МПа; S_k - истинное напряжение при разрыве образца, МПа; δ – относительное удлинение, % δ_p – равномерное относительное удлинение, %; ψ - относительное поперечное сужение, %; T – температура, °С

Литература

1. Микроструктура и механические свойства сварных соединений трубопроводов после длительной эксплуатации. Металловедение и термическая обработка металлов / Е.И. Мамаева, М.Б. Бакиров, С.В. Чуваев, О.А. Федорова. – Москва, 2006.

© Назарова М.А., Аминова Г.А., Бронская В.В., Мануйко Г.В., 2018 г.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРА ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ В ХАЛЬКОГЕНИДАХ МЕДИ И СЕРЕБРА ПРИ ЗАМЕЩЕНИИ В КАТИОННОЙ И АНИОННОЙ ПОДРЕШЕТКАХ

Давлетшина А.Д., Акманова Г.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Выполнены расчеты распределения электронной плотности в твердых растворах халькогенидов меди и серебра в высокотемпературной кубической фазе. Была использована теория функционала электронной плотности, реализованная в программном пакете Quantum Espresso.

Результаты расчета распределения электронной плотности в исследуемых соединениях представлены на рис. 1(а, б, в).

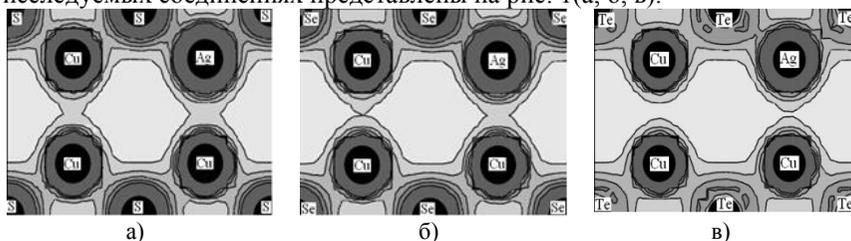


Рис. 1. Распределение электронной плотности в соединениях а) $Ag_{0.5}Cu_{1.5}S$; б) $Ag_{0.5}Cu_{1.5}Se$; в) $Ag_{0.5}Cu_{1.5}Te$

В соединениях $Ag_{0.5}Cu_{1.5}X$ ($X=S, Se, Te$) наблюдается меньшее перекрытие электронных оболочек в направлении Cu-Cu, чем в направлении Ag-Cu. Причем при изменении состава по халькогену в направлении S-Se-Te закономерность сохраняется, но она становится более ярко выраженной, а также происходит уменьшение перекрытия электронных оболочек в направлении Me-X.

Для составов с эквиатомным содержанием меди и серебра $AgCuX$ значения электронных плотностей вдоль линий Ag-Cu и Me-X одинаковы, но при изменении состава в направлении S-Se-Te наблюдается уменьшение перекрытия электронных оболочек в направлении катион-катион.

Дальнейшее увеличение содержания серебра приводит к уменьшению перекрытия электронных оболочек как атомов Cu и Ag, так и атомов Me и X при сохранении общей закономерности с изменением состава по халькогену. При увеличении содержания катионов Ag электронная плотность остается постоянной, но наблюдается увеличение общих контуров электронной оболочки катионов одного типа, т.е. при этом происходит увеличение связи между катионами одного типа.

Установлено, что при катионном замещении Cu-Ag и анионном замещении S-Se-Te происходит уменьшение перекрытия электронных облаков.

© Давлетшина А.Д., Акманова Г.Р., 2018 г.

УДК 669.715:621.77.016.2:620.18

**ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ МИКРОСТРУКТУРЫ
АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1570С, ПОДВЕРГНУТОГО
ВСЕСТОРОННЕЙ КОВКЕ И ПРОКАТКЕ**

Атанов Б.И., Ситдииков О.Ш., Автократова Е.В.,
Латыпова О.Э., Маркушев М.В.

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа, Россия

Исследовали термостабильность (ультра) мелкозернистой структуры листов из сплава 1570С, полученных всесторонней ковкой (ВК) с понижением температуры и последующей прокаткой. ВК проводили до суммарной деформации $\epsilon=12$ при 325°C (I этап), затем до $\epsilon=6$ при 250°C (II этап) и $\epsilon=6$ при 175°C (III этап). Далее сплав прокатывали при комнатной температуре до суммарной деформации около 1,6 или при температурековки до суммарной деформации около 2. Термическую стабильность полученных структурных состояний оценивали после одночасового отжига в интервале температур 325-450°C методами измерения твердости и оптической металлографии

Установлено, что после каждого этапа ВК достигалось равновесное состояние структуры, характеризующееся приблизительно одинаковой долей большеугловых границ 0,75-0,8 и средним углом разориентировки около 30°. Средний размер зерен составил 2,2 мкм при 325°C, 1,9 мкм при 250°C и 1 мкм при 175°C. При пост-деформационном отжиге при повышении температуры с 325 до 400°C твердость сплава оставалась практически неизменной после I и II этапов ВК и монотонно снижалась после III этапа. Далее твердость во всех трех состояниях быстро падала в интервале 425-450°C. При этом после I и II этапов ВК, структура оставалась термически стабильной даже при 450°C, а после III этапа ВК уже при 425°C наблюдался аномальный рост зерен. Показано, что повышение деформации при ВК приводило к постепенной потере когерентности и росту присутствующих в сплаве дисперсоидов $Al_3(Sc,Zr)$, а понижение температурыковки – к повышению плотности дислокаций и увеличению протяженности межкристаллитных границ, снижая термическую стабильность формирующейся структуры.

Изотермическая прокатка (ИП) при температуре ВК не оказывала существенного влияния на параметры и термическую стабильность сформированных структур. Холодная прокатка (ХП), напротив, приводила к нагартованной структуре и существенно понижала стабильность сплава при термическом воздействии. Например, после первых двух этапов ВК и ИП структура сплава была стабильна до 450°C, тогда как после ХП теряла стабильность при 425°C.

Работа выполнена по гранту РФФИ № 16-08-01189а.

© Атанов Б.И., Ситдигов О.Ш., Автократова Е.В.,
Латыпова О.Э., Маркушев М.В., 2018 г.

УДК 669.715;669-177

ЭФФЕКТ ВТОРИЧНЫХ ФАЗ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ИНТЕНСИВНО ДЕФОРМИРОВАННЫХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ СКАНДИЕМ И ЦИРКОНИЕМ

Бурдастых Ю.Л.^{1,2}, Автократова Е.В.², Крымский С.В.²,
Ситдигов О.Ш.², Маркушев М.В.²

¹Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия

²Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

Цель работы: исследовать влияние дисперсности и плотности выделений вторичных фаз на наноструктурирование и упрочнение высокопрочных сплавов системы Al-Zn-Mg-Cu, легированных Zr и Sc, в процессе интенсивной пластической деформации (ИПД).

Образцы диаметром 20 и толщиной 1 мм, вырезанные из гомогенизированных слитков алюминиевых сплавов 1960 и 1965, содержащих, соответственно, Zr и Zr совместно со Sc, закаливали в воде с температуры 460 °С, часть которых затем отжигали от 1 до 10 часов в интервале 170...250 °С. Последующую ИПД реализовали методом кручения под высоким давлением (10 оборотов при давлении 6 ГПа) при комнатной температуре.

Обнаружено, что ИПД предварительно закаленных сплавов, в структуре которых имелись лишь наноразмерные выделения алюминидов переходных металлов (ПМ), приводила к формированию развитой наноструктуры с размером (суб)зерен около 80 нм и наибольшему упрочнению. При ИПД предварительно состаренных сплавов, в которых

также присутствовали выделения основной упрочняющей фазы, процесс наноструктурирования подавлялся, причем сильнее в сплаве 1965.

Твердость предзакаленных сплавов после ИПД была максимальна и достигала аномально высоких величин (вплоть до 270 HV) вследствие структурного упрочнения от наноструктурирования матрицы. Предварительно состаренные сплавы демонстрировали меньшую твердость и параметры статической прочности. При этом пластичность не превышала 2,5 % и была максимальна в гетерогенизированных состояниях. Обнаружено, что прирост прочности уменьшался с повышением температуры и длительности отжига.

Сделан вывод о необходимости контроля параметров вторых фаз при обработках алюминиевых сплавов, включающих ИПД, а также о необходимости разработки критериев оптимизации гетерогенности их структуры при таких обработках.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант № 16-19-10152.

© Бурдастых Ю.Л., Автокротова Е.В., Крымский С.В.,
Ситдииков О.Ш., Маркушев М.В., 2018 г.

УДК 538.911

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ГЕТЕРОГЕНИЗАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СПЛАВА Д16 ПРИ КРИОГЕННОЙ ПРОКАТКЕ

Ильясов Р.Р., Автокротова Е.В., Крымский С.В.,
Ситдииков О.Ш., Маркушев М.В.

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа, Россия

Исследовали влияние предварительной гетерогенизации на формирование и эволюцию структуры и твердости термоупрочняемого алюминиевого сплава Д16, подвергнутому криогенной прокатке и отжигу. Для этого сплав в закаленном и гетерогенизированном при температуре 400°C в течение 5 часов состояниях катали в изотермических условиях при температуре жидкого азота на лабораторном шестивалковом стане до суммарной степени $\epsilon = 2$. Последующий отжиг проводили в интервале температур 190-500°C длительностью 30 минут в печи сопротивления.

С использованием современных методов оптической металлографии и просвечивающей электронной микроскопии установлено, что исходная

структура прутка сплава Д16 состояла из вытянутых вдоль направления прессования волокон толщиной 100-200 мкм. Внутри волокон имелась развитая полигонизованная структура со средним размером субзерна ~2 мкм, высокая плотность дислокаций, а также дисперсные выделения Т-фазы размером 340×70 нм и объемной долей ~3%. В процессе гетерогенизационного отжига в дополнение к ним выделялись θ и S-фазы. Их средний размер вблизи границ достигал 1000×250 нм, в то время как в теле зерен составлял 380×70 нм при объемной доле 8%

Прокатка предварительно закаленного сплава привела к формированию неоднородной структуры, состоящей из деформационных полос, содержащих преимущественно слабо-разориентированные ячеистые структуры. При этом вблизи частиц Т-фазы фиксировали повышенную плотность дислокаций. В гетерогенизированном же состоянии формировалась более однородная структура, с более однородным распределением дислокаций, ячеек и границ. Ее отличительной особенностью было также наличие кристаллитов нанометрического размера, располагавшихся вблизи частиц θ и S-фаз.

Обнаружено, что после криогенной деформации наибольшую твердость 180HV демонстрировал предварительно закаленный сплав. Проведение гетерогенизирующего отжига снижало твердость сплава, и это снижение наследовалось после прокатки, обеспечивая твердость не выше 150HV. Пост-деформационный отжиг приводил к развитию процессов возврата и рекристаллизации и снижению твердости обоих состояний. При этом в гетерогенизированном сплаве процессы зарождения новых зерен протекали более интенсивно, формируя более однородную и мелкозернистую структуру.

© Ильясов Р.Р., Автократова Е.В., Крымский С.В.,
Ситдигов О.Ш., Маркушев М.В., 2018 г.

ЭФФЕКТ ЦИРКОНИЯ НА МЕЖКРИСТАЛЛИТНУЮ КОРРОЗИЮ СИЛЬНОДЕФОРМИРОВАННОГО ДУРАЛЮМИНА

Хазгалиева А.А.^{1,2}, Крымский С.В.¹, Автократова Е.В.¹,
Ситдииков О.Ш.¹, Маркушев М.В.¹

¹Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа, Россия

²Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Методами оптической, просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии исследовали эффект полной и частичной замены марганца цирконием на структуру и сопротивление межкристаллитной коррозии (МКК) криопрокатанного алюминиевого сплава Д16.

Гомогенизированный слиток сплава стандартного состава имел дендритную структуру. По границам ячеек размером 60 мкм располагались избыточные фазы $Al_{11}Si_5(CuFeMn)_3$ и S (Al_2CuMg) с объемной долей 2,5%, внутри ячеек – однородно распределенные выделения Т-фазы ($Al_{20}Cu_2Mn_3$) диаметром 50-200 нм. Структура же сплава, модифицированного цирконием, состояла из равноосных зерен размером 200 мкм, вдоль границ которых располагались фазы θ (Al_2Cu) объемной долей 1,1, а внутри – алюминиды циркония Al_3Zr размером 10-50 нм. Последующая криопрокатка сплавов при температуре жидкого азота привела к формированию вытянутой, сильно нагартованной структуры с сохранением объемной доли избыточных фаз.

Установлено, что криокатанные и естественно состаренные сплавы обладают высоким сопротивлением МКК с единичными очагами поражения. При этом введение Zr существенно уменьшало их глубину и интенсивность. Искусственное же старение резко усиливало поражение всех сплавов. При этом последнее характеризовалось семействами хорошо развитых очагов. Тенденция положительного влияния от введения Zr сохранялась и в этом случае, причем оба параметра сопротивления МКК улучшались с повышением его содержания.

Рассмотрена природа обнаруженных зависимостей. Сделан вывод о том, что основным фактором, контролирующим коррозионное поражение сплавов типа Д16, является фазовый фактор, обусловленный присутствием в структуре обогащенных марганцем, железом и кремнием избыточных фаз, таких как $Al_{15}Si(CuFeMn)_3$ и S (Al_2CuMg), их объемной долей, распределением в объеме и размерами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 16-19-10152.

УДК 537.638.5

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТЕРБИЯ И ДИСПРОЗИЯ

Пимоненко К.В.^{1*}, Таскаев С.В.^{1,3}, Скоков К.П.², Карпенков Д.Ю.²,
Ховайло В.В.³, Батаев Д.С.¹, Ульянов М.Н.¹, Пелленен А.П.⁴

¹Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

²Тверской государственный университет, г. Тверь, Россия

³НИТУ «Московский институт стали и сплавов», г. Москва, Россия

Редкоземельные металлы (РЗМ) и их сплавы вызывают неослабевающий интерес исследователей вот уже более пятидесяти лет. В группу этих металлов входит 17 элементов периодической системы: лантан, скандий, иттрий и 14 лантаноидов. Семейство лантаноидов состоит из церия, празеодима, неодима, прометия, самария, европия, гадолиния, тербия, диспрозия, гольмия, эрбия, тулия, иттербия и лютеция. Наибольший интерес с точки зрения физики магнетизма представляют так называемые тяжелые РЗМ: металлы, стоящие в ряду лантаноидов после гадолиния. Уникальные магнитные свойства, а именно, наибольшие среди всех элементов Периодической системы величины магнитных моментов атомов этих металлов в совокупности с большой перспективой практического применения являются причиной активного исследования их свойств: число научных публикаций, посвященных редкоземельным магнетикам и их сплавам, неизменно растет, начиная с 1950-х гг., что способствует все более глубокому пониманию физики магнитных явлений РЗМ и их сплавов. Изучение свойств РЗМ также имеет большое прикладное значение, так как указанные металлы, их сплавы и соединения широко используются во всех областях современной техники (рис. 1).

Изменения магнитных свойств редкоземельных металлов, подвергнутых интенсивной пластической деформации, оказались сложным вопросом, и их интерпретация довольно сложна [1-4]. Это может быть объясняется тем, что магнитный порядок их сильно локализованных 4-f-электронов опосредуется косвенным обменным взаимодействием 5-d электронов, и это взаимодействие РККИ зависит от межатомного расстояния. В результате эти взаимодействия очень чувствительны к наличию междоузельных дефектов или вакансий, расположенных вблизи атомов редкоземельных элементов [5]. Все это делает магнитные свойства редкоземельных металлов, очень чувствительными к интенсивной пластической деформации.

Недавно было показано, что интенсивная пластическая деформация оказывает большое влияние на физические свойства гадолиния, особенно на его магнитокалорический эффект и теплоемкость [6].

Под магнитокалорическим эффектом обычно понимают адиабатическое изменение температуры (ΔT_{ad}) или изотермическое изменение магнитной части энтропии (ΔS_{magn}) магнитного материала, индуцированное изменением напряженности магнитного поля. Эти величины используются в качестве количественных характеристик МКЭ.

Гадолиний имеет полузаполненную $4-f$ оболочку ($S = 7/2, L = 0$), которая дает локализованный большой спин-магнитный момент $7 \mu_B$ на узел решетки. Известно, что Gd имеет очень слабую магнитную анизотропию, так как $L = 0$ делает спин-орбитальные взаимодействия пренебрежимо малыми. В то же время уже известно [6], что даже в Gd магнитная анизотропия, вызванная холодной прокаткой, может быть ключевым фактором, ответственным за деградацию магнитокалорического эффекта. С другой стороны, в тербии ($S = 3, L = 3$) и диспрозии ($S=3, L=3$) несферическое распределение заряда $4-f$ орбитальной волновой функции вызывает сильную магнитокристаллическую анизотропию. Тем не менее в литературе нет информации о влиянии интенсивной пластической деформации на магнитокалорические свойства Tb и Dy.



Рис. 1. Область применения редкоземельных элементов

Литература

1. К. Ya. Mulyukov and G. F. Korznikova, Phys. Metals Metallogr. 78, 23 (1994).
2. К. Ya. Mulyukov, G. F. Korznikova, and S. A. Nikitin, J. Magn. Magn. Mater. 153, 241 (1996).
4. К. Ya. Mulyukov, G. F. Korznikova, and S. A. Nikitin, Phys. Solid State

- 37, 1359 (1995).
5. K. Ya. Mulyukov, G. F. Korznikova, and S. A. Nikitin, *J. Appl. Phys.* 79, 8584 (1996).
 6. M. Ruderman and C. Kittel, *Phys. Rev.* 96, 99 (1954).
 7. S. V. Taskaev, M. D. Kuz8min, K. P. Skokov, D. Yu. Karpenkov, A. P. Pellenen, V. D. Buchelnikov, and O. Gutfleisch, *J. Mag. Magn. Mat.* 331, 33 (2013).

© Пимоненко К.В., Таскаев С.В., Скоков К.П., Карпенков Д.Ю., Ховайло В.В., Батаев Д.С., Ульянов М.Н., Пелленен А.П., 2018 г.

УДК 537.638.5

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НЕОДИМА И САМАРИЯ

Гаврилова М.А.,^{1*}, Таскаев С.В.^{1,3}, Скоков К.П.², Карпенков Д.Ю.²,
Ховайло В.В.³, Батаев Д.С.¹, Ульянов М.Н.¹, Пелленен А.П.⁴

¹Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

²Тверской государственный университет, г. Тверь, Россия

³НИТУ «Московский институт стали и сплавов», г. Москва, Россия

Редкоземельные элементы используются в очень большом количестве приложений в различных сегментах мировой экономики. Со времени их открытия в 1787 году, физические свойства РЗ элементов были исследованы достаточно детально и одними из самых важных свойств, что делает эти материалы такими привлекательными, является их магнитные свойства, которые непосредственно связаны с электронной структурой 4-f оболочки. Из-за пространственной локализации 4-f электронов, они не участвуют в химической связи, однако, они обладают очень сильным квантово-механическим спин-орбитальным взаимодействием.

Редкоземельные металлы или лантаноиды - это серия химических элементов в периодической таблице, у которых идет заполнение внутренней 4-f электронной оболочки, локализованной вблизи атомного ядра и обладающей более низкой энергией, по сравнению с электронными оболочками 5 и 6 орбиталей. Из-за их пространственной локализации, 4-f электроны не участвуют в химической связи в заметной степени, однако они обладают очень сильным квантово-механическим спин-орбитальным взаимодействием [1-2]. Это свойство определяет высокие значения магнитокристаллической анизотропии сплавов металлов с РЗМ (в частности постоянных магнитов, содержащих РЗМ).

Спин-орбитальное взаимодействие является релятивистским эффектом, и оно особенно велико в более тяжелых элементах, например, в таких, как РЗМ, где орбитальный момент электронов является значительной частью энергии атома. Такое свойство приводит к так называемой одноионной анизотропии, которая создает тенденцию к расположению магнитных моментов вдоль определенных кристаллографических осей в системе, приводя к сильной магнитокристаллической анизотропии [1, 3-5].

Элементы Pr, Nd, Sm и Gd (для специализированных приложений) имеют особо важное значение при производстве постоянных магнитов, например систем Sm-Co и Nd-Fe-B. Tb и Dy также чрезвычайно важны в качестве легирующих добавок, повышающих максимальную температуру использования постоянных магнитов и термостабилизации свойств материала. В целом, РЗМ отличаются уникальной электронной конфигурацией, что придает особые свойства материалам, содержащим РЗМ [6].

Пластическая деформация давно известна как эффективный метод модификации магнитных свойств интерметаллических сплавов и соединений [7]. В частности, сообщалось, что холодная прокатка существенно влияет на процесс намагничивания [8], насыщения намагниченности [9] и магнитную анизотропию [10] 3d переходных металлов и сплавов. Кроме того, холодная прокатка была предложена в качестве маршрута для подготовки твердых магнитных материалов [11].

Недавно было показано, что интенсивная пластическая деформация оказывает большое влияние на физические свойства гадолиния, особенно на его магнитокалорический эффект и теплоемкость [6]. Гадолий имеет полузаполненную 4f оболочку ($S = 7/2$, $L = 0$), которая дает локализованный большой магнитный момент в $7 \mu_B$ на узел решетки. Известно, что Gd имеет очень слабую магнитную анизотропию, так как $L = 0$ спин-орбитальные взаимодействия становятся пренебрежимо малыми. В то же время известно [6], что даже в Gd магнитная анизотропия, вызванная холодной прокаткой, может быть ключевым фактором, ответственным за уменьшение магнитокалорического эффекта.

По сравнению с Gd, Nd и Sm имеют четыре и два электрона меньше в электронной оболочке 4f, но имеют совершенно разные магнитные и механические свойства. Фактор Стивенса α_J для изученных редкоземельных элементов имеет противоположный знак ($\alpha_J = -0,643 \times [10]^{(-2)}$ для Nd и $\alpha_J = 4,127 \times [10]^{(-2)}$ для Sm, см. [12]) и определяет основную конфигурацию 4f-оболочки, что, в свою очередь, определяет одноосный и плоский тип анизотропии в этих материалах [12]. Кроме того, Nd и Sm различаются по гексагональной структуре кристаллической решетки, которая, как было предложено, связана со

степенью гибридизации 4f-валентных электронов [13]. Хотя магнитная структура очень сложна как в Nd [14], так и в Sm [15], стоит упомянуть, что роль, которую играет последовательность гексагональных слоев в магнитных свойствах, гораздо важнее в Sm, чем в Nd [16]. Несмотря на многочисленные публикации о физических свойствах редкоземельных элементов в середине прошлого века, насколько нам известно, влияние пластической деформации на магнитные свойства этих элементов пока не изучено.

Литература

1. Herzberg G. Atomic Spectra and Atomic Structure, Dover Books on Physics, New York, NY, 2010.
2. Skomski R. J. Phys.: Condens. Matter, 15, R841–R896 (2003).
3. Steinbeck L., Richter M., Nitzsche U. and Eschrig H.: Phys. Rev. B, 53, 7111–27 (1996).
4. U.S. Department of Energy: “2011 Critical Materials Strategy,” December, 2011.
5. Gschneidner K. A. Jr. Rare Earth Minerals and 21st Century Industry, Detailed Written Responses to Subcommittee’s Questions, available at <http://gop.science.house.gov/Media/hearings/oversight10/mar16/Gschneider.pdf> (accessed on 11 August 2011).
6. Laura H. Lewis and Felix Jimenez Villacorta. Metallurgical and Materials Transactions A. 44A, S2 (2013).
7. Chikazumi S (1997), Physics of Ferromagnetism, 2nd ed. Oxford University Press, p. 309.
8. Asti G, Solzi M, Sarzi Sartori S, Beatrice C, Fiorillo F (2001), “Magnetization process in thin Ni sheets: Effect of cold-rolling and recrystallization annealing”, J. Appl. Phys., vol. 89, pp. 3880-3887, doi: 10.1063/1.1347004.
9. Shinohara T, Sasaki K, Yamauchi H, Watanabe H, Sekizawa H, Okada T (1981), “On the reduction in magnetization by cold working on the ferromagnetic Heusler alloy Pd₂MnSn”, J. Phys. Soc. Jpn., vol 50, pp. 2904-2908, doi: 10.1143/JPSJ.50.2904.
10. Tanaka T, Takahashi M, Kadowaki S, Wakiyama T (1991), “Magnetic anisotropy induced by cold rolling in Co and Co-Fe alloys”, J. Appl. Phys., vol. 69, pp. 396-403, doi: 10.1063/1.347728.
11. Hai N H, Dempsey N M, Veron M, Verdier M, Givord D (2003), “An original route for the preparation of hard FePt”, J. Magn. Magn. Mater., vol. 257, pp. L139-L145, doi:10.1016/S0304-8853(02)01284-2.
12. Hutchings M T (1964), “Point-charge calculations of energy levels of magnetic ions in crystalline electric fields” in Solid State Physics, vol. 16,

- F. Seitz and D. Turnbull, Eds. Academic Press, pp. 227-273
doi:10.1016/S0081-1947(08)60517-2.
8. Beaudry B J, Gschneidner K A, Jr (1978) "Preparation and basic properties of the rare earth metals", in Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths, vol. 1, K. A. Gschneidner, Jr. and L. Eyring, Eds. North-Holland Publishing Company, pp. 173-232.
 1. 14. Bak P, Lebech B (1978) "Triple-q" modulated magnetic structure and critical behavior of Neodymium" Phys. Rev. Lett., vol. 40, pp. 800-803, doi: 10.1103/PhysRevLett.40.800.
 9. Koehler W C, Moon R M (1972) "Magnetic structures of Samarium" Phys. Rev. Lett., vol. 29, pp. 1468-1472, doi: 10.1103/PhysRevLett.29.1468.
 10. Legvold S (1980) "Rare earth metals and alloys", in Handbook of Magnetic Materials, vol. 1, E. P. Wohlfarth, Ed. North-Holland Publishing Company, pp. 183-296.

© Гаврилова М.А., Таскаев С.В., Скоков К.П., Карпенков Д.Ю.,
Ховайло В.В., Батаев Д.С., Ульянов М.Н., Пелленен А.П., 2018 г.

УДК 539.3

УГЛЕРОДНЫЕ АЭРОГЕЛИ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ И ИХ СТРУКТУРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

Галияхметов Ф.Х.¹, Рысаева Л.Х.¹, Баимова Ю.А.^{1,2}

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

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Различные углеродные наноструктуры со сложным геометрическим строением представляют большой интерес из-за новых физических, механических и электронных свойств [1]. Подобные структуры могут быть использованы в водородной энергетике. Методом молекулярно-динамического моделирования были изучены углеродные аэрогели различной конфигурации (рис. 1).

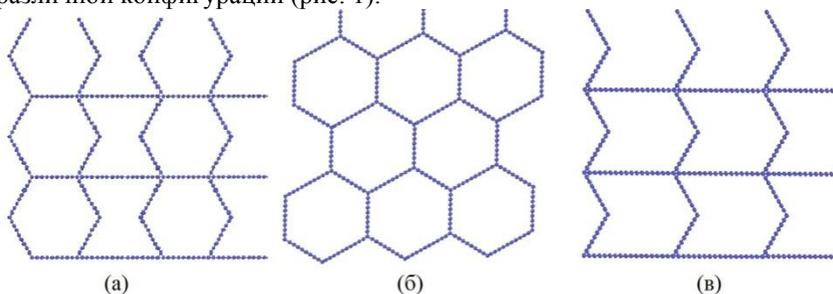


Рис. 1. Пример углеродных аэрогелей

Для каждой структуры проведен анализ устойчивости и деформационного поведения с учетом их структурных параметров. Как показало исследование, начальная конфигурация в значительной мере определяет устойчивость и свойства углеродных аэрогелей.

Литература

1. Рысаева Л.Х., Галияхметов Ф.Х., Баимова Ю.А., Лисовенко Д.С., Городцов В.А. Влияние морфологии ячеистых структур на основе углеродных нанолент на их устойчивость // ФПСМ. 2018. Т. 15. В. 2. с. 238-243
2. Grima J. N., Oliveri L., Attard D., Ellul B., Gatt R., Cicala G., Recca G. Hexagonal Honeycombs with Zero Poisson's Ratios and Enhanced Stiffness // Advanced Engineering Materials. 2010. I. 12. N.9. pp. 855-862.

© Галияхметов Ф.Х., Рысаева Л.Х., Баимова Ю.А., 2018 г.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕРОДНЫХ АЭРОГЕЛЕЙКлявлинка А.И.², Галиахметов Ф.Х.¹, Рысаева Л.Х.¹, Баимова Ю.А.^{1,2}¹Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия.²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Углерод и углеродные структуры со сложной архитектурой активно изучаются последние несколько десятилетий. Углеродные структуры различной размерности демонстрируют всевозможные уникальные свойства, открывающие широкие перспективы их применения. Методом молекулярной динамики изучено влияния структурных особенностей на устойчивость ячеистых структур (аэрогелей) на основе графеновых нанолент, образующих вогнутые шестигранники [1] (рис. 1).

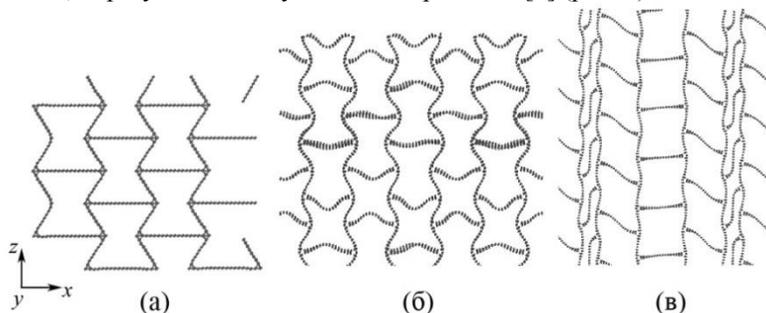


Рис. 1. Влияние времени деформации ячеистой структуры (а) – в исходном состоянии, (б) – в момент времени $t = 5$ пс и (в) $t = 100$ пс

Было показано, что при слишком высоких скоростях деформирования происходит формирование равномерно растянутых ячеек, в то время как медленное деформирование приводит к перераспределению напряжений в структуре и формированию полосчатой морфологии, что будет оказывать важное влияние на свойства материалов.

Литература

1. Рысаева Л.Х., Галиахметов Ф.Х., Баимова Ю.А., Лисовенко Д.С., Городцов В.А. Влияние морфологии ячеистых структур на основе углеродных нанолент на их устойчивость // ФПСМ. 2018. Т. 15. В. 2. С. 238-243.
2. Grima J. N., Oliveri L., Attard D., Ellul B., Gatt R., Cicala G., Recca G. Hexagonal Honeycombs with Zero Poisson's Ratios and Enhanced Stiffness // Advanced Engineering Materials. 2010. I. 12. N.9. P. 855-862.

О РОЛИ МАГНИТОУПРУГОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ФОРМИРОВАНИИ МАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ НАНОДИСКОВ

Назарова З.И.¹, Назаров А.Н.¹, Орлов В.А.^{1,2}, Прокопенко В.С.³

¹Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

²Институт физики им. Л. В. Киренского СО РАН, г. Красноярск, Россия

³Красноярский государственный педагогический университет
им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, Россия

На распределение намагниченности в ферромагнетиках субмикронных размеров может оказывать существенное влияние магнитоупругое взаимодействие вследствие сильных механических напряжений, возникающих на границах ферромагнитных наноточек [1,2].

Магнитоупругая энергия для цилиндрического поликристаллического образца может быть представлена в виде: $E_{str} = -(3/2)\lambda\sigma \cos^2(\vartheta)$ [3].

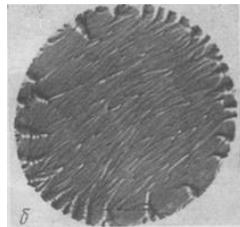
Здесь λ - коэффициент магнитострикции, σ - механическое напряжение ϑ - полярный угол приложения напряжения. Чтобы определить эту энергию, необходимо знать механическое напряжение, которое можно

оценить из формулы Лапласа: $\sigma = \varepsilon(1/R_1 + 1/R_2)$, где ε - коэффициент поверхностного натяжения кристаллической фазы, а R - главные радиусы кривизны поверхности магнетика. Для наноточки: $R_1 = h/2$, $R_2 \gg R_1$, h - толщина наноточки. Тогда $E_{str} = -(3/2)(\varepsilon/R)\lambda \cos^2(\vartheta)$. Заметим, что функциональная

зависимость от угла ϑ всех видов магнитных энергий одинаково, поэтому для эффективной анизотропии можно записать:

$$K_{ef} = K + \mu_0 M_s^2 + (3/2)(\varepsilon/R)\lambda.$$

Для магнетиков с радиусом кривизны поверхности порядка 10 нм последнее слагаемое сравнимо по величине с кристаллографической анизотропией и играет важную роль. В частности, в никелевых дисках [4] влияние напряжений приводит к возникновению "радиальной" эффективной анизотропии, и направление намагниченности близко к радиусу (см. рис.).



Литература

1. Белов К.П. Магнитострикционные явления и их технические приложения. М.: Наука, 1987. 159 с.

2. Nikitin S.A., Myalikgulyev G., Annaorazov M.P. et al. // Phys. Lett. A. 1992. Vol. 171. P. 234-236.
3. Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1984. 207 с.
4. Прокопенко В.С., Васильев Б.В., Иванов В.П., Черкашин В.С., Дрокин Н.А., Известия АН СССР, сер. физ., т. 36, № 6, 1972, с. 1163-1165.

© Назарова З.И., Назаров А.Н., Орлов В.А., Прокопенко В.С., 2018 г.

УДК 538.7

МИКРОСТРУКТУРА И МИКРОТВЕРДОСТЬ ДИСКОВ МЕДИ И АЛЮМИНИЯ, СВАРЕННЫХ МЕТОДОМ КГД ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Акимова М.А.¹, Назырова Г.Р.¹, Ефимова Ю. Ю.²,
Давлетшина Л.³, Жилиев А.П.^{2,4}

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия

³Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия

⁴Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

Долгое время соединение разнородных материалов является не только технологической, но и научной проблемой. Перспективной является холодная сварка методом интенсивной пластической деформации (ИПД) таких как равноканальное угловое прессование (РКУП) и кручение под высоким давлением (КГД) [1]. Последний метод обеспечивает и высокое прижимное давление свариваемых частей. Примеры успешного соединения разнородных металлов можно найти в литературе, например, соединение сэндвича Al/Mg/Al [2], и Cu/Al/Cu Al/Cu/Al [3].

Для прояснения физических процессов соединения двух дисков методом КГД был проведен эксперимент по сварке однородных металлов (Cu/Cu) в зависимости от степени накопленной деформации. Результаты данного эксперимента представлены в настоящей работе. Диски алюминия и меди сваривались при одинаковом давлении ($P=6$ ГПа) и разном количестве полных оборотов $N=5, 10$. Температура КГД деформации всегда оставалась комнатной. Сваренные диски затем были разрезаны с помощью электроискрового станка, и поперечное сечение

исследовалось с помощью оптической микроскопии и измерения микротвердости. В качестве характерного примера на рис. 1. Вдоль длинной оси поперечного сечения была измерена микротвердость вблизи верхней поверхности, вдоль геометрически средней линии и вблизи нижней поверхности.

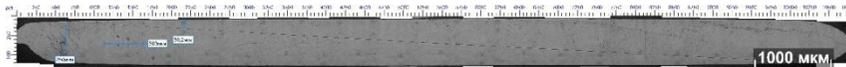


Рис. 1. Поперечное сечение медных дисков, сваренных при давлении 6 ГПа и полном числе оборотов $N=5$. Температура деформации – комнатная

В результате исследований можно сделать вывод о значительном разбросе микротвердости на средней линии сечения, свидетельствующем о неоднородности деформации при кручении на поверхностях раздела медных дисков. Подобная тенденция обнаружилась и для образца, сваренного КГД при давлении 6 ГПа и $N=10$ полных оборотов.

© Акимова М.А., Назырова Г.Р., Ефимова Ю. Ю.,
Давлетшина Л., Жилиев А.П., 2018 г.

УДК 538.935

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕНОСА ЗАРЯДА В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ПАНИ

Салихов Т.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Изучение механизмов переноса заряда в органических пленках с повышенной проводимостью [1-3] является необходимым условием для развития органической электроники. В данном исследовании измерены зависимости проводимости тонких пленок различных форм полианилинов (ПАНИ) от температуры. Сначала были исследованы тонкие пленки ПАНИ, допированного соляной кислотой, полученные вакуумным напылением. Затем были проведены аналогичные измерения для растворимых форм модифицированного гомополимера ПАНИ и его сополимеров с о-толоудином. Температурные измерения проводимости плёнок G в интервале 300 – 450 К показали экспоненциальный характер зависимости: $G=G_0 \exp(-\Delta E/2kT)$. В координатах $\ln G - 1000/T$ экспериментальные точки в пределах погрешности укладываются на прямые. Значение энергии ΔE можно определить по тангенсу угла наклона линейных участков на графиках. Величину ΔE можно

интерпретировать как интервал между ВЗМО (НОМО) и НСМО (LUMO) (аналог запрещенной зоны в полупроводниковых полимерных пленках). Ширина запрещенной зоны меняется от образца к образцу и находится в интервале 1,52 – 1,68 эВ. Зависимость ширины запрещенной зоны от мольного соотношения сополимеров, используемых для получения тонких пленок, является исключительно важным свойством для их практического применения в различных электронных устройствах.

Изучение температурных зависимостей проводимости пленок ПАНИ и их производных показывает, что основным механизмом транспорта заряда через контакт металлического электрода с полимерной пленкой является термоэлектронная эмиссия Шоттки, а высота барьера определяется разницей работы выхода электрона из металла и электронным сродством полимера.

Литература

1. Yumaguzin Y.M., Salikhov T.R., Shayakhmetov R.U., Salikhov R.B. Charge transport across the metal–polymer film boundary // *Physics of the Solid State*. 2016. V. 58. № 8. P. 1694-1697.
2. Bunakov A., Salikhov R., Lachinov A. Current-voltage characteristics of thin poly(biphenyl-4-ylphthalide) films // *Macromolecular Symposia*. 2004. T. 212. С. 387-392.
3. Салихов Р.Б., Лачинов А.Н., Корнилов В.М., Рахмеев Р.Г. Свойства транспортного слоя, сформированного на границе раздела двух полимерных пленок // *Журнал технической физики*. 2009. Т. 79. № 4. С. 131-135.

© Салихов Т.Р., 2018 г.

УДК 537.622:537.326

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ КВАЗИДВУМЕРНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ГАЗ, НА ПРОВОДИМОСТЬ ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНКИ

Рахматуллина Э.Р.

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

Полидифениленфталид (или поли-3,3-фталиден-4',4-дифенилен) – полимер, обладающий высокой термо- и теплостойкостью, хорошей растворимостью в органических растворителях, плёнкообразованием и хемостойкостью, формирует высокопроводящее металлоподобное состояние в тонких плёнках при воздействии на них одноосного

давления, электрического поля, нестационарного нагрева, изменения граничных условий.

Изучение свойств контакта двух слоёв данного материала интересно для их применения в органических электролюминесцентных диодах [1].

В этих целях были изготовлены образцы, представляющие собой многослойную структуру: инжектор дырок (слой из смеси окислов индия и олова (ITO), нанесённые на поверхность стеклянной пластины) – полимерная плёнка – полимерная плёнка – металлический электрод (Al). Полимерные плёнки отливались из растворов различной консистенции в циклогексаноне методом центрифугирования. Для удаления остатков растворителя полученную пленку сначала сушили при комнатной температуре 30 min, далее при температуре 150 - 200°C в вакууме в течение 60 min. Алюминиевый электрод осаждался методом термодиффузионного напыления в вакууме. Измерения проводились при комнатной температуре. Вольт-амперная характеристика измерялась по стандартной методике. Толщина и однородность полимерных пленок контролировалась с помощью атомно-силового микроскопа СММ-2000Т.

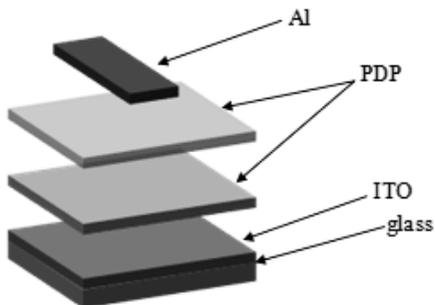


Рис. 1. Структура экспериментальных образцов

Установлено, что при близком расположении границы раздела полимер/полимер к источнику инжекции электронов или дырок (т.е. от ITO или от Al) структура ведет себя как монопленочная структура. Чем дальше располагается граница раздела двух полимеров, тем выше проводимость образца. Полученные результаты обсуждаются в модели рекомбинации экситонов на двумерной структуре, содержащей квазидвумерный электронный газ.

Литература

1. Салихов Р.Б., Лачинов А.Н., Корнилов В.М., Рахмеев Р.Г. Свойства транспортного слоя, сформированного на границе раздела двух полимерных пленок: Журнал технической физики, 2009, Т.79, Вып.4. С.131–135.

© Рахматуллина Э.Р., 2018 г.

ВЛИЯНИЕ АЦЕТОНА И ЭТИЛОВОГО СПИРТА НА ПРОВОДИМОСТЬ ПЛЕНОК ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА (ПДФ)

Рахматова Л.И., Юсупов А.Р.

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

Изучение процессов и явлений, оказывающих вклад в свойства материалов, требует дополнительных исследований. Это связано с тем, что чувствительность к различным веществам и возможная деструкция создают определенные сложности при применении органических материалов в электронных устройствах. В данной работе изучается изменение параметров носителей заряда в пленках ПДФ при различных концентрациях ацетона и этилового спирта методом CELIV (экстракция носителей заряда линейно увеличивающимся напряжением) [1].

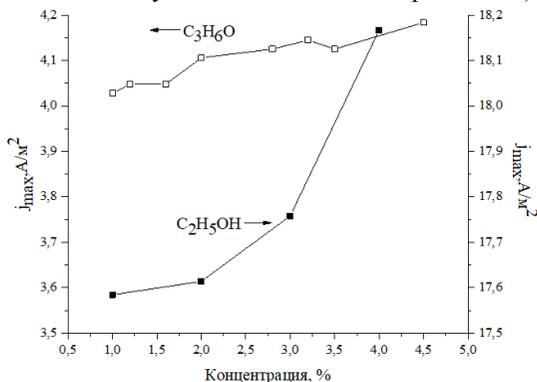


Рис. 1. График зависимости максимального тока экстракции от концентрации ацетона и этанола

Воздействие паров органических растворителей на пленки ПДФ дает практически аналогичные результаты (рис.1): возрастание объемной доли ацетона и этилового спирта приводит к увеличению максимального тока экстракции. Однако как было установлено в работе ток экстракции при одних и тех же концентрациях исследуемых веществ изменяется по разному. В докладе подробно рассматриваются полученные результаты и их интерпретация.

Литература

1. Jucka G, Arlauskas K, Vilinas M. Extraction Current Transients: New Method of Study of Charge Transport in Microcrystalline Silicon/Physical Review Letters, 84, 4946 (2000).

© Рахматова Л.И., Юсупов А.Р., 2018 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ $L_{5,7}$ ГРАФЕНА

Беленков М.Е.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Слоевые соединения из трехкоординированных атомов могут иметь различную структуру, поэтому возможно существования ряда полиморфных разновидностей графена. Основные полиморфные разновидности графена такие как L_6 , L_{4-8} , L_{3-12} , L_{4-6-12} состоят из углеродных атомов, находящихся в эквивалентных структурных позициях [1,2]. Также возможно существование большого разнообразия полиморфных разновидностей графена, в которых атомы находятся в нескольких различных позициях [3]. В данной работе выполнено моделирование новой структурной разновидности $L_{5,7}$ графена.

Геометрически оптимизированная структуры, плотность электронных состояний и зонная структура графенового слоя $L_{5,7}$ были рассчитаны методом теории функционала плотности в градиентном приближении. В структуре $L_{5,7}$ имеется три различных структурных позиций углеродных атомов. Элементарная ячейка минимального размера слоя косоугольная и содержит 8 атомов, кроме того при расчетах была рассмотрена прямоугольная расширенная элементарная ячейка содержащая 16 атомов. Рассчитанное распределение плотности электронных состояний оказалось не зависящим от выбора элементарной ячейки. Плотность электронных состояний на уровне энергии Ферми в слое $L_{5,7}$ оказалась отличной от нуля, что указывает на наличие перекрытия валентной зоны и зоны проводимости и металлический характер проводимости. Энергия сублимации $L_{5,7}$ графена оказалась меньше чем для гексагонального L_6 графена, однако выше энергий сублимации всех остальных основных полиморфных разновидностей графена, что свидетельствует об устойчивости этой структурной разновидности и возможности ее синтеза.

Литература

1. Belenkov, E.A., Kochengin, A.E. Structure and electronic properties of crystals consisting of graphene layers L_6 , L_{4-8} , L_{3-12} and L_{4-6-12} // *Physics of the Solid State*. 2015. 1. 57. pp. 2126–2133.
2. Kochengin, A.E., Belenkov, E.A. Crystal structure of L_6 , L_{4-8} , L_{3-12} and L_{4-6-12} graphene polymorphs // *Materials Science Forum*, 2016. V. 845. pp. 247-250.
3. Коченгин, А.Е., Беленков, Е.А. Новые полиморфные разновидности графена, сформированные из карбиновых цепочек // *Перспективные материалы*, 2017, № 2. С. 5-13.

© Беленков М.Е., 2018 г.

РАСЧЕТ СТРУКТУРЫ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК, ИНКАПСУЛИРОВАННЫХ МОЛЕКУЛАМИ

Белекеев И.А.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Углеродные нанотрубки могут адсорбировать в себя как отдельные атомы и различные молекулы [1,2]. Например, при адсорбции в нанотрубки фуллеренов получают пиподы, то есть соединения, структура которых подобна стручкам гороха. Возможно также заполнение углеродных нанотрубок углеводородными молекулами. Какова структура таких эндоздральных соединений остается не ясным. В данной работе выполнены расчеты структуры углеродных нанотрубок заполненных молекулами коронена.

Расчеты структуры были выполнены методом молекулярной механики ММ+. На первом этапе рассчитывалась геометрически оптимизированная структура семи углеродных нанотрубок с зигзагообразной и креслообразной структурой (16,0), (20,0), (8,8), (9,9), (10,10), (11,11), (12,12) диаметр которых был подходящим для размещения внутри их молекул коронена $C_{24}H_{12}$. Затем рассчитывалась структура нанотрубок в которые были инкапсулированы молекулы.

В результате расчетов было установлено, что хиральность нанотрубок не оказывает существенного влияния на структуру образующихся соединений. Основным параметром, определяющим конечную структуру нанотрубок, инкапсулированных молекулами коронена, является их диаметр. Нанотрубки малого диаметра (по сравнению с размером молекул) сильно деформируются в поперечном сечении, приобретая овальную, а не округлую форму. При этом молекулы стараются выстроиться цепочками с малым углом наклона плоскости молекул к оси нанотрубок. В нанотрубках большого диаметра молекулы могут располагаться стопками, плоскость которых ориентирована почти перпендикулярно оси нанотрубок.

Литература

1. Беленков, Е.А., Шабиев, Ф.К. Структура углеродных нанотрубок, содержащих цепочки из углеродных атомов // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2005, № 4, С. 24-30.
2. Belenkov, E.A., Shabiev, F.K. Scroll structure of carbon nanotubes obtained by the hydrothermal synthesis // Письма о материалах, 2015, Т. 5, № 4 (20). С. 459-462.

© Белекеев И.А., 2018 г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА МОРСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НИКЕЛЬ-УГЛЕРОД

Сафина Л.Р.¹, Баимова Ю.А.^{1,2}

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

В настоящее время в литературе представлено большое количество статей, описывающих возможность использования потенциала Морса для исследования взаимодействия графен-никель и никель-никель при изучении подобных гибридных материалов методом молекулярной динамики [1]. В данной работе методом молекулярно-динамического моделирования были изучены взаимодействия наночастиц никеля с различными полиморфами углерода, например фуллереном (рис. 1).

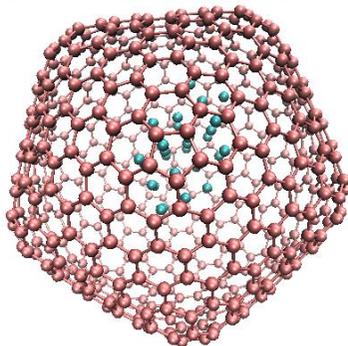


Рис. 1. Структура фуллерена, содержащего внутри наночастицу Ni

Проведенное моделирование показало, что результаты, полученные с использованием потенциала Морса, находятся в согласии с результатами, полученными с использованием реалистичных межатомных потенциалов. Применение потенциала Морса для описания взаимодействия атомов никеля и углерода также дает хорошее согласие с уже существующими в литературе данными.

Авторы благодарят грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - докторов наук.

Литература

1. Валуев А.А., Норман Г.Э., Подлипчук В.Ю. Метод молекулярной динамики: теория и приложения// Математическое моделирование. Физико-химические свойства вещества. М.: Наука, 1989. с. 5-40.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ НА ПОДВИЖНОСТЬ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНКАХ

Лихачева А.Р., Юсупов А.Р.

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

Чувствительность к различным газам и веществам содержащимся в атмосфере, создает определенные сложности для применения органических материалов в электронике. Устойчивость к внешней среде пленок полидифениленфталаида (ПДФ) позволяет проводить исследования свойств данного материала при комнатных условиях. В данной работе, были проведены измерения подвижности носителей заряда в пленках ПДФ методом CELIV (экстракция носителей заряда линейно увеличивающимся напряжением) [1] при различных концентрациях водяных паров в атмосфере.

Измерения проводились на структуре Si/ПДФ/Sb. Для исключения влияния кремния на свойства структуры исследуемого образца, были измерены кривые переходного тока на структуре Si/Sb. При сравнении полученных результатов (рис. 1) можно сказать, что с ростом влажности электропроводность полимерной пленки возрастает не существенно. Относительное изменение не превышает 20%. В то же время для образца Si/Sb изменения лежат в пределах погрешности измерения.

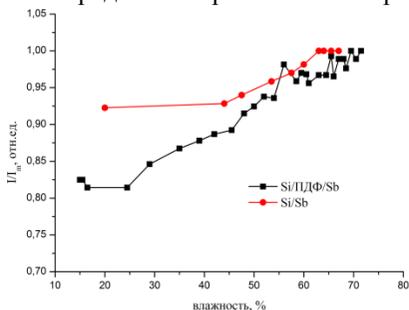


Рис. 1. Зависимостей j_{\max} от влажности, для структуры Si/Sb и Si/ПДФ/Sb

Данное изменение свидетельствует о вкладе молекул воды, абсорбированных на поверхности пленки на электрофизические параметры. В докладе обсуждаются полученные результаты и их интерпретация.

Литература

1. Jucka G, Arlauskas K, Vilinas M. Extraction Current Transients: New Method of Study of Charge Transport in Microcrystalline Silicon/Physical Review Letters, 84, 4946 (2000)

© Лихачева А.Р., Юсупов А.Р., 2018 г.

**ТОНКИЕ ПЛЕНКИ ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
В СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ**

Сафаргалин И.Н., Салихов Т.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Преобразование солнечной энергии в электрическую – одна из актуальных проблем современности. Активно исследуется третье поколение фотоэлектрических преобразователей. Это солнечные батареи с органическими фотопреобразователями световой энергии (ФСЭ) [1-3].

В данной работе использованы электронодонорные модифицированные полианилины, их сополимеры и высокомолекулярные фуллеренсодержащие соединения акцепторного типа. Сначала была отработана методика получения тонких пленок растворимых форм полианилинов и фуллеренсодержащих полимеров методом центрифугирования. Следующий этап заключался в формировании пробных образцов органических ФСЭ на стеклянной подложке со слоем ИТО на основе донорно-акцепторных полимерных систем, описанных выше. На слой ИТО дополнительно наносилась полимерная пленка PEDOT-PSS. В качестве верхнего электрода использовались пленки Al, полученные термическим напылением в вакууме. Измерены вольтамперные характеристики всех созданных образцов ФСЭ и рассчитаны такие параметры, как напряжение холостого хода, ток короткого замыкания, коэффициент заполнения и КПД.

Исследование, проведенное в данной работе, показало перспективность применения новых органических материалов для разработки солнечных элементов и показало возможность изготовления их на гибкой пластиковой подложке.

Литература

1. Salikhov R.B., Biglova Y.N., Mustafin A.G. New Organic Polymers for Solar Cells // In: Emerging Solar Energy Materials. Ed. by Sadia Ameen. IntechOpen, 2018, pp. 83-104.
2. Salikhov R.B., Biglova Yu.N., Salikhov T.R., Yumaguzin Yu.M. New polymers for organic solar cells // Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics, 2015, v. 9, № 6, pp. 792-794.
3. Salikhov T.R., Yumaguzin Y. M., Salikhov R.B. Electronics applications based on thin polyaniline films // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). IEEE Proceedings, 2015, p. 7147207.

© Сафаргалин И.Н., Салихов Т.Р., 2018 г.

ТОНКИЕ ПЛЕНКИ PANI и C60 В ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

Муллагалиев И.Н., Сафаргалин И.Н.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Полимерная электроника – это новая технология, которая фокусируется на разработке электронных устройств, включающих электропроводные и полупроводниковые органические материалы, особенно органические полимеры. Изучение механизмов транспорта заряда в тонких органических пленках и отработка технологии получения полимерных слоев с повышенной проводимостью [1-3] – необходимые условия для развития органической электроники.

Транзисторы изготовлены на подложке в виде стеклянной пластины с омическим контактом оксида индия-олова (ИТО). На слой ИТО методом центрифугирования наносился слой полиимидной пленки, который использовался в качестве подзатворного диэлектрика. Сверху были нанесены алюминиевые электроды методом термического распыления в вакуумной камере на установке ВУП 5. В области зазора одной партии образцов между электродами в 50 мкм наносилась пленка C60 или его производных методом центрифугирования из раствора, другая была заполнена исследуемым полимером PANI методом термического распыления из эффузионной ячейки Кнудсена. Кроме того, часть образцов была изготовлена на основе полианилиновых пленок, нанесенных центрифугированием из раствора.

Получены и проанализированы выходные и передаточные вольтамперные характеристики. Зависимости имеют нелинейный характер во всем диапазоне приложенных к затвору напряжений и характерны для нормально открытого полевого транзистора.

Литература

1. Salikhov R.B., Lachinov A.N., Rakhmeyev R.G. Mechanisms of conductivity in metal-polymer-Si thin film structures // *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 2007. V. 467. №. 1. P. 85–92.
2. Салихов Р.Б., Лачинов А.Н., Корнилов В.М., Рахмеев Р.Г. Свойства транспортного слоя, сформированного на границе раздела двух полимерных пленок // *ЖТФ*. 2009. Т.79. В.4. С. 131-135.
3. Bunakov A., Salikhov R., Lachinov A. Current-voltage characteristics of thin poly(biphenyl-4-ylphthalide) films // *Macromolecular Symposia*. 2004. T. 212. C. 387-392.

© Муллагалиев И.Н., Сафаргалин И.Н., 2018 г.

ТОНКИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ПЛЕНКИ В ХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРАХ

Муллагалиев И. Н., Сафаргалин И.Н.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Химические сенсоры используются в различных областях, таких как медицина, безопасность на дому и на производстве, загрязнение окружающей среды и многие другие. Наибольшее распространение получили датчики с органическими полимерными сорбентами [1-2] и с неорганическими сорбентами на основе оксидов металлов. В производствах востребованы приборы для измерения концентрации аммиака. Окислительно-восстановительные и кислотно-основные переходы между формами ПАНИ, а также быстрое и обратимое установление равновесия позволяют конструировать на базе полимера различные типы сенсоров [3].

На стеклянную подложку методом термического распыления в вакуумной камере были нанесены алюминиевые контакты с зазором 200 мкм. В области зазора методом центрифугирования была сформирована тонкая пленка производного полианилина, толщина которой составляла величину порядка 1 мкм. Так же были исследованы нерастворимые производные полианилина, тонкие пленки которых были нанесены в область зазора вакуумным напылением из ячейки Кнудсена.

Были измерены зависимости тока через образец от времени пребывания в среде с парами аммиака. К достоинствам полученных абсорбционных датчиков NH_3 на основе пленок полианилина следует отнести малый гистерезис. Судя по полученным результатам, чувствительность изготовленных образцов датчиков недостаточно высокая, поэтому требуются дополнительные исследования по улучшению их характеристик.

Литература

1. Salikhov R.B., Lachinov A.N. Polymer thin film chemical sensors // *Advances in chemical sensors* Ed. by Wen Wang. –Rijeka, 2012, pp. 215-234.
2. Салихов Р.Б., Лачинов А.Н., Корнилов В.М., Рахмеев Р.Г. Свойства транспортного слоя, сформированного на границе раздела двух полимерных пленок // *ЖТФ*, 2009, т.79, в.4, с. 131-135.
3. Салихов Р.Б., Лачинов А.Н., Рахмеев Р.Г., Гадиев Р.М., Юсупов А.Р., Салазкин С.Н. Химические сенсоры на основе нанополимерных пленок // *Измерительная техника*, 2009, № 4, с. 62-64.

ОРГАНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ФОТОТРАНЗИСТОРОВ

Муллагалиев И.Н., Сафаргалин И.Н., Салихов Р.Б.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Полимерная электроника – связана с созданием новых электронных устройств, базовыми элементами которой являются органические тонкопленочные полевые транзисторы и фотовольтаические ячейки [1-3]. В последние годы активно исследуются фототранзисторы на основе органические полимеров.

Основной целью данного исследования явилось создание фототранзисторов на основе растворимых органических полимеров: полианилина с диэлектрическим свойством; фотохромного органического соединения спиропирана, изменяющий свои электрофизические свойства под действием ультрафиолетового облучение; С60 и фуллеренпроизводных, которые активно используются в качестве транспортного слоя в органических полевых транзисторах.

Для изготовления транзисторов были использованы стеклянные пластины с омическим контактом в виде ИТО. На слой ИТО методом центрифугирования наносилась пленка полианилин. Затем этим же методом наносился слой спиропирана. Сверху были нанесены алюминиевые электроды методом термического распыления в вакуумной камере на установке ВУП 5. В область зазора образцов между электродами в 50 мкм наносилась пленка С60 или фуллеренпроизводных методом центрифугирования из раствора.

В ходе работе были измерены вольтамперные характеристики и основные параметры созданных фототранзисторов.

Литература

1. Salikhov T.R., Yumaguzin Y.M., Salikhov R.B. Electronics applications based on thin polyaniline films // In: International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 – Proceedings, 2015, pp. 714-720.
2. Lachinov A.N., Salikhov R.B., Bunakov A.A., Tameev A.R. Charge carriers generation in thin polymer films by weak external influences // Nonlinear Optics, Quantum Optics, 2004, v. 32, pp. 13-20.
3. Salikhov R.B., Biglova Y.N., Mustafin A.G. New Organic Polymers for Solar Cells // In: Emerging Solar Energy Materials. Ed. by Sadia Ameen. IntechOpen, 2018, pp. 83-104.

© Муллагалиев И. Н., Сафаргалин И.Н., Салихов Р.Б., 2018 г.

УДК 537.622:537.326

МЕТОД НЕРАЗРУШИМОГО КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТОВ СТРУКТУРЫ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ

Гелецкая К.А.

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

Существует достаточно много различных методов экспериментального изучения фазовых переходов смесей и сплавов, к которым можно отнести термический анализ, различные металлографические исследования, изучение температурной зависимости[1].

Разработан новый метод неразрушимого контроля дефектов структуры фазовых переходов в металлических образцах.

Метод основан на изменении проводимости гетероструктуры металл-полимер-металл при изменении одного квази-уровня Ферми одного из металлов. Такая возможность существует в связи с тем, что положение уровня Ферми определяет потенциальный барьер на контакте металл-полимер. При проведении электрофизических измерений использовались образцы, представлявшие собой многослойную структуру металл – полимер – металл (M1 – П – M2).

Роль наносимой полимерной плёнки в данном методе заключается в том, что она усиливает инжекционный ток за счёт явления электронной неустойчивости. Это позволяет добиться изменение тока, то есть добиться резкого повышения значения тока в пределах 10^8 раз, такое большое изменение тока обеспечивает высокую чувствительность метода не только в фазовых переходах металлических образцов, но и приводит к изменению концентрации дефектов.

Эти новые экспериментальные данные достаточно трудно внести в рамки известных современных прототипов сверхпроводимости. Поэтому был описан прежде структурно-физический механизм, приводящий к исследуемым экспериментальным данным.

В докладе обе перспективы данного метода продемонстрированы на примере.

Литература

1. А.Р. Юсупов, Р.Г. Рахмеев, А.Н. Лачинов, Л.Р. Калимуллина, А.С. Накаряков, А.А. Бунаков Исследование транспорта носителей заряда через границу металл–полимер класса полиарилефталидов Физика твердого тела, 2013, Т.55, Вып.7. С.1392–1395.

© Гелецкая К.А., 2018 г.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В «УМНЫХ ТЕПЛИЦАХ»

Зайнитдинова А.А., Салихов Р.Б.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В работе проведена разработка системы контроля и регулирования относительной влажностью воздуха и температуры в небольших теплицах с использованием электронных датчиков на основе тонких полимерных пленок [1-2]. Аппаратная реализация системы основана на известных технических решениях [3].

После рассмотрения используемых в современных системах автоматизации аппаратных и программных средств подключения к сети Интернет, были выбраны оптимальные методы - использование отладочной платы PIC WEB-EK для контроллера PIC18F97J60 от компании Microchip Technology Inc., со встроенным 10Base-T Ethernet контроллером и интегрированным MAC и PHY.

Так как нам требуется замерять температуру и влажность, то нам требуется датчик дешевый, не сильно точный. Таким датчиком является DHT11. Для того чтобы запустить часть функций через длительный промежуток времени нам потребуется таймер. Таким датчиком является RTC 1307. Удаленный мониторинг и управления будут реализоваться с помощью WI-FI- модуля. В данной работе был выбран модуль ESP8266.

Работа устройства проверена в среде моделирования Proteus. Схема собрана на платформе Arduino и проверена в “железе”. Устройство получилось оптимальным по цене и функциональным возможностям и может быть широко использовано для автоматизации малых тепличных хозяйствами и частными лицами.

Литература:

1. Salikhov R.B., Yusupov A.R., Lachinov A.N., Rakhmееv R.G., Gadiev R.M., Salazkin S.N., Chemical sensors based on nano-polymer films // Measurement Techniques. 2009. Т. 52. № 4. С. 427-431.
2. Salikhov R.B., Lachinov A.N., Polymer thin film chemical sensors // Advances in chemical sensors Edited by Wen Wang. Rijeka, 2012. С. 215-234.
3. Salikhov R.B., Abdrakhmanov V.Kh., Vazhdaev K., System of monitoring and remote control of temperature conditions, climate and heat consumption // Труды XIII международной научно-технической конференции актуальные проблемы электронного приборостроения. 2016.Vol.12. С. 171-174.

© Зайнитдинова А.А., Салихов Р.Б., 2018 г

УДК 620.16

УСТАЛОСТНЫЕ СВОЙСТВА УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОГО АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ AL-CU-MG

Юдахина А.А., Хафизова Э.Д.

Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия

К настоящему времени опубликовано много работ в ведущих российских и зарубежных научно-исследовательских центрах в области получения ультрамелкозернистых (УМЗ) материалов методами интенсивной пластической деформации (ИПД). Надежно установлено, что формирование УМЗ структуры ведет к повышению прочностных характеристик различных металлов и сплавов[1], но тем не менее их поведение во время эксплуатации в процессе циклических нагрузок мало изучено. Вместе с тем разрушение материала в результате циклических нагрузок представляет собой чрезвычайно сложный и многостадийный процесс, управляемый большим количеством факторов. Поэтому исследование закономерностей разрушения УМЗ металлов и сплавов является важной задачей для оценки возможности дальнейшего применения металлических материалов в различных конструкциях. Алюминиевые сплавы системы Al-Cu-Mg широко применяются в машиностроении, в авиационной и ракетно-космической технике вследствие своей высокой температуры эксплуатации, высокой износостойкости и сопротивления ползучести.

Целью работы является сравнительная оценка результатов усталостных испытаний на стандартных и малых образцах. В данной работе были проведены усталостные испытания на специально сконструированной машине для усталостных испытаний в НИИ ИФПМ УГАТУ.

В работах [2] показана структура и свойства ультрамелкозернистого алюминиевого сплава системы Al-Cu-Mg, полученного методом равноканального углового прессования на образцах стандартных размеров.

Установлено, что формирование однородной УМЗ структуры в алюминии сплава АК4-1 привело к повышению предела выносливости на образцах стандартных размеров на 15%, а на малых образцах привело к снижению предела выносливости материала на 5%. В работе рассмотрены причины данного расхождения результатов.

Литература

1. Valiev R., Zhilyaev A, Langdon T. Bulk Nanostructured Materials: Fundamentals and Applications./ The Minerals, Met-als & Materials Society, John Wiley & Sons, - 2014- P. 512

2. Khafizova, E. Islamgaliev ,G. Klevtsov, E. Merson Microstructure, strength and fatigue of an ultrafine-grained Al-Cu-Mg alloy. // Materials Physics and Mechanics. – 2015. – PP.232-241.

© Юдахина А.А., Хафизова Э.Д., 2018 г.

УДК 681.518.3

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА «УМНОГО БРАСЛЕТА» (LIVE PROTECT BRASLET)

Даулетов Т.Н., Турсункулов Б.У., Абдрахманов В.Х.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время актуально устройство которое эффективно экономит время. Умный браслет поможет людям экономить время, не доставая телефон, посмотреть уведомления, узнать время, измерить свой пульс, температуру, служить как шагомер. На рынке есть множество таких устройств например Sony SmartWatch 3[1], Xiaomi Braslet[2] и т.п. но они стоят очень дорого из за стоимости комплектующих и из за бренда продукта. Поэтому актуально разработка прототипа бюджетного браслета. После тщательного исследования аналогов продуктов было решено создать прототип собственного браслета и предъявлены требования к данному устройству: срок автономной работы должен быть минимум неделя, устройство должно быть как можно компактнее, требуется возможность создания и запуск на часах пользовательских приложений, память для приложений и их данных, контроль заряда аккумулятора, акселерометр для шагомера и датчика пульса и для полноценного отслеживания движения пользователя. Для данного устройства будут нужны следующие компоненты: микроконтроллер, графический дисплей, аккумуляторы, зарядка для аккумулятора, акселерометр ,флеш-память, кнопки, вибромотор.

После обзора существующих устройств на сегодняшний день нами было принято техническое решение создания прототипа собственного электронного браслета. Для устройства был выбран микроконтроллер серии STM32F4 который обладает достаточной производительностью (32-разрядный контроллер с частотой 168 МГц) имеет встроенный модуль цифровой обработки звука DSP, поддержка HDMI для вывода на графический экран, встроенный контролер USB протокола. Для отладки устройства будет использована отладочная плата STM32 F4 DISCOVERY[3] т.к. на ней большинство требуемых компонентов уже имеются: акселерометр, звуковой ЦАП для вывода звука. Графический

дисплей был выбран минимальный по размеру 1.33 дюйма как и в других аналогах SHARP LS013B7DH06 [4]. Были выбраны аккумуляторы 302025 (3x20x25mm) ёмкостью 110mAh на Aliexpress[5]. Подобраны подходящие кнопки Omron B3U-3000P[6]. Для вибровзвонка на Aliexpress была найден вибромотор Coreless mini[7] для поверхностного монтажа, работающий от 3V и размером (HxWxL) 3x3x12mm. После отладки прототипа устройства будет разведена печатная плата и проработана конструкция умного браслета с целью максимальной компактности и эргономики. Таким образом, разрабатываемое устройство будет реализовано на современной элементной базе, будет мобильным, функциональным, оптимальным по стоимости.

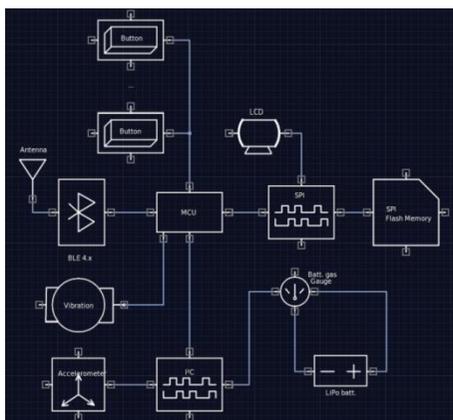


Рис. 1. Отладочная плата STM32F4 DISCOVERY

Литература

- 1) Sony SmartWatch 3 URL: <https://www.mobile-review.com/articles/2015/sony-smartwatch-3.shtml>
- 2) Xiaomi Braslet URL: <https://lifehacker.ru/obzor-xiaomi-mi-band-2/>
- 3) Микроконтроллер stm32 f4 discovery URL: <http://www.st.com/en/evaluation-tools/stm32f4discovery.html>
- 4) URL: <https://www.digikey.com/product-detail/en/sharp-microelectronics/LS013B7DH06/425-2905-ND/5300389>
- 5) URL: <https://www.digikey.com/product-detail/en/omron-electronics-inc-emc-div/B3U-3000P/SW1022CT-ND/1534359>
- 6) URL: <https://www.digikey.com/product-detail/en/sharp-microelectronics/LS013B7DH06/425-2905-ND/5300389>
- 7) <https://www.chipdip.ru/product/qx-6a-3v>

© Даулетов Т.Н., Турсункулов Б.У., Абдрахманов В.Х., 2018 г.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОФИЛЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ДИФРАКЦИОННЫХ ЛИНИЙ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КОБАЛЬТА

Альмухаметов Р.Ф., Габдрахманова Л.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Многие практически важные 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 пользуются методом 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 V , 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 $f(\theta) = e^{-\alpha\theta^2}$. Здесь 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 Co K_α 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: $V=W+b$. 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:

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

ЭНЕРГИЯ РЕОРГАНИЗАЦИИ МОЛЕКУЛ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Панкратьев Е.Ю., Хатымов Р.В.

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

В рамках "прыжковой" модели переноса заряда в органических полупроводниках наиболее критичным параметром для подвижности дырок и электронов является энергия внутримолекулярной реорганизации, λ_+ и λ_- , соответственно. В настоящей работе для ряда молекул из класса полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), привлекательного для создания материалов органической электроники, оценены величины λ_+ и λ_- . Расчет проводился по следующим формулам:

$$\lambda_+ = \lambda_1 + \lambda_2 = E_0(M_+) - E_0(M_0) + E_+(M_0) - E_+(M_+),$$

$$\lambda_- = \lambda_3 + \lambda_4 = E_0(M_-) - E_0(M_0) + E_-(M_0) - E_-(M_-),$$

где $E_x(M_y)$ – величина полной энергии молекулярной частицы M в зарядовом состоянии x при фиксированной оптимальной геометрии M в зарядовом состоянии y , рассчитанная в квантово-химическом приближении РВЕ/3 ζ (ПРИРОДА 16, Лайков Д.Н.). Полученные значения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Энергии реорганизации ПАУ, эВ

Соединение	λ_+	λ_-	Соединение	λ_+	λ_-
Гексацен	0.049	0.078	9-Метилантрацен	0.105	0.159
Пентацен	0.060	0.096	Пирен	0.107	0.159
Тетрацен	0.075	0.121	Хризен	0.114	0.162
Дибенз[a,c]антрацен	0.091	0.128	Дибенз[a,h]антрацен	0.118	0.146
Дибенз[a,j]антрацен	0.094	0.133	Пицен	0.125	0.215
Бенз[a]пирен	0.097	0.143	Бензо[c]фенантрен	0.127	0.144
Антрацен	0.098	0.155	Трифенилен	0.138	0.209
2-Метилантрацен	0.101	0.198	Нафталин	0.141	0.208
Бенз[a]антрацен	0.101	0.145	Фенантрен	0.163	0.247
Нафто[1,2-b]трифенилен	0.105	0.124	9-Фенилантрацен	0.174	0.218
Бенз[e]пирен	0.105	0.148			

Полученные данные не противоречат литературным [1, 2]. Действительно, поскольку наибольшая подвижность зарядов отвечает

наименьшим значениям λ , наилучшие полупроводниковые качества ожидаются для гексацена и пентацена.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 17-42-020643.

Литература

1. Deng W.-Q. et al. // J. Phys. Chem. B, 2004, v. 108, pp. 8614-8621.
2. Chen H.-Y. et al. // Chem. Phys. Lett., 2005, v. 401, pp. 539-545.

© Панкратьев Е.Ю., Хатымов Р.В., 2018 г.

СЕКЦИЯ «ПРОБЛЕМЫ РАДИОТЕХНИКИ И СВЯЗИ»

УДК 621.391.63

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОКАНАЛЬНОГО ИНТЕГРАЛЬНО-ОПТИЧЕСКОГО РАЗВЕТВИТЕЛЯ

Лопатюк А.В.¹, Грачева А.М.²

¹Башкирский государственный университет,

²Уфимский государственный авиационно-технический университет,
г. Уфа, Россия

В настоящее время все больший интерес вызывает применение оптических интегральных схем, что позволяет уменьшить габариты оборудования и расширить их функциональные возможности.

В данной работе рассматривается 8-ми каналный планарный интегрально-оптический разветвитель. Проведено исследование распространение излучения в разветвителе в зависимости от его параметров.

Принцип его работы основан на том, что между двумя параллельными волноводами имеет место взаимный обмен световой энергией, если между ними существует слабая связь. Если не два, а большее число каналов связаны между собой, то свет не перекачивается из одного канала в другой и обратно, а растекается по всем имеющимся каналам. При неограниченном числе связанных каналов распределение амплитуды светового поля имеет вид функции Бесселя.

На рисунках 1и2 показано, как распространяется излучение в разветвителе на длине волны 1550 нм и как распределяется мощность между его выходными каналами.

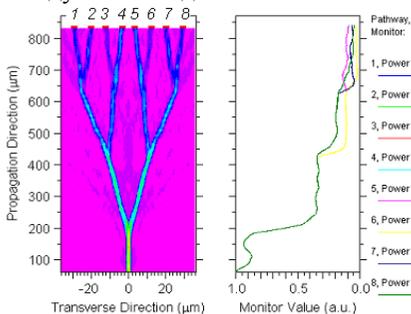


Рис. 1. Распространение излучения в разветвителе 1x8 каналов и распределение мощности

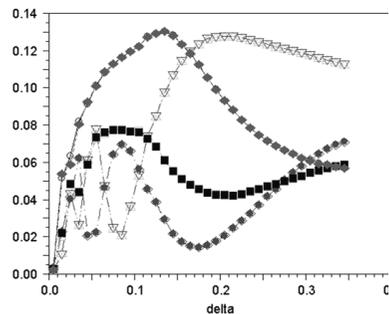


Рис. 2. Зависимость мощности в выходных каналах ответвителя от относительной разницы показателей преломления

© Лопатюк А.В., Грачева А.М. 2018 г.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ 40 ГИГАБИТНОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ НА УЧАСТКЕ УФА-ОРЕНБУРГ

Ахметова А.Ш., Нурланбекова Ч.Н, Лопатюк А.В.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Целью данного проекта является проектирование оптоволоконной линии связи Уфа-Оренбург с расстоянием 370 км.

В последнее десятилетие тип волокна с ненулевой смещенной дисперсией очень активно используется в ОК при построении транспортных сетей различных уровней с системами спектрального уплотнения. Волокна NZDSF лучше всего подходят для работы систем плотного волнового мультиплексирования (DWDM) в диапазоне 1530–1565 нм с оптическими усилителями. Данная технология позволяет значительно увеличить пропускную способность существующих волоконно-оптических магистралей. При высоких скоростях используют межсимвольные нелинейные эффекты, включая кросс- фазовую модуляцию и четырехволновое смешение. Формат RZ с подавленной несущей , первоначально использовался в континентальных линиях связи со скоростью 40Гбит/с по одному каналу .

В этом формате дополнительный сдвиг фазы на π разделяет последовательные такты путем дополнительной фазовой модуляции на частоте равной половине частоты следования импульсов . Однако формат CSRZ не очень эффективен против внутриканальных нелинейных эффектов. Применяя дополнительный сдвиг фазы на $\pi/2$ к последовательным битовым тактам вместо π , чтобы получить так называемый "RZ с дополнительным сдвигом фазы на $\pi/2$ " формат , можно добиться более существенного снижения внутриканальных искажений .

В работе использован тип источника излучения - лазерный диод с мощностью 15 мВт, шириной спектра излучения 0,2 нм. Выбран тип оптического волокна NZDSF с 8 длинами волн. Выбрана марка волокна TrueWave. Её Главное рабочее окно 1550 нм, максимальное затухание на волне 1550нм 0,22..0,25, хроматическая дисперсия 0,8 (1540..1560) 4,6 (1540..1560), наклон нулевой дисперсии $\leq 0,092$, Диаметр модового поля $8,4\pm 0,6$, кабельная длина волны отсечки ≤ 1260 . Скорость передачи информации 40 Гбит/с. Тип фотодетектор - фотодиод. Строительная длина кабеля 5км, потери на соединении 1,2 дБ. Энергетический запас системы 5 дБ. Длина волны источника излучения от 1526-1565 нм. Размер светоизлучающий площадки 6.8 мкм. Диаметр сердцевинки световода 8 мкм. Показатель преломления сердцевинки 1.46. Разность показателей

преломления сердцевины и оболочки 0,01. Затухание светодиоде 0,22 дБ/км. Потери на разъемах соединения 0,01 и числовая апертура равна 0,17.

Произведен расчет регенерационного участка волоконно-оптической системы передачи информации по энергетическому потенциалу системы $L_{\text{Э}}$ и по дисперсии в волоконных световодах $L_{\text{д}}$

Энергетическая длина участка : $L_{\text{Э}} = P_{\text{им}} - \alpha_{\text{и-вс}} - N_{\text{н}}\alpha_{\text{н}} - \alpha L_{\text{Э}} - \alpha_{\text{вс-сд}} \geq P_{\text{фдм}} + \text{Э}$;

$P_{\text{им}}$ - уровень мощности излучателя (в дБм) относительно уровня мощности $P_0 = 1 \text{ мВт}$;

$\alpha_{\text{и-вс}}$ - потери на соединение излучатель – волоконный световод, дБ;

$P_{\text{фдм}}$ – минимальный уровень мощности сигнала на входе фотодетектора (в дБ м) относительно уровня $P_0 = 1 \text{ мВт}$;

$N_{\text{н}}$ - число неразъемных соединений световод-световод;

Подставляя все найденные значения в формулу для расчета длины участка получаем $L_{\text{Э}} = 161,14 \text{ км}$.

$N_{\text{н}} = L_{\text{Э}} / L = 161,14 / 5 - 1 = 33$ – число неразъемных соединений световод–световод.

Расчет дисперсии: $\sigma = (\sigma_{\text{меж}}^2 - \sigma_{\text{хр}}^2)^{1/2}$. Так как в одномодовых световодах межмодовая дисперсия отсутствует, то уширение импульса определяется хроматической дисперсией: $\sigma_{\text{хр}} = \sigma_{\text{в}} + \sigma_{\text{мат}} = \Delta\lambda * L [W(\lambda) + M(\lambda)]$, где

$\Delta\lambda$ - ширина спектра источника излучения;

$M(\lambda)$ - удельная материальная дисперсия;

$W(\lambda)$ - удельная волноводная дисперсия;

$W(\lambda) + M(\lambda) = D(\lambda)$ - дисперсионный параметр волокна.

В соответствии с частотным планом для NZDSF волокна из рабочего интервала выбрали заданные длины волн:

$\lambda_1 = 1546,92 \text{ нм}$, $\lambda_2 = 1546,12 \text{ нм}$, $\lambda_3 = 1545,32 \text{ нм}$, $\lambda_4 = 1544,53 \text{ нм}$, $\lambda_5 = 1543,73 \text{ нм}$, $\lambda_6 = 1542,94 \text{ нм}$, $\lambda_7 = 1542,14 \text{ нм}$, $\lambda_8 = 1541,34 \text{ нм}$.

Определим дисперсию для выбранных длин волн:

$D(\lambda) = (\lambda - \lambda_0) \cdot S_0$

$D_1(1546,92) = 2,2 \text{ пс/км}\cdot\text{нм}$; $D_2(1546,12) = 2,12 \text{ пс/км}\cdot\text{нм}$; $D_3(1545,32) = 2,05 \text{ пс/км}\cdot\text{нм}$; $D_4(1544,53) = 1,98 \text{ пс/км}\cdot\text{нм}$; $D_5(1543,73) = 1,9 \text{ пс/км}\cdot\text{нм}$; $D_6(1542,94) = 1,83 \text{ пс/км}\cdot\text{нм}$; $D_7(1542,14) = 1,76 \text{ пс/км}\cdot\text{нм}$; $D_8(1541,34) = 1,68 \text{ пс/км}\cdot\text{нм}$

Рассчитаем длину регенерационного участка по дисперсии из выражения:

$L_{\text{д}} = \pi * c / (8 * \lambda^2 * |D| * B^2) = 39 \text{ км}$

В данной работе было рассчитана энергетическая длина участка, которая составляет 161,14 км и регенерационного участка, составляющего 39 км. Соответственно для участка Уфа-Оренбург при

прокладке ОК необходимо установить 2 усилителя и 8 компенсаторов дисперсии для оптимальной передачи сигнала.

Литература

1. Лопатюк А. В. Оптические направляющие среды и пассивные компоненты ВОЛС. Уфа, РИЦ БашГУ 2011.

© Ахметова А.Ш., Нурланбекова Ч.Н, Лопатюк А.В., 2018 г.

УДК 621.385

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМИССИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОКАТОДОВ ПРЯМОГО И КОСВЕННОГО НАКАЛА

Гильманов А.А., Гоц С.С.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Благодаря ряду недоступных для полупроводниковых приборов технических характеристик вакуумные термоэлектронные лампы продолжают занимать вполне определенную нишу в радиотехнике и электронике. В связи с этим современные вузовские учебные программы по радиофизике и радиотехнике включают в раздел обязательных дисциплин физическую электронику. В связи с последними достижениями измерительной и вычислительной техники лабораторный практикум по физической электронике нуждается в постоянном методическом обновлении.

Цель работы: Экспериментальное исследование эмиссионных характеристик оксидного термокатода и вольфрамового катода прямого накала.

Задачи работы:

1. Эмиссионные характеристики оксидных термокатодов и вольфрамовых катодов прямого накала. Литературный обзор.
2. Разработка и сборка экспериментальной установки для исследования эмиссионных характеристик оксидного термокатода и вольфрамового катода прямого накала.
3. Экспериментальное исследование эмиссионных характеристик оксидного термокатода и вольфрамового катода прямого накала.

Содержание работы.

Разработана и собрана экспериментальная установка для исследования методом термоэлектронной эмиссии работы выхода вольфрамовых катодов прямого накала и оксидных катодов косвенного

накала, а также анодных характеристик в диодном, триодном и пентодном включении в диапазоне изменения анодного напряжения от 0 В до 120 В.

Проведены измерения и построены графики зависимости температуры катода от величины напряжения и тока накала. Измерена работа выхода вольфрамовых катодов прямого накала и оксидных катодов косвенного накала.

Методы исследований: численные расчеты; экспериментальные исследования.

Оборудование: автотрансформатор; регулируемый блок питания постоянного тока $0 \div 120$ В, лабораторный блок питания постоянного тока с регулированием напряжения $0 \div 18$ В, регулированием тока $0 \div 3$ А, цифровые тестеры 3.5 разряда (4 шт.); вакуумный пентод 6Ж1П (2шт.).

Выводы.

1. Разработана и реализована в виде экспериментальной установки методика измерения температуры накала вольфрамового катода. Погрешность измерений температуры составляет около 9 %.

2. Разработана и реализована в виде экспериментальной установки методика измерения работы выхода вольфрамового катода прямого накала. Погрешность измерений составляет около 25 %.

Литература

1. Кацнельсон Б.В., Ларионов А.С. Отечественные приемно-усилительные лампы и их зарубежные аналоги: Справочник.-3-е изд., перераб. и доп.-М.: Энергоиздат, 1981.-456 с., ил.
2. Захаров Ю.А. ПОСТАНОВКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ НИТИ НАКАЛА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЛАМП. - В сборнике материалов III Всероссийской научно-методической конференции "Проблемы современного физического образования. 5-7 ноября 2015 года, Уфа, с. 106
3. Захаров Ю.А. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ ТЕРМОСОПРОТИВЛЕНИЯ. Сборник тезисов III Всероссийской научной молодежной конференции «Актуальные проблемы нано- и микроэлектроники» (г.Уфа, 1-4 декабря 2015 г.), с.27.

© Гильманов А.А., Гоц С.С., 2018 г.

УДК 621.391.63

РЕАЛИЗАЦИЯ PON ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ПОСЕЛЕНИИ

Хакимов Ф.А., Лопатюк А.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В работе была поставлена задача по внедрению технологии PON, для обеспечения высокоскоростного интернета в селе Караидель. Начальной задачей было набор абонентов желающий перейти в PON технологии. Монтаж и оборудование предоставлялось фирмой Баштел. Следующий этап, это этап прокладки магистрального волоконно-оптического кабеля, кабель крепился на опоры телефонных линий и опоры электропередач. Далее устанавливалось оптические разветвители(сплиттер), на сплиттер подходило волокно и оно дальше разделялась на 64 волокон, которые подходили до дома абонента. Потери в разветвители составили 20Дб. Примерно через каждые 4-6 опор крепилась кросс-муфта, задачей которой является защита мест сварок, из муфты к каждому дому подходил дроп кабель. Он крепился на крышу дома абонента, и далее подходил к дому.



Рис. 1. Установленная на телефонный столб, Кросс-муфта

Сложностью подводки волокна к дому является, особенность строения частного дома, по просьбам абонентов волокно подводилось через подвальное помещение, и при монтаже нужно было учитывать изгибы и обеспечивать защиту волокна.

В пакет услуг входило: Интернет, IP телевидение и телефония. Поэтому оптический терминал устанавливали около телевизора абонента.

После подвода волокна оно сваривалось с оптический патч-кордом, для соединения с терминалом. При сварки волокна допускаются потери в сварном шве 0,4 Дб, при больших значениях потерь волокно сваривалось

заново. Далее шла подготовка 4 парной витой пары с конектором RJ-45, после распределения медных жил на цвета конектор обжимался Кримпером.

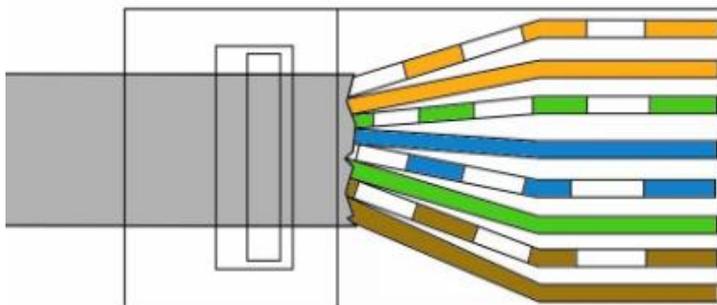


Рис. 2. Последовательность распределения витой пары

От терминала витая пара уходила к маршрутизатору, к IP- приставке и к телефону абонента.



Рис. 3. Оптический терминал абонента

Сложность была, когда стационарный компьютер находился в удаленном расстоянии, на 2 этаже, и др.

Общий бюджет затухания на линии составил

затухание на коннекторах (~ 0.5 dB);

затухание на волокне (0.36/0.24 dB/km на длинах волн 1310/1490 nm);

затухание на сварке волокна (~ 0.04 dB);

затухание на сплиттерах (1x64 ~ 21.5 dB)

© Хакимов Ф.А., Лопатюк А.В., 2018 г.

ПОВЫШЕНИЕ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ГАЗОВОГО ЛАЗЕРА ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ НАКАЧКЕ

Вальшин А.М., Латипова А.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Традиционно многие газовые лазеры, в том числе He-Ne работают при непрерывной накачке постоянным током.

Целью настоящей работы является повышение мощности излучения стандартного He-Ne лазера, возбуждаемого постоянным током, за счет дополнительного индукционного ввода мощности на частоте 6 МГц в канал газового разряда лазерной трубки.

В нашем эксперименте использовался He-Ne лазер ЛГ-38. Длина трубки 2000 мм, внутренний диаметр капилляра 3 мм. Для обеспечения комбинированной накачки с индукционным вводом энергии на трубку лазера намотали последовательную катушка проводом марки МГТФ. Далее был собран последовательный колебательный резонансный контур, состоящий из этой катушки индуктивности и ёмкости, соединённый с выходом генератора синусоидальных колебаний, который настраивали на резонансную (около 6 МГц) частоту контура. Генератор позволял регулировать напряжение на катушке в пределах (100-1000) В.

При комбинированной накачке выходная мощность увеличилась на (73-75)% по отношению к максимальной мощности при постоянном токе. Кроме того, более чем в два раза расширилась область значений оптимального тока с одновременным уменьшением его величины на ~30 %, а температура стенок трубки уменьшилась на ~15 °С.

Проведен анализ обнаруженного увеличения мощности генерации лазера, удовлетворяющего оптимальным условиям по давлению и составу газовой смеси, а также коэффициенту отражения выходного зеркала, на основе соотношения для расчёта населённости N^* возбуждённого уровня 2^1S атома He.

Дальнейшее повышение выходной мощности излучения требует оптимизации величины излучательных потерь подбором выходного зеркала при комбинированной накачке.

Таким образом, суммируя полученное увеличение выходной мощности и ожидаемое повышение мощности при оптимальном выходном зеркале резонатора, можно обеспечить увеличение выходной мощности стандартного He-Ne лазера ЛГ-38 более чем в два раза при комбинированной накачке постоянным и ВЧ токами. Одним из преимуществ рассмотренного подхода является возможность возврата к прежнему режиму питания лазера при отключении ВЧ источника.

ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ИНДУКЦИОННАЯ НАКАЧКА ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Вальшин А.М., Пашкова Ю.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Актуальной проблемой современной светотехники, возникающей при использовании источников света высокой интенсивности, являются низкий ресурс работы мощных ламп, а также создание экологически чистых, безртутных источников света. Эффективным способом решения проблемы становится переход к принципиально новой, безэлектродной технологии генерации газового разряда.

Физическая суть безэлектродного высокочастотного разряда происходящих явлений состоит в следующем.

"Зажигание" безэлектродного разряда всегда происходит за счет электрического Е-поля индуктора, это поле создает первоначальную ионизацию газа, которая по мере увеличения амплитуды высокочастотных колебаний растет, повышая проводимость разряда. Известно, что тела с малой проводимостью "прозрачны" для магнитного поля индуктора. До тех пор пока проводимость газа мала, разряд "прозрачен" для переменного магнитного Н-поля и переменное магнитное поле индуктора не в состоянии передавать разряду свою энергию. Однако, как только проводимость под влиянием увеличения Е-поля достигает некоторой критической величины, "магнитная энергия" индуктора начинает выделяться, в разряде появляется кольцевой ток и наступает Н-форма безэлектродного разряда. При этом напряжение на индукторе резко падает и Е-разряд гаснет.

В работе показаны результаты исследований режима безэлектродной высокочастотной индукционной накачки стандартных цилиндрических люминесцентных ламп путем намотки на лампу определенного количества витков. Выявлен эффективный ввод энергии в плазму разряда и повышение КПД светоотдачи. Обсуждается физика обнаруженного явления и область применения энергосберегающей технологии безэлектродной накачки люминесцентных ламп с повышенным ресурсом работы.

В данной работе описаны экспериментальные исследования индукционного высокочастотного разряда в газоразрядной плазме низкого давления на инертном газе Ne. В процессе эксперимента использовали генератор перестраиваемой ВЧ частоты собственной разработки. Частота перестройки составляла от 1МГц до 7,7 МГц, стабильность частоты около 0,3 %. Выходное сопротивление составляло менее 5 Ом. Ввиду малости выходного сопротивления нет необходимости

в использовании согласующего устройства, поэтому выход непосредственно соединен в последовательный колебательный контур. В качестве индуктивности используется индуктор, который представляет собой соленоид, намотанный на трубку, наполненную инертным газом Ne, а в качестве емкости используются высокочастотные высоковольтные керамические конденсаторы.

В процессе предварительных экспериментов мы наблюдали "зажигание" безэлектродного разряда за счет электрического поля индуктора, а также индукционного разряда, когда возникает яркий кольцевой разряд.

Таким образом, нам удалось осуществить высокочастотную индуктивную накачку в газоразрядном источнике света на инертном газе Ne. Проводятся оптимизация параметров накачки и характеристик излучения с точки зрения получения максимального КПД.

Литература

1. А.М.Вальшин, С. М. Першин, Г. М. Михеев. Эффективный ввод энергии в плазму разряда люминесцентной лампы с повышением светоотдачи при резонансной индуктивной накачке. Инженерная физика. 2017. № 2. С. 37-41.

© Вальшин А.М., Пашкова Ю.А., 2018г.

УДК 538.7

ИМПЕДАНС ПЛАЗМЫ ЛАМПЫ-ВСПЫШКИ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ НАКАЧКЕ

Вальшин А.М., Нигаматова Л.Н.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Для диагностики и измерения характеристик плазмы необходимо определить значения полного разрядного тока, напряжения на разрядном промежутке (т. е. вольт-амперная характеристика разряда) размеры светящихся областей плазмы, а также среднюю проводимость и среднюю электрическую мощность в разряде. Значение импеданса плазмы существенно влияет на точность измерения этих параметров.

В монографиях [1-3] значение импеданса плазмы, как правило, обозначается в виде чистого активного сопротивления, или как активного сопротивления и индуктивности, величина которой сравнима с индуктивностью проволоки, заменяющей по аналогичным размерам плазменный шнур. Индуктивность проволоки, сравнимой с плазменным

шнуром, составляет 30- 40 нГн в случае лампы-вспышки твердотельного лазера.

Целью данной работы является прямые измерения индуктивной составляющей импеданса плазмы лампы-вспышки твердотельного лазера.

Экспериментальная установка включает в себя 2 блока: блок дежурной дуги и блок ВЧ накачки. В блоке высокочастотной дежурной дуги вырабатываются колебания, необходимые для пробития промежутка между лампой и зажигания дежурной дуги. После зажигания дуги мы включаем блок ВЧ накачки к лампе. Выход блока ВЧ накачки через последовательный колебательный контур подключается к лампе, находящейся в режиме горения дежурной дуги. После этого частота генератора блока ВЧ накачки настраивается на максимум тока (резонанс напряжения в последовательном резонансном контуре) и определяется резонансная частота. Резонансная частота определяется как с зажженной лампой, так и без нее, когда мы лампу заменяем на значение величины активного сопротивления лампы в режиме горения(0.5 Ом). Далее по разнице этих частот определяется наличие индуктивной составляющей плазмы.

Нами обнаружено существенно большее значение индуктивности, превосходящей теоретические значения величины индуктивной составляющей почти на два порядка.

Литература

1. Импульсные источники света/ под общей редакцией И.С. Маршака, 2 изд. М.:Энергия,1978. 478с.
2. Н.Кролл, А. Трайвелпис. Основы физики плазмы. М.: Издательство «МИР» 1975, 525стр.
3. А.А. Рухадзе,А.Ф. Александров Физика сильнооточных электроразрядных источников света Изд.2.М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.-184стр.

© Вальшин А.М., Нигаматова Л.Н., 2018 г.

**ФАРАДЕЕВО ТЁМНОЕ ПРОСТРАНСТВО ПРИ
ВЫСОКОЧАСТОТНОМ ЗАЖИГАНИИ РАЗРЯДА
ЛАМПЫ – ВСПЫШКИ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА**

Вальшин А.М., Хусаинова Ю.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Целью настоящей работы является экспериментального изучение физики зажигания ВЧ разряда в серийно выпускаемых импульсных лампах лазеров при вариации охлаждающей среды и частоты накачки.

Экспериментальная установка состояла из нескольких ВЧ генераторов собственной разработки, которые перекрывали диапазон частот от 19 кГц до 3 МГц. При этом для получения высокого напряжения выход ВЧ генератора подключали к резонансному колебательному контуру, в цепь которого последовательно была включена лампа-вспышка.

В качестве импульсной лампы использовали две серийно выпускаемые лампы, наполненные инертным газом Хе: лампы ДКРТВ 3000-1 и ДНП-6/90 А-1.

Нами продемонстрировано, что при повышении амплитуды высокочастотных колебаний происходит неоднородное развитие канала зажигания разряда. При увеличении амплитуды ВЧ колебаний в окрестности одного из электродов появляется достаточно яркое рекомбинационное свечение ионов. Здесь следует отметить, что электроды лампы имеют разную геометрическую форму. Один из них заканчивается заостренным цилиндром небольшого диаметра, а другой – полусферой большего диаметра. По мере увеличения ВЧ напряжения яркое свечение в первую очередь возникает на заостренном конце электрода и размер этого свечения вдоль лампы растёт. При этом большая часть лампы остаётся несветящейся. Затем свечение появляется и на шарообразном электроде, которое также локализовано в области электрода. При этом средняя часть лампы остаётся тёмной, которую в физике тлеющего разряда (glow discharge) называют «фарадеевым тёмным пространством». По характеру возникновения и развития видно, что эти свечения эволюционируют независимо друг от друга.

Таким образом, нам удалось зарегистрировать специфическую особенность при формировании ВЧ разряда - сосуществование светящихся и тёмной областей («фарадеево тёмное пространство») в середине лампы. Заметим, что такая особенность отсутствовала в лампе при питании разряда постоянным током в нашем случае, но является характерным признаком тлеющих разрядов.

Экспериментально выявлена несимметричность в последовательности зажигания высокочастотного (ВЧ, 19-3000 кГц) разряда цилиндрической лампы-вспышки лазера вблизи электродов разной конфигурации при повышении напряжения накачки. Впервые обнаружено «фарадеево тёмное пространство» в середине лампы при ярком рекомбинационном свечении плазмы приэлектродных участков. Протяжённость темного участка монотонно уменьшается при повышении амплитуды ВЧ накачки. Установлено, что замена среды охлаждения (воздух, трансформаторное масло, ацетон, этиловый спирт, глицерин и вода) сопровождается изменением порога зажигания разряда и не влияет на общие закономерности формирования тёмного пространства.

© Вальшин А.М., Хусаинова Ю.А., 2018 г.

СЕКЦИЯ «ГЕОФИЗИКА»

УДК 550.3

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН АППАРАТУРОЙ «ГОРИЗОНТ»

Бусканов В.И.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В последнее время объём бурения горизонтальных скважин растет за счёт его эффективности при разработке сложных низкопроницаемых, тонкослоистых коллекторов, труднодоступных залежей нефти. Из-за большого угла наклона не все геофизические компании могут произвести исследование скважины от забоя.



Рис. 1. Спуск автономных приборов

На рис. 1 представлена спуск автономных приборов на бурильных трубах. Такая технология позволяет проводить геофизические исследования в горизонтальных скважинах с любой траекторией ствола и большой протяженности, а также в осложненных наклонных скважинах.

Литература

1. Леготин Л.Г., Гатиятуллин Ф.Ш., Попов А.Н., Султанов А.М. " Технология геофизических исследований горизонтальных скважин автономной аппаратурой на бурильных трубах использования АМК «ГОРИЗОНТ» «Каротажник» Гверь 1996 С. 156.

© Бусканов В.И., 2018 г.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В СТВОЛЕ СКВАЖИНЫ

Галлямов М.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В стволе скважины после бурения, в остановленной добывающей и нагнетательной скважине температура отличается от температуры в горных породах. Происходит теплообмен между средой в скважине и породами и со временем устанавливается равновесие. При отсутствии движения жидкости в скважине изменение температуры происходит за счет теплопроводности (кондуктивного теплопереноса) преимущественно в радиальных направлениях.

Цель работы – исследовать несколько аналитических моделей восстановления температуры в стволе скважины вне перфорированного пласта после прекращения закачки жидкости в пласты и сравнить их с численной моделью.

Общие допущения для моделей - скважина вертикальная и изменение температуры осуществляется только за счет теплопроводности.

Первая модель – однотемпературная модель теплообмена с горными породами по закону Ньютона. Вместо распределения температуры по радиусу используем для расчетов среднюю по сечению скважины температуру и принимаем, что для теплового потока выполняется закон Ньютона.

Вторая модель – однотемпературная модель теплообмена с горными породами, схема «сосредоточенной емкости». В данном приближении процесс в стволе скважины рассматривается как граничное условие для уравнения теплопроводности в окружающей среде.

Третья модель – сопряженная задача с граничным условием 4 рода на границе скважина-порода, на границе двух сред выполняется равенство тепловых потоков и температур.

Для этих моделей были получены аналитические решения в виде зависимости температуры от времени и координат. Также с помощью программного пакета COMSOL Multiphysics версии 5.2a было получено численное решение и произведено его сравнение с аналитическим.

Литература

1. Рамазанов А. Ш. Теоретические основы скважинной термометрии: учебное пособие / Башкирский государственный университет. — Уфа: РИЦ БашГУ, 2017 – 114 с.
2. Владимиров В. С. Уравнения математической физики – М: Наука, 1981 – 512 с.

© Галлямов М.А., 2018 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПЛАСТА ПРИ РАБОТЕ СКВАЖИНЫ В РЕЖИМЕ ПОСТОЯННОЙ ДЕПРЕССИИ

Безруков Н.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одним из эффективных методов исследования Земли и решения практических задач геофизики является термометрия. Термометрия охватывает большой круг задач, таких как выделение работающих интервалов пластов, косвенная оценка $P_{пл}$ и $P_{нас}$, и т.д. Основным параметром, который несёт информационную нагрузку в методе термометрии, является температура. Поэтому исследование температурных полей, разработка новых математических моделей неізотермической фильтрации актуальны в современной скважинной геофизике, особенно в свете количественной интерпретации данных.

Данная работа посвящена особенностям формирования нестационарного температурного поля пласта после пуска скважины в эксплуатацию в режиме постоянной депрессии с учётом баротермического эффекта. Будем считать, что теплопроводность отсутствует, пласт является однородным и изотропным, а влияние изменения температуры в пласте на параметры флюида и пласта пренебрежительно мало. В работе представлены: общее решение, решение для модели с мгновенным установлением в пласте стационарного поля давления и решение прямой задачи для температуры с распределением давления по методу последовательной смены стационарных состояний.

Таким образом были разработаны и исследованы 3 модели для расчета температурного поля в пористом пласте после пуска скважины с постоянным забойным давлением. Приводится анализ полученных графиков и дается оценка вклада адиабатического и дроссельного эффектов в различные периоды работы скважины. Проблемы, рассмотренные в данной работе, являются актуальными, а полученные аналитические модели используются для тестирования численных симуляторов термогидродинамических процессов и для получения первых приближений при решении обратных задач.

Литература

1. Рамазанов А. Ш. Теоретические основы скважинной термометрии: учебное пособие / Башкирский государственный университет. — Уфа: РИЦ БашГУ, 2017 – 114 с.
2. Чекалюк Э.Б. Термодинамика нефтяного пласта. – М.: Недра, 1965.– 238 с.

© Безруков Н.В., 2018 г.

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЕРХНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Абдульменова Л.Т.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В последнее время выработаны основные продуктивные толщи неокомских отложений Западной Сибири. В дальнейшем планируется разработка сложнопостроенных объектов, одним из таких является юрский комплекс. Для возможности хорошего прогноза коллекторских зон юрских отложений и их разработки требуется концептуальная сейсмогеологическая модель.

Цель работы: Получение геолого-геофизической модели верхнеюрских отложений месторождения Западной Сибири.

Задачи работы:

1. Изучение и обобщение результатов работ прошлых лет.
2. Поиск корреляционных связей между динамическими параметрами сейсмической записи и данными ГИС продуктивных пластов.
3. Применение программных обеспечений для выявления фаций, условий залегания.
4. Динамический анализ волнового поля.
5. Обобщение результатов

Содержание работы:

Получили концептуальную модель месторождения, с восстановлением обстановок осадконакопления.

Выявлены фации, в результате анализа данных по ГИС и сейсмическим данным.

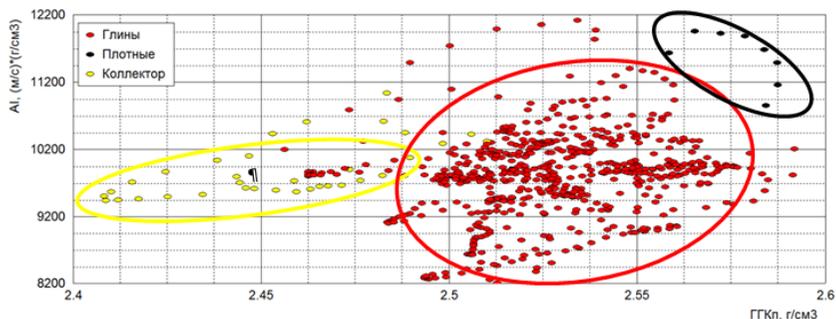


Рис. 1. Зависимость акустического импеданса от плотности пород (пласт ЮС1)

Выполнена инверсия сейсмического волнового поля как отображение в полной мере литологической дифференциации терригенных толщ целевых интервалов геологического разреза по изменению акустических характеристик.

Выделены зоны песчаности и замещения коллекторов.

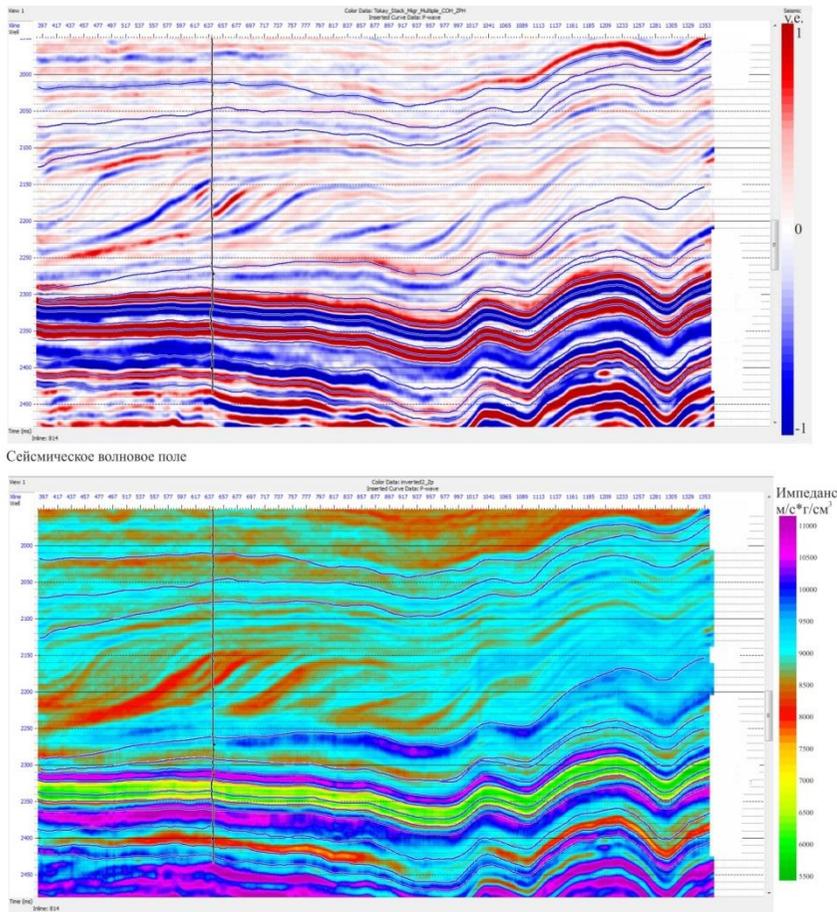


Рис. 2. Разрез

Выводы:
Получена модель месторождения, карты фильтрационно-емкостных свойств.

Выполнено разделение по акустическим свойствам по скважинам и сейсмическому кубу (Рис. 1, 2), обобщены результаты работ прошлых лет.

Литература

1. Ампилов Ю.П. Почти всё о сейсмической инверсии, в сборнике Технологии сейсморазведки, №1, 2011, с. 5-15.
2. Кошовкин И.Н., Белозеров В.Б., Разин А.В. Приемы интерпретации сейсмических данных при построении пространственных геологических моделей терригенных резервуаров, Томск 2003.

© Абдульменова Л.Т., 2018 г.

УДК 51.72

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПУЗЫРЬКА НА ПОВЕРХНОСТИ В СДВИГОВОМ ПОТОКЕ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

Питюк Ю.А., Абрамова О.А., Зарафутдинов И.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Разработан алгоритм моделирования динамики одиночного пузырька, находящегося в контакте с поверхностью, в сдвиговом потоке вязкой жидкости, на основе трехмерного метода граничных элементов для течений Стокса. Рассмотрены случаи с закрепленной и движущейся контактной линией. Проведен анализ динамики объема и динамических контактных углов (наступающего и отстающего) в зависимости от параметров течения и жидкости, а также коэффициента трения с поверхностью. Многопараметрический анализ показал, что объем пузырька изменяется незначительно. Наступающий контактный угол уменьшается, а отстающий увеличивается. Стабилизация формы пузырька для определенного типа жидкости не зависит от параметров течения. Однако вязкость жидкости существенно влияет на время, которое требуется для стабилизации формы пузырька (рис. 1). В более вязкой жидкости пузырек достигает стабильного состояния значительно позже. Чем больше скорость сдвига и вязкость жидкости, тем сильнее отклонение от равновесного состояния.

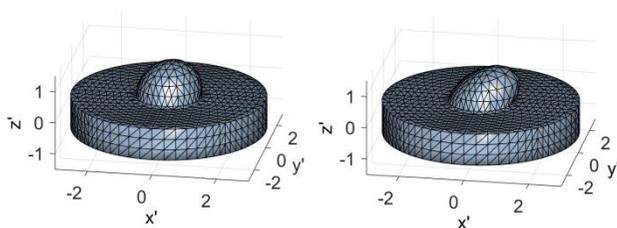


Рис. 1. Стабильные формы пузырька зависимости от вязкости жидкости: $\mu=0.01$ Па·с (слева), $\mu=0.05$ Па·с (справа)

Разработанный подход может быть использован для решения широкого класса задач, связанных с очисткой твердых поверхностей микропузырьками.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-31-00074.

© Питюк Ю.А., Абрамова О.А., Зарафутдинов И.А., 2018 г.

ТРАССЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Коновалова В.А.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

В работе рассматривается оценка процессов ГРП с помощью трассерного метода. Трассерный метод основан на введении в контрольную нагнетательную скважину заданного объема меченой жидкости, которая оттесняется к контрольным добывающим скважинам вытесняющим агентом путем последующей (после закачки меченого вещества) непрерывной подачи воды в контрольную нагнетательную скважину. Индикаторный (трассерный) метод предназначен для изучения геологического строения месторождения и фильтрационных потоков жидкости в пласте.

Исследование данного метода проведено на основе анализа применения индикаторов на месторождениях Vaca Muerta – Аргентина, Monterey – Калифорния, Mc Kittrick – Калифорния, Лесное – Предкавказье, Белокаменное – Поволжье, Северо-Хохряковское – Западная Сибирь, Niobara – Колорадо, Codell – Колорадо.

Трассеры не вступают в реакции с пластовыми жидкостями, разные виды трассеров позволяют определить местоположение флюидов в пласте (нефть, вода и пр.). Из проведенного анализа следует, что трассерный метод позволяет описать все процессы гидроразрыва пласта, выявить зоны с наибольшим объемом нефтеотдачи, стимулировать менее активные скважины. Трассерные исследования позволяют определить гидродинамическую связь между нагнетательной и добывающей скважинами; межпластовые перетоки; вклад нагнетаемой воды в обводненность продукции; техногенные изменения пласта. Эти данные в свою очередь при правильной интерпретации и математическом моделировании позволяют разработать технологии увеличения дебита и нефтеотдачи, снизить затраты.

Литература

1. «Advanced Reservoir Characterization in Vaca Muerta using Chemical Tracer Technology» -Panichelli P., 2017.
2. «Многоцветные флуоресцентные трассеры для исследования гидродинамических процессов в нефтяных пластах» - Трунов Н.М., 2014.
3. «Advanced Reservoir Characterization in Antelope Shale Using Chemical Tracer Technology» - Lal, M. K., 2017.
4. «Post-Treatment Horizontal Hydraulic Fracture Modeling with Integrated Chemical Tracer Analysis, a Case Study» - Dang A., 2016.

© Коновалова В.А., 2018 г.

УДК 539.8

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ИНГИБИТОРНОЙ ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ

Фазылов Р.Р., Мугатабарова А.А.

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Россия

На сегодняшний день коррозия металла – это одна из наиболее острых проблем, возникающих при эксплуатации трубопроводов. Для защиты трубопроводов от коррозии широко применяют изоляционные покрытия, электрозащиту, а также используют ингибиторы коррозии, которые позволяют почти полностью устранить коррозионное разрушение. В работе были проведены стендовые испытания нескольких ингибиторов коррозии на производственном объекте.

Стендовая установка подключалась к трубопроводу после отключающих насосов. В ходе стендовых испытаний проводилось определение агрессивных компонентов и содержания ингибиторов коррозии в сточной воде на входе стендовой установки. В период испытаний содержание растворенного кислорода составило $0,6 \text{ мг/дм}^3$, углекислого газа – $110-167 \text{ мг/дм}^3$. Остаточное содержание ингибитора коррозии (в пересчете на СНПХ-6201А) на входе в стендовую установку составляло $7-8 \text{ г/м}^3$. В качестве инструментального обеспечения при проведении стендовых испытаний использовались:

- коррозионно-метрическая установка Монитор, позволяющая производить испытания защитного действия ингибиторов коррозии и определять оптимальные дозировки подачи реагента в условиях, максимально приближенных к реальным;
- коррозиметр поляризационного сопротивления Монитор, позволяющий контролировать коррозионную агрессивность по отношению к нелегированной стали нефтепромысловых сред, имеющих удельное сопротивление менее $1000 \text{ Ом}\cdot\text{см}$;
- электроды, изготовленные из стали марок Ст 3кп.

Во время проведения стендовых испытаний произведен отбор проб рабочей жидкости и определена концентрация коррозионно-активных компонентов и остаточного содержания ингибитора коррозии, применяемого в системе нефтесбора в направлении объекта проведения испытаний, на приеме стендовой установки.

Выявлено, что из всех испытанных ингибиторов коррозии только один обладает эффективностью 80% при дозировке 25 г/м^3 . Выявленные высокие значения фоновой скорости коррозии обусловлены наличием растворенного кислорода в сточной воде производственного объекта.

© Фазылов Р.Р., Мугатабарова А.А., 2018 г.

УДК 532.5

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЕ ПЛАСТА ПРИ НАГНЕТАНИИ ХОЛОДНОЙ ЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Фахреева Р.Р., Зарафутдинов И.А., Питюк Ю.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Для эффективной разработки нефтяных месторождений необходим анализ термогидродинамических процессов в пласте и в скважине. Основная задача данной работы – проведение расчетов и анализ результатов численного моделирования распространения температуры при нагнетании холодной жидкости в однородном пласте (10 мД), в пласте с загрязнением призабойной зоны пласта (ПЗП) (1 мД) и с улучшением фильтрационных характеристик ПЗП (100 мД) в термогидродинамическом симуляторе [1].

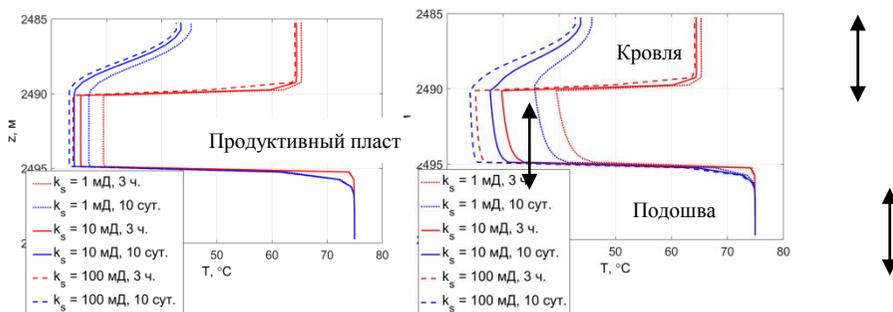


Рис. 1. Распространение температуры в ПЗП без учета температурных эффектов (слева) и с учетом (справа)

На рис. 1 представлено распределение температуры в ПЗП во время работы нагнетательной скважины без учета температурных эффектов и с учетом дроссельного и адиабатического. Во время работы скважины наблюдается значительное понижение температуры продуктивного пласта и охлаждение близлежащих горных пород. В пласте с загрязнением температура воды выше, а с повышенными фильтрационными характеристиками, температура воды значительно ниже, чем в однородном. За счет температурных эффектов в начальные моменты времени в пласт приходит более горячая жидкость.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ МК-3503.2017.8.

Литература

1. Pityuk Yu.A., et al. 3D numerical simulation of pressure/temperature dynamics in well with fracture // Proc. Society of Petroleum Engineers 2016. SPE-181971-MS.

© Фахреева Р.Р., 2018 г.

УДК 532.5.013.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЛИНЕЙНОГО ПРИТОКА ЖИДКОСТИ В СКВАЖИНУ С ТРЕЩИНОЙ ГИДРОРАЗРЫВА

Хисамов А.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Гидравлический разрыв пласта, заключающийся в создании трещин, пересекающихся со скважинами, в настоящее время является одним из основных методов интенсификации добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов. Наличие трещин гидроразрыва приводит к существенным изменениям динамики процесса фильтрации в отличие от случаев их отсутствия. Поэтому является актуальным математическое моделирование процессов фильтрации в окрестности скважин с трещинами гидроразрыва [1].

Коллектора с трудноизвлекаемыми запасами, как правило, характеризуются малой проницаемостью и большой вязкостью нефти. В таких коллекторах, в которых в основном и реализуется гидроразрыв пласта, продолжительность нестационарных процессов перераспределения давления может быть одного порядка с характерным временем фильтрации между скважинами [2,3]. Поэтому представляет интерес развитие теории нестационарной фильтрации в пластах с трещинами ГРП.

В пласте, насыщенном однородной жидкостью, имеется скважина, которая пересекается симметричной вертикальной трещиной гидроразрыва по всей толщине пласта. Гидравлическая связь пласта и скважины реализуется только через боковую поверхность трещины, так как ширина трещины намного меньше чем ее длина.

Распределение давления в трещине и в пласте в случае, когда на скважине задается постоянный дебит, имеет вид:

$$\bar{P}_f(\bar{x}, \bar{t}) = -\frac{2b\sqrt{\bar{t}}}{\sqrt{a}\sqrt{\pi}} \int_0^1 e^{-\frac{\bar{x}^2}{4at\bar{z}^2}} \operatorname{erfc} \frac{z^2 b \bar{t}}{2\sqrt{\bar{t}}(1-z^2)} dz.$$

$$\bar{P}_r(\bar{x}, \bar{y}, \bar{t}) = -\frac{2b\sqrt{\bar{t}}}{\sqrt{a}\sqrt{\pi}} \int_0^1 e^{-\frac{\bar{x}^2}{4a\bar{t}z^2}} \operatorname{erfc} \frac{z^2 b\bar{t} + \bar{y}}{2\sqrt{\bar{t}}(1-z^2)} dz.$$

Здесь $a = \frac{\kappa_f}{\kappa_r}$, $b = a \frac{k_r x_f}{k_f w_f}$, $\bar{P}_r = \frac{P_r - P_0}{P_c - P_0}$, $\bar{P}_f = \frac{P_f - P_0}{P_c - P_0}$, $\bar{x} = \frac{x}{x_f}$, $\bar{y} = \frac{y}{x_f}$, $\bar{t} = t \frac{\kappa_r}{x_f^2}$. κ_f , κ_r , k_f и k_r – коэффициенты пьезопроводности и проницаемости трещины и пласта, x_f – половина длины трещины, P_c – давление на скважине, P_0 – начальное давление в пласте и в трещине, индексы f и r – относятся к трещине и пласту.

Разработанная в работе модель нестационарной фильтрации в пластах с трещиной ГРП позволяет определить влияние коллекторских свойств пласта и трещины на распределение давления и может быть использована при теоретическом обосновании методов гидродинамических исследований пластов.

Литература

1. Р.Д. Каневская Математическое моделирование разработки месторождений нефти и газа с применением гидравлического разрыва пласта. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 1999. -212с.
2. H. Cinco-Ley, V.F. Samaniego Transient Pressure Analysis for fractured wells // J. Petrol. Technol. – 1981. –V.33, N9. – P. 1749-1766.
3. И.Л. Хабибуллин, Н.А. Евграфов, Хисамов А.А. Моделирование нестационарного притока жидкости из пласта в скважину через трещину гидроразрыва. Сборник трудов Первой летней школы-конференции «Физико-химическая гидродинамика: модели и приложения». 2016. Уфа: РИЦ БашГУ. С. 184-192.

© Хисамов А.А., 2018 г.

ТРЕХМЕРНЫЙ МЕТОД ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПУЗЫРЬКА И ТВЕРДОЙ ЧАСТИЦЫ

Зарафутдинов И.А., Питюк Ю.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Данная работа посвящена изучению взаимодействия пузырька и твердой сферической частицы в несжимаемой слабовязкой жидкости под действием акустического поля. Численная методика основана на методе граничных элементов для потенциальных течений, который особенно эффективен для трехмерной постановки, поскольку не требует дискретизации всей расчетной области, а только поверхности рассматриваемых объектов.

На основе разработанного численного подхода были проведены многопараметрические расчеты совместной динамики пузырька и частицы для различных размеров дисперсных включений и расстояния между ними. Анализ показал, что при взаимодействии пузырек и частица могут как притягиваться, так и отталкиваться друг от друга (рис. 1), пузырек может деформироваться, а также в пузырьке может образовываться струя. Также отметим, что на частицу большее влияние оказывают гидродинамические потоки, создаваемые осциллирующим пузырьком.

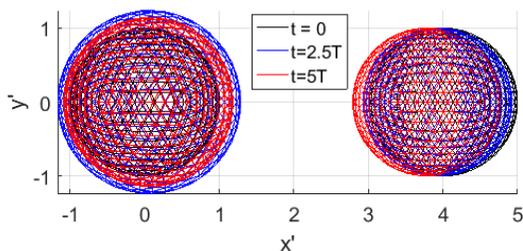


Рис. 1. Динамика пузырька (слева) и частицы (справа) в разные моменты времени

Данный класс задач имеет большое практическое значение для изучения различных технологических процессов при литотрипсии, флотации, очистки поверхности микрочипов и других сферах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 18-71-00068.

© Зарафутдинов И.А., Питюк Ю.А., 2018 г.

ЧИСЛЕННОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДИНАМИКИ ОДИНОЧНОГО СФЕРИЧЕСКОГО ПУЗЫРЬКА В ВОДЕ И ГЛИЦЕРИНЕ

Булатова А.З., Питюк Ю.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Микропузырьки имеют широкое практическое применение во многих областях промышленности. На основе уравнения Рэля-Плессета [1] разработан алгоритм моделирования динамики одиночного сферического пузырька, находящегося в невязкой (вода) и вязкой (глицерин) средах. Рассматривались пузырьки различных начальных размеров и различные параметры жидкости (вязкость, плотность). Определены физические параметры задачи, при которых основную роль играют инерциальные или вязкие эффекты. Проведен многопараметрический анализ динамики радиуса пузырька и скорости при различных начальных радиусах пузырька в воде и глицерине. Анализ показал, что модель без вязких сил лучше описывает динамику больших пузырьков в воде, а модель без инерции - динамику маленьких пузырьков в глицерине. На рис. 1 представлен сравнительный анализ изменения размера и радиальной скорости пузырьков различных радиусов в воде. Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 18-71-00068.

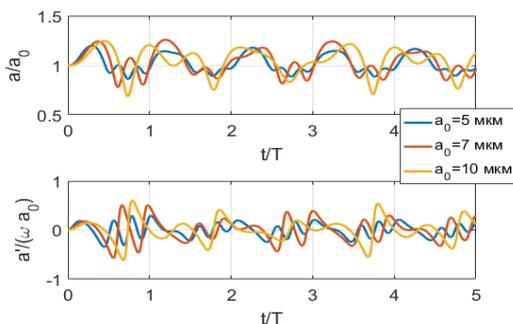


Рис. 1. Изменение размера (вверху) и скорости (внизу) пузырька в воде при различных начальных радиусах

Литература

1. Rayleigh L. On the pressure developed in a liquid during the collapse of spherical void // *Philos. Mag.*, 1917, v. 34. pp. 94–98.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЛОКНИСТО-ДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОМЫТЫХ УЧАСТКОВ КОЛЛЕКТОРА

Халиков И.И., Мугатабарова А.А.

Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Россия

Повышение фильтрационного сопротивления промытых высокопроницаемых интервалов коллектора с использованием древесной муки в сочетании с глиной является одним из путей увеличения охвата пластов заводнением за счет перераспределения фильтрационных потоков в пористой среде коллектора. Древесная мука благодаря наличию на своей поверхности тончайших волокнистых ответвлений (фибрилл) закрепляется на стенках пористой среды коллектора за счет сил физического взаимодействия при поступлении в высокопроницаемые участки пласта в виде водной суспензии. Стойкая к размыву структурированная волокнисто-дисперсная система (ВДС) образуется за счет того, что фибриллами древесной муки удерживаются глинистые частицы, нагнетаемые вслед. В результате снижается сечение промытых каналов породы коллектора. Через некоторое время древесная мука и глина максимально набухают, увеличивая закупоривающий эффект.

Древесная мука, в отличие от других агентов, применяемых в технологиях по повышению нефтеотдачи пластов (полиакриламида, карбоксиметилцеллюлозы и др.), не подвергается деструкции, не обладает биоцидными свойствами, экологически чиста и ее производство основано на использовании возобновляющего природного материала. Технология эффективна при любой минерализации пластовых вод, может применяться в пластах как порового, так и трещиновато-порового типа.

В лабораторных условиях проведены экспериментальные исследования по оценке структурно-механических и эксплуатационных свойств ВДС в различных условиях (соотношение древесной муки к глине, концентрации суспензии древесной муки). Как показали исследования, применение древесной муки с концентрацией свыше 1,5 % нецелесообразно из-за резкого увеличения вязкости системы и значительного ухудшения фильтруемости. Проведенные эксперименты показали, что ВДС обладает высокими структурно-механическими характеристиками, а именно, адгезия к породе пласта составляет 0,3-2,9 кПа, статистическое напряжение сдвига – 0,2-2,3 Н/м, остаточный фактор сопротивления 1,2-1,3. Указанные характеристики обеспечивают стойкость системы в пластовых условиях в течение длительного времени.

© Халиков И.И., Мугатабарова А.А., 2018 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОЙ ДИАГРАММЫ ТелЛУРИДА МЕДИ НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Нигматуллина Г.Р., Ягафарова З.А., Курбангулов А.Р.

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета,
г. Стерлитамак, Россия

Теллурид меди $Cu_{2-\delta}Te$ является твердотельным суперионным материалом и представляет интерес в связи с разнообразием физико-химических свойств [1]. По сравнению с остальными халькогенидами теллуриды меди являются менее исследованными соединениями. Сложность диаграммы и большое количество полиморфных фаз являются причиной противоречивых сведений в литературе об этой системе. Из-за малой изученности диаграммы состояния $Cu_{2-\delta}Te$ можно говорить лишь о наличии некоторой области гомогенности гексагональной модификации в пределах концентрации 33.3–36.4 % (ат.) Те при комнатной температуре и области гомогенности ГЦК фазы 33.3–37.5 % (ат.) Те при температурах 773–873 К [1].

Кривые кулонометрического титрования в данной работе были получены методом Вагнера с помощью ячеек типа $Cu|CuBr|Cu_{2-\delta}Te$ и основываясь на кривых титрования был построен фрагмент фазовой диаграммы соединения в интервале температур 613–673 К. Согласно эксперименту на этой диаграмме области А, В и Д соответствуют однофазным состояниям, области Б, Г и Е – смеси фаз (рис.1).

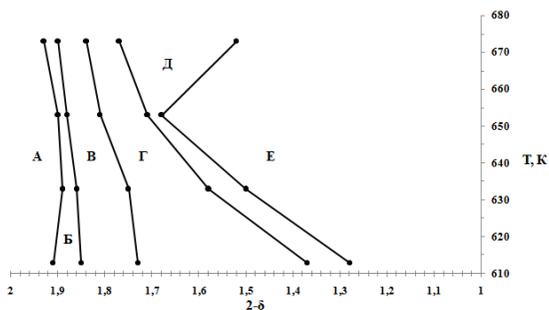


Рис. 1. Фрагмент фазовой диаграммы соединения $Cu_{2-\delta}Te$
в интервале 613–673 К

Литература

1. Горбачев В.В. Полупроводниковые соединения $A_2^I B^{IV}$. // М.: Металлургия, 1980. 132 с.

© Нигматуллина Г.Р., Ягафарова З.А., Курбангулов А.Р., 2018 г.

ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Петров А.С., Ягафаров С.Р.* , Саиткулов Д.З.*

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета,

*МАОУ «Башкирский лицей –интернат№3»,

г. Стерлитамак, Россия

В настоящее время медицинскую диагностику невозможно представить без приборов, использующих рентгеновское излучение. С каждым годом рентгентехника становится совершеннее, тем не менее, вред на организм от излучения остается. Поэтому ведутся исследования по созданию новых методик, позволяющих минимизировать негативное действие данного излучения на организм человека.

Рентгеновские лучи, открытые в 1895г. Вильгельмом Рентгеном, являются составной частью общего спектра электромагнитного излучения [1]. При воздействии с органами человека, проходя через ткани, рентгеновские лучи ионизируют их, изменяя структуру молекул, атомов. Последствия полученного облучения могут проявиться в виде соматических осложнений у самого человека или же как генетические болезни у его потомства. Ткани человеческого организма по-разному подвержены влиянию излучения и для каждого из них существует свой коэффициент радиационного риска. Чем больше значение данного коэффициента, тем выше восприимчивость ткани к действию радиации, а значит и опасность получения осложнения. К самым восприимчивым областям человеческого организма относятся: костный мозг и костная ткань, хрусталик глаза, щитовидная железа, молочные и половые железы, а также ткани лёгких [2].

Вред от рентгеновского излучения прямо пропорционален полученной дозе облучения. Опасным рентгеновское излучение становится в случае интенсивности и длительности воздействия. В медицине используется низкоэнергетическое облучение малой длительности, поэтому при применении оно является относительно безвредным. Необходимо отметить, что в отличие от воздействия радиоактивных веществ, вредоносное действие лучей медицинского аппарата прекращается сразу же после выключения прибора. В этом случае не могут накапливаться и образовываться радиоактивные вещества, которые будут являться самостоятельными источниками излучения. В рентгенодиагностике в качестве единиц измерения используются такие величины как рентген и зиверт. Для характеристики уровня проникающей радиации, излучаемой рентгеновским аппаратом, используется единица измерения рентген (Р). Человеческий организм

поглощает энергию ионизирующих излучений, причем от количества поглощенной энергии зависит степень лучевых поражений. Для оценки действия радиации на человека, введено понятие эквивалентной поглощенной дозы, которая представляет собой количественную величину энергии, поглощенной организмом, но при этом учитывается биологическая реакция тканей тела на излучение. Измеряется она в зивертах (Зв). Зиверт приблизительно сопоставим с величиной 100 рентген. Естественный фон облучения и дозы, выдаваемые медицинской рентгенаппаратурой, намного ниже этих значений, поэтому для этих целей используются величины тысячной доли или миллионной доли зиверта и рентгена. Для оценки количественной части излучения, получаемого за единицу времени используют понятие – мощность дозы (измеряется в Зв/ч (зиверт-час), Р/ч (рентген-час)). Дозы облучения, полученные в зивертах, накапливаются в течение всей жизни. Как известно, на нашей планете существует и свой естественной уровень радиации, который зависит от геологической структуры местности, высоты над уровнем моря и внешних причин, дающих дополнительную лучевую нагрузку. Наиболее приемлемым считается фон, при котором уровень радиации не превышает 0,2 мкЗв/ч (20 мкР/ч). Верхней границей нормы считается величина до 0,5 мкЗв/ч (50 мкР/ч). В течение нескольких часов облучения допускается доза до 10 мкЗв/ч (1мР/ч). Допустимые дозы облучения для человека, накопленные за жизнь не должны выходить за пределы 100-700 мЗв. В среднем за год человек получает дозу равную 2-3 мЗв, когда фактические значения облучения людей, проживающих в высокогорье, могут быть и выше. Все виды рентгенологических исследований медицинскими аппаратами вписываются в безопасные нормативы лучевых нагрузок, измеряемых в миллизивертах. При диагностических исследованиях существует своя допустимая доза облучения. Например, при проведении маммографии – 0,8 мЗв, при дентальном рентгене – 0,15-0,35 мЗв, при рентгенографии органов грудной клетки – 0,15-0,40 мЗв. При медицинских исследованиях, согласно нормативам, в год человек не должен получить больше 15 мЗв. Для самих рентгенологов эта доза увеличивается до 20 мЗв.

Литература

1. Ардашников, С.Н., Гольдин, А.В. Николаев С.М. Защита от радиоактивных излучений. – М., 2008. - 461 с.
2. <https://okeydoc.ru/vse-o-dozax-i-vrede-rentgenovskogo-oblucheniya>

© Петров А.С., Ягафаров С.Р., Сайткулов Д.З., 2018 г.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Мырзабекова А.М., Ягафарова З.А., Рахматуллина Л.Р.

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета,
г. Стерлитамак, Россия

Актуальность рассмотрения методики изучения закона сохранения и превращения энергии обусловлена важностью значения данного закона в физике. Целью урока является выработка у школьников умения решения задач и применения закона при объяснении физических явлений.

При рассмотрении понятий работы и энергии устанавливается, что в замкнутой системе, в которой действуют консервативные силы, при совершении работы увеличение кинетической энергии сопровождается убылью потенциальной энергии и наоборот. Отсюда и вытекает закон сохранения энергии для замкнутой системы тел. Так подводят к формулировке закона. Вывод закона, как правило не вызывают у учащихся затруднений, особенно если он иллюстрируется при этом экспериментом. Закрепляется этот закон рассмотрением тренировочных упражнений, в которых выявляется, что полная энергия замкнутой системы сохраняется.

Затруднение вызывает у учащихся рассмотрение изменения энергии системы под действием внешних сил. Во первых, учащиеся не всегда понимают, что внешние силы непосредственно изменяют лишь кинетическую энергию тел системы, но не потенциальную энергию взаимодействия этих тел. Изменение потенциальной энергии системы всегда определяется работой сил взаимодействия. Внешние силы, конечно, могут вызвать изменение в расположении тел системы и за счет этого изменится работа внутренних сил, а значит изменится и потенциальная энергия. Однако, если бы в системе не действовали консервативные силы, то потенциальная энергия при этом не изменилась бы. Еще один момент, который также требует специального внимания, связан с рассмотрением закона сохранения энергии при наличии трения. Работа силы трения ведет к убыли кинетической энергии системы. Но при этом под действием силы трения потенциальная энергия не увеличивается, как это происходит в случае действия консервативных сил. Завершая рассмотрение закона сохранения энергии, следует рассказать учащимся о научных воззрениях М.В.Ломоносова по вопросу сохранения материи и движения, являющихся гениальным предвидением закона сохранения и превращения энергии (который был открыт только через сто лет) и других законов сохранения.

© Мырзабекова А.М., Ягафарова З.А., Рахматуллина Л.Р., 2018 г.

УДК 532.5

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ СО ВЗВЕШЕННЫМИ ЧАСТИЦАМИ В ТРЕЩИНЕ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

Юлмухаметова Р.Р., Мусин А.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

С увеличением применения гидравлического разрыва пласта в нефтегазовой отрасли становятся актуальными задачи, связанные с транспортировкой проппанта в трещине, его гравитационным осаждением и закупориванием трещин.

В данной работе рассматривается течение вязкой несжимаемой жидкости со взвешенными частицами с заданной начальной концентрацией в трещине. Физическая модель представляет собой вертикальный канал прямоугольного сечения. Математическая модель записывается в диффузионном приближении и включает в себя систему уравнений Навье-Стокса, уравнение неразрывности и уравнение диффузии, записанное с учетом действия на частицы гравитационных сил. Нагнетание жидкости происходит с постоянной скоростью. Допускается, что все частицы имеют сферическую форму и одинаковый размер. Скорость оседания частиц рассчитывается по формулам, приведенным в работе [1]. Система уравнений математической модели решается методом контрольных объемов в программном комплексе OpenFoam.

Исследуется динамика распределения частиц в потоке и накопления осадка по длине канала в зависимости от физических параметров сред и геометрических размеров области.

Литература

1. Kong, X., McAndrew, J., Cisternas, P.} CFD Study of Using Foam Fracturing Fluid for Proppant Transport in Hydraulic Fractures // Society of Petroleum Engineers. 2016. 15 p. SPE-183549-MS.

© Юлмухаметова Р.Р., Мусин А.А., 2018 г.

**ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ЗАДАЧЕ О
ТЕМПЕРАТУРНОМ ПОЛЕ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ**

Зеленова М.А., Ахметов Ш.Р.

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного
университета, г. Стерлитамак, Россия

В настоящее время большой интерес представляет класс задач математической физики по решению дифференциальных уравнений в частных производных смешанного типа с переменными коэффициентами и граничными условиями 4 рода. Поиск решения такой задачи сопряжен со значительными трудностями. Один из способов понижения порядка дифференциального уравнения является применение метода интегральных преобразований Фурье, Лапласа, Ханкеля и т.д. Почти во всех случаях применения интегральных преобразований наряду с нахождением изображения функции $f(x)$ приходится находить ее оригинал, что в ходе прямых вычислений сопряжено с большими трудностями и в большинстве случаев оказывается невозможным. Единственным выходом осуществления обратного преобразования в этом случае являются численные вычисления.

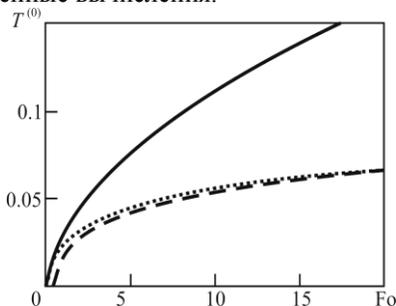


Рис. 1. Сопоставление кривых, построенных по аналитическим зависимостям с численными расчетами: *штриховая* – асимптотика больших времен; *пунктирная* – кривая, построенная численным методом; *сплошная* – асимптотика малых

Литература

1. Den Iseger P. Numerical transform inversion using Gaussian quadrature // Probabiliti in the in Engineering and Informational Sciences. 2006. № 20. P. 1–44.

© Зеленова М.А., Ахметов Ш.Р., 2018 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ФЛЮИДОВ В ПЛАСТЕ С ТРЕЩИНОЙ ГИДРОРАЗРЫВА КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ

Хабибуллин И.Л., Орлов К.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одним из эффективных методов интенсификации добычи из низкопроницаемых пород является гидроразрыв пласта (ГРП). При моделировании, в целях упрощения решения задач, обычно рассматривают трещины бесконечной длины [1,2].

В данной работе рассматривается модель с трещиной конечной длины, которая позволяет более точно описать процесс фильтрации. Область фильтрации является симметричной относительно осей x и y , поэтому при моделировании достаточно рассмотреть одну четвертую часть этой области.

Постановка задачи аналогична моделям, описанные в [1,2]. Модель включает систему уравнений нестационарной фильтрации в пласте и в трещине, в приближении билинейного потока с соответствующими краевыми условиями. Задача решается методом преобразования Лапласа по переменной t_D . Распределение давления в трещине описывается следующим уравнением:

$$\bar{P}_{fD}(x_D, t_D) = \frac{1}{4\sqrt{\eta_{fD}}} \int_0^{t_D} d\tau \cdot \int_0^{\tau a^2} e^{-\frac{u^2}{(\tau a^2 - u)}} \sum_{n=-\infty}^{\infty} e^{-\frac{b^2}{u}(n - \frac{x_D}{2})^2} \cdot \frac{\sqrt{u} du}{(\tau a^2 - u)^{3/2}} \quad (1)$$

η_{fD} - безразмерный коэффициент пьезопроводности трещины; x_D - безразмерная координата; t_D - безразмерное время; $a = \frac{2\eta_{fD}}{(k_f b_f)_D}$, $b = \frac{2\sqrt{\eta_{fD}}}{(k_f b_f)_D}$; b_f - ширина трещины; k_f - проницаемость трещины.

Полагая в этом уравнении $x_D = 0$, получаем изменение давления на забое скважины со временем. Это давление зависит от коллекторских свойств пласта и трещины, длины трещины (через параметры a, b, η_{fD} и безразмерное время t_D). Варьируя эти параметры можно построить серию типовых кривых, которые могут использоваться при гидродинамическом исследовании скважин с трещинами ГРП.

Литература

1. Heber Cinco-Ley, Fernando Samaniego-V. «Transient Pressure Analysis for Fractured Wells» // J. Pet. Tech. Sept 1981, 1749-1766.
2. Хабибуллин И.Л., Хисамов А.А. «Моделирование нестационарной фильтрации вокруг скважины с вертикальной трещиной гидроразрыва» // Вестник Башкирского университета. 2017, т.22 №2 с.309-313.

© Хабибуллин И.Л., Орлов К.А., 2018 г.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СВЯЗНОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ
ОТ ПЕСЧАНИСТОСТИ НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ**¹Байгузин Р.В., ²Коновалова С.И.¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия²ООО «Уфанипинефть», г. Уфа, Россия

В данной работе рассматривается связность коллекторов на основе геологической модели небольшого участка месторождения. Связность - одно из фундаментальных свойств коллектора, которое напрямую влияет на разработку месторождений. Если какая-либо его часть не связана со скважиной, то из нее не может быть извлечена нефть. Существует несколько определений связности коллекторов. Связность геологических тел (песчаных тел) относится к наличию связей (протоков) между отдельными элементами месторождения и может быть определена как процент соединенных между собой коллекторов от общего количества коллекторов. Но также различают связность месторождений, которая является свойством не только пласта, но и скважин. Она определяет процент коллекторов, связанных со скважинами от общего их количества.

Целью исследовательской работы являлось рассмотрение зависимости связности коллекторов от их песчанности. Стоит отметить, что выбор критерия определения коллектора был одной из приоритетных задач, для решения которой были рассмотрены распределения коллекторов в пласте на основе различных кривых ГИС (УФ-свечение, ГК, NTG). Для построения геологической модели рассматриваемого явления использовался программный комплекс Petrel. В данной работе связность коллекторов определялась как

$$P = \frac{V_{max}}{\sum V_i} \quad (1)$$

где V_{max} – объем самого большого геологического тела, $\sum V_i$ – объем всех геологических песчаных тел. Отмечена общая тенденция S-образной формы кривой во всех графиках зависимости связности от песчанности. Полученные кривые могут описаны следующей зависимостью:

$$P \sim (NTG - p_e)^\beta \quad (2)$$

где NTG – песчанность, p_e – порог перколяции, β – константа.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В НЕОДНОРОДНОМ ПЛАСТЕ ПРИ НАЛИЧИИ ЛИНИИ РАЗЛОМА

Силантьева К.Е.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Многие нефтегазовые месторождения являются неоднородными и пересекаются линиями разлома, которые могут быть проницаемыми или частично проницаемыми. В таких пластах важным является определение местонахождения разлома и влияния его характеристик на распределение давления в пласте. Степень этого влияния можно определить на основе моделирования нестационарной фильтрации в неоднородном пласте, разделенным линией полупроницаемого разлома.

Математическая модель данной задачи описывается уравнениями пьезопроводности и соответствующими краевыми условиями:

$$\kappa_1 \frac{\partial^2 p_1}{\partial x^2} = \frac{\partial p_1}{\partial t} \quad 0 < x < l$$

$$\kappa_2 \frac{\partial^2 p_{D2}}{\partial x^2} = \frac{\partial p_{D2}}{\partial t} \quad l < x < \infty$$

$$\frac{\partial p_1(0, t)}{\partial x} = -\frac{q\mu}{k_1 b h}$$

Условия пограничного слоя в размерном виде:

$$k_1 \frac{\partial p_1(p, t)}{\partial x} = k_2 \frac{\partial p_2(p, t)}{\partial x} ; \quad \frac{k_1 \partial p_1(p, t)}{\mu_1 \partial x} = \frac{1}{S} [p_1(p, t) - p_2(p, t)]$$

$$p_1(x, 0) = p_2(x, 0) = p_2(\infty, t) = 0$$

Здесь использованы обозначения общепринятые в теории фильтрации:

κ_i – коэффициент пьезопроводности, k_i – проницаемость, x_i – координата, t – время, S – скин разлома, b – ширина пласта, h – мощность пласта, μ – вязкость флюида.

Данная задача решалась методом преобразования Лапласа. На основе полученных решений построены графические зависимости распределения давления в пласте от основных коллекторских свойств пласта, координаты и скина разлома.

© Силантьева К.Е., 2018 г.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ПЛАСТА ПРИ ДОБЫЧЕ ВЫСОКОПАРАФИНИСТОЙ НЕФТИ

Ахметзянова Э.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Целью исследования является решение проблемы добычи высокопарафинистой нефти, при которой в призабойной зоне пласта (ПЗП) имеет место возникновение парафиновых отложений, приводящих к значительному снижению дебита нефти. Присутствие этих отложений может привести к серьёзным проблемам в процессе эксплуатации скважин, таких как снижение фильтрационных характеристик продуктивного пласта, закупоривание пор, уменьшение полезного сечения насосно-компрессорных труб и повышению износа оборудования.

В качестве возможного решения данной проблемы используются различные методы нагрева ПЗП с парафинистыми отложениями. Полагая, что часть пласта занята твердыми парафинистыми включениями, имеющими заданную температуру плавления, постановка задачи сводится к задаче Стефана при соответствующих начальных и граничных условиях.

Рассматривается процесс нагрева пласта, который в случае плоско-параллельной геометрии описывается уравнениями теплопроводности для расплавленной и нерасплавленной зон:

$$\begin{cases} \frac{\partial T_1}{\partial t} = a_1 * \frac{\partial^2 T_1}{\partial^2 t} & , \text{ при } 0 < x < l(t) \\ \frac{\partial T_2}{\partial t} = a_2 * \frac{\partial^2 T_2}{\partial^2 t} & , \text{ при } l(t) < x < \infty \end{cases}$$

при следующих краевых условиях и условиях на подвижной границе $\mathbf{l}(t)$:

$$\begin{cases} T_1(x = 0, t) = T_r \\ T_{1,2}(x, t = 0) = T_0 = T_2(\infty, t) \\ T_{1,2}(x = l(t), t) = T_r \\ -\lambda_1 \frac{\partial T_1(l, t)}{\partial x} + \frac{-\lambda_2 \partial T_2(l, t)}{\partial x} = \rho L \frac{\partial l}{\partial t} \end{cases}$$

Решение задачи находится в автоматическом виде, в результате которого определяется распределение температуры в пласте и положение подвижной границы $\mathbf{l}(t)$ в различные моменты времени.

Полученные решения позволяют оценить скорость очистки призабойной зоны пласта от парафиновых отложений при различных условиях и режимах нагрева, а также свойств нефтенасыщенной породы.

© Ахметзянова Э.А., 2018 г.

СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ»

УДК 911

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ НА УРОКАХ ГЕОГРАФИИ

Никонова Л.А.¹, Гостюхина Д.Ф.², Хуснутдинов Л.З.²

¹МАОУ СОШ №35 Ленинского района ГО, г.Уфа, Россия

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время уже доказано, что знание математики в географических науках играет важную роль. Сегодня математические методы используются для географических прогнозов, вычисления статистических данных, определения масштабов карт, геодезических изысканий и для многих других действий. Использование интегрированного подхода позволяет усилить интерес как к предмету географии, так и к предмету математики.

Нами были разработаны примеры заданий для учащихся 8-9 классов с использованием некоторых методов математического моделирования на уроках географии при изучении природы, населения, хозяйства России и родного края. Рассмотрим примеры заданий далее:

1) Нужно дать оценку дальнейшего прогноза произрастания леса на данной территории на рис 1. На сколько процентов изменилась площадь леса? Предположите какие причины могли послужить этому?

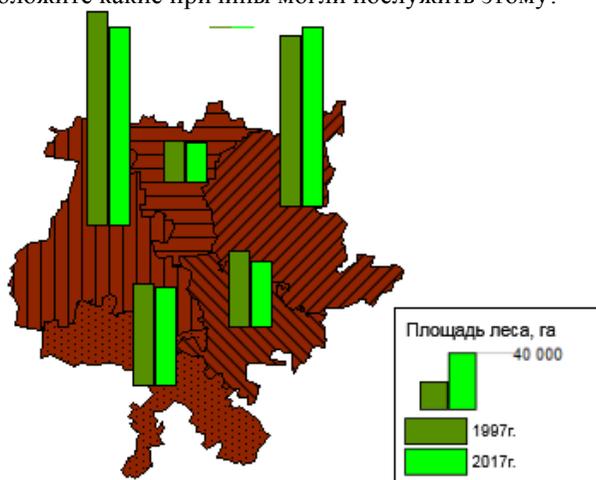


Рис. 1. Карта показателей площади леса на Северо-Востоке Республики Башкортостан

2) Проанализируйте данные, представленные в таблице. Определите плотность населения для каждого муниципального района по следующей формуле[1]:

$$\text{ПН} = \frac{\text{численность}}{\text{площадь}} \quad (1)$$

Таблица 1. Численность постоянного населения Республики Башкортостан на 1 января 2018г. по муниципальным образованиям

Название муниципального района	Численность населения	Площадь, км ²
Белокатайский	18227	3037
Дуванский	31019	3246
Кигинский	17023	1688
Мечетлинский	22706	1557
Салаватский	23871	2182

Полученные данные нанесите на контурную карту, используя в качестве примера карту «Плотности населения России». Установите, почему в некоторых районах данные показатели больше, а в других меньше? Отчего они зависят?

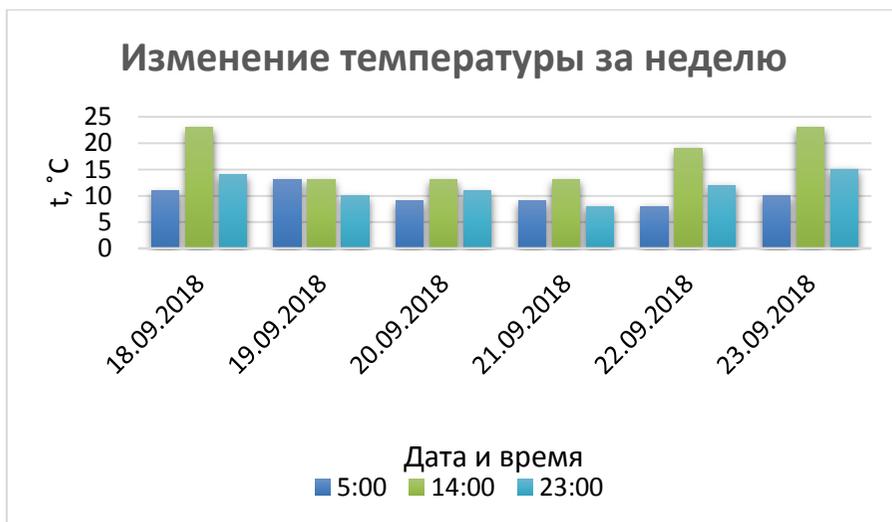


Рис. 2. Изменение температуры на неделю

- 3) Описать природное явление (изменение температуры), используя данные из графика на рис.2. Установить, как изменялась температура в течении недели? В какое время были самый низкий и самый высокий показатели? Почему?
- 4) Систематизация собранных данных.

Найдите в данном тексте любую информацию статистической направленности и попробуйте ее систематизировать в виде таблицы.

«... Несмотря на влияние хозяйственной деятельности человека видовой состав животного мира края достаточно разнообразен: около 10 видов пресмыкающихся, 40 видов рыб, 10 – земноводных, 270 – птиц, 70 млекопитающих. Простейшие и членистоногие объединяют несколько тысяч видов.»

Использование такого рода заданий на уроках географии позволяет учителю:

- 1) Закрепить умения учащихся работать с математической информацией;
- 2) Научить учащихся находить взаимосвязь, делать выводы, простейшие умозаключения;
- 3) Привлечь внимание учащихся к проблемам страны, своего региона.

Литература

1. География Башкортостана. Учебник для 9 класса. Хисматов М.Ф., Сухов В.П., 2000
2. Государственный(национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Республике Башкортостан в 2016 году
3. Gismeteo[ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС]. – Режим доступа: <https://www.gismeteo.ru/weather-ufa-4588/>

© Никонова Л.А., Гостюхина Д.Ф., Хуснутдинов Л.З., 2018 г.

УДК 372.853

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД В ПРЕПОДАВАНИИ КУРСОВ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Абдуллин А.У., Акманова Г.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

При внедрении компетентного подхода в преподавании курсов общей физики возникают, по крайней мере, три серьезные проблемы.

Во-первых, по большому счету, компетенции есть категория, понятная преимущественно работодателям и характеризующая

профессиональную деятельность выпускника, которая реализуется уже после окончания вуза на рабочем месте. Соотнести компетенции, прописанные во ФГОС, с конкретными элементами учебного плана оказывается далеко не просто. Особенно эта проблема актуальна для курсов, которые изучаются в первые год-два обучения. Например, компетенция «способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач» формируется, очевидно, в течение всего срока обучения бакалавров. В какой степени она должна быть освоена при изучении первого из курсов общей физики – механики, изучаемой в первом семестре?

Кроме того, всерьез определить (тем более, в процентах), какую часть той или иной компетенции формируют определенные курсы, едва ли возможно в принципе. Поэтому, во-вторых, большую трудность представляет соотнесение формулировок компетенций и описаний результатов обучения по отдельным позициям учебного плана, иными словами, – разделение («расшивка») компетенций на конкретные знания, умения и навыки ([1]). Здесь большую роль играет такой инструмент, как «карты компетенций».

Наконец, в-третьих, по-прежнему дискуссионным остается вопрос об уровнях и этапах освоения компетенций. Методические разработки проекта TUNING («Tuning Educational Structures in Europe») рекомендуют выделять несколько уровней сформированности каждой компетенции - от начального (порогового) до наиболее продвинутого (глубокого). Думается, что знакомые всем преподавателям категории ЗУН (знания-умения-навыки) рассматривать как уровни освоения слишком упрощенно, скорее это только компоненты структуры компетенции (знаниевый, ценностный и деятельностьный).

В своем докладе авторы хотели бы высказаться по обозначенным проблемам на основе опыта преподавания курсов механики и оптики.

Литература

1. Е.Г. Елина, Е.Н. Ковтун, С.Е. Родионова. Компетенции и результаты обучения: логика представления в образовательных программах. // Высшее образование в России. 2015. №1. С.10-20.

© Абдуллин А.У., Акманова Г.Р., 2018 г.

МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА КАК ИНСТРУМЕНТ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА В ПРЕПОДАВАНИИ КУРСОВ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Абдуллин А.У., Акманова Г.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В ряде статей авторы анализировали опыт использования модульно-рейтинговой системы обучения (МРС) в преподавании курсов общей физики (см., например, [1]). В настоящей работе мы постараемся выяснить, чем она может быть полезна при внедрении компетентностного подхода. Прежде всего, приходится смириться с принципиальной невозможностью проверки освоения самих компетенций в процессе промежуточной аттестации. В самом деле, компетенция вырабатывается в ходе освоения различных дисциплин, прохождения практик, выполнения НИР и иных элементов учебной работы. В целом овладение компетенциями можно в основных чертах проверить лишь «на выходе». Полностью же освоение выпускником компетенции проявится уже в его профессиональной деятельности. Поэтому промежуточная аттестация может предусматривать проверку освоения не собственно компетенций, но лишь соотношенных с ними результатов обучения по конкретной дисциплине. К сожалению, некоторые ФГОСы до сих пор фактически оперируют понятиями «компетенция» и «результат обучения» как синонимичными, подразумевая, что компетенции – это ожидаемые и измеряемые результаты обучения.

В качестве «мостика» от компетенций к конкретным результатам обучения выступают «карты компетенций» – формулирование на основе компетенции конкретных и локальных результатов обучения для каждого учебного элемента. Здесь особую роль приобретают оценочные средства. Для объективной оценки традиционных средств как способов проверки знаниевого компонента компетенции оказывается мало. Приходится применять более разнообразные и в чем-то даже инновационные средства: проекты, портфолио, case-study, мозговые штурмы и др.

В своем докладе авторы надеются поделиться опытом применения модульно-рейтинговой системы «на службе» компетентностного подхода в преподавании курсов механики и оптики.

Литература

1. Абдуллин А.У., Акманова Г.Р. «Степени свободы» модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов. // В сборнике «Проблемы современного физического образования», сборник материалов IV Всероссийской научно-методической конференции - Уфа: РИЦ БашГУ, 2017, с.189-191.

© Абдуллин А.У., Акманова Г.Р., 2018 г.

**ОРГАНИЗАЦИЯ ОЛИМПИАД ШКОЛЬНИКОВ НА БАЗЕ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА**

Акманова Г.Р., Балапанов М.Х.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Грамотно организованная профориентационная работа среди школьников является успешным залогом набора будущих студентов, мотивированных к обучению в высшей школе. Физико-технический институт традиционно проводит работу со школьниками и учителями образовательных учреждений г.Уфы и республики: олимпиады, турнир «Кубок Башкортостана по физике», пробные ЕГЭ, курсы повышения квалификации учителей, встречи и экскурсии со школьниками и учителями.

Республиканский турнир «Кубок Башкортостана по физике». Турнир охватывает все районы и города Республики Башкортостан, всего проводится 4 тура муниципального этапа. В г.Уфе ежегодно участвует до 70 команд. На заключительный Республиканский этап приглашаются победители муниципальных этапов.

Открытая олимпиада БашГУ по физике. Проводится для школьников выпускных классов, желающих поступить в БашГУ. За учебный год проводится несколько раз, иногда с выездом в районы РБ. Участникам, призерам и победителям начисляются дополнительные баллы за индивидуальные достижения при зачислении в БашГУ.

Интернет-олимпиада школьников по физике. Физико-технический институт является региональной площадкой, организаторами которой являются Санкт-Петербургский государственный университет и Санкт-Петербургский государственный университет Информационных Технологий, Механики и Оптики. Олимпиада входит в Перечень олимпиад Министерства образования и науки и имеет 2 уровень. В заключительном этапе ежегодно принимает участие до 120 учащихся.

Всесибирская открытая олимпиада школьников по физике. Организатором является Новосибирский государственный университет, входит в Перечень олимпиад и имеет 1 уровень. На отборочном этапе на площадке в г. Уфе принимает участие до 350 учащихся. В заключительном этапе принимает участие не менее 120 учащихся.

Муниципальный и региональный этапы Всероссийской олимпиады школьников по предмету «Физика». Муниципальный этап проводится на базе физико-технического института, где принимает участие до 300 учащихся 7-11 классов. Жюри этих олимпиад в основном представлены преподавателями кафедр теоретической физики и общей физики.

О РОЛИ СТУДЕНЧЕСКИХ ОЛИМПИАД В ОБУЧЕНИИ

Акманова Г.Р.¹, Биккулова Н.Н.²

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета
г. Стерлитамак, Россия

Основной целью проведения олимпиад по физике является выявление нестандартно мыслящих людей, способных к дальнейшей научно-исследовательской работе. Кроме того участие студентов в олимпиадах способствует у них развитию физического мышления, познанию ими современной физической картины мира, формированию у них научного мировоззрения. Среди студентов, поступающих сегодня на физические направления, есть любознательные и целеустремленные молодые люди. Задача преподавателей является выявление наиболее одаренных и заинтересованных физикой студентов. Такие студенты кроме желания познавать новое должны обладать волей к преодолению препятствий, к достижению цели. Сегодняшние студенты обладают особым типом мышления, сформированным интернет-технологиями. Преподаватель должен умело использовать знания студентов, полученных из интернета. Активное участие в играх развивает быстроту реакции, способность молниеносно и верно принимать решения.

Преподаватель должен выработать у студентов позитивную мотивационную стратегию, чтобы они сами захотели готовиться и участвовать в олимпиаде. Целью данного этапа является выделение и осознание студентами мотивов участия в олимпиаде и принятие их, как значимых. Мотивы, возникающие у студентов, можно классифицировать таким образом: в процессе подготовки и участия студенты узнают новые факты, овладевают знаниями и способами их применения, постигают суть вещей. Предложенные задачи необходимо выстраивать по дидактическому принципу «от простого к сложному», чтобы не препятствовать развитию интеллектуальных, академических способностей.

Важным условием при подготовке студентов к олимпиаде является создание группы из одаренных студентов, интересующихся физикой, то есть команду, которая будет совместно готовиться к олимпиадам. Командная работа позволяет реализовать взаимопомощь, передачу опыта участия в олимпиадах, психологическую подготовку участников. Преподаватель проводит направленную работу по формированию позитивной мотивации на всех этапах подготовки к участия в олимпиадах.

МАТЕМАТИКА

СЕКЦИЯ «КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И ТЕОРИЯ ФУНКЦИЙ»

УДК 517.55

ОБ АНАЛИТИЧЕСКОМ ПРОДОЛЖЕНИИ ТОНКО- АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ МНОГИХ КОМПЛЕКСНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

Абдикадилов С.М.

Каракалпакский государственный университет, г. Нукус, Узбекистан

Тонкой топологией на пространстве C^n называется слабейшая из топологий, оставляющих плюрисубгармонических функции непрерывными. Тонкая топология порождается множествами вида $\{u(z) < \lambda\}$, $\{u(z) < \lambda\}$, $u \in Psh(C^n)$.

Тонкой окрестностью точки z^0 называется открытое в тонкой топологии множество $V \subset C^n$, $z^0 \in V$, для которого дополнение $C^n \setminus V$ плюриразрежено в точке z^0 , т.е. существует круг $U = U(z^0, r)$ и плюрисубгармоническая в U функция $u \in Psh(C^n)$:

$$\overline{\lim}_{z \rightarrow z^0, z \rightarrow V} u(z) < u(z^0).$$

Компактной тонкой окрестностью точки будем называть компакт вида $\overline{U(z^0, r)} \setminus G$, где $G \subset U(z^0, r)$ – открытое, разреженное множество в точке z^0 .

Определение 1. Функция $f(z)$ называется тонко-аналитической в области $D \subset C^n$, если

1) она определена почти всюду по ёмкости в области D , т.е. вне некоторого плюриполярного множества $E \subset D$ она принимает конечное значение;

2) для каждой точки $z^0 \in D \setminus E$, существует компактная тонкая окрестность K точки z^0 , что $f|_K \in R(K)$, т.е. сужение $f|_K$ равномерно на K приближается рациональными функциями.

Определение 2 Область $G \subset C^n$, $n > 1$, содержащая область $D \subset C^n$, называется голоморфным расширением последней, если любая голоморфная в D функция продолжается до функции голоморфной в G .

Ясно, что это определение содержательно лишь в пространственном случае. Следующая теорема утверждает, что эффект принудительного продолжения свойственно и в классе тонко-аналитических функций.

Теорема. Если область $G \subset \mathbb{C}^n$, $n > 1$ является голоморфным расширением области $D \subset \mathbb{C}^n$, то всякая тонко-аналитическая в D функция продолжается до функции тонко-аналитической в G .

В случае мероморфных функций аналогичная теорема следует из результата о представлении мероморфной функции в виде отношения двух голоморфных функций.

© Абдикадиров С. М., 2018 г.

УДК 517.538.2 + 517.984.26 + 517.547

ОБ ОДНОМ УСЛОВИИ ОБРАТИМОСТИ ПО ЭРЕНПРАЙСУ

Н.Ф. Абузярова, Э.Р. Бурханова

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Пусть \mathcal{P} - алгебра Шварца, состоящая из всех целых функций экспоненциального типа и полиномиального роста на вещественной оси:

$$\varphi \in \mathcal{P} \Leftrightarrow \varphi \in \text{Hol}(\mathbb{C}), \exists C > 0 : |\varphi(z)| \leq C(1 + |z|)^C \exp(C|\text{Im } z|) \quad \forall z \in \mathbb{C}.$$

Функция $\varphi \in \mathcal{P}$ медленно убывает, если $\exists a > 0$, такое, что $\forall x \in \mathbb{R} \exists x' \in \mathbb{R} : |x - x'| \leq \ln(1 + |x|), |\varphi_0(x')| \geq (a + |x'|)^{-a}$.

Теорема деления. (Л. Эренпрайс, [1, Теорема 2.2]): Медленное убывание функции $\varphi \in \mathcal{P}$ эквивалентно импликации:

$$\Phi \in \mathcal{P}, \Phi / \varphi \in \text{Hol}(\mathbb{C}) \Rightarrow \Phi / \varphi \in \mathcal{P}.$$

Функции, для которых справедлива теорема деления, будем называть **обратимыми по Эренпрайсу в \mathcal{P}** .

Известно, что условие

$$\liminf_{j \rightarrow \infty} \frac{m_j}{|\text{Im } a_j| + \ln|\text{Re } a_j|} < \infty$$

является необходимым для обратимости по Эренпрайсу функции $\varphi \in \mathcal{P}$ с нулевым множеством $\{(a_j; m_j)\}$, где m_j - кратность нуля $a_j \in \mathbb{C}$ ([1, предложение 6.1]).

Нами получено более сильное, чем (0.1), необходимое условие для случая, когда все нули рассматриваемой функции вещественны.

Пусть $M = \{\mu_k\}, k \in \mathbb{Z} / \{0\}$, - вещественная последовательность такая, что

$$\dots \leq \mu_{-2} \leq \mu_{-1} < 0 < \mu_1 \leq \mu_2 \leq \dots,$$

$$\psi(z) = \lim_{R \rightarrow \infty} \prod_{|\mu_k| < R} \left(1 - \frac{z}{\mu_k}\right),$$

- целая функция экспоненциального типа. Обозначим через $m(z, t)$ число точек μ_k в круге $|w - z| \leq t$.

Теорема 1. Если функция $\psi \in \mathcal{P}$ и обратима по Эренпрайсу, то

$$\limsup_{|x| \rightarrow \infty} \frac{m(x, 1)}{\ln|x|} < \infty.$$

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-11-00002).

Литература

1. L.Ehrenpreis, Solution of some problems of division. //Amer.Journal of Math. 1960. V. 57. P. 522-588.

© Абузярова Н.Ф., Бурханова Э.Р., 2018 г.

УДК 517.55

ИНТЕГРАЛЬНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КОШИ НА $L_2(\mathcal{K}, \mu)$

Акрамов Нурали

Навойский государственный педагогический институт, Навои,
Узбекистан

Пусть $\mathcal{K} \subset \mathbb{C}$ - произвольное компактное множество и μ - борелевская мера с носителем на \mathcal{K} : $\text{supp} \mu \subset \mathcal{K}$. На пространстве

$$L_2(\mathcal{K}, \mu) = \left\{ f: \int_{\mathcal{K}} |f(\zeta)|^2 d\mu < \infty \right\}$$

определяем преобразование Коши следующим образом

$$(Af)(z) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} (A_\varepsilon f)(z),$$

где

$$(A_\varepsilon f)(z) = \int_{\{|\zeta-z|>\varepsilon\}} \frac{f(s) d\mu(\zeta)}{\zeta - z}$$

Здесь мы изучаем следующую задачу:

Задача. При каких меры μ оператор A отображает пространство $L_2(\mathcal{K}, \mu)$ на себя и является ограниченным.

Задачи такого типа изучались в работах известных математиков Е. М. Дынькина, Г. Давида и др.

В качестве компакта \mathcal{K} мы берём канторово множество размерности 1, который построится следующим образом: Положим

$$E_0 = [0,1], \quad E_1 \left[0, \frac{1}{4} \right] \cup \left[\frac{3}{4}, 1 \right],$$

$$E_2 \left[0, \frac{1}{16} \right] \cup \left[\frac{3}{16}, \frac{4}{16} \right] \cup \left[\frac{12}{16}, \frac{13}{16} \right] \cup \left[\frac{15}{16}, 1 \right]$$

и т.д. множество E_n состоит из 2^n отрезков длины 4^{-n} каждый. Пусть

$$E = \bigcap_{n=0}^{\infty} (E_n \times E_n).$$

Компакт E это и есть канторово множество в $\mathbb{R}^2 \approx \mathbb{C}$ размерности 1. В работе [2] доказано что если $\mu = H_1$ – мера Хаусдорфа, то оператор

$$(Af)(z) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \int_{|\zeta - z| > \varepsilon} \frac{f(\zeta) dH_1(\zeta)}{\zeta - z}$$

неограничен на $L_2(E, H_1)$.

Мы получили следующий результат.

Теорема 1. Для любого меры $\mu: \text{supp} \mu \subset E$ максимальная функция

$$(Mf)(z) = \sup_{\varepsilon > 0} |(A_\varepsilon f)(z)|$$

почти всюду по меры μ равняется к $+\infty$ при $f(z) \equiv 1$, т.е. $(M1)(z) = +\infty$ п.в. по меры μ .

Это теорема указывает, что оператор A не определен на пространстве $L_2(E, H_1)$.

Литература

1. Дынъкин Е.М. Методы теории сингулярных интегралов. Теория Литлвуда – Пели и её предложения. Итоги науки и техники. Современные проблемы математики, фундаментальное направления. т.42. 1989. стр.105-198.
2. David G. Wavelets and singular Integrals on Curves and surfaces. Lecture Notes in Mathematics, 1465. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg 1991.

© Акрамов Н., 2018 г.

УДК 517.53 : 517.574

ЛОГАРИФМ МОДУЛЯ ГОЛОМОРФНОЙ ФУНКЦИИ КАК МИНОРАНТА ДЛЯ СУБГАРМОНИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

Байгускаров Тимур Юлаевич, Хабибуллин Булат Нурмиевич
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Для любой функции u , субгармонической на области $D \subset \mathbb{C}$, и для любого числа $\square > 0$ найдется ненулевая голоморфная на D функция f , для которой при всех $z \in D$ и r , удовлетворяющему ограничению $0 < r < \min\{\text{dist}(z, \mathbb{C} \setminus D), 1 + |z|\}$ выполнено неравенство

$$\log |f(z)| \leq B_u(z, r) + q_\square(z, r),$$

$$\text{где } B_u(z, r) = \frac{1}{\pi r^2} \int_{\lambda(D(z, r))} u d\lambda,$$

$D(z, r)$ – открытый круг с центром z радиуса r ,

$$q_\square(z, r) := \log(1/r) + (1 + \square) \log(1 + |z|).$$

Литература

1. Хабибуллин Б. Н., Байгускаров Т. Ю. Логарифм модуля голоморфной функции как миноранта для субгармонической функции. – Матем. заметки, 99:4 (2016). – 588–602

© Байгускаров Т.Ю., Хабибуллин Б.Н., 2018 г.

УДК 004.932.1

АЛГОРИТМ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРУГИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Белим С.В., Ларионов С.Б.

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, г.
Омск, Россия

Ключевым недостатком алгоритмов сегментации изображений на основе нейронных сетей является необходимость обучения на большом множестве схожих изображения для получения приемлемых результатов [1]. В работе предложен подход к обучению искусственной нейронной

сети с помощью импульсного шума без привлечения дополнительных изображений.

Изображение представляется в виде матрицы точек размера $M \times N$ в рамках цветовой модели RGB. Для сегментации изображения будем использовать метод наращивания областей [2]. В качестве начальной точки используется точка с координатами $(0, 0)$. В качестве метрики схожести двух соседних точек будем использовать трёхслойный персептрон. Во входном слое нейронной сети содержится 6 нейронов, по одному на каждую компоненту цвета двух сравниваемых точек. В выходном слое содержится 2 нейрона, выходные значения которых показывают принадлежат ли сравниваемые точки одной области изображения. Для обучения нейронной сети сгенерируем 5% импульсного шума на изображении. Для выбора нового значения компоненты цвета c зашумлённой точки будем брать случайное значение из промежутка $[0, 128)$, если значение компоненты цвета $c > 128$, и из промежутка $[128, 255]$ иначе. Обучающий набор нейронной сети формируется перебором всех ближайших соседей зашумленных точек так, что считается, что все соседи находятся в одном сегменте, а зашумленная точка в другом сегменте. Далее проводится обучение нейронной сети методом обратного распространения ошибки.

Для сегментации изображения последовательно подаём на вход нейронной сети компоненты цветов двух соседних точек. Если значение первого выходного сигнала нейронной сети больше второго, то объединяем точки в сегмент, иначе пропускаем такие точки. Такой подход применяем для всех точек изображения.

Литература

1. Kuntimad G., H. S. Ranganath, "Perfect image segmentation using pulse coupled neural networks" // IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 10, no. 3, (1999), pp. 591–597.
2. R. D. F. Stewart and M. Oppor, "Kegion growing with pulse-coupled neural networks: An alternative to seeded region growing" // IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 13, no. 6, (2002), pp. 1557–1562.

©Белим С.В., Ларионов С.Б., 2018г.

О ПОЛНОТЕ ДВОЙНОЙ СИСТЕМЫ СТЕПЕНЕЙ С ВЫРОЖДАЮЩИМИСЯ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

Гулиева Фатима Агаяр

Институт Математики и Механики НАН Азербайджана, г. Баку,
Азербайджан

Рассматривается система степеней

$$\{A^+(t)v^+(t)\varphi^n(t); A^-(t)v^-(t)\bar{\varphi}^n(t)\}_{n \geq 0}, \quad (1)$$

где $A^\pm(t) \equiv |A^\pm(t)|e^{i\alpha^\pm(t)}$, и $\varphi(t)$ комплекснозначные на $[a, b]$ функции,
 $v^\pm(t)$ вырождающиеся коэффициенты $v^\pm(t) \equiv \prod_{k=1}^{r^\pm} |t - t_k^\pm|^{\beta_k^\pm}$, $\{t_k^\pm\}_1^{r^\pm} \subset [a, b]$.

Сделаем следующие основные предположения:

1. $[A^+(t)]^\pm; [A^-(t)]^\pm; [\varphi(t)]^{\pm 1} \in L_\infty$ ($L_\infty \equiv L_\infty(a, b)$);
2. $\Gamma = \varphi\{[a, b]\}$ – замкнутая ($\varphi(a) = \varphi(b)$) кривая Радона.
3. $\alpha^\pm(t)$ – кусочно-гельдеревы на $[-\pi, \pi]$; $\{S_i\}_1^{r_0}$ – точки разрыва функции $\theta(t) \equiv \alpha^-(t) - \alpha^+(t)$ и $\tau_i^\gamma = \omega_{-1}[\varphi(s_i)]$.
4. $-\frac{1}{p} < \beta_k^\pm < \frac{1}{q}$, $k = 1, r^\pm$.

Теорема. Пусть функции $A^\pm(t); \omega^\pm(t)$ удовлетворяют условиям 1.-4.и величина ω определена из выражений $-\frac{1}{q} < v_i + n_{i-1} - n_i \leq \frac{1}{p}$, $n_0 = 0, i = \overline{1, m}$, $\omega = \tilde{\theta}(-\pi + 0) - \tilde{\theta}(\pi - 0) + 2n_m\pi$. Система (1) полна $L_p(a, b)$, $1 < p < +\infty$, только тогда, когда $\omega \leq \frac{2\pi}{p}$.

Литература

1. Б. Т. Билалов, Ф. А. Гулиева, “Критерий полноты двойной системы степеней с вырождающимися коэффициентами”, *Сиб. матем. журн.*, **54:3** (2013), 536–543

© Гулиева Ф.А., 2018 г.

УСТРАНИМЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕПАРАТНО- СУБГАРМОНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Ибодуллаева Нафиса Мухитдиновна

Навоийский Государственный педагогический институт, г. Навои,
Узбекистан

Одна из основных теорем многомерного комплексного анализа является теорема о стирании компактных особенностей [1]: если $f(z)$ голоморфно всюду в области $D \subset \mathbb{C}^n$ ($n > 1$), за исключением, быть может, компакт не разбивающего область (т.е. такое, что $D \setminus K$ связано) $K \subset \subset D$, то $f(z)$ голоморфно продолжается на всю область D .

Следовательно, голоморфные функции многих переменных не могут иметь изолированных особых точек.

Аналогичная теорема в случае сепаратно-гармонических функций доказано в работе Сачико Хамано [2]: пусть D односвязная область из пространство $\mathbb{R}^n(x) \times \mathbb{R}^m(y)$ и $E \subset D$ компактное подмножество не разбивающий область D . Если $u(x, y)$ сепаратно-гармоническая функция в D , то $u(x, y)$ сепаратно-гармонически продолжается в D .

Мы получили следующие результаты для сепаратно-субгармонических функций.

Теорема 1. Пусть D односвязная область из $\mathbb{R}^n(x) \times \mathbb{R}^m(y)$ и $E \subset \subset D$ – компактное подмножество не разбивающий область D , а также предположим, что для любого $y = y_0$ сечение $E \cap \{y = y_0\}$ имеет меры нуль в \mathbb{R}^n . Если функция $u(x, y)$ удовлетворяет следующие условия:

- 1) при каждом $y = y_0$ ($D \cap \{y = y_0\} \neq \emptyset$) функция $u(x, y_0) \in Sh((D \setminus E) \cap \{y = y_0\}) \cap C^2(D \cap \{y = y_0\})$;
- 2) при каждом $x = x_0$ ($D \cap \{x = x_0\} \neq \emptyset$) функция $u(x_0, y) \in h((D \setminus E) \cap \{x = x_0\}) \cap \{x = x_0\}$,

то $u(x, y)$ субгармонически продолжается в области D и является гармонической по переменной y .

Теорема 2. Пусть D область из $\mathbb{R}^n(x) \times \mathbb{R}^m(y)$ и $E \subset \subset D$ – компактное подмножество. Если функция $u(x, y)$ сепаратно-субгармоническая в D и субгармоническая в $D \setminus E$, то $u(x, y)$ является субгармонической в D .

Литература

1. Шабат Б.В. Введение в комплексный анализ. Часть II. Москва, изд. «Наука», 1985.
2. Sachiko Hamano. Hartogs-Osgood theorem for separately harmonic functions. Proc. Japan Acad. Vol. 83(A), 2007. pp. 16-18.

3. Jan Wiegierinck. Separately subharmonic functions need not be subharmonic. Proc. of the American math. soc. Vol. 104, №3, November 1988. pp. 770-771.

4. A.Sadullaev. On separately subharmonic functions (Lelong's problem). Annales de la Faculte des Sciences de Toulouse. Vol. XX, n° Special, 2011. pp. 183-187.

© Ибодуллаева Н.М., 2018 г.

УДК 517.52

ОБ ОДНОЙ ТЕОРЕМЕ ТИПА ТЕОРЕМЫ КАРЛЬСОНА.

Кужаев Арсен Фанилевич

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Будем говорить, что функция f обращается в нуль на последовательности $\Lambda = \{\lambda_n, m_n\}_{n=1}^{+\infty}$, если $f(\lambda_n) = 0$, $n \in \mathbb{N}$ с кратностью, не меньшей, чем m_n . Обозначать это будем так: $f(\Lambda) = 0$. Считаем, что все числа λ_n образуют строго возрастающую последовательность положительных чисел, а m_n – натуральные числа. Для таких последовательностей рассмотрим следующие характеристики, называемые верхней плотностью и максимальной плотностью соответственно:

$$\bar{n}(\Lambda) := \overline{\lim}_{t \rightarrow +\infty} \frac{1}{t} \sum_{\lambda_n \leq t} 1, \quad \bar{n}_0(\Lambda) := \lim_{\delta \rightarrow 0^+} \overline{\lim}_{t \rightarrow +\infty} \frac{1}{\delta t} \sum_{t(1-\delta) < \lambda_n \leq t} 1.$$

Используя результаты работы [1], можно доказать следующее утверждение. Данный результат является обобщением теоремы 1 работы [2], которая, в свою очередь, является теоремой типа Карльсона о целых функциях (см., например, [3]).

Теорема 1. Пусть последовательность $\Lambda = \{\lambda_n, m_n\}_{n=1}^{+\infty}$, $\lambda_n > 0$ имеет конечную максимальную плотность $\bar{n}_0(\Lambda) = \Delta < \infty$, и $\varepsilon > 0$ – любое. Для того, чтобы для любой целой функции f из условий

$$\ln |f(z)| \leq \tau |z| + K, \quad z \in \mathbb{C}, \quad \tau < \infty, \quad (A)$$

$$\ln |f(iy)| \leq (c + \varepsilon)|y| + K, \quad |y| \leq y(\varepsilon), \quad c < \Delta \pi, \quad (B)$$

$$f(\Lambda) = 0, \quad (C)$$

следовало бы, что $f \equiv 0$, необходимо и достаточно, чтобы

$$\bar{n}(\Lambda) = \Delta.$$

Литература

1. Кривошеев А. С., Кужаев А. Ф. Об одной теореме Леонтьева-Левина. // Уфимский математический журнал. 2017. Т. 9, вып. 3. С. 89-101.

2. Rubel L. A. Necessary and sufficient conditions for Carlson's theorem on entire functions.

3. Левин Б. Я. Распределение корней целых функций. М. : Гостехиздат, 1956.

© Кужаев А.Ф., 2018 г.

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СРЕДНИЕ ВЫПУКЛЫХ ФУНКЦИЙ

Мурысов Роман Русланович

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Определение. Функция $f : D \rightarrow E$, где D, E —некоторые вещественные числовые множества, называется выпуклой, если $\forall x_1, x_2 \in D$

$$f(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \leq \lambda f(x_1) + (1 - \lambda)f(x_2), \text{ где } 0 \leq \lambda \leq 1.$$

Существуют различные преобразования, сохраняющие выпуклость функций.

Например:

1) Пусть $f : D \rightarrow E, g : D \rightarrow E$, где D, E — некоторые вещественные числовые множества, f, g — выпуклые функции. Тогда функция $f + g$ является выпуклой.

2) Пусть $c > 0, f : D \rightarrow E$ — выпуклая функция, тогда cf — выпуклая функция.

Для различных классов выпуклых функций также существуют преобразования, сохраняющие свойства этих классов, в том числе выпуклость.

Например:

1) Пусть $f, g : [0; +\infty) \rightarrow [0; +\infty)$ — положительные возрастающие выпуклые функции, тогда их произведение $f \cdot g$ также является положительной возрастающей выпуклой функцией.

2) Пусть $f, g : [0; +\infty) \rightarrow [0; +\infty)$ — положительные возрастающие выпуклые функции, тогда их суперпозиция $f \circ g$ также является положительной возрастающей выпуклой функцией.

В данной работе найдены достаточные условия для того, чтобы операция взятия интегрального среднего от двух положительных возрастающих выпуклых функций сохраняла их положительность, возрастание и выпуклость.

Литература

1. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления: Учебник. В 3-х тт. Т.1.-- 12-е изд., стер.-- Спб.: Издательство «Лань», 2018. – 608 с.

2. Привалов И.И. Субгармонические функции. Изд. Стереотип. – М.: Книжный дом «Либроком». 2018.--200с.

© Мурысов Р.Р., 2018 г.

О ЗАДАЧЕ ШАПИРО ДЛЯ ОБОБЩЕННОГО ОПЕРАТОРА ДАНКЛА

Рахимова А.И.¹, Напалков В.В.^{1,2}

¹ Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

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

В пространстве целых функций $H(\mathbb{C})$ рассматривается обобщенный оператор Данкла A . В зависимости от взятой постоянной величины m получаются различные операторы, в частности, при $m = 2$ он является обычным оператором Данкла.[1]

Он определяется для некоторой целой функции $f(z)$ по следующей формуле:

$$Af(z) = \frac{d}{dz}f(z) + \frac{c}{z} \sum_{n=0}^{m-1} \gamma_n f(\gamma_n z),$$

где c — положительное вещественное число, а коэффициенты γ_n имеют вид $\gamma_n = e^{\frac{2\pi i n}{m}}$, $n = (0; m - 1)$.

Данный оператор отображает пространство целых функций $H(\mathbb{C})$ в то же самое пространство. При его кратном применении любое конечное число раз к пространству $H(\mathbb{C})$ для пространств прообразов и образов эта закономерность всегда сохраняется.

Задача Шапиро состоит в изучении того, когда имеет место представление Фишера: $H(\mathbb{C}) = Ker M_\varphi + \{\psi(z) \cdot r(z) : r(z) \in H(\mathbb{C})\}$, где M_φ — оператор обобщенной свертки Данкла в пространстве $H(\mathbb{C})$.

Теорема. Любая функция $f(z)$ из пространства целых функций может быть разложена на сумму функций следующего вида:

$$f(z) = u(z) + \varphi(z) \cdot r(z),$$

где функции $u(z)$ и $r(z)$ такие, что $u(z) \in Ker M_\varphi$, $r(z) \in H(\mathbb{C})$.

Литература

1. Напалков В.В., Напалков В.В.(мл.) Операторы Данкла как операторы свертки // Доклады Академии наук, 2008, т. 423, № 3, с. 300-302.

© Рахимова А.И., Напалков В.В., 2018 г.

СУБГАРМОНИЧЕСКИЕ ТЕСТОВЫЕ ФУНКЦИИ

Розит Алексей Петрович

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Пусть голоморфная функция f в области D из \mathbb{C}^n удовлетворяет условию $|f| \leq e^M$ на D (поточечно), где $M \neq -\infty$ - субгармоническая в D функция с мерой Рисса ν_M . Мы указываем различные способы построения широких классов субгармонических *тестовых* функций, которые определяются как неотрицательные субгармонические и ограниченные в $D \setminus S_0$ функции для некоторого компакта $S_0 \sqsubset D$, стремящиеся к нулю при приближении к границе области D . Конечность интеграла по $D \setminus S_0$ от тестовой функции по мере ν_M при расходимости интеграла по $D \setminus S_0$ от той же тестовой функции по $(2n-2)$ -мере Хаусдорфа на нулевом множестве функции f позволяет заключить, что $f \equiv 0$ на D . Таким образом, каждая новая построенная тестовая функция даёт теорему единственности.

Приведем пример построения тестовых функций на основе гармонических функций.

Всюду предполагаем, что D – собственная подобласть \mathbb{C}_∞^n , а $S_0 \sqsubset D$ – непустое компактное подмножество с непустой внутренностью в D в топологии, индуцированной \mathbb{C}_∞^n , т.е.

$$\exists z_0 \in \text{int } S \sqsubset S = \text{clos } S \sqsubset D \neq \mathbb{C}_\infty^n.$$

Теорема 1. Пусть $g, s \in \text{har}(D \setminus S_0)$, функция $g > 0$ и ограничена на $D \setminus S_0$, $\lim_{\partial D} g = 0$, а функция $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^+$ выпуклая и ограниченная на образе $(s/g)(D \setminus S_0)$. Тогда $g f(s/g) \in \text{sbh}_0^+(D \setminus S_0)$ – тестовая функция.

Пример. Пусть D – регулярная область с функцией Грина $g_D(\cdot, z_0)$ с полюсом $z_0 \in \text{int } S_0$, $s \in \text{har}(D \setminus S_0)$, $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^+$ – выпуклая функция, ограниченная на образе $(s/g_D)(D \setminus S_0)$. Тогда

$$g_D f(s/g_D) \in \text{sbh}_0^+(D \setminus S_0).$$

В качестве функции s можно выбирать, например, $s = 1$ или функцию Грина $g_{\widehat{D}}$ произвольной области \widehat{D} с неполярной границей, включающей в себя область D . В частности, в последнем случае по принципу подчинения для функций Грина с полюсами z_0 при $D \subset \widehat{D}$ всегда

$$\frac{g_{\widehat{D}}}{g_D} \geq 1 \quad \text{на } D.$$

Литература

1. Б.Н. Хабибуллин, З.Ф. Абдуллина, А.П. Розит, Теорема единственности и субгармонические тестовые функции, *Алгебра и анализ*, 2018, том 30, выпуск 2, 318-334

© Розит А.П., 2018 г.

УДК 517.518.3

**BASES FROM GENERALIZED FABER POLYNOMIALS IN
WEIGHTED SMIRNOV SPACES**

Sadigova Sabina, Mamedova Natavan, Mamedova Zahira

Institute of Mathematics and Mechanics of NAS of Azerbaijan, Baku,
Azerbaijan

Department of Informatics, Ganja State University, Ganja, Azerbaijan
British School in Baku, Baku, Azerbaijan

The present paper considers generalized Faber polynomials defined inside and outside a regular curve on the complex plane. The weighted Smirnov spaces corresponding to bounded and unbounded regions are defined. It is proved that the generalized Faber polynomials forms a basis in weighted Smirnov spaces, if the weight function satisfies the Mackenhaupt condition on the regular curve. Let us note that the Mackenhaupt condition plays a special role in basicity of the trigonometric systems in weighted Lebesgue spaces (see e.g. [1;2]).

Интература

1. R.A. Hunt, Wo-Sang Young, "A weighted norm inequality for Fourier series", Bulletin of the American Mathematical Society, **80**(2), (1974), 274-277
2. P.K. Suetin, Series of Faber polynomials, Moscow, Nauka, 1984, 236 p.

© Sadigova S., Mamedova N., Mamedova Z., 2018 г.

SUBHARMONIC TEST FUNCTIONS AND THE DISTRIBUTION OF ZERO SETS OF HOLOMORPHIC FUNCTIONS

Tamindarova N.R.

Bashkir State University, Ufa, Bashkortostan, Russian Federation.

Let $D \subset R_\infty^m$ is a regular domain with Green's function $g_D := g_D(\cdot, x_0)$ (with the pole at $x_0 \in D$). We set

$$D_t := \{x \in D: g_D(x, x_0) > t\} \ni x_0, 0 < t \leq t_0 \in R_*^+. \quad (1)$$

Proposition 1. Let $q: [0, t_0) \rightarrow R^+$ be a convex function that $q(0) = 0$. Then the superposition $q \circ g_D$ is a test function for D outside of D_{t_0} , i. e. $q \circ g_D \in sbh_0^+(D \setminus \overline{D_{t_0}})$.

Proposition 2. Let $F: (-R_*^+) \rightarrow R$ be a convex increasing function, $F(-\infty) := \lim_{x \rightarrow -\infty} F(x) \in R_{-\infty}$ where $(-R_*^+) := R_{-\infty} \setminus R^+$. Then the superposition $F \circ (-g_D)$ is subharmonic on D .

A uniqueness theorem with Green's functions. For simplicity, we assume that the boundaries ∂D and ∂D_t of D_t from (1) belong to the class C^2 .

Theorem 2 (see [1, Theorem 7] for $n = 1$). *Suppose that the functions q and F are the same as in Propositions 1 and 2. Let $q \in C^1(0, t_0)$ and $F \in C^1(-R_*^+)$, and $\int_0^{t_0} q'(t)F'(-t)dt < +\infty$.* (2)

If the function $f \in Hol(D)$ with zero set $Zero_f \supset Z$ satisfies the conditions

$$|f| \leq \exp(F \circ (-g_D)) \text{ on } D, \int_0^{t_0} q'(t)S_{Z,D}(t)dt = +\infty, \quad (3)$$

where $S_{Z,D}(t)dt = \sigma_{2n-2}(Z \cap D_t)$, $t \in (0, t_0)$ then $f = 0$ on D .

We will provide a more general and subtle results on the test functions and their construction elsewhere.

References

1. Bulat Khabibullin, Nargiza Tamindarova, *Distribution of zeros and masses for holomorphic and subharmonic functions. I. Hadamard- and Blaschke-type conditions*, <http://arxiv.org/pdf/1512.04610v2.pdf> [math.CV], 12/2015–03/2016, 70 pages, list of references 71. This work submitted to the journal *Matematicheskiĭ sbornik* (in Russian) in 2015 (“Sbornik: Mathematics”, Engl. transl.), to appear.
2. Bulat N. Khabibullin, Nargiza R. Tamindarova, *Subharmonic test functions and the distribution of zero sets of holomorphic functions*, 2016, 9pp., submitted to *Lobachevskii Journal of Mathematics* (June 2016), arXiv:1606.06714v1 [math.CV]

© Tamindarova N.R., 2018 г.

СЕКЦИЯ «ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ»

УДК 517.2

КВАНТОВАНИЕ ОДНОЙ ГАМИЛЬТОНОВОЙ СИСТЕМЫ КИМУРЫ

Павленко Виктор Александрович

Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия

В работе рассматриваются два совместных между собой линейных дифференциальных уравнения с временами t_1 и t_2 , которые зависят только от двух пространственных переменных. Такого рода уравнения являются аналогами уравнений Шредингера, которые определяются гамильтонианами Кимуры, см.[1].

В работе показано, что решения гамильтоновой системы Кимуры $H^{2+l+l+1}$ явным образом задаются совместными системами $H^{2+l+l+1}$ Накамуры, см.[2].

Следует заметить, что в работах Кимуры имеется еще целый ряд уравнений, которые задаются гамильтонианами. Все они являются аналогами уравнения Шредингера. Оставшиеся такие уравнения будут рассматриваться и изучаться в последующих работах.

Литература

1. Hironodu Kimura. The degeneration of the two dimensional Garnier system and the polynomial Hamiltonian structure. Vol. 4 CLV(1959), pp. 24 – 74
2. Hiroshi Kawakami, Akane Nakamura and Hidetaka Sakai/ Degeneration scheme of 4-dimentional Painleve-type equations. <http://arXiv:1209.3836v3> [math.CA] 4 Aug 2016

© Павленко В.А., 2018 г.

УДК 517.955.8

АСИМПТОТИКА РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ЛАПЛАСА СО СМЕНОЙ ТИПА ГРАНИЧНОГО УСЛОВИЯ НА ДВУХ МАЛЫХ УЧАСТКАХ

Русанова Мария Игоревна, Ершов Александр Анатольевич
Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия
Институт математики и механики, г. Екатеринбург, Россия

Рассматривается задача нахождения асимптотического разложения функции $u(x_1, x_2, x_3, \varepsilon) \in C^\infty(\Omega) \cap C(\bar{\Omega})$, являющейся решением краевой задачи

$$\begin{cases} \Delta u = 0, & x \in \Omega, \\ \frac{\partial u}{\partial \mathbf{n}} = \psi(x), & x \in \partial\Omega \setminus \{\gamma_1^\varepsilon \cup \gamma_2^\varepsilon\}, \\ u(x_1, x_2, 0) = \varphi_1\left(\frac{x_1}{\varepsilon}, \frac{x_2}{\varepsilon}\right), & x \in \gamma_1^\varepsilon, \\ u(x(y_1, y_2, 0)) = \varphi_2\left(\frac{y_1}{\varepsilon}, \frac{y_2}{\varepsilon}\right), & y \in \gamma_2^\varepsilon, \end{cases}$$

где $x = (x_1, x_2, x_3)$, \mathbf{n} – внешняя нормаль, Ω – некоторая область с границей $\partial\Omega \in C^\infty$, граничные функции $\psi \in C^\infty(\partial\Omega)$, $\varphi_1 \in C^\infty(\gamma_1^\varepsilon)$, $\varphi_2 \in C^\infty(\gamma_2^\varepsilon)$, γ_1^ε и γ_2^ε – малые участки границы, размер которых характеризуется малым параметром $0 < \varepsilon \ll 1$, и которые расположены на уплощенных частях границы $\partial\Omega$.

Методом согласования асимптотических разложений [1] построено и обосновано двухмасштабное асимптотическое разложение функции $u(x_1, x_2, x_3, \varepsilon)$ по малому параметру ε с точностью до решения краевых задач.

Физической интерпретацией решения данной задачи может являться электрический потенциал при протекании тока через образец при условии наличия потерь электрического заряда через изоляцию.

Работа выполнена при поддержке гранта Фонда развития теоретической физики и математики "БАЗИС".

Литература

1. Ильин А. М. Согласование асимптотических разложений решений краевых задач. М.: Наука, 1989. – 256 с.

© Русанова М.И., Ершов А.А., 2018 г.

ОБ ИНВАРИАНТНЫХ ПОДМОДЕЛЯХ РАНГА 2 КАНОНИЧЕСКОГО ВИДА

Сираева Дилара Тахировна

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

Уравнения гидродинамического типа [1]:

$$\begin{aligned} \vec{u}_t + (\vec{u} \cdot \nabla) \vec{u} + \rho^{-1} \nabla p &= 0, \\ \rho_t + (\vec{u} \cdot \nabla) \rho + \rho \operatorname{div} \vec{u} &= 0, \\ p_t + (\vec{u} \cdot \nabla) p + \rho f_\rho \operatorname{div} \vec{u} &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\vec{u} = (u, v, w)$ – вектор скорости, ρ – плотность, p – давление, с уравнением состояния специального вида

$$p = f(\rho) + g(S), \quad (2)$$

где S – энтропия, допускают двенадцатимерную алгебру Ли. В рамках программы ПОДМОДЕЛИ, поставленной академиком РАН Л. В. Овсянниковым [1], для данной алгебры Ли построена оптимальная система неподобных подалгебр [2].

По двумерным подалгебрам из оптимальной системы подалгебр [2] построены инвариантные подмодели ранга 2 канонического вида эволюционного и стационарного типов [3, 4].

Литература

1. Овсянников Л.В. Программа ПОДМОДЕЛИ. Газовая динамика. Прикладная математика и механика, Москва: РАН. 1994. Т. 58, вып. 4. С. 30-55.
2. Сираева Д.Т. Оптимальная система неподобных подалгебр суммы двух идеалов. // Уфимский математический журнал. 2014. Т. 6, № 1. С. 94-107.
3. Мамонтов Е.В. Инвариантные подмодели ранга два уравнений газовой динамики // Прикладная механика и техническая физика. 1999. Т. 40, вып. 2. С. 50-55.
4. Хабиров С. В. Аналитические методы в газовой динамике. Уфа. Гилем. 2003. 192 с.

© Сираева Д.Т., 2018 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОЛИНОМИАЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА В ЗАДАЧЕ ШТУРМА-ЛИУВИЛЛЯ

Утяшев Ильнур Мирзович

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

В работе рассматривается обратная задача по определению коэффициентов q_i ($i=1..n$) полиномиального потенциала вида $q(x) = q_0 + q_1x + \dots + q_{n-1}x^{n-1}$, где $q_m \in \mathbb{P}$ ($m=1,2,\dots,n-1$). Ранее авторским коллективом решена аналогичная задача для случая линейного потенциала $q(x) = q_0 + q_1x$ [1].

В частности, показано, что потенциал $q(x)$ может быть однозначно определен по спектрам двух задач L_0 и L_1 , где через L_0 и L_1 обозначены следующие задачи Штурма-Лиувилля:

Задача L_0 :

$$ly = -y'' + q(x)y = \lambda^2 y, \quad y(0) = y(1) = 0; \quad (1)$$

Задача L_1 :

$$ly = -y'' + q(x)y = \lambda^2 y, \quad y'(0) = y(1) = 0; \quad (2)$$

Метод решения поставленной задачи основан на поиске линейно независимых решений задач L_0 и L_1 в виде ряда Тейлора по переменным x и λ , а также на методе вариации произвольной постоянной.

При помощи математического пакета Maple получено численное решение задачи. Показано, что для однозначного определения n неизвестных коэффициентов полиномиального потенциала $q(x)$ требуется m ($m < n$) собственных значений задачи (1) и $k = n - m$ задачи (2).

Автор благодарит проф. Ахтямова А.М. за постановку задачи и помощь при выполнении данной работы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 18-01-00150-А, 17-41-020230-р_а, 17-41-020400-р_а).

Литература

1. Ахтямов А.М., Утяшев И.М. Восстановление линейного потенциала в задаче Штурма-Лиувилля // Труды Института механики им. Р.Р. Мавлютова Уфимского научного центра РАН. 2017. Т. 12, № 2. С. 152–156.

НЕЛОКАЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ПРИЛОЖЕНИЯХ К ЭВОЛЮЦИОННЫМ УРАВНЕНИЯМ

Фатыхова А.И.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одной из важнейших задач в теории уравнений в частных производных является построение точного решения краевых задач. Известно, что для решения этой проблемы используется групповой анализ дифференциальных уравнений [1].

В данной работе рассматриваются нелокальные преобразования вида

$$\begin{aligned} dy &= a(x, u)dx + b(x, u, u_x)dt, \\ a(x, u) &= \varphi(y, v). \end{aligned} \quad (1)$$

и их приложения к эволюционным уравнениям, которые линейризуются при помощи преобразований (1) [2].

При помощи нелокального преобразования типа (1)

$$\begin{aligned} dx &= v(y, t)dy + v_y(y, t)dt, \\ u(x, t) &= -\frac{v^2(y, t)}{2}, \end{aligned} \quad (2)$$

классическая задача Стефана для нелинейного уравнения теплопроводности

$$\begin{aligned} u_t &= -2uu_{xx} + u_x^2, -\infty < x < x(t), t > 0, \\ u(x, 0) &= \varphi(x), -\infty < x \leq 0, \\ u(x(t), t) &= \psi(t), t > 0, \\ \frac{dx(t)}{dt} &= -u_x(x(t), t) + f(t), t > 0, x(0) = 0, \end{aligned} \quad (3)$$

была сведена к краевой задаче для линейного уравнения

$$\begin{aligned} v_t &= v_{yy}, -\infty < y < h(t), t > 0, \\ v(y, 0) &= g(y), -\infty < y \leq 0, \\ v(h(t), t) &= p(t), t \geq 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Была выведена связь между решениями задач (3) и (4), а также приведена схема построения решения задачи (4).

Литература

1. Ибрагимов Н.Х. Группы преобразований в математической физике. М.: Наука, 1983. 280 с.
2. Свинолулов С.И. Эволюционные уравнения второго порядка, обладающие симметриями // Успехи математических наук. – 1985. – Т. 40. – №. 5. С. 263-264.

© Фатыхова А.И., 2018 г.

**ПРИБЛИЖЕННОЕ ПОСТРОЕНИЕ ГРАНИЦ ОБЛАСТЕЙ
УСТОЙЧИВОСТИ НЕАВТОНОМНЫХ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ**

Юмагулов М.Г., Ибрагимова Л.С., Мустафина И.Ж.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Рассмотрим уравнение

$$\frac{dx}{dt} = A(t, \alpha, \beta)x + a_2(x, t, \alpha, \beta) + a_3(x, t, \alpha, \beta) + \widetilde{a}_4(x, t, \alpha, \beta), \quad x \in R^2, \quad (1)$$

где матрица $A(t, \alpha, \beta)$ и нелинейности $a_i(x, t, \alpha, \beta)$, $i = 2, 3$ гладко зависят от двух скалярных параметров α, β и являются непрерывными, T -периодическими по t ; а нелинейность $\widetilde{a}_4(x, t, \alpha, \beta)$ гладко зависит от x и равномерно по t, α, β и удовлетворяет соотношению: $\|\widetilde{a}_4(x, t, \alpha, \beta)\| = O(\|x\|^4)$ при $\|x\| \rightarrow 0$ и также является T -периодическим по t . Здесь и ниже символ $\|\cdot\|$ обозначает евклидовы нормы векторов и квадратных матриц.

Уравнение (1) при всех значениях параметров α и β имеют точку равновесия $x = 0$, которая при одних значениях параметров может быть устойчивым по Ляпунову, а при других – неустойчивым. Связное множество G в плоскости параметров (α, β) будем называть областью устойчивости (областью неустойчивости) точки равновесия $x = 0$ системы (1), если для любого $(\alpha, \beta) \in G$ эта точка является устойчивой (неустойчивой). Границы областей устойчивости и неустойчивости, как правило, представляют собой некоторые кривые γ .

Наряду с (1) будем рассматривать линейную систему

$$\frac{dx}{dt} = A(t, \alpha, \beta)x, \quad x \in R^2. \quad (2)$$

Ясно, что точка (α_0, β_0) плоскости (α, β) может быть граничной для области устойчивости точки равновесия $x = 0$ системы (1), если линейная система (2) при $\alpha = \alpha_0$ и $\beta = \beta_0$ имеет хотя бы один мультипликатор, модуль которых равен единице, а другой – не превосходит по модулю единицы. В этом случае через точку (α_0, β_0) может проходить одна или несколько граничных кривых. В первом случае точку (α_0, β_0) назовем регулярной, а во втором – сингулярной граничной точкой.

В работе предлагается новый общий подход, позволяющий изучать вопросы о регулярных и сингулярных граничных точках и получать приближенные формулы в задаче построения границ областей устойчивости системы (1).

Предположим, что при $\alpha = \alpha_0$ и $\beta = \beta_0$ матрица $A_0 = A(t, \alpha_0, \beta_0)$ от t не зависит. Будем рассматривать случай, когда матрица A_0 имеет

простое собственное значение 0, а другое ее собственное значение является отрицательным.

Обозначим через e и g собственные векторы матрицы A_0 и транспонированной матрицы A_0^* соответственно, отвечающие собственному значению 0. Эти векторы можно считать нормированными равенствами: $\|e\| = 1$ и $(e, g) = 1$. Здесь и ниже символ (\cdot, \cdot) обозначает скалярное произведение векторов.

Положим

$$\zeta_1 = \int_0^T (A'_\alpha(t, \alpha_0, \beta_0)e, g) dt, \quad \zeta_2 = \int_0^T (A'_\beta(t, \alpha_0, \beta_0)e, g) dt.$$

Ниже будем предполагать, что выполнено соотношение: $\zeta_1^2 + \zeta_2^2 \neq 0$.

Тогда уравнение

$$\zeta_1 \cos \varphi + \zeta_2 \sin \varphi = 0 \quad (3)$$

имеет на промежутке $0 \leq \varphi < 2\pi$ в точности два решения $\varphi = \varphi^*$ и $\varphi = \varphi^* + \pi$.

Теорема 1. Пусть матрица A_0 имеет простое собственное значение 0, а другое ее собственное значение является отрицательным и выполнено соотношение $\zeta_1^2 + \zeta_2^2 \neq 0$. Пусть φ^* – решение уравнения (3). Тогда: точка (α_0, β_0) плоскости (α, β) является регулярной граничной точкой области устойчивости точки равновесия $x = 0$ системы (1); и параметрически заданная прямая $\alpha = \alpha_0 + \mu \cos \varphi^*$, $\beta = \beta_0 + \mu \sin \varphi^*$ является касательной к граничной кривой.

Литература

1. Розо М. Нелинейные колебания и теория устойчивости. М.: Наука. 1971. 288с.

© Юмагулов М.Г., Ибрагимова Л.С., Мустафина И.Ж., 2018 г.

СЕКЦИЯ «СПЕКТРАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОПЕРАТОРОВ»

УДК 517.927.25

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ПОРТРЕТЫ МОДЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ, СВЯЗАННОЙ С ОПЕРАТОРОМ ОРРА – ЗОММЕРФЕЛЬДА, В СЛУЧАЕ КУСОЧНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Валиуллина Ляйсан Габдулловна, Ишкин Хабир Кабирович
Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Рассмотрим семейство операторов $L_\varepsilon (\varepsilon > 0)$, порожденных в $L^2(0, 1)$ дифференциальным выражением $l_\varepsilon y = i\varepsilon^2 y'' + qy$ и краевыми условиями $y(0) = y(1) = 0$, где q – ограниченная, измеримая, вещественнозначная функция, ε – положительный параметр. При каждом $\varepsilon > 0$ спектр оператора L_ε дискретен и лежит в полуполосе $\Pi = \{z \in \mathbb{C}: m < \operatorname{Re} z < M, \operatorname{Im} z < 0\}$, где $m = \inf_{(0,1)} q, M = \sup_{(0,1)} q$.

Оператор L_ε принято рассматривать в качестве упрощенной модели для хорошо известного в гидродинамике оператора Орра – Зоммерфельда [1,2].

В серии работ А.А. Шкаликова и его учеников (см. [2] и имеющиеся там ссылки) изучался вопрос о поведении спектра оператора L_ε при малых $\varepsilon > 0$. Из результатов этих работ следует, что если q – линейная или квадратичная функция, либо принадлежит классу AM монотонных аналитических (в некоторой окрестности G отрезка $[-1, 1]$) функций, то собственные числа оператора L_ε при малых $\varepsilon > 0$ скапливаются к некоторому множеству Γ формы Y . В связи с этим возникает вопрос:

Каково поведение спектра оператора L_ε в случае, когда функция q не аналитична? Достаточно ли конечная или бесконечная гладкость функции q , чтобы Γ_∞ – неограниченная компонента Γ – состояла из одной кривой?

В предлагаемой работе рассмотрены 2 типа кусочно-голоморфных потенциалов, при которых Γ_∞ удастся построить в явном виде. Первый из них – кусочно-постоянный потенциал с счетным числом скачков, при котором Γ_∞ состоит из счетного числа лучей так, что каждому «куску» соответствует ровно один луч. Второй тип представляет потенциал, склеенный в некоторой промежуточной точке $a \in (0; 1)$ из двух функций, голоморфных в некоторых окрестностях промежутков $[0; a)$ и $(a; 1]$ соответственно и удовлетворяющих некоторым условиям в точке a . Показано, что даже бесконечная дифференцируемость q недостаточна для локализации спектра около одной кривой.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 18-11-00002).

Литература

1. Степин С.А. Несамосопряженные сингулярные возмущения и спектральные свойства задачи Орра-Зоммерфельда // Мат. сборник. Т. 188, № 1. 1997. С. 129-146.
2. Шкаликов А.А. Спектральные портреты оператора Орра-Зоммерфельда при больших числах Рейнольдса. Труды международной конференции по дифференциальным и функционально-дифференциальным уравнениям (Москва, 11-17 августа, 2002). Часть 3. СМФН. Т. 3. М.: МАИ. 2003. С. 89-112.

© Валиуллина Л.Г., И Ишкин Х.К., 2018 г.

УДК 517.9

THE DEGENERATE BOUNDARY CONDITIONS FOR THE THIRD-ORDER DIFFERENTIATION OPERATOR

Gilyazeva S. M.

Department of Math Modeling,
Bashkir State University, Ufa, Russia.

In this paper we have found degenerate three-point boundary conditions for the operator D^3 . The boundary conditions considered in the article can be degenerate only if the intermediate (second) point, which appears in the boundary conditions, lies in the middle between the first and third points (in the center between the ends of the segment). Coefficients of the degenerate boundary conditions are not expressed in radicals, but can be found numerically with any degree of accuracy. Degenerate boundary conditions are the boundary conditions such that the characteristic determinant of the corresponding eigenvalue problem is identically a constant [1, p. 35].

If $c = \frac{1}{2}$, then the case of $\Delta(\lambda) \equiv 0$ is realized if and only if the numbers $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2,$ and b_3 satisfy the following system of equations

$$\begin{aligned}1 + a_1 a_2 a_3 + b_1 b_2 b_3 &= 0, & a_1 b_2 b_3 + a_2 b_1 b_3 + a_3 b_1 b_2 &= 0, \\ a_1 a_2 b_3 + a_1 a_3 b_2 + a_2 a_3 b_1 &= 0, & a_1 + a_2 + a_3 + b_1 b_2 + b_1 b_3 + b_2 b_3 &= 0, \\ a_1 a_2 + a_1 a_3 + a_2 a_3 + b_1 + b_2 + b_3 &= 0, \\ a_1 b_2 + a_2 b_3 + a_3 b_1 &= 0, & a_1 b_3 + a_2 b_1 + a_3 b_2 &= 0.\end{aligned}$$

The case of $\Delta(\lambda) \equiv C \neq 0$ is realized if and only if the numbers $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2,$ and b_3 satisfy the following system of nonlinear equations

$$\begin{aligned} 1 + a_1 a_2 a_3 + b_1 b_2 b_3 &= C, & a_1 b_2 b_3 + a_2 b_1 b_3 + a_3 b_1 b_2 &= 0, \\ a_1 a_2 b_3 + a_1 a_3 b_2 + a_2 a_3 b_1 &= 0, & a_1 + a_2 + a_3 + b_1 b_2 + b_1 b_3 + b_2 b_3 &= 0, \\ a_1 a_2 + a_1 a_3 + a_2 a_3 + b_1 + b_2 + b_3 &= 0, \\ a_1 b_2 + a_2 b_3 + a_3 b_1 &= 0, & a_1 b_3 + a_2 b_1 + a_3 b_2 &= 0. \end{aligned}$$

References

1. V.A. Marchenko; Sturm-Liouville Operators and Their Applications, Kiev, 1977 (in Russian); English transl.: Birkh`auser, Basel, 1986.

© Gilyazeva S.M., 2018 г.

УДК 517.984

ОБ АНАЛИТИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЯХ НЕСАМОСПРЯЖЕННОГО АНГАРМОНИЧЕСКОГО ОСЦИЛЛЯТОРА

Марванов Р.И., Ишкин Х.К.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Пусть $H(\alpha, \theta)$ – оператор, действующий в $L^2(0, +\infty)$ по правилу

$$H(\alpha, \theta)y = -y'' + e^{i\theta} x^\alpha y \quad (1)$$

$$D(H(\alpha, \theta)) = \{y \in L^2(0, +\infty) : y, y' \in AC[0, +\infty),$$

$$-y'' + e^{i\theta} x^\alpha y \in L^2(0, +\infty), y(0) = 0\} \quad (2)$$

где $\theta \in (-\pi, \pi)$ и $\alpha \in (0, +\infty)$.

Известно [1,2], что спектр $H(\alpha, \theta)$ дискретен, все собственные числа простые и лежат на луче $\arg z = 2\theta/(2 + \alpha)$. В работе [3] показано, что бесконечно дифференцируемое финитное возмущение может разбить спектр оператора $H(\alpha, \theta)$ на 2 серии, локализованные около лучей $\arg \lambda = \frac{2\theta}{2 + \alpha}$ и $\arg \lambda = 0$. В связи с этим возникают вопросы:

1) Существуют ли нефинитные возмущения, сохраняющие асимптотику спектра оператора $H(\alpha, \theta)$?

2) Могут ли появиться в спектре возмущенного оператора дополнительные серии при возмущениях, вызванных прибавлением к $e^{i\theta} x^\alpha$ функции, голоморфной в некоторой окрестности $(0, +\infty)$?

Нами построены примеры, дающие положительный ответ на поставленные вопросы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 18-11-00002).

Литература

1. Лидский В.Б. Условия полноты системы корневых подпространств у не-самосопряженных операторов с дискретным спектром. Тр. ММО Т.8. 1959.С. 83-120.

2. Ишкин Х.К. О спектральной неустойчивости оператора Штурма-Лиувилля с комплексным потенциалом, Диффер. Уравнения. Т. 45, 4.2009. С.480-495.

[3] Ишкин Х.К. О критерии локализации собственных чисел спектрально-неустойчивого оператора, Докл.АН. 429. 2009, 3, С. 301-304.

© Марванов Р.И., Ишкин Х.К., 2018г.

УДК 517.984.46

ОБ АППРОКСИМАЦИИ НЕСКОЛЬКИХ СОБСТВЕННЫХ ЧИСЕЛ САМОСОПРЯЖЕННОГО ПОЛУОГРАНИЧЕННОГО ЛИНЕЙНОГО ОПЕРАТОРА В ГИЛЬБЕРТОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Шарипов Р. А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Теорема 1. Пусть F ограниченный снизу самосопряженный линейный оператор с областью определения $D(F)$ в гильбертовом пространстве H , дискретный спектр которого непуст и содержит по крайней мере m собственных чисел, расположенных в порядке неубывания $\lambda_{\min} = \lambda_1 \leq \dots \leq \lambda_m$ с числом повторов каждого из них, кроме быть может последнего, равным его кратности. Пусть X_1, \dots, X_m — линейно независимые собственные векторы, отвечающие собственным числам $\lambda_{\min} = \lambda_1 \leq \dots \leq \lambda_m$, и пусть для каждого вектора X_k задана последовательность векторов X_{kn} из области определения $Q(F)$ связанной с оператором F полуторалинейной формы q_F , такая, что

$$X_k = \lim_{n \rightarrow \infty} X_{kn} \quad \text{и} \quad \lim_{n \rightarrow \infty} q_F(X_{kn}, X_{qn}) = \langle X_k | FX_q \rangle,$$

где $1 \leq k, q \leq m$. В этих предположениях

$$\lambda_k = \lim_{n \rightarrow \infty} \mu_k^{(n)} \quad \text{для всех } k = 1, \dots, m,$$

где $\mathcal{E}_{\min}^{(n)} = \mathcal{E}_1^{(n)} \leq \dots \leq \mathcal{E}_m^{(n)}$ — первые m собственных чисел оператора FV_n , порождённого сужением формы q_F на конечномерное подпространство $V_n = \text{Span}(\{X_{k,s}, \text{ где } 1 \leq k \leq m, 1 \leq s \leq n\}) \subset Q(F)$, взятых начиная с наименьшего в порядке неубывания с числом повторов, равным кратности для всех, кроме быть может последнего. Теорема 1 обобщает теорему XIII.4 из [1], лежащую в основе метода Рэлея-Рица. Она может найти своё применение в квантовой химии.

Литература

1. Рид М., Саймон Б., Методы современной математической физики, Т.4. Анализ операторов, изд-во Мир, Москва, 1982.

© Шарипов Р. А., 2018 г.

СЕКЦИЯ «МЕХАНИКА»

УДК 534.113

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ЗАКРЕПЛЕНИЯ КОНЦА СТЕРЖНЯ ПО МИНИМАЛЬНОМУ ЧИСЛУ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ ЕГО КОЛЕБАНИЙ

Аитбаева А.А.

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

Рассматривается однородный стержень, левый конец которого заделан. Требуется определить вид краевого условия правого конца стержня по собственным частотам его колебаний. В отличие от работы [1], где восстанавливался один из следующих десяти видов краевого условия: заделка, свободное опирание, свободный конец, плавающая заделка, пять видов упругого закрепления, инерционный элемент на конце, здесь, добавлен случай, когда инерционный элемент упруго закреплен на двух пружинках. Показано, что по минимальному числу собственных частот, а именно пяти, можно однозначно определить уже один из одиннадцати видов закрепления конца стержня.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 17-41-020230 p_a).

Литература

1. Аитбаева А.А., Ахтямов А.М. Об однозначности определения вида краевых условий на одном из концов стержня по трем собственным частотам его колебаний // Прикладная математика и механика. Т. 80, вып. 3. 2016, с. 388-394.

© Аитбаева А.А., 2018 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА И ПАРАМЕТРОВ ДЕФЕКТА СТЕРЖНЯ ПО СОБСТВЕННЫМ ЧАСТОТАМ ЕГО ПРОДОЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Зубайдуллина Зарина Радиковна

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Спектральная задача для продольных колебаний стержня с дефектом посередине стержня и заделанными концами имеет следующий вид [10]:

$$\begin{aligned} y^{(2)} &= -\lambda^2 y, \quad y_1(0) = 0, \quad y_2(1) = 0, \\ C \left(y_2 \left(\frac{1}{2} \right) - y_1 \left(\frac{1}{2} \right) \right) &= y_1' \left(\frac{1}{2} \right) - M \lambda^2 y_2 \left(\frac{1}{2} \right) \\ y_1 \left(\frac{1}{2} \right) &= y_2' \left(\frac{1}{2} \right) + M \lambda^2 y_2 \left(\frac{1}{2} \right) \end{aligned}$$

Здесь $y = y(x)$ – функция, характеризующая вертикальное смещение стержня при $x \in (0, 1)$, $y_1 = y(x)$ – функция, характеризующая смещение стержня при $x \in (0, 1/2)$, $y_2 = y(x)$ – функция, характеризующая смещение стержня при $x \in (1/2, 1)$, C – коэффициент жесткости пружины, M – точечная масса (для полости она отрицательна), λ – спектральный параметр.

Показано, что по собственным значениям λ_k краевой задачи можно найти вид условий сопряжения, а также их параметры: C и M ..

Литература

1. Ахтямов А. М., Сатыев Э.И. Определение местоположения и объема полости в упругом стержне по двум собственным частотам его колебаний // Дефектоскопия. 2012. №5. С. 78-83.
2. Ахметвалиева Э.Н., Ахтямов А.М. Диагностика поперечного надреза вертикальной штанги // Контроль и диагностика. 2012. № 8. С. 31-34.
3. Ватульян А. О., Солуянов Н. О. Идентификация полости в упругом стержне при анализе поперечных колебаний // ПМТФ. 2008. Т. 49, № 6. С. 152–158.

© Зубайдуллина З.Р., 2018 г.

УДК 532.5.013.12

ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ЛАМИНАРНОГО ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Низамова Аделина Димовна

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

Различные изменения гидравлического напора можно наблюдать при течении жидкости как на сравнительно длинных, так и на коротких участках трубопроводов. Потери напора могут распределяться всей по длине трубопровода – так называемые линейные потери, или на коротких участках – местное гидравлическое сопротивление, когда поток претерпевает какую-либо деформацию. Источником потерь во всех случаях является вязкость жидкости, которая влияет на режим течения жидкости. Потери напора при местных гидравлических сопротивлениях для жидкости с постоянной вязкостью определяются формулой Вейсбаха [1]. В настоящей работе рассмотрена задача о влиянии вязкости жидкости на коэффициент гидравлического сопротивления течения жидкости в канале с переменным сечением.

Рассмотрим течение холодной несжимаемой жидкости с температурной зависимостью вязкости вида $\mu = e^{-\alpha T}$ в плоском канале с неоднородным температурным полем.

Рассмотрено два режима теплового воздействия: нагрев стенок равномерный по всей длине канала; равномерный нагрев стенок до расширения канала, после – охлаждение.

В работе показано, что локальное тепловое воздействие оказывает влияние на коэффициент гидравлического сопротивления течения термовязкой жидкости в канале и способствует уменьшению потери напора.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Проекта «Гидродинамические эффекты в многофазных и термовязких средах при волновом и тепловом воздействии» (№ 0246-2018-0003), Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 17-41-020999-р_а) и гранта для поддержки ведущих научных школ РФ (НШ-2669.2014.1).

Литература

1. Идельчик И. Е. Гидравлические сопротивления. Физико-химические основы. М.: Государственное энергетическое издательство, 1954. – 351.

© Низамова А.Д., 2018 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА И ПАРАМЕТРОВ ДЕФЕКТА СТЕРЖНЯ ПО СОБСТВЕННЫМ ЧАСТОТАМ ЕГО ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Хуснутдинова Гульнара Адиповна

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Спектральная задача для изгибных колебаний стержня с дефектом посередине стержня и свободно опертыми концами имеет следующий вид: $y^{(4)} = \lambda^4 y$, $y^-(0) = 0$, $y'^-(0) = 0$, $y^+(1) = 0$, $y'^+(1) = 0$,

$$y^- = y^+, \quad y'^- = y'^+, \quad y''^- = y''^+ - \frac{C_2}{EJ} y^{\pm'} + \frac{I\omega^2}{EJ} y^{\pm'}$$

$y^{\pm''''} = y^{\pm''''} + \left(\frac{C_1}{EJ} - \frac{M\omega^2}{EJ}\right) y^{\pm}$ при $x = 1/2$ Она изучалась в [1-3].

Здесь $y^- = y(x)$ – функция, характеризующая вертикальное смещение стержня при $x \in (0, 1/2)$, $y^+ = y(x)$ – функция, характеризующая вертикальное смещение стержня при $x \in (1/2, 1)$, λ – спектральный параметр, ω – частотный параметр, связанный со спектральным параметром следующей формулой: $\omega^2 = \frac{EJ\lambda^4}{\rho F}$.

Показано, что по собственным значениям λ_k краевой задачи можно найти вид условий сопряжения, а также их параметры: C_1 , C_2 , M , I .

Литература

1. Ахтямов А. М, Аюпова А. Р. Диагностирование полости в стержне методом отрицательной массы // Дефектоскопия. 2010. Т. 46, № 5. С. 29–35.
2. Ахтямов А.М., Ильгамов М.А. Модель изгиба балки с надрезом: прямая и обратная задачи // Прикладная механика и техническая физика. 2013. Т.54, №1. С. 152-162.
3. Ватульян А. О., Солуянов Н. О. Идентификация полости в упругом стержне при анализе поперечных колебаний // ПМТФ. 2008. Т. 49, № 6. С. 152–158.

© Хуснутдинова Г.А., 2018 г.

УДК 534.631

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДОВОГО СОСТАВА ИЗГИБНЫХ
КОЛЕБАНИЙ ПЛАСТИН ПРИ СОВПАДЕНИИ РЕЗОНАНСНЫХ
ЧАСТОТ**

Андреев А. И., Жуков Е. А., Каминский А. В.

Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия

В теории электрических цепей при анализе переходных процессов широко применяется операторный метод, в котором исследуются зависимости амплитуды и фазы сигнала после обработки электронным устройством от комплексной частоты. При этом мнимая часть частоты отвечает за затухание сигнала. В работе [1] показано, что применение комплексной спектроскопии в оптике при анализе отклика среды на излучение с убывающей амплитудой позволяет различить резонансы с совпадающими частотами. В [1] отмечается, что метод можно распространить и на другие разделы науки, в которых существенны резонансные явления. В настоящей работе рассматривается применение комплексной спектроскопии в акустике. Представим уравнение для смещения U при вынужденных изгибных колебаниях пластины (волн Лэмба), в которых введено слагаемое, отвечающее за затухание по времени, в виде

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} + \gamma \frac{\partial U}{\partial t} + B^2 \Delta^2 U = F_{\omega, \mathbf{k}} \cdot e^{-i\omega t + i\mathbf{k}\mathbf{r}},$$

где γ отвечает за затухание, B - константа. Общее решение имеет вид:

$$U = \frac{F_{\omega, \mathbf{k}} \cdot e^{-i\omega t + i\mathbf{k}\mathbf{r}}}{2\pi(k^4 B^2 + i\gamma_k \omega - \omega^2)}.$$

Выражение для амплитуды смещения U совпадает с выражением для диэлектрической проницаемости, используемой при анализе отклика среды на излучение с затуханием в [1]. Волновые уравнения для электромагнитных и объемных акустических волн также совпадают, поэтому выводы работы [1] можно распространить не только на объемные акустические волны, но и на изгибные колебания пластин. В частности, метод комплексной спектроскопии позволяет различить нормальные моды колебаний с одинаковыми частотами. При этом ширина резонансной кривой по мнимой оси может быть уже, чем по действительной.

Применение комплексного резонанса для анализа изгибных колебаний пластины с граничными условиями типа «опертые края» при одновременном возбуждении двух нормальных мод с одинаковыми частотами продемонстрировано на примере.

Литература

1. Розанов Н.Н. Комплексный резонанс и спектроскопия комплексных частот // Письма в ЖЭТФ. – 2009. – Т. 90. – вып. 6. – С. 473-477.

© Андреев А. И., Жуков Е. А., Каминский А. В., 2018 г.

УДК 517.955.8

АСИМПТОТИКА МАГНЕТСОПРОТИВЛЕНИЯ КРИСТАЛЛА ИЗОТРОПНОГО ПОЛУПРОВОДНИКА

Крутова Юлия Александровна¹, Ершов Александр Анатольевич²

¹Челябинский государственный университет, г.Челябинск, Россия

²Институт математики и механики, г.Екатеринбург, Россия

Для моделирования электрического потенциала $\varphi(x, y)$ образца монокристалла арсенида кадмия Н.Н. Поляковым [1] использовалось решение следующей краевой задачи:

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \cdot \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0, & 0 < x < a, 0 < y < b, 0 < z < d, \\ \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} + \gamma_y \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) \Big|_{x=0, a} = \begin{cases} -\frac{I_{12}}{2\sigma_x \varepsilon d}, & y \in \left(\frac{b}{2} - \varepsilon, \frac{b}{2} + \varepsilon \right), \\ 0, & y \in \left(b, \frac{b}{2} - \varepsilon \right) \cup \left(\frac{b}{2} + \varepsilon, b \right), \end{cases} \\ \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y} - \gamma_x \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) \Big|_{y=0, b} = 0, \end{cases}$$

где $\gamma_x = \sigma_x R_z B_z$, $\gamma_y = \sigma_y R_z B_z$; I_{12} – сила тока; σ_x , σ_y – компоненты тензора электропроводности; a , b , d – длина, ширина и толщина образца; 2ε – ширина токовых контактов; R_z – компонента тензора Холла; B_z – индукция поперечного магнитного поля вдоль оси Oz.

Получено следующее выражение для электрического сопротивления рассматриваемого образца в магнитном поле (W – мощность):

$$R = \frac{W}{I_{12}^2} = \frac{1}{I_{12}^2} \int_0^d \int_0^b \int_0^a \left(\sigma_x \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} \right)^2 + \sigma_y \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y} \right)^2 + \sigma_z \left(\frac{\partial \varphi}{\partial z} \right)^2 \right) = \frac{a}{\sigma_x b d} \frac{1}{1 + \gamma_x \gamma_y} +$$

Литература

1. Поляков Н.Н. Об измерении коэффициент Холла электропроводимости анизотропных проводников // Заводская лаборатория. – 1989. – №3. – С. 20–22.

© Крутова Ю.А., Ершов А.А., 2018 г.

УДК 621.317.33, 681.7.023.72

К ВОПРОСУ ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ ВОЛН В АНИЗОТРОПНЫХ КРИСТАЛЛАХ

Адамова М.Е., Жуков Е.А., Каминский А.В., Тимошенко Т.В.

Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия

Изучение закономерностей распространения упругих волн в кристаллах представляет интерес при создании новых устройств акустооптики и акустоэлектроники на базе кристаллических сред.

В анизотропных средах распространение упругих волн имеет ряд характерных особенностей: фазовые и групповые скорости упругих волн зависят от направления их распространения, в отличие от изотропных сред, в кристалле в заданном направлении распространяются три упругих волны, отличающихся своей поляризацией.

Исследование особенностей распространения упругих волн в анизотропных кристаллах эффективно на основе поверхностей медленности - зависимостей обратной фазовой скорости от соответствующих направлений распространения: $s(\vartheta, \varphi) = v^{-1}(\vartheta, \varphi)$ [1]. Фазовая скорость упругой волны v определяется из решения характеристического уравнения [2].

Решение характеристического уравнения для различных направлений поляризации позволяет рассчитать угол отклонения потока энергии, групповую скорость и ее направление. Из условия $\partial^2 v(\vartheta, \varphi) / \partial \vartheta \partial \varphi = 0$ можно получить направления распространения чистых мод – волн, для которых вектора смещения строго параллельны либо перпендикулярны волновому вектору. Так же на основе анализа поверхностей медленности

определяются акустические оси кристалла – направления, вдоль которых скорости поперечных волн совпадают.

Проведенные расчеты могут быть использованы при анализе взаимодействия движущейся доменной границы с различными модами акустических волн в гематите.

Литература

1. Адамова М.Е., Жуков Е.А., Каминский А.В. Дисперсионные зависимости упругих волн в пластинчатых образцах кристаллов ромбоэдрической симметрии // Физика: фундаментальные и прикладные исследования, образование: Материалы XV региональной научной конференции. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017. – С. 3 - 6.
2. Christoffel E. B. Ueber die Fortpflanzung von Stößen durch elastische feste Körper / E.B. Christoffel//Ann. di matematica pura ed applicata (2). – 1877. – V. 8. – P. 193–243.

© Адамова М.Е., Жуков Е.А., Каминский А.В., Тимошенко Т.В., 2018 г.

УДК 517.9+621.31

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ТЕПЛА В СИСТЕМЕ ТРЕХ СТЕРЖНЕЙ

Мартынова Ю.В., Хакимов Р.С.

Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия

Рассматривается задача о распространении тепла в системе трех однородных стержней, имеющих единственную точку сопряжения. В случае отсутствия внешних тепловых источников уравнение теплопроводности на i -ом стержне имеет вид [1]:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left(k_i \frac{\partial U_i}{\partial x_i}(x_i; t) \right) = c_i \rho_i \frac{\partial U_i}{\partial t}(x_i; t), x_i \in (0; l_i), i = \overline{1, 3}, \quad (1)$$

На свободных концах стержней помещены сосредоточенные теплоемкости и происходит теплообмен с соответствующим коэффициентом с внешней средой нулевой температуры по закону Ньютона:

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_i}(l_i; t) + \frac{h_i}{k_i} U_i(l_i; t) + \frac{\tilde{c}_i}{k_i} \frac{\partial U_i}{\partial t}(l_i; t) = 0, i = \overline{1, 3}. \quad (2)$$

В точке сопряжения задаются условия непрерывности температуры и теплового баланса:

$$\begin{cases} U_1(0;t) = U_2(0;t) = U_3(0;t); \\ \sum_{i=1}^3 k_i \frac{\partial U_i}{\partial x_i}(0;t) = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Рассматриваются прямая и обратная спектральные задачи для соответствующей краевой задачи. Предложен метод численного решения обратной спектральной задачи, основанный на монотонной зависимости собственных значений от параметров граничных условий и являющийся аналогом методом деления отрезка пополам.

Разработан прототип программного обеспечения в пакете MATLAB для реализации предложенного метода, позволяющего восстановить по 6 собственным значениям 6 параметров граничных условий – сосредоточенные теплоемкости и коэффициенты теплообмена на концах.

Литература

1. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики. – Москва: Наука, 1977. – 660 с.
2. Валеев Н. Ф., Мартынова Ю. В., Султанаев Я. Т. Решение модельной обратной спектральной задачи для оператора Штурма-Лиувилля на графе // Вычислительные методы и программирование. – 2016. – Т.17. – С. 204–211.

© Мартынова Ю.В., Хакимов Р.С., 2018 г.

СЕКЦИЯ «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ»

УДК 239.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В МОДЕЛИ ИЗИНГА НА СЛОИСТОЙ ТРЕУГОЛЬНОЙ РЕШЕТКЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Бадиев М.К.¹, Муртазаев А.К.^{1,2}, Рамазанов М.К.^{1,3}, Курбанова Д.Р.¹, Муртазаев К.Ш.^{1,2}, Мазагаева М.К.²

¹Институт физики ДНЦ РАН, г. Махачкала, Россия

²Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Россия

³Отдел математики и информатики ДНЦ РАН, г. Махачкала, Россия

Фазовые переходы и критические явления в магнитных спиновых системах в течение многих лет были основными объектами исследования в статистической физике. Благодаря обширным теоретическим и экспериментальным исследованиям мы теперь довольно хорошо понимаем природу фазовых переходов стандартных ферромагнетиков и антиферромагнетиков. Однако поведение фазовых переходов и критических явлений в фрустрированных спиновых системах оказалось совершенно отличным от критического поведения систем без фрустраций. Это связано с тем, что наличие фрустраций в системе очень часто сопровождается сильным вырождением основного состояния системы. Это приводит к возникновению в фрустрированных магнетиках совершенно различных фаз и фазовых переходов [1].

Модель Изинга представляет собой одну из простейших, но вместе с тем наиболее часто изучаемых моделей в статистической физике. Данная модель обеспечивает множество возможных вариантов поведения и служит примером для различных приближенных или численных методов [2,3]. Поэтому в последние годы продолжают интенсивные исследования тепловых, магнитных и критических свойств фрустрированной модели Изинга на разных типах решеток [3-4].

Традиционные методы исследования фазовых переходов в таких системах сталкиваются с многочисленными и разнообразными проблемами. Поэтому такие системы интенсивно изучаются методами Монте-Карло [5,6]. Обычные методы исследования не всегда проясняют полную картину природы фазовых переходов фрустрированных спиновых систем. Это обстоятельство вынудило ученых прибегнуть к методам численного эксперимента. Практика показала, что методы численного эксперимента достаточно хорошо справляются и дают весьма точные и оригинальные результаты при исследовании фрустрированных систем. Классический метод Монте-Карло с использованием алгоритма Метрополиса сталкивается с трудностями при больших размерах решетки из-за критического замедления и быстрого увеличения времени

корреляции. По этим причинам трудно получить значимые результаты при больших размерах решетки. Использование специально разработанных репличных алгоритмов метода Монте-Карло устраняет все эти недостатки и позволяет с большой степенью точности получить хорошие результаты.

В настоящей работе нами на основе репличного алгоритма метода Монте-Карло проводятся численные исследования антиферромагнитной модели Изинга на слоистой треугольной решетке с учетом взаимодействий вторых ближайших соседей.

Гамильтониан трехмерной модели Изинга на треугольной решетке может быть приведен в виде [11]:

$$H = -J_1 \sum_{\langle i,j \rangle} (S_i \cdot S_j) - J_2 \sum_{\langle\langle i,l \rangle\rangle} (S_i \cdot S_l), \quad (1)$$

где J_1 и J_2 – константы обменного взаимодействия первых и вторых ближайших соседей. $r = J_2/J_1$ – величина взаимодействия вторых ближайших соседей. В нашей работе проводятся исследования для интервала значений $r = 0.0 \div 1.0$.

Исследование этой модели на основе современных методов и идей позволит получить ответ на ряд вопросов, связанных с характером и природой фазовых переходов фрустрированных спиновых систем.

Для анализа характера фазовых переходов, особенностей поведения тепловых характеристик вблизи критической точки и определения критической температуры T_N наиболее эффективным является метод кумулянтов Биндера четвертого порядка. Для более подробного анализа рода фазовых переходов нами использовался гистограммный анализ данных метода Монте-Карло. Построены фазовые диаграммы зависимости критической температуры от величины взаимодействия вторых ближайших соседей для модели Изинга.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-02-00214-а, № 18-32-00391 мол-а и фондом Гаджи Махачева по поддержке науки и образования.

Литература

1. Kawamura H.J. Phys.: Condens. Matter. – 1998. – V. 10. – P. 4707.
2. Lenz W. Z. Phys. – 1920. – V. 21. – P. 613.
3. Ising E. Z. Phys. – 1925. – V. 31. – P. 253.
4. Gekht R.S. Usp. Fiz. Nauk. – 1989. – V. 32. – P. 871.
5. Murtazaev A.K., Ramazanov M.K. Phys. Rev. B, **76**, 174421 (2007).
6. Муртазаев А.К., Рамазанов М.К., Касан-Оглы Ф.А., Курбанова Д.Р. ЖЭТФ, **147**, 127 (2015).

©_Бадиев М.К., Муртазаев А.К., Рамазанов М.К., Курбанова Д.Р., Муртазаев К.Ш., Мазагаева М.К., 2018 г.

ДРОБНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ОБОБЩЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА

Белевцов Никита Сергеевич

Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия

Рассматривается дробно-дифференциальное обобщение уравнения Пуассона с потенциалом Рисса в двумерной области вида

$$\Delta R^\alpha u = f(x, y), \quad \alpha \in (1, 2), \quad (x, y) \in \square^2, \quad (1)$$

где Δ – оператор Лапласа, $R^\alpha u$ — потенциал Рисса [1]. Решается задача построения численного алгоритма решения уравнения (1) на основе быстрого метода мультиполей [2].

Решение уравнения (1) представляется в следующем виде:

$$u(x, y) = \iint_{\mathbb{R}^2} G(x, y, \xi, \eta) f(\xi, \eta) d\xi d\eta, \quad (2)$$

где

$$G(x, y, \xi, \eta) = \left[2^{\alpha-1} \Gamma\left(\frac{\alpha}{2}\right) / 2\pi \Gamma\left(\frac{2-\alpha}{2}\right) \right] \left((x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 \right)^{-\alpha/2},$$

— функция Грина оператора ΔR^α .

Далее строятся локальное и мультипольное разложения интеграла, входящего в (2). При локальном разложении функция $f(\xi, \eta)$ раскладывается по базисным степенным функциям на плоскости. Для построения мультипольного разложения производится факторизация функции Грина

$$G(x, y, \xi, \eta) = \sum_{l=0}^{\infty} \frac{r^l}{r^{l+1}} C_l^{\alpha/2}(\cos \theta),$$

$$x = r \cos \theta_1, \quad y = r \sin \theta_1, \quad \xi = \rho \cos \theta_2, \quad \eta = \rho \sin \theta_2, \quad \theta = \theta_2 - \theta_1,$$

где $C_l^{\alpha/2}(\cos \theta)$ – многочлены Гегенбауэра.

Литература

1. Самко С.Г., Килбас А.А., Маричев О.И. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения. – Минск: Наука и техника, 1987.
2. L. Greengard and V. Rokhlin, A fast algorithm for particle simulations, J. Comput. Phys., 73 (1987), pp. 325–348.

© Белевцов Н.С., 2018 г.

О ЗАДАЧЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФОНОННЫХ СПЕКТРОВ

Ершова Анна Александровна

Институт математики и механики, г. Екатеринбург, Россия

В работе рассматривается оценка точности метода регуляризации А.Н. Тихонова с параметром регуляризации α , выбранного из принципа невязки при решении задачи определения фононного спектра кристалла по его теплоемкости, зависящей от температуры.

Связь энергетического спектра бозе – системы с ее теплоемкостью, зависящей от температуры, описывается интегральным уравнением первого рода

$$Sn(\varepsilon) = \int_0^{\infty} S\left(\frac{\varepsilon}{\theta}\right) \frac{\varepsilon}{\theta} n(\varepsilon) \frac{d\varepsilon}{\varepsilon} = \frac{C(\theta)}{\theta}, \quad 0 \leq \theta < \infty,$$

где $S(x) = \frac{x^2}{2sh^2\left(\frac{x}{2}\right)}$, $C(\theta)$ – теплоемкость системы, $\theta = kT$, T – абсолютная

температура, а k – константа, определяемая системой, $n(\varepsilon)$ – спектральная плотность.

При некотором приближении $\frac{C_{\delta}(\theta)}{\theta}$ и уровне погрешности $\delta > 0$ такие, что

$$\left\| \frac{C_{\delta}(\theta)}{\theta} - \frac{C_0(\theta)}{\theta} \right\|_H \leq \delta,$$

где H – действительное пространство, измеримых на $[0, \infty)$ функций.

Требуется определить приближенное решение $n_{\delta}(\varepsilon)$ и оценить уклонение $\|n_{\delta}(\varepsilon) - n_0(\varepsilon)\|$ от точного решения $n_0(\varepsilon)$.

Работа выполнена при поддержке гранта Фонда развития теоретической физики и математики "БАЗИС".

© Ершова А.А., 2018 г.

УДК 239.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В МОДЕЛИ ИЗИНГА И ГЕЙЗЕНБЕРГА НА ОЦК РЕШЕТКЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Курбанова Д.Р.¹, Муртазаев А.К.^{1,2}, Рамазанов М.К.^{1,3}

¹Институт физики ДНЦ РАН, г. Махачкала, Россия

²Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Россия

³Отдел математики и информатики ДНЦ РАН, г. Махачкала, Россия

Исследование фазовых переходов (ФП) и критических явлений в спиновых системах с конкурирующими обменными взаимодействиями является одной из актуальных задач физики конденсированного состояния [1-4]. Это связано с тем, что в таких системах из-за конкуренции обменного взаимодействия в системе могут возникнуть эффекты фрустрации. Спиновые системы с фрустрациями во многом проявляют свойства, отличные от соответствующих нефрустрированных систем [5].

Традиционные методы исследования ФП в таких системах сталкиваются с многочисленными и разнообразными проблемами. Поэтому ФП в фрустрированных системах (ФС) интенсивно изучаются методами Монте-Карло [6,7].

В настоящей работе нами предпринята попытка на основе репличного алгоритма метода Монте-Карло определить род ФП антиферромагнитной модели Изинга и Гейзенберга на объемно-центрированной кубической решетке с учетом взаимодействий вторых ближайших соседей.

ФП ФС на ОЦК решетке с учетом взаимодействий вторых ближайших соседей практически не исследованы. Исследование этой модели на основе современных методов и идей позволит получить ответ на ряд вопросов, связанных с характером и природой ФП фрустрированных спиновых систем.

Для анализа характера ФП, особенностей поведения тепловых характеристик вблизи критической точки и определения критической температуры T_N наиболее эффективным является метод кумулянтов Биндера четвертого порядка. Для более подробного анализа рода ФП нами использовался гистограммный анализ данных метода Монте-Карло.

Построены фазовые диаграммы зависимости критической температуры от величины взаимодействия вторых ближайших соседей для модели Изинга и Гейзенберга. Результаты нашей работы, полученные на основе гистограммного анализа данных, показывают, что в модели Изинга и Гейзенберга переход из антиферромагнитной фазы AF1 в парамагнитную фазу является фазовым переходом второго рода. Для

этого интервала, где имеет место ФП второго рода, определены критические индексы.

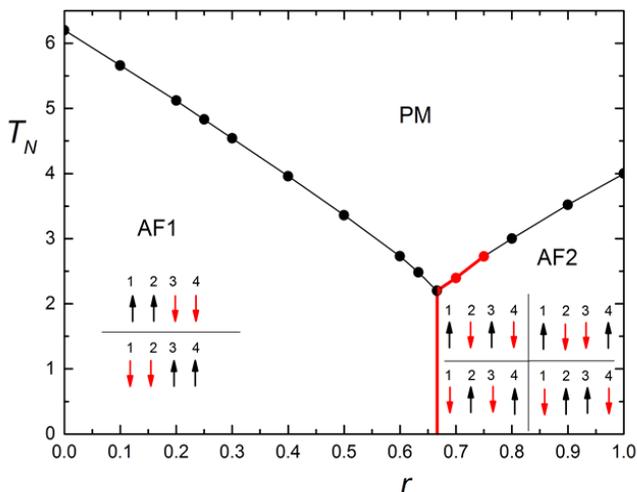


Рис.1. Фазовая диаграмма зависимости критической температуры от величины взаимодействия вторых ближайших соседей.

На рис. 1 приведена фазовая диаграмма зависимости критической температуры от величины взаимодействия следующих ближайших соседей для модели Изинга. Аналогичный вид имеет фазовая диаграмма для модели Гейзенберга. На диаграмме видно, что вблизи точки $r=2/3$ пересекаются три различные фазы: AF1 - антиферромагнитная, PM - парамагнитная и AF2 - антиферромагнитная 2-го типа. На фазовой диаграмме черными и красными стрелками изображены направления спинов во всех подрешетках.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-02-00214-а.

Литература

1. Вик.С. Доценко. УФН, **165**, 481 (1995).
2. С.Е. Коршунов. УФН, **176**, 233 (2006).
3. С.С. Сосин, Л.А. Прозорова, А.И. Смирнов. УФН, **175**, 92 (2005).
4. С.В. Малеев. УФН, **172**, 617 (2002).
5. Р.С. Гехт. ЖЭТФ, **102**, 1968 (1992).
6. А.К. Murtazaev and М.К. Ramazanov. Phys. Rev. B, **76**, 174421 (2007).
7. А.К. Муртазаев, М.К. Рамазанов, Ф.А. Касан-Оглы, Д.Р. Курбанова. ЖЭТФ, **147**, 127 (2015).

© Курбанова Д.Р., Муртазаев А.К., Рамазанов М.К., 2018 г.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ФРУСТРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ГЕЙЗЕНБЕРГА НА КУБИЧЕСКОЙ РЕШЕТКЕ

Муртазаев К.Ш.¹, Муртазаев А.К.^{1,2}, Рамазанов М.К.^{2,3}

¹Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

²Институт физики ДНЦ РАН, Махачкала, Россия

³Отдел математики и информатики ДНЦ РАН, Махачкала, Россия

Проблема исследования фазовых переходов (ФП) и критических свойств в спиновых системах с фрустрациями является одной из центральных в современной физике конденсированного состояния [1-3]. Поэтому, в данной работе, нами предпринята попытка исследовать ФП и критическое поведение антиферромагнитной модели Гейзенберга на кубической решетке с учетом взаимодействий вторых ближайших соседей внутри слоев. Интерес к этой модели обусловлен тем что, при учете антиферромагнитных взаимодействий вторых ближайших соседей внутри слоев данная модель становится фрустрированной.

Антиферромагнитная модель Гейзенберга на кубической решетке с учетом взаимодействий следующих ближайших соседей описывается следующим гамильтонианом:

$$H = -J_1 \sum_{\langle i,j \rangle} (\vec{S}_i \cdot \vec{S}_j) - J_2 \sum_{\langle\langle i,l \rangle\rangle} (\vec{S}_i \cdot \vec{S}_l), \quad (1)$$

где \vec{S}_i – трехкомпонентный единичный вектор $\vec{S}_i = (S_i^x, S_i^y, S_i^z)$. Решетка состоит из двумерных квадратных слоев, сложенных по ортогональной оси. Первый член в формуле (1) характеризует антиферромагнитное взаимодействие всех ближайших соседей, которое берется одинаковым как внутри слоев, так и между слоями ($J_1 < 0$). Второй член характеризует антиферромагнитное взаимодействие следующих ближайших соседей, находящихся в том же слое ($J_2 < 0$). $r = J_2/J_1$ – величина взаимодействия вторых ближайших соседей.

В данном исследовании нами использован высокоэффективный репличный обменный алгоритм метода Монте-Карло [4,5].

Для расчета статических критических индексов теплоемкости α , восприимчивости χ , параметра порядка β и радиуса корреляции ν использовались соотношения теории конечно-размерного скейлинга [6]. Все значения индексов, полученные в рамках данной работы, представлены в таблице 1. Здесь также приведены результаты других авторов, имеющиеся в литературе. Как видно из таблицы почти все значения критических индексов, рассчитанные нами, в пределах погрешности совпадают, как с численными [7], так и с теоретическими

[8,9] данными для трехмерной антиферромагнитной модели Гейзенберга на слоистой треугольной решетке.

Таблица 1.

Значения критических индексов $\alpha, \beta, \gamma, \nu$ и η .

Критический параметр	Данные этой работы	[7]	[8]	[9]	Нефрустрированная модель Гейзенберга [10]
α	0.16 5(5)	0.18 (2)	-	.11	- 0.1336(15)
β	0.29 5(5)	0.30 (2)	-	.31	0.3689(3)
γ	1.25 9(5)	1.27 (2)	1. 20(8)	.26	1.3960(9)
ν	0.64 9(5)	0.65 (1)	0. 63(5)	.63	0.7112(5)
η	0.06 (2)	- 0.06(3)	0. 08(3)	.0	0.0375(5)
T_N	1.33 2(1)	0.95 7(1)	-	-	1.443(1)

Отметим, что полученные нами значения критических индексов отличаются от соответствующих значений критических индексов для нефрустрированной трехмерной модели Гейзенберга [10]. Это свидетельствует о принадлежности исследуемой нами модели к тому же классу универсальности критического поведения, что и антиферромагнитная модель Гейзенберга на слоистой треугольной решетке.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-02-00214-а.

Литература

1. Вик.С. Доценко. УФН, **165**, 481 (1995).
2. С.Е. Коршунов. УФН, **176**, 233 (2006).
3. С.С. Сосин, Л.А. Прозорова, А.И. Смирнов. УФН, **175**, 92 (2005).
4. М.К. Рамазанов, А.К. Муртазаев. Письма в ЖЭТФ **101**, 793 (2015).
5. М.К. Рамазанов, А.К. Муртазаев. Письма в ЖЭТФ **103**, 522 (2016).
6. P. Peczak, A.M. Ferrenberg, and D.P. Landau. Phys. Rev. B **43**, 6087 (1991).
7. А.К. Муртазаев, М.К. Рамазанов, М.К. Бадиев. ФТТ **52**, 1157 (2010).

8. P. Calabrese, P. Parruccini, A. Pelissetto et al.. Phys. Rev. B **70**, 174439-1 (2004).
9. G. Zumbac. Nucl. Phys. B **413**, 771 (1994).
10. M. Campostrini, M. Hasenbusch, A. Pelissetto et al.. Phys. Rev. B **65**, 144520 (2002).

© Муртазаев К.Ш., Муртазаев А.К., Рамазанов М.К., 2018 г.

УДК 537.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТОТВЕРДОГО/МАГНИТОМЯГКОГО БИСЛОЯ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО.

Тааев Т. А.¹, Хизриев К. Ш.^{1,2}, Муртазаев А. К.^{1,2}, Хизриев Ш. К.¹,
Курбайтаев А.Я.¹, Исаева М.М.¹

¹Институт физики им. Х.И. Амирханова ДагНЦ РАН, г. Махачкала, Россия

²Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Россия

Основной характеристикой магнитотвердых материалов является максимальная величина энергетического произведения $(BH)_{max}$. В 1991 году был предложен альтернативный способ для увеличения показателя $(BH)_{max}$ путем создания композитных материалов с чередующимися магнитотвердыми и магнитомягкими слоями [1]. Такие магниты называют обменно-связанными, и они приводят к возникновению ряда необычных явлений, таких как формирование во внешнем магнитном поле одномерной гетерофазной спиновой пружины [2].

Для исследования магнитотвердого/магнитомягкого бислоя была использована модель [2-4]. Гамильтониан модели был представлен в виде:

$$H = -\frac{1}{2} \sum_{i,j} J(S_i^x S_j^x + S_i^y S_j^y) - \sum_i K(S_i^z)^2 - g\mu \sum_i \vec{H}_0 \vec{S}_i \quad (1)$$

где первая сумма учитывает обменное взаимодействие каждого магнитного атома с ближайшими соседями внутри слоев; вторая сумма учитывает вклад анизотропии в энергию системы; третья сумма – вклад внешнего магнитного поля, $g \approx 2$ – фактор Ланде, μ – магнетон Бора, H_0 – внешнее магнитное поле, $S_i^{x,y}$ – проекции спина, локализованного на узле i .

Расчеты проводились стандартным алгоритмом Метрополиса метода Монте-Карло для систем с линейными размерами $L_x \times L_y \times L_z$, при температуре T намного ниже T_c для модели магнитного бислоя [2]. Вдоль x - и y -направлений линейные размеры системы были равны $L_x = L_y = 50$, а

вдоль z -оси – $Lz = 100$, то есть рассматривалась модель при толщине магнитотвердого и магнитомягкого слоев по 50 атомных слоев, соответственно.

В рамках данной модели были получены полевые зависимости общей намагниченности M в зависимости от значений констант обменного взаимодействия магнитотвердого J_{hard} , магнитомягкого J_{soft} слоев и межслойного обменного взаимодействия J_{int} , а также поперечной и продольной составляющих общей намагниченности.

На рис. 1 показаны кривые перемагничивания модели магнитотвердого/магнитомягкого бислоя при различных значениях константы обменного взаимодействия J_{soft} . Значения обменных констант магнитотвердого слоя и межслойного взаимодействия были фиксированы ($J_{hard} = 0.4$ и $J_{int} = 0.6$). Величина H_{ex} – значение внешнего магнитного поля, при котором спины магнитомягкого слоя начинают вращаться под воздействием внешнего магнитного поля, как в стенке Блоха. Чем выше значение H_{ex} , тем более выпуклая будет кривая размагничивания. H_{irr} – критическое значение внешнего магнитного поля, выше которого спиновая пружина разрушается, и магнитный бислой полностью перемагничивается. Участок на кривых в интервале $H_{ex} \leq H_0 \leq H_{irr}$ является обратимым, и на этом участке образуется так называемая спиновая пружина.

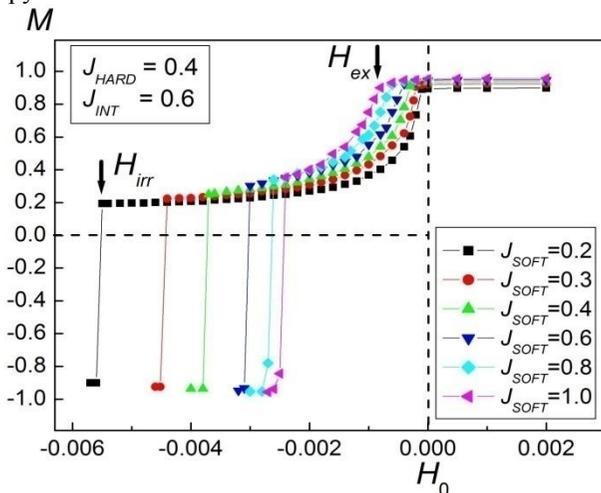


Рис.1. Кривые перемагничивания модели при различных значениях константы обменного взаимодействия магнитомягкого слоя J_{soft} .

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 18-32-00526, 16-02-00214).

Литература

1. Kneller E. F., Hawig R. The exchange-spring magnet: a new material principle for permanent magnets // IEEE Trans. Magn., 1991, v. 27, pp. 3588–3600.
2. Тааев Т.А., Хизриев К.Ш., Муртазаев А.К. Исследование процессов перемангничивания модели магнитотвердого/магнитомягкого бислоя методом Монте-Карло // ЖЭТФ., 2017, Т. 151 (6), с. 1084–1091.
3. Тааев Т. А., Хизриев К. Ш., Муртазаев А. К. Термодинамические свойства модели магнитотвердого/магнитомягкого бислоя // ЖЭТФ., 2016, Т. 149 (5), с. 1022–1029.
4. Тааев Т.А., Khizriev K.Sh., Murtazaev A.K., Uzdin V. M. Investigation of critical phenomena of the hard/soft magnetic bilayer model by the Monte-Carlo method // Journal of Alloys and Comp., 2016, v. 678, pp. 167–170.

© Тааев Т. А., Хизриев К. Ш., Муртазаев А. К., Хизриев Ш. К., Курбайтаев А.Я., Исаева М.М., 2018 г.

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СТАТИСТИКА»

УДК 535.5

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ПЛАСТА ПРИ ДОБЫЧЕ ВЫСОКОПАРАФИНИСТОЙ НЕФТИ

Ахметзянова Э.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Целью исследования является решение проблемы добычи высокопарафинистой нефти, при которой в призабойной зоне пласта (ПЗП) имеет место возникновение парафиновых отложений, приводящих к значительному снижению дебита нефти. Присутствие этих отложений может привести к серьёзным проблемам в процессе эксплуатации скважин, таких как снижение фильтрационных характеристик продуктивного пласта, закупоривание пор, уменьшение полезного сечения насосно-компрессорных труб и повышению износа оборудования. В качестве возможного решения данной проблемы используются различные методы нагрева ПЗП парафинистыми отложениями. Полагая, что часть пласта занята твердыми парафинистыми включениями, имеющими заданную температуру плавления, постановка задачи сводится к задаче Стефана при соответствующих начальных и граничных условиях. Рассматривается процесс нагрева пласта, который в случае плоско-параллельной геометрии описывается уравнениями теплопроводности для расплавленной и нерасплавленной зон:

$$\begin{cases} \frac{\partial T_1}{\partial t} = a_1 * \frac{\partial^2 T_1}{\partial^2 t} & , \text{ при } 0 < x < l(t) \\ \frac{\partial T_2}{\partial t} = a_2 * \frac{\partial^2 T_2}{\partial^2 t} & , \text{ при } l(t) < x < \infty \end{cases}$$

при следующих краевых условиях и условиях на подвижной границе $l(t)$:

$$\begin{cases} T_1(x = 0, t) = T_r \\ T_{1,2}(x, t = 0) = T_0 = T_2(\infty, t) \\ T_{1,2}(x = l(t), t) = T_r \\ -\lambda_1 \frac{\partial T_1(l, t)}{\partial x} + \frac{-\lambda_2 \partial T_2(l, t)}{\partial x} = \rho L \frac{\partial l}{\partial t} \end{cases}$$

Решение задачи находится в автомодельном виде, в результате которого определяется распределение температуры в пласте и положение подвижной границы $l(t)$ в различные моменты времени. Полученные решения позволяют оценить скорость очистки призабойной зоны пласта от парафиновых отложений при различных условиях и режимах нагрева, а также свойств нефтенасыщенной породы.

© Ахметзянова Э.А., 2018 г.

УДК 51-7, 519,6, 544,15

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БАЗИСА ГОМОДЕСМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНТАЛЬПИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Ахметьянова Альбина Ильшатовна

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Публикация подготовлена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-07-00584 А)

Ранее был разработан алгоритм и программное обеспечение гомодесмического метода расчета $\Delta_f H^\circ$ для ациклических неароматических соединений, представляющих классы спиртов, простых и сложных эфиров, карбонильных соединений. В работах С.Л. Хурсана, А.С. Исмагиловой, и С.И. Спивака и А.А. Ахмерова показано, что гомодесмический подход обеспечивает высокую надежность теоретической оценки $\Delta_f H^\circ$, практически независимо от используемого квантово-химического приближения [1, 2, 3].

Однако ранее разработанное программное обеспечение не может корректно рассчитывать базис гомодесмических реакций и энтальпию образования для циклических соединений. Следовательно, перед нами предстала задача построения нового алгоритма, которое будет применимо для циклических и для ациклических соединений.

В ходе исследований был получен алгоритм для циклических соединений и написано программное обеспечение. Вся необходимая для расчетов информация о структуре и составе химического соединения, а также о его энергетических характеристиках хранится в реляционной базе данных, в которой часть таблиц являются справочниками. Для взаимодействия базы данных с приложением используется СУБД SQLite.

Применение алгоритма продемонстрировано на примере.

Литература

1. Исмагилова, А.С. и др. // Доклады Башкирского университета. – 2016. – Т.1. – №1. – С. 36-39.
2. Хурсан, С.Л. и др. // Сборник трудов VII международной конференции «Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий (ПМТУКТ-2014)» – 2014. – С. 386-389.
3. Хурсан, С.Л. и др. // Журнал физической химии. – 2016. – Т.90. – №4. – С.569-575.

© Ахметьянова А.И., 2018 г.

**РАСЧЕТ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ДИСПЕРСИЙ
НАМАГНИЧЕННОСТИ И ВОСПРИИМЧИВОСТИ В
НЕУПОРЯДОЧЕННОЙ МОДЕЛИ ИЗИНГА. РЕЗУЛЬТАТЫ
КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.**

А.Б. Бабаев^{1,2,*}, А.К. Муртазаев^{1,3}

¹Институт физики Дагестанского научного центра Российской академии наук, г. Махачкала, Россия,

² Отдел математики и информатики Дагестанского научного центра Российской академии наук, г. Махачкала, Россия

³Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Россия

При численных исследованиях разбавленных изингоподобных систем следует иметь в виду, что есть серьезные основания предполагать наличие зависимости критических параметров от способа реализации беспорядка в исследуемой модели. Например, в работах [1, 2] было обнаружено, что беспорядок, реализованный каноническим способом (фиксацией доли магнитных узлов), ведет к результатам, отличным от случая, когда беспорядок реализовался способом большого канонического типа (доля магнитных узлов в каждой примесной конфигурации флуктуирует), хотя исследования [3] проведенные ренормгрупповыми методами такое поведение объяснило различие конечно-размерных эффектов в этих двух типах разбавления. В данной работе нами исследуется проблема самоусреднения термодинамических критических параметров в трехмерной неупорядоченной модели Изинга на основе метода Монте-Карло. Модель Изинга с замороженным беспорядком имеет довольно длинную историю. К настоящему моменту критические свойства изинго-подобных моделей достаточно хорошо изучены в работах [4-6].

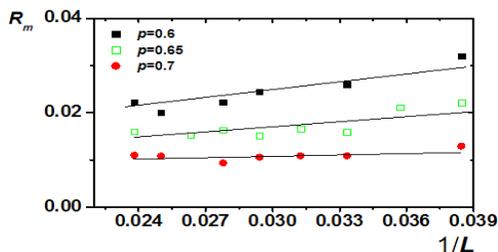
На рисунке 1 представлена зависимость относительной дисперсии намагниченности

$$R_m = \frac{\overline{m^2(L)} - \overline{m(L)}^2}{\overline{m(L)}^2}, \quad (1)$$

для трехмерной неупорядоченной модели Изинга при концентрации спинов $p=0.70$ от размеров L систем.

Эти данные позволяют судить об ошибках связанных с размерами изучаемых систем. Отметим, что наши значения R_m заметно отличаются от аналогичных данных, полученных в работе [1] при большом каноническом способе реализации беспорядка (магнитная доля узлов

флуктуирует в зависимости от концентрации p), а также и с предположением теории ренормализационной группы $R_m/R_\chi=1/4$ [3].



В рассматриваемой работе рассматривался только канонический способ реализации беспорядка и при концентрации спинов $p=0.7$ отношения $R_m/R_\chi=0.502, 0.555, 0.559$ для $L=44, 40, 36$ соответственно. Эти отношения находятся в достаточно хорошем согласии с отношением $R_m/R_\chi \sim 2/5$, полученное в работе [1] для беспорядка реализованного каноническим способом при концентрации спинов $p=0.6$. Отметим, что различие наших данных с данными работы [3], по-видимому, обусловлено различными конечно-размерными эффектами в этих двух различных типах разбавления.

Литература

1. Wiseman S. and Domany E. Self-averaging, distribution of pseudocritical temperatures, and finite size scaling in critical disordered systems // Phys. Rev. E, 1998, v. **58**, p. 2938.
2. Wiseman S. and Domany E. // Finite-Size Scaling and Lack of Self-Averaging in Critical Disordered Systems // Phys. Rev. Lett., 1998, v. **81**, p. 22.
3. Aharony A., Harris A.B., and Wiseman S. Critical Disordered Systems with Constraints and the Inequality $\nu > 2/d$ // Phys. Rev. Lett., 1998, v. **81**, p. 252.
4. Муртазаев А.К., Бабаев А.Б., Атаева Г.Я. Фазовые переходы в двумерной ферромагнитной модели Поттса при $q=3$ на треугольной решетке // Физика низких температур, 2013, Т.39, с.194.
5. Бабаев А.Б., Муртазаев А.К. Трикритическая точка трехмерной неупорядоченной модели Поттса с числом состояний спина $q=3$ на простой кубической решетке. // Письма в ЖЭТФ, 2017, т. 105, с. 363.
6. Муртазаев А.К., Бабаев А.Б. Гистограммный анализ данных для трехмерной разбавленной ферромагнитной модели Поттса с числом состояний спина $Q=3$ и $Q=4$. // ЖЭТФ, 2013, т.143, с.116.

© А.Б. Бабаев, А.К. Муртазаев, 2018 г.

МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ СКРЫТОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД КОХА-ЖАО

Белим С.В., Вильховский Д. Э.

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, г. Омск,
Россия

При атаке на стеганографические алгоритмы в общем случае ставится три задачи[1]. Во-первых, необходимо обнаружить сам факт встраивания скрытого сообщения[2]. Во-вторых, необходимо определить размер встраиваемого сообщения и его расположение в массиве данных изображения-контейнера. В-третьих, необходимо максимально точно восстановить встроенное сообщение.

В качестве объекта исследования будем рассматривать цифровое изображение[3], о котором отсутствует информации о наличии или отсутствии встроенного сообщения. Известно только, что используется метод встраивания Коха-Жао[4], который основывается на двумерном дискретном косинусном преобразовании

Формально алгоритм по обнаружению скрытой передачи данных методом Коха-Жао можно описать последовательностью следующих шагов:

1. Разбить исследуемое изображение на блоки B_i размером 8×8 пикселей.

2. К каждому блоку B_i применить дискретное косинусное преобразование. В результате получаются матрицы коэффициентов ДКП D_i размером 8×8 .

3. Построить три последовательности величин ($i=1, \dots, N$):

$$C_i^{(1)} = ||D_i[3,4]|| - |D_i[4,3]|,$$

$$C_i^{(2)} = ||D_i[3,5]|| - |D_i[5,3]|,$$

$$C_i^{(3)} = ||D_i[4,5]|| - |D_i[5,4]|.$$

4. Выполнить численное дифференцирование $C_i^{(j)}$ ($j=1,2,3; i=1, \dots, N$) по i :

$$dC_i^{(j)} = C_i^{(j)} - C_{i-1}^{(j)}.$$

5. Вычислить: M_j - максимальное значение элементов массива $dC^{(j)}$, N_j - среднее значение элементов массива $dC^{(j)}$, O_j - среднее квадратичное отклонение для элементов массива $dC^{(j)}$. Найти величины $R_j = N_j + O_j$.

6. Осуществить перебор величины Y_j в интервале от R_j до M_j с шагом dY . Определить значение Y_j такое, что существует ровно два значения $C_{i_1}^{(j)} > Y_j$ и $C_{i_2}^{(j)} > Y_j$. Если такое значения определить невозможно, то уменьшить шаг dY . Определить i_1 и i_2 .

7. Найти минимальное значение $C_i^{(j)}$ на интервале от i_1 до i_2 . Присвоить M_0 найденное значение.

8. Извлечь сообщение, используя найденные параметры.

Встраивание сообщения приводит к изменению одной из последовательностей $C_i^{(j)}$ ($j=1,2,3; i=1,\dots,N$) в виде появления «ступени» высотой M_0 . Пример такого изменения приведен на рисунке 1.

Компьютерный эксперимент показал, что данный алгоритм позволяет безошибочно находить и извлекать встроенное сообщение при значениях $M_0 > 54$

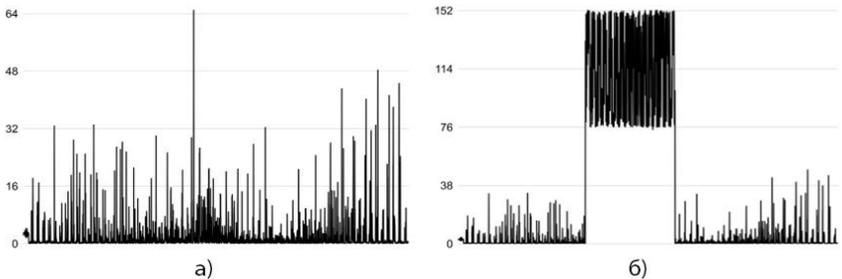


Рисунок 1. Гистограмма зависимости $C_i^{(1)}$ от номера блока i : а) изображение без встроенного сообщения, б) изображение с встроенным сообщением

Таким образом, стеганографический алгоритм Коха-Жао не является устойчивым к атаке анализа коэффициентов ДКП. Предложенный алгоритм позволяет абсолютно точно извлекать встроенное сообщение при условии, что оно является единственным и встроено в непрерывную область. Отступление от данных предположений повышает стойкость стеганографического алгоритма.

Литература

1. Provos N and Honeyman P 2001 Detecting steganographic content on the internet *CITI Technical Report 01-11* (Ann Arbor: University of Michigan)
2. Барсуков В.С. Оценка уровня скрытности мультимедийных стеганографических каналов хранения и передачи информации / В.С. Барсуков, А.П. Романцов // *Специальная Техника*. – 2000. – № 1.
3. Westfeld A and Pfitzmann A 2000 Attacks on Steganographic Systems: Breaking the Steganographic Utilities EzStego, Jsteg, Steganos and STools-and Some Lessons Learned *International Workshop on Information Hiding* pp 61-76
4. Koch E. Towards robust and hidden image copyright labeling / E. Koch, J. Zhao// *IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing*. – 1995. – pp 452-455

© Белим С.В., Вильховский Д. Э., 2018 г.

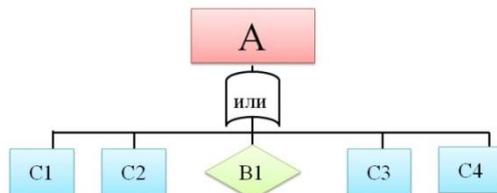
**МЕТОД ДЕРЕВЬЕВ ОТКАЗОВ В УПРАВЛЕНИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ РИСКАМИ.**

Боброва А.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Производственный риск — это риск, характерный для производственной деятельности и связанный с убытками от остановки производства по различным причинам, а также в некорректном использовании техники и технологии, основных и оборотных фондов, производственных ресурсов и рабочего времени. Наибольший риск исходит от нефтеперерабатывающей промышленности, поэтому для исследования производственных рисков было рассмотрено именно нефтеперерабатывающие предприятие.

Для оценки риска берётся метод построения деревьев отказов. Событие «взрыв» А - вершина дерева, а пять событий, которые могут привести к взрыву, это ветви дерева. Все ветви не зависимы между собой, любое из этих событий может привести установку к взрыву.



Полное дерево строится из блоков 2-х видов: событий и логических блоков “И”, “ИЛИ” и состоит из 5 уровней и 35 событий.

При анализе дерева отказов необходимо учитывать все факторы, так или иначе влияющие на вероятность наступления главного события.

Оценка вероятности опасного события, его масштабов и влияния на окружающую среду является важнейшим этапом управления производственным риском. Именно метод деревьев отказов является для этого наиболее эффективным.

Литература

1. Абдюшева С.Р., Боброва А.А. Дерево отказов как метод оценки производственных рисков. В сборнике: Математическое моделирование процессов и систем Материалы VII Международной молодежной научно-практической конференции. Ответственный редактор С.А. Мустафина. 2017. С. 35-40.

© Боброва А.А., 2018 г.

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ НА ПРИМЕРЕ РАБОТЫ ОТДЕЛА ЛОЯЛЬНОСТИ

Коновалова А.С., Куровская А.А., Бодряков В.Ю.

Уральский государственный педагогический университет, г.
Екатеринбург, Россия

В современных условиях конкурентной экономики, различные кампании испытывают все большую необходимость в изучении интересов потребителей, эффективности деятельности. Для этого проводится сбор маркетинговой информации по двум основным направлениям: сбор вторичной информации и сбор первичной информации [1, 2].

Возникает необходимость применения математических методов, оптимизирующих формат данных с учетом целей последующего анализа. Основными из них являются [3]:

а) группировка данных, часто используется при сегментации рынка и изучении предпочтений,

б) квантование – дробление диапазона значений на заданное количество интервалов,

в) сортировка данных – используется для упорядочения данных,

г) слияние данных, применяется для объединения вторичной и первичной информации,

д) нормализация данных – способствует установлению отношений между данными.

Вышеперечисленные методы применяются в данной работе путем использования программы Microsoft Excel для обработки входных данных.

Целью настоящей работы является рассмотрение методов математического моделирования на примере решения задачи внедрения программы лояльности для абонентов компании ООО Телеком.

В качестве примера рассмотрим решение следующей конкретной задачи, которую должен был решить отдел лояльности интернет-провайдера ООО Телеком в связи с оттоком абонентов. Для этого было предложено внедрить программу лояльности, участники которой при своевременной оплате будут получать бонусы в виде повышения скорости интернета до 100Мб/сек на месяц каждые 90 дней.

Для внедрения данной программы необходимо определить её эффективность. Для этого потребуются следующие исходные данные:

а) среднее значение времени, через которое абоненты вносят абонентскую плату по прошествии расчетной даты, то есть когда вносят плату абоненты, которые ушли в блокировку,

- б) количество абонентов, которые своевременно вносят оплату,
- в) количество абонентов, у которых присутствует техническая возможность подключения бонуса.

Следующие данные получим из отчета о заключенных договорах, где содержатся данные о заключенных договорах: номер договора, ФИО абонента, тип договора(технические возможности), тариф, даты последней блокировки.

Для проверки эффективности выполним следующие действия:

1. Определить процент абонентов, задерживающих абонентскую плату. Вычислить среднее значение продолжительности блокировки абонентов по формуле $\bar{x} = \frac{\sum(b_i - a_i)}{n}$, где n – количество абонентов, которые находились в блокировке, a_i и b_i даты начала и окончания блокировки соответственно, i – порядковый номер абонента в списке.

2. Выделение списка абонентов, которые не находились в блокировке дольше среднего значения \bar{x} . Выделение списка абонентов, у которых присутствует техническая возможность подключения бонуса. Построение пересечения вышеуказанных списков абонентов.

3. Вычисление процентного соотношения абонентов из множества, полученного в пункте 3. При показателе выше 70% программу считать эффективной.

В результате проверки на эффективность программа признана эффективной, так как покрывает большую часть клиентов. В статью приведено подробное решение задачи эффективности программы лояльности и её полные условия.

Литература

1. Б.И. Герасимов/ Статистические исследования в маркетинге: введение в экономический анализ : учебное пособие /– Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. стр. 56-81 – ISBN 5-8265-0541-9.
2. Ляпина И.Р., Сибирская Е.В. Статистика маркетинга // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 10 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/10/72387>
3. Багиев Г.Л., Богданова Е.Л. Маркетинг-статистика: учебное пособие/ СПбГУЭиФ Санкт-Петербург, 1999.

© Коновалова А.С., Куровская А.А., Бодряков В.Ю., 2018 г.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ.

Лукманов Р.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

При исследовании демографических процессов важным является демографическое прогнозирование. В работе рассчитаны параметры рождаемости, смертности и миграция на основе статистических данных официального сайта Федеральной службы государственной статистики для моделирования численности населения.

Линейная регрессия при долгосрочных прогнозах дает значения численности более близкие к прогнозам Росстата[1].

Построенная модель в системе моделирования AnyLogic (рис. 1) отражает численность населения на 2017 г. Полученные данные сравниваются с официальными данными.

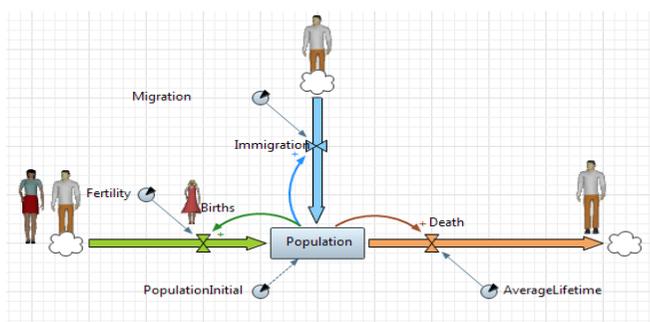


Рис 1. Модель динамики численности населения РФ

С учётом полученных экспериментальных данных и вычисленной погрешности можно говорить об адекватности модели динамики численности населения и возможности прогнозирования на недалёкое будущее.

Литература

1. Абдюшева С.Р., Лукманов Р.А., Лукманов Р.А. Прогнозирование демографических показателей. Расчет численности населения Республики Башкортостан на период с 2017 по 2023 гг. // Математическое моделирование процессов и систем. Материалы VII Международной молодежной научно-практической конференции. Уфа, 2017 г. Часть I – с. 41-45.

© Лукманов Р.А., 2018 г.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЯХ МЕТОДОМ МОНТЕ- КАРЛО

Магомедов М.А.^{1,3}, Исрапов Э.Х.^{1,2}

¹Институт физики ДНЦ РАН, г. Махачкала, Россия

²Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Россия

³Отдел математики и информатики ДНЦ РАН, г. Махачкала, Россия

Большой интерес, проявляемый в последнее время к оптическим методам исследования биотканей, вызван, прежде всего, стремительным развитием лучевых методов медицины. В частности, для корректного определения параметров дозиметрии лазерного излучения при проведении процедур лазерно-индуцированной или фотодинамической терапии онкологических заболеваний необходимы сведения о пространственном распределении интенсивности света в биотканях. Для описания распространения света в биотканях наиболее часто применяется теория переноса излучения, основу которой составляет уравнение переноса излучения (УПИ):

$$\partial I(r, s) / \partial s = -\mu_t I(r, s) + \mu_s \int_{4\pi} I(r, s') p(s, s') d\Omega \quad (1)$$

Для решения данного уравнения существует множество аналитических и численных методов, среди которых наиболее распространен метод численного моделирования транспорта фотонов в рассеивающих средах методом Монте-Карло [1]. В настоящей работе нами был разработан алгоритм численного моделирования переноса излучения в биотканях на основе метода Монте-Карло. Точность алгоритма пропорциональна $1/\sqrt{N}$, где N – число запускаемых фотонов. В результате работы данного алгоритма было получено пространственное распределение интенсивности лазерного излучения в тканях серого вещества головного мозга на различных длинах волн. В частности, было установлено, что излучение в диапазоне 700 – 1000 нм имеет наибольшую глубину проникновения в ткани, а также, что максимум интенсивности излучения этого диапазона находится на некотором расстоянии под поверхностью биоткани.

Литература

1. Optical-Thermal Response of Laser Irradiation Tissues. Ed., A.J. Welch and M.J.C. Van Gemert: © Springer Science+Business Media B.V., 2011.

© Магомедов М.А., Исрапов Э.Х., 2018 г.

ПЛОТНОСТЬ СОСТОЯНИЙ И СТРУКТУРА ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ МОДЕЛИ ИЗИНГА НА РЕШЕТКЕ КАГОМЕ.

Муртазаев А.К.^{1,2}, Магомедов М.А.^{1,3}, Магомедова Л.К.^{1,2}

¹ Институт физики ДНЦ РАН, г. Махачкала, Россия

² Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Россия

³ Отдел математики и информатики ДНЦ РАН, г. Махачкала, Россия

В последнее время значительное внимание уделяется экспериментальному и теоретическому исследованию различных низкоразмерных, квази-одномерных и двумерных структур. Ряд уникальных свойств этих материалов открывает широкие перспективы для их экспериментальных приложений. Одними из таких перспективных материалов являются различные соединения, имеющие квази-двумерную структуру, магнитные атомы в которых образуют так называемую решетку Кагоме – Капелласиты (Kapellasite, $\text{Cu}_3\text{Zn}(\text{OH})_6\text{Cl}_2$), Гербертсмититы $\text{ZnCu}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$, Ярославиты и т.д. Для описания данных материалов широко применяется модель Изинга с учетом взаимодействия как первых, так и вторых ближайших соседей. Взаимодействие между ближайшими спинами, располагающимися в разных подрешетках, характеризуется обменным взаимодействием J_1 , а между следующими за ближайшими спинами – обменным взаимодействием J_2 .

Гамильтониан модели может быть представлен в следующем виде:

$$H = -J_1 \sum_{\langle i,j \rangle} S_i S_j - J_2 \sum_{\langle i,j \rangle} S_i S_j, \quad S_i = \pm 1. \quad (1)$$

В работе нами использован алгоритм Ванга-Ландау метода Монте-Карло [1]. Данный алгоритм позволяет найти функцию плотности состояний системы, зная которую можно легко рассчитать все остальные характеристики системы. Особенно эффективным алгоритм Ванга-Ландау оказался при моделировании различных наноструктур.

Таким образом, в данной работе исследована модель Изинга на решетке Кагоме с учетом обменных взаимодействий как между первыми, так и вторыми ближайшими соседями. Вычислена плотность состояний системы и рассчитаны температурные зависимости различных термодинамических параметров. Определены температуры фазовых переходов и их типы. Построена фазовая диаграмма системы и определены магнитные структуры основного состояния.

Литература

1. Landau D.P., Tsai S.-H., Exler M. A new approach to Monte Carlo simulations in statistical physics: Wang-Landau sampling, Am. J. Phys., 2004. V. 72(10): p. 1294-1302.

© Муртазаев А.К., Магомедов М.А., Магомедова Л.К., 2018 г.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ С ОБОСТРЕНИЕМ В НЕЛИНЕЙНОЙ ДРОБНО- ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СУБДИФФУЗИИ С ИСТОЧНИКОМ

Синицкий Алексей Игоревич

Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия

В последние два десятилетия активно развивается подход к описанию явлений в сложных неоднородных средах, основанный на аппарате интегро-дифференцирования дробного порядка [1]. Целью данной работы является численно-аналитическое исследование режимов с обострением [2] в системах, описываемых нелинейным дробно-дифференциальным уравнением субдиффузии с источником

$$D_t^\alpha u = (u^\sigma u_x)_x + u^\beta, \alpha \in (0; 1), \sigma \neq 0, \beta \neq 1, \quad (1)$$

где D_t^α - дробная производная Римана-Лиувилля порядка α .

Для поиска автомодельного решения в случае $\alpha = \beta + 1$ выполнена редукция (1) к обыкновенному дробно-дифференциальному уравнению и для α близких к 1 построено его приближённое аналитическое решение, подтвердившее существование в системе S-режима с обострением. Сопоставление результатов численного и приближённого аналитического решений выявило их соответствие в пределах погрешности используемой численной схемы. Проведён ряд численных экспериментов по исследованию различных режимов с обострением, показавший существование в системе всех трёх типов режимов (S, HS и LS) при порядке дробного дифференцирования близком к единице. Построена зависимость времени обострения от α (рис. 1).

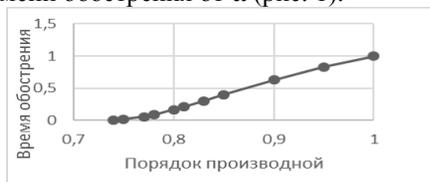


Рис. 1. Зависимость времени обострения S-режима от порядка производной

Литература

1. Самко С.Г., Кибас А.А., Маричев О.И. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения. – Минск: Наука и техника, 1987.
2. Ахромеева Т.С., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г, Самарский А.А. Нестационарные структуры и диффузионный хаос. – М.: Наука.

© Синицкий А.И., 2018 г.

УДК 519.6

ОПИСАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА СУШКИ ЯЧМЕНЯ

Павленко Виктор Александрович

Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия

Процесс сушки любого зерна описывается системой трех дифференциальных уравнений (см. [1]). Эти дифференциальные уравнения описывают процесс изменения температуры, влажности и давления внутри зерна. Решить данную систему в элементарных функциях не представляется возможным. Однако, при уборке зерновых, особенно в те времена, когда выпадает большое количество осадков, наиболее остро встает вопрос о характере изменения температуры, влажности и давления. Поэтому данное исследование является актуальным.

Ещё одна проблема заключается в том, что невозможно определить коэффициенты в этих дифференциальных уравнениях даже опытным путем, ибо оборудование для определения таковых дорогостоящее. Поэтому были проведены опыты, в ходе которых была выявлена числовая информация характера изменения температуры, влажности и давления от времени. На основе этих опытов получены функциональные зависимости температуры, влажности и давления от времени. Эти зависимости были подставлены в коэффициенты и были получены функциональные зависимости коэффициентов от времени.

Литература

1. Лыков А. В. Теория сушки: – М.: «Энергия», 1968, 472с.

© Павленко В.А., 2018 г.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАНЫХ. Т-КРИТЕРИЙ СТЬЮДЕНТА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ НА КОНКРЕТНОМ ПРИМЕРЕ

Шаяхметова З.А., Урманшина Л.И.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

t-критерий Стьюдента – общее название для класса методов статистической проверки гипотез (статистических критериев), основанных на распределении Стьюдента. Наиболее частые случаи применения t-критерия связаны с проверкой равенства средних значений в двух выборках.

Для сравнения средних величин t-критерий Стьюдента рассчитывается по следующей формуле:
$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$
 где M_1 - средняя арифметическая первой сравниваемой совокупности (группы), M_2 - второй сравниваемой совокупности (группы), m_1 - средняя ошибка первой, m_2 - средняя ошибка второй средней арифметической.

Полученное значение t-критерия Стьюдента необходимо правильно интерпретировать. Для этого необходимо знать количество исследуемых в каждой группе (n_1 и n_2). Находим число степеней свободы f по следующей формуле: $f = (n_1 + n_2) - 2$.

После этого определяем критическое значение t-критерия Стьюдента для требуемого уровня значимости (например, $p=0,05$) и при данном числе степеней свободы f по таблице.

Если рассчитанное значение t-критерия Стьюдента равно или больше критического, найденного по таблице, делаем вывод о статистической значимости различий между сравниваемыми величинами. Иначе различия сравниваемых величин статистически не значимы.

Будем использовать критерий на основании имеющихся данных: результатов тестирования школьников на склонность к суициду. Исследовались данные опроса школьников 9-11 классов пяти районов РБ. Рассмотрим гипотезу: мальчики более склонны к суициду, чем девочки. В результате применения описанного алгоритма гипотеза получила подтверждение только для района №3.

Литература

1. Орлов, А. И. Прикладная статистика [Текст] : учебник / А. И. Орлов. – М.: Экзамен, 2006.– 672 с.

© Шаяхметова З.А., Урманшина Л.И., 2018 г.

УДК 517.9

**ИНВАРИАНТНЫЕ СИСТЕМЫ ТРЕХ ОБЫКНОВЕННЫХ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА ДЛЯ
ШЕСТИМЕРНОЙ АЛГЕБРЫ ЛИ С ДВУМЯ ДВУМЕРНЫМИ
ПОДАЛГЕБРАМИ**

Кадырова К. Р.

Уфимский государственный авиационный технический университет, г.
Уфа, Россия

В работе строятся инвариантные системы трех обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка:

$$\begin{cases} \ddot{x} = f(t, x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}), \\ \ddot{y} = g(t, x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}), \\ \ddot{z} = h(t, x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}), \end{cases}$$

для шестимерных неподобных алгебр Ли с ненулевыми коммутационными соотношениями

$$[X_1 X_3] = X_1, [X_2 X_3] = X_2,$$

полученных в работе [1]. Для построения большинства таких систем использовался метод (см., например, [2]), основанный на построении общего дифференциального инварианта второго порядка $J(t, x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}, \ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z})$ и оценки рангов матриц, составленных из самих операторов, операторов продолженных до первых и вторых производных. В частности, было установлено точное количество допускаемых дифференциальных инвариантов второго порядка и наличие дополнительных соотношений для каждой из рассматриваемых алгебр Ли. Однако, только для шести алгебр Ли построены инвариантные системы обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка.

В работе, также приведен пример интегрирования системы трех обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка, допускающих шестимерную алгебру Ли рассматриваемого типа.

Литература

1. Кадырова К.Р. Реализация шестимерной алгебры Ли с двумя двумерными подалгебрами в пространстве четырех переменных // Тез. докл. IX Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании» (3-7 октября 2016, г. Уфа), Уфа: РИЦ БашГУ, 2016, с. 359.
2. Гайнетдинова А.А. Классификация систем двух ОДУ второго порядка, допускающих четырёхмерные алгебры Ли // Некоторые актуальные проблемы современной математики и математического образования.

УДК 517

**ИНТЕГРИРОВАНИЕ СИСТЕМ ДВУХ ОБЫКНОВЕННЫХ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА,
ДОПУСКАЮЩИХ ШЕСТИМЕРНЫЕ АЛГЕБРЫ ЛИ С
ТРЕХМЕРНОЙ ПОДАЛГЕБРОЙ**

Фокеева Н.О.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Известно, что если обыкновенное дифференциальное уравнение n -го порядка допускает n операторов, образующих n -мерную разрешимую алгебру Ли операторов, то оно может быть проинтегрировано в квадратурах.

В последнее время в литературе встречаются попытки модифицировать этот метод применительно к системам ОДУ. Рассматриваемый метод заключается в использовании инвариантного представления систем и оператора инвариантного дифференцирования.

Возникает вопрос о применимости к системам более высоких порядков. Для исследования этого вопроса необходимо построить реализации алгебры Ли более высоких порядков в пространстве дифференциальных операторов, получить системы ОДУ, допускающие эти алгебры, и применить предложенный алгоритм.

Объект исследования - системы двух ОДУ третьего порядка, допускающих шестимерные алгебры Ли с трехмерной подалгеброй.

Целью работы является интегрирование систем вида

$$\begin{cases} y''' = f(x, y, z, y', z', y'', z''), \\ z''' = g(x, y, z, y', z', y'', z''), \end{cases} \quad (1)$$

с помощью метода, основанного на использовании инвариантного представления систем и оператора инвариантного дифференцирования.

Актуальность данной работы заключается в том, что применяемый метод ранее не использовался для систем порядка выше четвертого.

Решены следующие задачи:

- реализация $sl(2, \mathbf{R}) \oplus 3g_1$ и $g_{6,5}$ алгебр Ли в пространстве трех переменных,
- построение систем двух ОДУ третьего порядка, допускающих полученные алгебры Ли,
- интегрирование полученных систем по алгоритму.

Литература

1. Gainetdinova, A.A. Integrability of systems of two second-order ordinary differential equations admitting four-dimensional Lie algebras // Proc. R. Soc. A., 2017. – Vol.473, no. 2197.

© Фокеева Н.О., 2018г.

УДК 517.9

ПРИБЛИЖЕННЫЕ ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ ДРОБНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ

Чунарёва Мария Павловна

Уфимский государственный авиационный технический университет,
г.Уфа, Россия

Цель работы – построение приближенных законов сохранения и частных решений для нелинейного уравнения фильтрации с экспоненциальной функцией проницаемости и дробной производной по времени типа Римана-Лиувилля порядка $\alpha = 1 - \varepsilon$, $0 < \varepsilon \ll 1$.

В [1] показано, что такое уравнение может быть приближенно уравнением с малым параметром

$$u_t - (1 + \varepsilon)(e^u u_x^2 + e^u u_{xx}) + \varepsilon \left[u_t (\ln t + \gamma - 1) + \frac{u}{t} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n t^n}{n(n+1)!} D_t^{n+1} u \right] \approx 0.$$

Законы сохранения строятся на основе принципа нелинейной самосопряженности [2]. Доказано

Утверждение. *Приближенное уравнение фильтрации, является нелинейно самосопряженным.*

По известным [1] приближенным симметриям построены два устойчивых закона сохранения вида $D_t(C^t) + D_x(C^x) = 0$

1) $C^x = -x e^u u_x + e^u + \varepsilon[-x e^u u_x + e^u]$, 2) $C_2^x = -e^u u_x - 2\varepsilon e^u u_x$
Также методом законов сохранения было построено приближенное решение вида

$$u = C_1 - \varepsilon[C_1 \ln t + C_2 x + C_3].$$

Литература

1. Лукашук С.Ю. Групповая классификация одного нелинейного приближенного уравнения субдиффузии // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. наука. – 2016. – Т.20, №4. – С. 603 – 619.

2. Ибрагимов Н.Х., Авдоница Е.Д. Нелинейная самосопряженность, законы сохранения и построение решений уравнений в частных производных с помощью законов сохранения // Успехи мат. наук. – 2013. – Т.68, №5. – С. 111 – 146.

© Чунарёва М.П., 2018 г.

АНАЛИЗ ОПЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ХЕДЖИРОВАНИИ ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ

Вахитова З.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В современной экономике наблюдаются значительные изменения цен на товары разных видов. Отсюда следует то, что участники рыночных отношений подвержены риску потерь из-за неблагоприятного развития конъюнктуры. Этим объясняется постоянно возрастающий интерес к хеджированию – процессу уменьшения риска возможных потерь. К числу наиболее гибких инструментов воздействия на рисковую составляющую деятельности инвесторов относятся опционы. Операции с помощью набора опционов называют опционной стратегией. Для исследования и сравнительного анализа четырех основных стратегий при хеджировании финансовых рисков воспользуемся данными об опционах на акции ПАО «Сбербанк» с сайта Московской биржи. Мною была создана программа для построения диаграмм прибылей и убытков опционных стратегий в зависимости от движения цен базового актива, позволяющая увидеть как изменение цен базового актива (акций) влияет на изменение стоимости опционов на эти базовые активы. Это дает возможность выбрать наиболее выгодную стратегию инвестиционных портфелей различных опционов выбранной нами организации. Предположив, что спот-цена акции ПАО «Сбербанк» на данный момент времени составляет 18 300 рублей, следует, что применение опционной комбинации Стрэддл, принесет инвестору прибыль в размере 2 900 рублей на одну акцию. Стратегия Стрэнгл даст чуть меньшую прибыль.

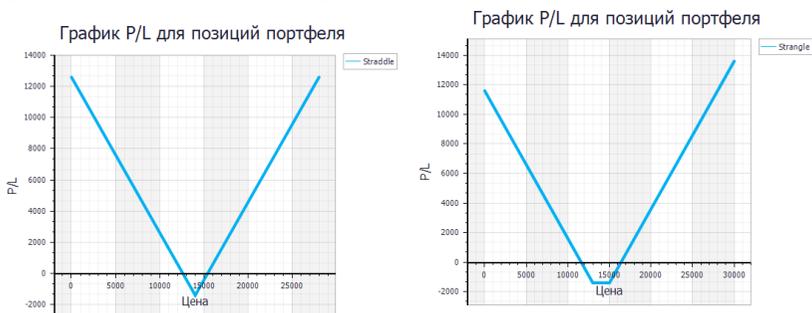


Рис.1. Графики прибыли/убытков стратегий Стрэддл и Стрэнгл

Если сравнить экономическую отдачу от осуществления Стрэддла и Стрэнгла при условии, что спот-цена превышает страйк, то можно увидеть следующее: ценовой коридор, в котором инвестор будет

проигрывать в результате применения Стрэнгла, больше, чем у покупателя Стрэддла. Поэтому максимальную прибыль инвестор получит, если использует стратегию Стрэддл.

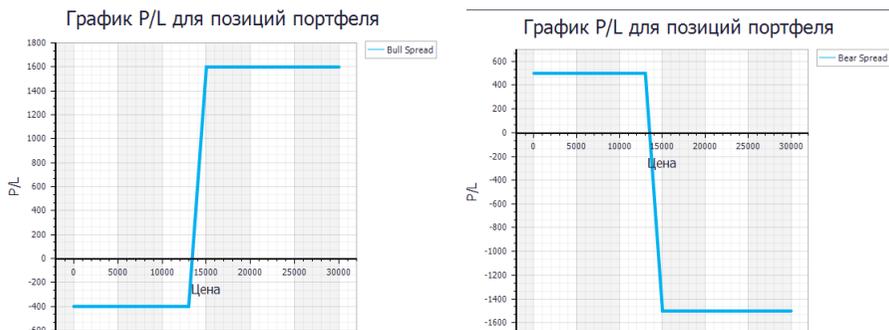


Рис.2. Графики прибыли/убытков стратегий Спрэд быка и Спрэд медведя

Применение стратегии Спрэд быка также принесет инвестору прибыль, но в рамках такого вида спреда выигрыш будет ограничен и при последующем положительном изменении спот-цены не сможет превысить 1 600 рублей. В данном случае Медвежий спрэд будет убыточным для инвестора, его убыток будет ограничен и максимальный риск составит 1 500 рублей. Так как цене базисного актива в течение дня свойственны некоторые колебания, предположим, что инвестор ожидает незначительное изменение спотовой цены актива. Например, цена акции на текущий момент составляет 14 500 рублей. Тогда комбинация Стрэддл окажется убыточной. В случае реализации комбинации Стрэнгл убыток инвестора будет равен сумме выплаченной премии. Бычий спрэд в этом положении спот-цены будет самым прибыльным. В то время как, медвежий спрэд окажется убыточной стратегией.

Литература

1. Четыркин Е.М. Финансовая математика: учебник – М.: издательство «Дело», 2010.
2. Галиаскаров Ф.М. Методы расчета и математические модели финансовых операций. Кн. 1 – Уфа: Дизайн - ПолиграфСервис, 2009
3. Буренин А.Н. Фьючерсные, форвардные и опционные рынки. – М.: Тривола, 1994
4. Ширяев А.Н. Основы стохастической финансовой математики. Том 1. Факты. Модели. - Издательство: Фазис: 1998

© Вахитова З.Р., 2018 г.

МОДЕЛЬ АКСЕЛЕРАТОРА В РЕШЕНИИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ЗАДАЧ

Зиннатуллин Фарит Флюорович

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Целью данной работы является – формулировка основных принципов инвестирования при помощи разностной модели акселератора.

Модель разностного акселератора имеет вид: $a(y_{t+1} - y_t) = u_t$, где u_t – капиталовложения в момент времени (год, квартал, месяц) t , $\Delta y = y_{t+1} - y_t$ – прирост конечной продукции (в стоимостном выражении) за следующий момент времени (год, квартал, месяц), a – фактор акселерации, выражающий сумму капиталовложений на единицу продукции (в стоимостном выражении).

В итоге были получены три теоремы для прямой задачи инвестирования и две теоремы для обратной задачи инвестирования.

В первой теореме для прямой задачи инвестирования доказано, что больший объем продукции дает та схема инвестирования, у которой среднее арифметическое взвешенное инвестиций находится левее. Вторая теорема утверждает, что при росте инвестиций лучше та схема, у которой скорость роста меньше, а третья – что убывающий график инвестирования лучше возрастающего.

В первой теореме об обратном инвестировании было получено что, если начальные прибыли у обоих предприятий одинаковы, а конечная прибыль у первой больше, то это значит, что для первого предприятия были затрачены больше средств. А вторая теорема утверждает, что если в начальный момент и в конечный момент доходы двух предприятий одинаковы, то за весь промежуток времени $[0, T]$ обоим предприятиям инвестировано одинаковое количество средств. Но, однако, общие доходы при этом могут различаться. Все зависит от схемы инвестирования. Можно вложить в компанию меньше средств, но получить при этом больше продукции. Приводится также механический смысл теорем и иллюстрирующие примеры.

Литература

1. Ахтямов А.М. О выборе наилучшего графика из двух схем инвестирования предприятия // Экономика и математические методы. – 2013. Т. 49. № 2. – С. 97–105.
2. Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2003. – 520 с.

© Зиннатуллин Ф.Ф., 2018 г.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ С ЭКОНОМИЧЕСКИМ СОДЕРЖАНИЕМ

Стрельникова А. С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б. Н. Ельцина, город Екатеринбург, Россия

В современной экономике используется множество математических методов. Объясняется это тем, что значительная часть математических моделей экономических объектов и процессов записывается в достаточно простой компактной математической форме.

Таким образом, для решения экономической задачи необходимо составить математическую модель. Под математической моделью экономической задачи понимается совокупность математических соотношений, описывающих экономический процесс. Для составления математической модели необходимо выбрать переменные задачи и составить систему ограничений.

Рассмотрим некоторые примеры составления математических моделей экономических задач с ограничениями в виде линейных уравнений.

Система m линейных уравнений с n неизвестными (переменными)

x_1, x_2, \dots, x_n имеет вид:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \end{cases}$$

где a_{ij} и b_i — произвольные числа ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$), которые называются соответственно *коэффициентами при неизвестных и свободными членами* уравнений. *Решением* системы уравнений называется набор n чисел $x_1 = a_1, x_2 = a_2, \dots, x_n = a_n$, при подстановке которых в эту систему каждое уравнение данной системы превращается в тождество.

Среди методов решения систем линейных уравнений выделяют следующие: методы обратной матрицы и Крамера (в случае $m = n$); метод Гаусса и Жордана - Гаусса (в случае $m \neq n$). Данные методы описаны в источнике [2].

Для удобства и экономии времени можно решать системы линейных уравнений в следующих программах: Mathcad, MathType, GeoGebra, Mathima и тд.

Примеры задач.

1. Обувная фабрика специализируется по выпуску изделий трех видов: сапог, кроссовок и ботинок. При этом используется сырье трех типов: S_1 , S_2 , S_3 . Нормы расхода каждого из них на одну пару обуви и объем расхода сырья на 1 день заданы таблицей:

Вид сырья	Нормы расхода сырья на одну пару, усл. ед.			Расход сырья на 1 день, усл. ед.
	Сапоги	Кроссовки	Ботинки	
S1	5	3	4	2700
S2	2	1	1	800
S3	3	2	2	1600

Найти ежедневный объем выпуска каждого вида обуви [1].

Математическая модель данной задачи будет представима следующим образом:

1. Переменные задачи: x_1 , x_2 , x_3 – количество пар сапог, кроссовок, ботинок соответственно. Переменные задачи являются числами положительными.

2. Система ограничений:
$$\begin{cases} 5x_1 + 3x_2 + 4x_3 = 2700, \\ 2x_1 + x_2 + x_3 = 800, \\ 3x_1 + 2x_2 + 2x_3 = 1600 \end{cases}$$

Решая систему любым из приведенных способов, получаем, что ежедневный объем выпуска каждого вида обуви составляет 200 пар сапог, 300 пар кроссовок и 200 пар ботинок.

2. С двух заводов поставляются автомобили для двух автохозяйств, потребности которых соответственно 200 и 300 машин. Первый завод выпустил 350 машин, а второй- 150 машин. Известны затраты на перевозку машин с завода в каждое автохозяйство

Завод	Затраты на перевозку в автохозяйство, ден. ед.	
	1	1
1	1	2
2	15	20

Минимальные затраты на перевозку равны 7950 ден.ед. Найти оптимальный план перевозок машин [1].

В решении данной задачи удобно обозначить за x_{ij} - количество машин, поставляемых с i -го завода j -му автохозяйству ($i, j=1,2$) и перейти

к системе линейных уравнений, решаемой методом Гаусса ($x_{11}=50$, $x_{12}=300$, $x_{21}=150$, $x_{22}=0$).

3. Имеются три банка, каждый из которых начисляет вкладчику определенный годовой процент (свой для каждого банка). Имеется три вкладчика, у каждого из которых в начале года была сумма 6000руб. В начале года вкладчики разместили свои деньги в трех банках. Первый вкладчик $1/3$ вклада вложил в банк №1, $1/2$ вклада - в банк №2 и оставшуюся часть - в банк №3; к концу года сумма этих вкладов возросла до 6860 руб. Второй вкладчик $1/6$ вклада положил в банк №1, $2/3$ - в банк №2 и $1/6$ - в банк №3; к концу года сумма вклада составила 6840 руб.. Третий вкладчик $1/2$ вклада положил в банк №1, $1/6$ - в банк №2 и $1/3$ вклада в банк №3; сумма вкладов в конце года составила 6920 руб. Какой процент выплачивает каждый банк? Ответ: 25%, 20%, 15% [1].

Литература

1. Кремер Н.Ш. Высшая математика для экономических специальностей: учебник и практикум. - М.: Изд-во Юрайт; Высшее образование, 2010. – 909 с.
2. Кныш А.А., Марвин С.В., Соловьянов В.Б. Линейные модели в экономике: учебное пособие. Екатеринбург, Изд-во УРГЭУ, 2017. – 27 с.

© Стрельникова А.С., 2018 г.

СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ»

УДК 372.851

ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ РЕШЕНИЮ МОДЕЛЬНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ВОПЛОЩЕНИЕМ НА РЕАЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ

Аксенова О.В., Бодряков В.Ю.

Уральский государственный педагогический университет,
г.Екатеринбург, Россия

Согласно ФГОС СОО [1] требования к предметным результатам освоения курса математики должны отражать: «сформированность умений моделировать реальные ситуации, исследовать построенные модели, интерпретировать полученный результат». Требования к предметным результатам освоения курса информатики должны отражать: «владение навыками алгоритмического мышления и понимание необходимости формального описания алгоритмов; владение навыками и опытом разработки программ в выбранной среде программирования, включая тестирование и отладку программ; владение элементарными навыками формализации прикладной задачи и документирования программ». Согласно Стандарту профессиональной деятельности педагога [2] в трудовую функцию учителя по модулю «Предметное обучение. Математика» входит «Формирование способности к постижению основ математических моделей реального объекта или процесса, готовности к применению моделирования для построения объектов и процессов, определения или предсказания их свойств». Бакалавры педагогического образования с профилями в области математики и/или информатики, должны быть подготовлены к решению педагогических задач цифрового будущего.

Мы предлагаем один из возможных подходов к решению «педагогической проблемы цифрового будущего» - решение модельных математических задач, «подкрепленных» натурным робототехническим воплощением.

Приведем пример условия задачи.

Беспилотная самоходная тележка может двигаться равноускоренно с постоянным ускорением a , равномерно со скоростью v_0 и равнозамедленно с тем же по модулю ускорением. Найдите график движения, обеспечивающий минимальное время доставки груза на прямолинейном участке пути длиной l . Провести расчеты для реалистичных значений параметров: $l = 200$ м, $v_0 = 10$ м/с и $a = 1$ м/с².

Для решения самой задачи требуются сведения из школьного курса механики, дополненные пониманием необходимости выполнения условий «сшивки» на границах участков (рис. 1).

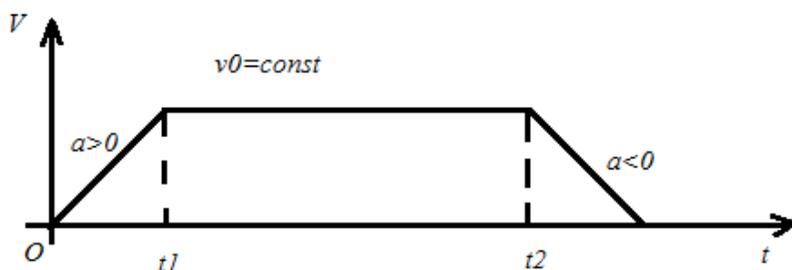


Рис. 2. Модельный график движения беспилотной самоходной тележки

В соответствии с математической моделью был создан алгоритм управления робототехнической тележкой. Апробация показала практически точное соответствие реального графика движения тележки модельному расчету: время ускорения равно времени торможения и равно 10 с; время равномерного движения – 10 с, так что минимальное время движения составляет 30 с.

В описанной задаче, моделирующей, например, беспилотную перевозку заготовок между цехами предприятия, обучающиеся имеют возможность получить уникальный опыт прямого сопоставления результатов расчетов по модели с соответствующей робототехнической реализацией, существенный импульс получает при этом процесс формирования и развития профессиональных компетенций, связанных с применением математического аппарата, обработки информации и др.

Литература

1. ФГОС СОО. Утв. Пр. МОН РФ от 17 мая 2012 года N 413 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования», с изменениями на 29 июня 2017 года.
2. Профессиональный стандарт "Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)". Утв. Пр. Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 октября 2013 года N 544н.

О ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УКРУПНЕННЫХ ДИДАКТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ

Белоногова А.А.

Уральский гос. пед. университет – УрГПУ, г. Екатеринбург, Россия

Согласно «Федеральному образовательному стандарту основного общего образования» [1] у обучающихся должны быть сформированы познавательные универсальные учебные действия (ПУУД), структура которых разными авторами описывается по-разному. Анализируя и сопоставляя известные нам результаты, используя, в частности, [2], установим следующую структуру ПУУД:

- самостоятельное выделение и формулирование познавательной цели;
- формулирование проблемы и самостоятельное создание способов решения проблем творческого и поискового характера;
- определение основной и второстепенной информации;
- анализ объектов с целью выделения признаков (существенных, несущественных);
- синтез как составление целого из частей, в том числе самостоятельное достраивание, восполнение недостающих компонентов;
- выбор оснований и критериев для сравнения, сериации, классификации объектов;
- подведение под понятия, выведение следствий;
- установление причинно-следственных связей;
- умение структурировать знания;
- выбор наиболее эффективных способов решения задач в зависимости от конкретных условий;
- рефлексия способов и условий действия;
- контроль и оценка процесса и результатов деятельности;
- смысловое чтение как осмысление цели чтения и выбор вида чтения в зависимости от цели.

Проблема поиска средств, содержания, форм, методов формирования и развития указанных действий решается сегодня не только в направлении создания инновационных продуктов, но и экспертировании имеющегося в методике арсенала дидактического и методического опыта. С нашей точки зрения, для формирования выделенных выше действий, составляющих группу ПУУД, в процессе обучения математике могут быть использованы укрупненные дидактические единицы (УДЕ), предложенные и описанные П.М. Эрдниевым (например, в [3]), и

применение которых разработано до технологии [2]. Согласно введенному авторами определению, укрупненная дидактическая единица, как элементарная единица учебного процесса, состоящая из логически различных элементов, обладающих в то же время информационной общностью [4], имеет следующие характеристики:

- совместные и одновременное изучение взаимосвязанных действий, операций, функций, теорем и т.п. (в частности, взаимно обратных);
- обеспечение единства процессов составления и решения задач (уравнений, неравенств и т.п.);
- рассмотрение во взаимопереходах определенных и неопределенных заданий (в частности, деформированных упражнений);
- обращение структуры упражнения, что создает условия для противопоставления исходного и преобразованного заданий;
- выявление сложной природы математического знания, достижение системности знаний;
- реализация принципа дополнительности в системе упражнений (понимание достигается в результате межкодовых переходов между образным и логическим в мышлении, между его сознательным и подсознательным компонентами).

Сопоставление процессуальной сущности действий указанной структуры ПУУД и характеристик УДЕ позволяет получить вывод о том, что их корреляция достаточно велика, а значит, познавательные универсальные учебные действия могут быть сформированы в рамках применения технологии укрупненных дидактических единиц.

Литература

1. «Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования» от 10 декабря 2010 № 1897 // Министерство образования и науки Российской Федерации <https://минобрнауки.рф/документы/938> (дата обращения 23.09.2018).
2. Асмолов А.Г., Бурменская Г.В., Володарская И.А. и др. Формирование универсальных учебных действий в основной школе: от действия к мысли. Система заданий: пособие для учителя./Под ред. Асмолова А.Г., М.: Просвещение, 2010. 159 с.
3. Эрдниев, П.М. Укрупнение дидактических единиц как технологии обучения: в 2 ч. / П. М. Эрдниев. М.: Просвещение, 1992. Ч.1. 175 с.
4. Эрдниев П.М., Эрдниев Б.П. Укрупнение дидактических единиц в обучении математике. М.: Просвещение, 1986. 326 с.
- 5.

© Белоногова А.А., 2018 г.

УДК 377.5

РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ КАК СПОСОБ МОТИВАЦИИ К ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННОМУ ИЗУЧЕНИЮ МАТЕМАТИКИ В УЧРЕЖДЕНИЯХ СПО

Быков Антон Александрович, Бодряков Владимир Юрьевич
Екатеринбургский автомобильно-дорожный колледж, г. Екатеринбург,
Россия,

Уральский гос. пед. университет, г. Екатеринбург, Россия

Едва ли нужно доказывать, что обучение математике является важным инструментом формирования профессионала сегодняшнего и, в еще большей степени, завтрашнего дня. Важным, если не сказать системообразующим, практикоориентированным разделом математики является раздел, дающий обучающимся инструментарий для решения профессиональных оптимизационных задач. Такой подход может и должен быть реализован не только в системе высшего, но и в системе среднего профессионального образования. Специфической особенностью здесь является нередко слабая исходная математическая подготовка абитуриентов колледжей и техникумов, особенно поступающих на обучение на базе основного общего образования (после 9 класса школы). По этой причине требуются особенные усилия педагогов-математиков по формированию необходимого уровня математической культуры обучающихся с использованием на начальных этапах лишь доступного для освоения этими студентами математического аппарата (см., например, [1]).

Именно от внутренней установки на экономную работу каждого прораба и мастера при строительстве конкретного объекта, от их умения оптимально распределить и использовать ресурсы (человеческие, материальные, технические) во многом зависит итоговая величина затрат. Экономия, достигнутая при создании одного объекта, умножается на тысячи строящихся объектов по всей стране, и дает возможность вкладывать дополнительные ресурсы в дальнейшее совершенствование инфраструктуры и, в конечном итоге, улучшение жизни граждан РФ.

Так, федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования (ФГОС СПО) по специальности «08.02.05 – Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов» [2] определяет, что «выпускник, освоивший образовательную программу, должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК), соответствующими основным видам деятельности: ... ПК 5.1. Планировать, оптимизировать и распределять производственные задания между бригадами, звеньями и отдельными работниками; ... ПК 5.3. Осуществлять анализ строительных процессов и производственных операций на строительном участке», и др.

Эффективным инструментом реализации этих и др. профессиональных компетенций является освоение обучающимися основных математических моделей, в том числе решаемых с применением компьютера, соответствующих возникающим производственным задачам.

Приведем в качестве примера одну из таких задач:

Для ремонта 3 участков дорожных покрытий, длиной 3 км, 6 км и 8 км, могут быть наняты 3 бригады дорожных рабочих. Первая бригада может отремонтировать 1 км дорожного полотна за 10 дней, вторая бригада за 15 дней, и третья за 17 дней. Стоимость работ за один день для первой бригады составляет 30000 руб., для второй 26000 руб., для третьей 23000 руб. Определить оптимальный план ремонта дорожного полотна на 3 участках.

Хотя в практической деятельности мастера дорожного строительства такие задачи встречаются постоянно, с математической точки зрения эта задача является задачей с неполным условием, и требует доопределения. Перед формулированием содержательной математической модели студентам предлагается определить, что значит «оптимальный план» (по времени, по итоговой стоимости всего ремонта дорожного полотна, или следует применить некоторый интегрированный критерий). Исходя из технических условий, следует решить, допустить ли совместную работу всех бригад на одном участке вместе или бригады должны работать на разных участках. После того, как математическая модель сформулирована и определена целевая (оптимизируемая) функция, студенты должны разработать алгоритм, реализуемый на персональном компьютере; предпочтительно, с применением электронной таблицы MS Excel.

Как показал наш опыт, применение подхода с созданием и решением математических моделей практических «кейсов» служит для студентов мотивационным фактором, побуждающим к изучению математики.

Литература

1. Бодряков В. Ю., Быков А. А., Ударцева Д. А. Квадратичная функция как мотивирующий инструмент решения экстремальных задач // Педагогическое образование в России. 2018. № 8. С. 55-63.
2. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования по специальности «08.02.05 – Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов». Утв. приказом МОН РФ от 11 января 2018 г. N 25.

© Быков А.А., Бодряков В.Ю., 2018 г.

УДК 378+330.4

ПРИМЕР ОРГАНИЗАЦИИ ДЕЛОВОЙ ИГРЫ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Кныш А.А.

Уральский государственный экономический университет,
г. Екатеринбург, Россия

В успешном изучении математических дисциплин большую роль играет познавательный интерес. Одним из наиболее эффективных способов стимулирования познавательного интереса является деловая игра, как групповое упражнение по выработке последовательности решений в искусственно созданных условиях, имитирующих реальную производственную обстановку процессов организационно-экономических систем [4].

Приведем пример организации деловой игры во время изучения линейного программирования.

Проведение игры «*Ограниченность ресурсов*» осуществлялось на практических занятиях студентов первого курса УрГЭУ направления «Международный менеджмент».

Основными атрибутами деловой игры являлись имитация того или иного аспекта человеческой деятельности, распределение игроков на роли, четкая регламентация, система правил.

Цель игры: развитие навыков делового общения, ведения дискуссии; формирование навыков принятия коллективных решений и выработки установки на практическое использование; воспитание индивидуального стиля поведения в процессе взаимодействия с людьми.

Организация игры.

Из академической группы преподавателем выделяется группа координаторов (2-3 человека). Остальная аудитория делится на несколько групп-отделов. В ходе игры были сформированы следующие отделы: маркетинга, аналитический, информатизации, дирекция фирмы.

Ход игры.

Преподаватель выбирает координаторов. Координаторы моделируют игровую ситуацию, продумывают правила и ход игры. Во время игры наблюдают и отвечают за соблюдение правил другими участниками, оказывают консультационную поддержку.

Получив заранее задание от координаторов, группа дирекции определяется с производством, продумывает название компании.

Изучив рынок и спрос на производимые материалы, отдел маркетинга вводит свои ограничения.

Аналитический отдел сводит все данные, формулирует условие задачи, составляет математическую модель и приступает к решению задачи графическим и симплексным методами.

Предварительно изучив программы решения задач линейного программирования, отдел информатизации использует в решении задачи Microsoft Excel.

После решения задачи аналитический отдел представляет найденное решение. Последним выступает отдел информатизации. Делается сравнительный анализ между способами решения. Дирекции дается полный ответ на поставленную задачу.

В случае расхождения ответов координаторы и преподаватель помогают найти ошибку в решении.

Структура игры.

Игра проводилась в четыре этапа (таблица 1).

Таблица 1. Этапы проведения игры

Этап работы	Содержание этапа	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
Постановка задач	Постановка проблемы	Объявляет тему игры, разъясняет её цели	Деление на отделы, знакомство с заданием и ролью отдела
Разработка программы действий	Решение задачи, выбор способов представления конечного результата деятельности	Наблюдение за ходом игры. Консультация отделов	Отделы составляют план решения задачи. Координаторы наблюдают за деятельностью отделов, консультируют
Выступление групп	Анализ полученных результатов	Помощь координаторам в проверке решения задачи	Отделы поочередно предоставляют свои решения, отвечают на вопросы дирекции фирмы
Подведение итогов игры	Формулирование выводов	Оценивает работу участников игры	Координаторы подводят итоги

В ходе игры студенты самостоятельно сформулировали задачу, нашли и оформили ее решение тремя способами.

Результатом данной игры стала не только организация самостоятельной работы студентов [1] с представлением проектов [2], но

и научная деятельность студентов – написание статьи по организации и проведению данной игры [3].

Литература

1. Кныш А.А., Кныш Е.В. «Организация работы студентов на основе уровневой дифференциации» // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 10 – С. 69-70.
2. Кныш А.А., Куликова О.В. «Применение метода проектов при изучении прикладных математических задач на первом курсе в вузе» // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). - 2017. Т. 8. № 11-2. С. 47-52.
3. Махнева С.С., Мулаянова Ю.Р. «Опыт организации деловой игры в процессе обучения математике» // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 6;
4. Плешакова М.В. Деловые игры в экономике: методология и практика: учебное пособие / М.В. Плешакова, Н.В. Чигиринская, Л.С. Шаховская. – М.: КНОРУС, 2008. – 240 с. ISBN 978-5-85971-579-4.

© Кныш А.А., 2018 г.

УДК 531.1

ЗАДАЧА О ПОГОНЕ КАК ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПРИ ПОМОЩИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Коновалова А.С.

Уральский государственный педагогический университет, г.
Екатеринбург, Россия

Текущее состояние инженерного образования диктует необходимость привлечения учащихся старших классов к изучению математики и физики. Ученики считают, что умение решать школьные задачи не используется в дальнейшей жизни. Но это не так – большинство школьных заданий основано на реальных ситуациях. При этом большинство учеников не владеет достаточным уровнем абстракции, чтобы по условию задачи распознавать ее применение.

Необходимо привлекать внимание учащихся к задачам, решение которых может рассматривать наиболее приближенные к реальным ситуации, такой и является так называемая «задача о погоне».

Необходимость обуславливается:

1. Низким уровнем подготовки современных инженерных кадров;
2. Возможностью демонстрации практического применения;

3. Доступностью графической модели ситуации в результате решения.

В статье рассмотрен классический вариант задачи и его практические приложения, а также её решение при помощи дифференциальных уравнений.

Литература

1. Бельченко Ю. И., Гилев Е. А., Силагадзе К. Механика частиц и тел в задачах. Новосибирск, 2006, стр. 14-21
2. К. Силагадзе, О. И. Чашина/ ЗАДАЧА ПРЕСЛЕДОВАНИЯ ЗАЙЦА ВОЛКОМ КАК УПРАЖНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ КИНЕМАТИКИ/Вестник НГУ Серия: Физика. 2010г. Том 5, выпуск 2.

© Коновалова А.С., 2018 г

УДК 378.046.2

ЭЛЕКТРОННО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА

Павленко Виктор Александрович

Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия

Электронно-информационная образовательная среда (ЭИОС) вот уже второй год, как внедрена в Башкирский государственный аграрный университет. Мы туда выставляем текущую успеваемость в течение всего учебного семестра ежемесячно. Однако, это не единственный плюс ЭИОС.

Еще одно преимущество ЭИОС заключается в том, что мы туда выставляем задания расчетно-графического задания и номера вариантов. Это позволит студентам заходить в любое удобное время, скачивать оттуда РГР и решать ее. Не надо, как раньше, преподавателю диктовать, кто какой вариант, распечатывать задания. Далее старостам ксерить на всю группу. Теперь это не нужно.

Ну и, пожалуй, самый главный плюс в том, что можно выкладывать задания по контрольной, самостоятельной работе. Также можно выкладывать тест. Далее студент решает данную работу и выкладывает ответ. Только следует учесть, что, если эта работа будет делаться дома, то она может быть выполнена несамостоятельно. Поэтому, желательно, чтоб студенты выполняли данную работу, находясь в компьютерном классе под присмотром преподавателя.

© Павленко В.А., 2018 г.

УДК 378.22

**К ВОПРОСУ О ДИАГНОСТИКЕ СФОРМИРОВАННОСТИ
КОМПЕТЕНЦИЙ У БАКАЛАВРОВ, ОБУЧАВШИХСЯ ПО
НАПРАВЛЕНИЮ «44.03.01 – ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ», ПРОФИЛЬ: МАТЕМАТИКА**

Семенова И.Н., Бодряков В.Ю.

Уральский гос. пед. университет – УрГПУ, г. Екатеринбург, Россия

В рамках требований нормативных документов (напр., [1, 2]), будущие учителя должны быть способны к реализации следующих трудовых функций: «общепедагогическая» и «педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ». Формирование способностей к осуществлению этих функций носит комплексный характер, и содержательно и процессуально обеспечивается дисциплинами общекультурного и предметного блоков. Итоговая же диагностика уровня сформированности компонентов этих способностей, поэлементно отраженных в общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК), и профессиональных компетенциях (ПК), проводится и оценивается в рамках предметно ориентированной государственной итоговой аттестации (ГИА), организация и содержание которой определяется требованиями [1–3], уставами учебного заведения, федеральными и локальными нормативными актами, и др.

Выделяя в итоговой аттестации государственный экзамен «Математика» как вид оценочной деятельности, отметим определенную сложность наполнения материалов в билетах, содержание которых доминирующим образом должно быть связано с курсами дисциплин профессионально-предметного цикла и, при этом качественно поддерживать возможность диагностического сопровождения для оценки всех компетенций ОК, ОПК и ПК. Исследование интеграции и установления связей и согласования заданий и вопросов для предметной области дисциплин профессионального цикла с материалом, раскрывающим категории знаний, умений, владений в компетенциях (не только профессиональных, но и общеобразовательных и общеобразовательных предметных), является сегодня весьма актуальным направлением творческой деятельности авторов рабочих программ дисциплин, а также коллективов, разрабатывающих и осуществляющих реализацию ОПОП.

В настоящей работе мы представляем разработанную и апробированную методику профессионально-ориентированного компетентностного тестирования педагогов-математиков при подготовке

к государственной итоговой аттестации. Направление подготовки: «44.03.01 – Педагогическое образование. Профиль: Математика».

Методика заключается в «покомпетентностном» формулировании практикоориентированных заданий, включающих (в подходящих случаях) компетентностную и профессионально-предметную (математическую) компоненты. Набор заданий формирует пополняемый фонд оценочных средств (ФОС) для ГИА. Список тестируемых компетенций определен утвержденной матрицей компетенций для ГИА. В нашем случае это были 24 компетенции всех трех нормированных ФГОС ВО [2] типов: ОК, ОПК и ПК. Созданные комплекты проверочных заданий предъявляются студентам выпускного и предвыпускного курсов для обеспечения систематической подготовки к ГИА. После проверки работ, статистически обработанные результаты сообщаются студентам. При этом в ходе профессионально ориентированного диалога с будущими молодыми учителями обсуждаются степень валидности проверочных заданий, уточняются формулировки задач, предлагаются новые задания.

В качестве примера приведем задание для диагностики формирования компетенции ОК-4 (трактуемой здесь и далее согласно [2] как способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия). При очевидной важности соответствующих знаний, умений и навыков у педагога, сформулировать адекватное проверочное задание «на компетенцию ОК-4» в рамках ГИА по математике совсем непросто.

«Укажите вариант правильного ответа для SAT Mathematics Practice Test (Level 2): Given the vectors $u = [-5, 4]$ and $v = [3, -1]$, then $|2u - 3v| = \dots$ А. $[-19, 11]$; Б. $\sqrt{482}$.

Прокомментируйте пропедевтику устранения ошибки в неверном ответе».

Предполагается, что в процессе подготовки ответа на этот вопрос студенты знакомятся с оригинальными материалами американского аналога нашего ЕГЭ по математике (профильный уровень), понимают математическую часть задачи, и решают ее (с выбором ответа). Студенты должны далее предположить мотивы получения неверного ответа обучающимся и указать педагогические средства, препятствующие появлению ошибки.

Апробация показала, что учебная работа в рамках предложенного методического подхода с интересом поддерживается старшекурсниками, и эффективно решает задачу тесной интеграции предметных и профессионально-компетентностных требований к выпускнику педвуза.

Литература

1. Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)». Утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18.10.2013 г. № 544н.
2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки «44.03.01 Педагогическое образование». Утв. пр. Министерства образования и науки Российской Федерации от 04.12.2015 г. № 1426.
3. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

© Семенова И.Н., Бодряков В.Ю., 2018 г.

ФАКТОРЫ, АКТИВИЗИРУЮЩИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ

Юлдошев Мансур Нажмиддин угли

Навоийский Государственный Педагогический Институт, г. Навои,
Узбекистан

Изучение вопроса самостоятельности началось еще в древности. Аристоксен, Сократ, Платон, Аристотель глубоко и всесторонне обосновали в своих трудах значимость добровольного, активного и самостоятельного овладения ребенком знаниями. При этом они исходили из того, что развитие мышления человека может успешно протекать только в процессе самостоятельной деятельности, а совершенствование личности и развитие ее способности - путем самопознания. Такая деятельность доставляет ребенку радость и удовлетворение и тем самым устраняет пассивность с его стороны в приобретении новых знаний. Свое дальнейшее развитие идея о самостоятельности в обучения получает в высказываниях Франсуа Рабле, Мишеля Монтеня, Томаса Мора, которые в эпоху мрачного средневековья в разгар процветания в практике работы школы схоластики, догматизма и зубрежки требуют обучать ребенка самостоятельности воспитывать в нем вдумчивого, критически мыслящего человека. Те же мысли развиваются на страницах педагогических трудов Я.А. Каменского, Ж.Ж. Руссо, И.Г. Песталоцци и др.

Самостоятельная работа по методике преподавания математики (МПП) на нашем факультете представляет такую работу, которая

выполняется без непосредственного участия преподавателя, но по его заданию, в специально предоставленное для этого время, при этом мы, сознательно стремимся достигнуть поставленные цели, употребляя свои усилия и выражая в той или иной форме результат умственных или физических действий.

Именно самостоятельная работа по МПМ вырабатывает высокую культуру умственного труда, которая предполагает не только технику чтения, изучение литературы, ведение записей, а, прежде всего, потребность в самостоятельной деятельности, стремление вникнуть в сущность вопроса, идти в глубь ещё не решённых проблем. В процессе такого труда наиболее полно выявляются наши индивидуальные способности, наклонности и интересы, которые способствуют развитию умения анализировать факты и явления, учат самостоятельному мышлению, которое приводит к творческому развитию и созданию собственного мнения, своих взглядов, представлений, своей позиции.

Таким образом, самостоятельная работа студента - это форма организации учебной деятельности, осуществляемая под прямым или косвенным руководством преподавателя, в ходе которой мы преимущественно или полностью самостоятельно выполняем различного вида задания с целью развития наших знаний, умений, навыков и личных качеств.

К основным видам самостоятельных работ по МПМ можно отнести следующие:

1. Работа с учебником, научной литературой и их анализ.
2. Выполнение заданий поискового исследовательского характера
3. Выполнение практических, семинарских и лабораторных работ.
4. Проверочные самостоятельные работы.
5. Подготовка докладов, рефератов.
6. Домашние опыты, наблюдения.
7. Техническое моделирование и конструирование.
8. Создание кейс – проектов.

Наша активная самостоятельная работа возможна только при наличии серьезной и устойчивой мотивации. Самый сильный мотивирующий фактор - подготовка к дальнейшей эффективной профессиональной деятельности учителя математики.

Для активизации самостоятельной работы по МПМ послужили следующие факторы:

1. Полезность выполняемой работы. Если мы знаем, что результаты нашей работы будут использованы в лекционном курсе, в методическом пособии, в лабораторном практикуме, при подготовке публикации или иным образом, то отношение к выполнению задания существенно меняется в лучшую сторону и качество выполняемой работы возрастает.

2. Наше участие в творческой деятельности. Это может быть участие в научно-исследовательской, опытно-конструкторской или методической работе, проводимой на той или иной кафедре.

3. Важным мотивационным фактором является интенсивная педагогика. Она предполагает введение в учебный процесс активных методов, прежде всего игрового тренинга, в основе которого лежат инновационные и организационно-деятельностные игры.

4. Участие в олимпиадах по учебным дисциплинам, конкурсах научно-исследовательских или прикладных работ и т.д.

5. Использование мотивирующих факторов контроля знаний.

6. Поощрение нас за успехи в учебе и творческой деятельности (стипендии, премирование, поощрительные баллы).

7. Индивидуализация заданий, выполняемых как в аудитории, так и вне ее, постоянное их обновление.

8. Мотивационным фактором в интенсивной учебной работе и, в первую очередь, самостоятельной является личность преподавателя.

9. Мотивация самостоятельной учебной деятельности может быть усилена при использовании такой формы организации учебного процесса, как цикловое обучение ("метод погружения").

Литература

1. Ю.К. Бабанский. Методы обучения в современной общеобразовательной школе. - М.: Просвещение, 1985.
2. М.Г. Гарунов, П.И. Пидкасистый. Самостоятельная работа студентов. - М.: Знание, 1978.

© Юлдошев М.Н., 2018 г.

ХИМИЯ

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ХИМИЯ»

УДК 544.653.2/.3, 543.637.4, 547-43, 547-565, 541.67

ТОЧНОСТЬ РАСЧЕТА RED/OX ПОТЕНЦИАЛОВ ЗАМЕЩЕННЫХ ФЕНОЛОВ В ПОЛУЭМПИРИЧЕСКИХ МЕТОДАХ AM1, RM1, PM7 И SAM1.

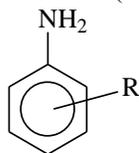
Никитина М.В.¹, Бугаец Д.В.¹, Зильберг Р.А.¹, Вакулин И.В.¹
¹Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Согласно фундаментальному принципу стереохимии ключевым компонентом, который обеспечивает энантиочувствительность электрода является хиральный модификатор.

Мы предполагаем, что количественным критерием, определяющим целесообразность выбора того или иного модификатора в конкретных условиях может служить окислительно-восстановительный потенциал, который успешно может быть оценен методами квантовой химии.

В данной работе мы сравнили точность расчета стандартных окислительно-восстановительных потенциалы ($E_{Red/Ox}$) замещенных анилинов в современных полуэмпирических приближениях AM1, RM1, PM7 и SAM1.

В качестве модельных соединений был рассмотрен ряд замещенных анилинов (19):



- 1-19 (1) R=o-NH₂; (2) R=m-COCH₃; (3) R=m-NH₂; (4) R=m-
OCH₃;
(5) R=m-NO₂; (6) R=m-OC₂H₅; (7) R=m-CH₃; (8) R=o-
COCH₃;
(9) R=o-OCH₃; (10) R=o-C₂H₅; (11) R=o-NO₂; (12) R=o-
OC₂H₅;
(13) R=o-CH₃; (14) R=p-CH₃; (15) R=p-COCH₃; (16) R=p-
C₂H₅; (17) R=p-NO₂; (18) R=p-OC₂H₅; (19) R=p-CH₃;

Расчет $E_{Red/Ox}$ проводился по следующему уравнению:

$$\Delta G(X_{vs}NHE) = \Delta G_{solv}^0(X^+) - \Delta G_{solv}^0(X) - 4.44 \text{ эВ} \quad (1)$$
$$E^0 = -\Delta G/F \quad (2)$$

где -4.44 эВ - это изменение энергии Гиббса в реакции восстановления водорода¹, F- число Фарадея 1 эВ/(моль*В).

Расчет потенциалов осуществлялся как через полные энергии (E_{tot}), так и через энтальпии образования (ΔH_f^0). Расчет осуществлялся в среде воды.

Из наших данных следует, что самым точным приближением для расчета RedOx потенциала является приближение PCM/RM1, где средняя абсолютная ошибка составляет 0,32В. Использование схемы расчета через полные энергии (E_{tot}) оказывается точнее ($CAO_{RM1}=0,32В$), чем схема с использованием энтальпий образования ($CAO_{RM1}=0,48В$).

Интересно отметить, что разница в средних абсолютных ошибках для приближений PCM/RM1 ($CAO_{RM1}=0,47В$) и COSMO/SAM1 ($CAO_{SAM1}=0,49В$) в схеме расчета с использованием энтальпий образования не превышает 0,1В.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ:16-13-10257

© Никитина М.В., Бугаец Д.В., Зильберг Р.А., Вакулин И.В., 2018 г.

УДК 544.653.2/3, 543.637.4, 547-43, 547-565, 541.67

АППРОКСИМИРОВАНИЕ REDOX ПОТЕНЦИАЛОВ ЗАМЕЩЕННЫХ БЕНЗОЛОВ ПО ЭНЕРГИЯМ ГРАНИЧНЫХ ОРБИТАЛЕЙ, ВЫЧИСЛЕННЫХ В ПРИБЛИЖЕНИИ PCM/RM1

Бугаец Д.В., Зильберг Р.А., Вакулин И.В.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

На примере замещённых бензолов (121 соединение) [1-4], была рассмотрена возможность аппроксимирования RedOx потенциалов с использованием энергий граничных орбиталей. Вычисления проводились в полуэмпирическом приближении PCM/RM1.

Аппроксимирование осуществлялось по уравнениям, где в качестве параметров использовались одна или две энергии граничных орбиталей:

$$\begin{aligned} E_{Red/Ox}^{EXP} &= a * E_{MO} + b \\ E_{Red/Ox}^{EXP} &= a * E_{MO1} + b * E_{MO2} + c \end{aligned}$$

Уравнение, использующие для аппроксимирования энергии двух MO, позволяет улучшать точность предсказания потенциала RedOx. Наиболее

точный результат обеспечивает приближение с использованием $E_{\text{НОМО}}(X^{*+})$ для иона и $E_{\text{ЛУМО}}(X)$ для основного соединения, $R=0,7762$.

Однако мы полагаем, что схема, которая рассматривает использование $E_{\text{НОМО}}(X)$ и $E_{\text{ЛУМО}}(X)$, более практична, т.к. в этом случае требуется только вычисление молекулы в основном состоянии.

Литература

[1] C. A. Reynolds, Density Functional Calculation of Quinone Electrode Potentials // International journal of quantum chemistry, 1994, v. 56, pp. 677.

[2] T. Liu, M.-M. Liu, X.-W. Zheng, C.-Y. Du, X.-Y. Cui, L. Wang, L.-L. Han, Z.-Y. Yu, Substituent effects on the redox potentials of dihydroxybenzenes: theoretical and experimental study // Tetrahedron, 2014, v.70, pp. 9033

[3] J.C. Suatony, R.E. Snyder, R.O. Clark, Voltammetric studies of phenol and aniline ring substitution // Anal.Chem. 1996, v.33, pp.1894.

[4] P. Winget, E. Weber, Cr. J. Cramer, Computational electrochemistry: aqueous one-electron oxidation potentials for substituted anilines // Phys.Chem. 2000, v.2, pp.1231.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ:16-13-10257

© Бугаец Д.В., Зильберг Р.А., Вакулин И.В., 2018 г.

УДК 547.64: 544.144.7: 544.18

ПРОЧНОСТЬ СВЯЗЕЙ Аг-Н В МОЛЕКУЛАХ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Панкратьев Е.Ю., Хатымов Р.В.

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

В квантово-химическом приближении РВЕ/Λ2 (ПРИРОДА 16, Лайков Д.Н.) рассчитаны прочности связей [ароматическая система] – [атом водорода] полициклических ароматических соединений (ПАУ). Использована формула $D(\text{Ag-H}) = H^{\circ}_{298}(\text{Ar}^{\bullet}) + H^{\circ}_{298}(\text{H}^{\bullet}) - H^{\circ}_{298}(\text{Ar-H})$. Полученные значения приведены в табл. 1. В ходе вычислений контролировали величину спинового загрязнения (отклонение оператора S^2 от ожидаемого) волновой функции для молекулярных систем с открытыми электронными оболочками. Оно не превышает 5%.

Таблица 1. Энергия гомолитического разрыва связей Ar-H в молекулах ПАУ

Соединение	D(Ar-H), ккал/моль	Соединение	D(Ar-H), ккал/моль
Неконденсированные ПАУ		Пентацен	108.2 – 108.8
Бензол	108.1	Бензо[<i>a</i>]тетрацен	106.6 – 108.9
1,1'-Бифенил	107.6 – 108.6	Пентафен	106.9 – 108.9
Нафталин	108.3 – 108.4	Бензо[<i>c</i>]тетрафен	106.1 – 108.9
1-Метилнафталин	107.2 – 108.7	Бензо[<i>k</i>]тетрафен	106.6 – 108.6
2-Метилнафталин	108.0 – 108.4	Бензо[<i>m</i>]тетрафен	105.0 – 108.9
Ката-конденсированные ПАУ		Пицен	105.8 – 108.6
Антрацен	108.3 – 108.8	Дибензо[<i>c,g</i>]фенантре	108.2 – 108.6
2-Метилантрацен	108.0 – 108.8	Бензо[<i>f</i>]тетрафен	105.9 – 108.5
9-Метилантрацен	105.6 – 108.9	Пери-конденсированные ПАУ	
9-Фенилантрацен	107.4 – 108.8	Пирен	108.2 – 108.8
Фенантрен	106.6 – 108.5	Бензо[<i>e</i>]пирен	106.2 – 109.0
Тетрацен	108.3 – 108.8	Перилен	106.5 – 109.0
Тетрафен	106.6 – 108.8	Бензо[<i>a</i>]пирен	106.4 – 109.0
Хризен	106.2 – 108.5	7-Метилбензо[<i>a</i>]пирен	106.3 – 108.9
Бензо[<i>c</i>]фенантре	101.5 – 108.6	Бензо[<i>ghi</i>]перилен	106.8 – 109.0
Трифенилен	105.9 – 108.4	Коронен	108.6

Прочности связей рассмотренного набора ароматических соединений слабо зависят от размера, формы молекул, типа конденсации шестичленных циклов, от положения разрываемой связи C–H относительно ароматической системы и находятся в диапазоне 101.5 – 108.6 ккал/моль, различаясь не более, чем на 7.1 ккал/моль. Очевидно, это обусловлено сильной делокализацией электронной плотности по всей ароматической системе молекул ПАУ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 17-42-020643.

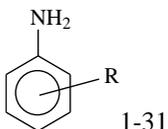
© Панкратьев Е.Ю., Хатымов Р.В., 2018 г

**ТОЧНОСТЬ АППРОКСИМИРОВАНИЯ REDOX ПОТЕНЦИАЛОВ
ЗАМЕЩЕННЫХ АНИЛИНОВ ПО ЭНЕРГИЯМ НОМО И LUMO,
ВЫЧИСЛЕННЫХ В ПРИБЛИЖЕНИИ РСМ/RM1**

Бугаец Д.В., Зильберг Р.А., Вакулин И.В.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Нами была рассмотрена точность аппроксимирования RedOx потенциалов с использованием энергий НОМО и LUMO. Расчет энергий осуществлялся в полуэмпирическом приближении RM1 с использованием континуальной модели сольватации COSMO. В качестве модельных соединений использовался ряд замещенных анилинов [22].



- (1) R=H; (2) R=m-Ac; (3) R=m-Cl; (4) R=m-Me; (5) R=m-MeO; (6) R=o-Ac; (7) R=o-Cl; (8) R=o-Me; (9) R=p-Ac; (10) R=p-Cl; (11) R=p-Me; (12) R=p-MeO; (13) R=o-NH₂; (14) R=m-COCH₃; (15) R=m-NH₂; (16) R=m-OCH₃; (17) R=m-NO₂; (18) R=m-OC₂H₅; (19) R=m-CH₃; (20) R=o-COCH₃; (21) R=o-OCH₃; (22) R=o-C₂H₅; (23) R=o-NO₂; (24) R=o-OC₂H₅; (25) R=o-CH₃; (26) R=p-CH₃; (27) R=p-COCH₃; (28) R=p-C₂H₅; (29) R=p-NO₂; (30) R=p-OC₂H₅; (31) R=p-CH₃;

Было рассмотрено два случая аппроксимирования:

$$E_{\text{Red/Ox}}^{\text{EXP}} = a * E_{\text{MO}} + b$$

$$E_{\text{Red/Ox}}^{\text{EXP}} = a * E_{\text{MO1}} + b * E_{\text{MO2}} + c,$$

где в качестве параметров использовались одна или две энергии граничных орбиталей

Наиболее точным однопараметрическим уравнением для аппроксимирования RedOx представляется уравнение с использованием энергии для окисленных форм НОМО(X^{+*}), $R=0,8340$.

Однако, использование для аппроксимирования двухпараметрического уравнения с энергиями граничных орбиталей НОМО(X^{+*}) и LUMO (X^{+*}) оказываются незначительно точнее, $R=0,8428$.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ:16-13-10257

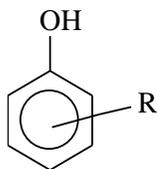
© Бугаец Д.В., Зильберг Р.А., Вакулин И.В., 2018 г.

**ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ АППРОКСИМИРОВАНИЯ
RED/OX ПОТЕНЦИАЛОВ ЗАМЕЩЕННЫХ ФЕНОЛОВ ПО
ЭНЕРГИЯМ ГРАНИЧНЫХ ОРБИТАЛЕЙ РАССЧИТАННЫХ В
ПРИБЛИЖЕНИИ РСМ/RM1.**

Бугаец Д.В., Зильберг Р.А., Вакулин И.В.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

В работе проведен сравнительный анализ точности аппроксимирования RedOx потенциалов замещенных фенолов с использованием энергий граничных орбиталей НОМО и LUMO, рассчитанных в полуэмпирическом приближении RM1. В качестве среды использовалась вода, учет сольватации проводился в континуальной модели РСМ.



1-21

- (1) R=H ; (2) R=o-NO₂; (3) R=m-Cl; (4) R=m-CH₃;
 (5) R=m-C₂H₅;
 (6) R=m-COCH₃; (7) R=m-NO₂; (8) R=o-Cl; (9) R=o-
 CH₃;
 (10) R=o-C₂H₅; (12) R=o-OCH₃; (13) R=o-COCH₃;
 (14) R=tret-butyl;
 (15) R=p-Cl; (16) R=p-CH₃; (17) R=p-C₂H₅; (18)
 R=p-COCH₃;
 (84) R=NO₂; (19) R=C₆H₅; (20) R=p-tret-butyl; (21)
 R=o-COOH;

Аппроксимирование осуществлялось в одно- и двухпараметрических уравнениях, с использованием энергии граничных орбиталей, рассчитанных как для основной, так и для окисленной форм соединений:

$$\begin{aligned} E_{\text{Red/Ox}}^{\text{EXP}} &= a * E_{\text{MO}} + b \\ E_{\text{Red/Ox}}^{\text{EXP}} &= a * E_{\text{MO1}} + b * E_{\text{MO2}} + c, \end{aligned}$$

Из полученных результатов следует, что аппроксимирование RedOx потенциала в двухпараметрическом уравнении с использованием энергий рассчитанных для основного соединения (R=0.6895) представляется более точным.

Использование однопараметрических уравнений, а также двухпараметрическим уравнений, где используются энергии граничных орбиталей, рассчитанные для окисленных форм соединений оказываются мене точными. (R=0.5733 R=0.5754).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ:16-13-10257

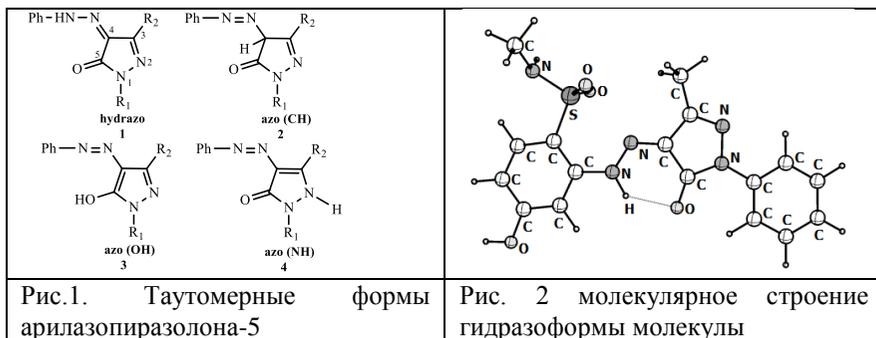
© Бугаец Д.В., Зильберг Р.А., Вакулин И.В., 2018 г.

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТАУТОМЕРОВ АРИАЗОПИРАЗОЛОНОВ

Бу Тхи Нгок Ань

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

Азосоединения являются интересным и важным классом соединений как с практической, так и с теоретической точек зрения. В данной работе проведено квантово-химическое моделирование пространственного и электронного строения органических молекул (E)-4-hydroxy-2-((5-hydroxy-3-methyl-1-phenyl-1H-pyrazol-4-yl)diazenyl)-N-methylbenzenesulfonamide. Применимость метода DFT/B3LYP позволяет предсказать строения комплексных соединений гетероциклических производных пиразолона-5. Показано, что возможность использования квантово-химического метода для исследования таутомерии азосоединения. Считается, что для незамещенных ариазопиразолонов теоретически возможно существование четырех таутомеров [1]: гидразо (форма 1), азо(CH) (2), азо (OH) (3) и азо (NH) (4) (рис. 1)



Известно, что подобные азосоединения существуют в виде гидразотаутомеров. Это подтверждают и выполненный нами расчет энергий для различных форм молекула. Энергии гидразотаутомеров меньше, чем энергии соответствующих им OH- (12.33), N-H (20.32) и CH-азотаутомеров (23.21). Переход из азотаутомерной в гидразо-формула приводит к уменьшению 12.33 ккал/моль. Это не удивительно, поскольку с этим связана возможность образования еще одного шестичленного цикла с внутримолекулярной водородной связью (рис. 2). Поэтому можно предположить, что в свободном состоянии молекулы будут существовать в виде молекул гидразо NH-N и азо OH.

Литература

1. Arriau J., Campillo J.P. et.al. Etude par des methods semi-empiriques de la chime theorique dans la serie des pyrazolones—VII sur le problem de la tautomerie des phenylazopyrazolones / Tetrahedron. – 1974. – Vol. 30. – P. 1345–1352.

© Ву Тхи Нгок Ань, 2018 г.

УДК 544.182.37

КРИТЕРИЙ КАЧЕСТВА ДЛЯ ТЕТРАЭДРИЧЕСКИХ ТРИАНГУЛЯЦИЙ ПРИ РАСЧЁТЕ СПЕКТРА МНОГОЧАСТИЧНОГО ОПЕРАТОРА ШРЁДИНГЕРА

Шарипов Р. А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Тетраэдрическая триангуляция области G в \mathbb{R}^3 — это представление её в виде объединения конечного числа тетраэдров, любые два из которых пересекаются по общей грани, по общему ребру, по общей вершине либо вообще не пересекаются. Гранулярностью $\text{gran}(G)$ триангулированной области G называется максимум длин рёбер составляющих её тетраэдров. Пусть $T = ABCD$ тетраэдр с углами α , β , γ при вершине A . Величина $\text{AQual}(T, A) = 1 + 2 \cos \alpha \cos \beta \cos \gamma - \cos^2 \alpha - \cos^2 \beta - \cos^2 \gamma$ называется угловым качеством тетраэдра в вершине A . Угловое качество тетраэдра в целом $\text{AQual}(T)$ — это максимум из его угловых качеств в четырёх вершинах A, B, C, D . Угловым качеством триангуляции для триангулированной области G в \mathbb{R}^3 называется величина $\text{AQual}(G)$, которая равна минимуму угловых качеств составляющих её тетраэдров.

Непрерывная функция f в триангулированной области G в \mathbb{R}^3 называется линейным сплайном, если она линейна в пределах каждого тетраэдра триангуляции. Функция $3N$ переменных, являющаяся линейным сплайном по каждой тройке из них, называется полилинейным сплайном. Использование полилинейных сплайнов определяет тетраэдрические дискретизации многочастичного оператора Шрёдингера.

В работе [1] показано, что дискретные спектры тетраэдрических дискретизаций оператора Шрёдингера сходятся к дискретному спектру самого оператора при выполнении условий

$$G \rightarrow \mathbb{R}^3, \quad \text{gran}(G) \rightarrow 0, \quad \text{AQual}(G) \geq \text{const} > 0.$$

Полученный результат может найти применение при разработке новых компьютерных программ для расчётов в квантовой химии.

Литература

1. Sharipov R. A., *Tetrahedral discretization of the Schrödinger operator for the purposes of quantum chemistry* // e-print **viXra:1808.0202**.

© Шарипов Р. А., 2018 г.

УДК 544.18

REAxFF МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ИЗООКТАНА, ТЕТРАЛИНА И ДЕКАЛИНА

Шаяхметова Р.Х.

Башкирский государственный университет, г Уфа, Россия

Известно, что добавление 2-этилгексаноата к мазуту и вакуумному газойлю западносибирской нефти при термokatалитических процессах приводит к изменению характера деструктивных процессов, по сравнению с термическим воздействием. Эти изменения обусловлены образованием наночастиц никеля размером 80 нм в углеводородной среде. С целью увеличения глубины переработки тяжелых нефтяных фракций актуально изучение крекинга в присутствии ультрадисперсных суспензий металлов.

Исследование процесса деструкции компонентов тяжелой нефтяной фракции в присутствии нанокластеров металлов возможно методами квантовой химии, но является чрезвычайно трудоемким. Молекулярная динамика с силовыми полями ReaxFF, позволяет моделировать реакционные события в больших многокомпонентных системах и является новым перспективным методом для решения задач фундаментального и прикладного характера. ReaxFF межатомный потенциал-который является мощным вычислительным инструментом для исследования, развития и улучшения свойств материалов. Методы,

основанные на квантовой механике, дают ценные и важные знания о системе, но требуют колоссальных машинных ресурсов для исследования больших систем, таких как нанокластеры металлов. Молекулярно-динамический подход, основанный на принципах классической физики, позволяет изучать эволюцию больших многокомпонентных систем, но бессилён в описании химических взаимодействий. Метод ReaxFF был разработан, чтобы преодолеть недостатки приведенных выше подходов. ReaxFF [1] молекулярно-динамический подход, который неявно описывает реакционные взаимодействия, основан на высокоточных оценочных расчетах теории функционала плотности. Высокоточные результаты DFT расчетов достигаются за счет использования функционалов Миннесоты. В настоящее время разработаны силовые поля ReaxFF для множества систем, в частности для углеводородных смесей в присутствии различных металлов.

В настоящей работе проведено изучение процесса термического разложения октадекана, декалина, тетралина – модельных компонентов газойля в рамках молекулярной динамики с реактивными силовыми полями ReaxFF. Расчеты проводили в одноименной программе ReaxFF [1]. В исходном приближении в бокс размером 3.5x3.5x3.5 нм помещали десять молекул, эту систему (рис. 1а) подвергали процедуре минимизации энергии. Далее проводили молекулярно-динамическую (MD) симуляцию без реактивных итераций в NPT ансамбле при температуре 298К и давлении 0.3МПа с целью уравнивания свойств системы (плотности, потенциальной энергии) (рис. 1б). Был проведен ряд симуляций термического разложения модельных соединений при температурах 1773,2273,2773,3273К. Следует отметить, что при реалистичном термическом разложении углеводородов обычно требуется микросекунда до миллисекунды, но для реактивного моделирования временная шкала обычно ограничена несколькими десятками наносекунд из-за вычислительных затрат. Следовательно, повышение температуры необходимо для ускорения реактивных событий. По результатам работы получены реакционные пути деструкции октадекана (рис. 1в), декалина и тетралина в различных температурных режимах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00851.

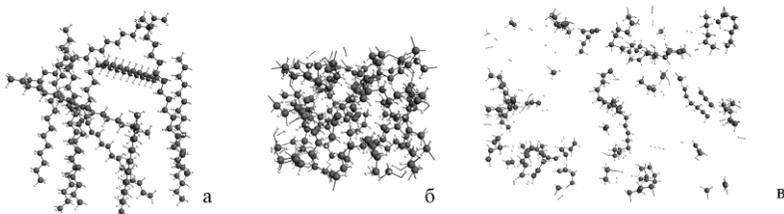


Рисунок 1. Различные этапы моделирования системы -10 молекул октадекана, в боксе с периодическими граничными условиями, а) исходное приближение, б) уравновешенная при 298К система ($\rho=0.853$ г/мл), в) система после выжигания при 2773К в: NPT ансамбле.

Литература

[1] ReaxFF 2016, SCM, Theoretical Chemistry, Vrije Universiteit, Amsterdam, The Netherlands, <http://www.scm.com>

©Шаяхметова Р.Х., 2018 г.

УДК 544.344.015.4-17

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ЛОНСДЕЙЛИТА

Грешняков В.А.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Кубический алмаз обладает экстремальной механической прочностью из известных материалов [1]. Однако гексагональная разновидность алмаза – лонсдейлит – может обладать более высокой твердостью, поэтому материалы на его основе могут найти широкое практическое применение. К сожалению, чистый лонсдейлит до настоящего времени не удалось синтезировать [2]. Поэтому в данной работе выполнены теоретические расчеты фазовых переходов различных модификаций графита в лонсдейлит.

В рамках метода теории функционала плотности при использовании приближений LDA и GGА выполнено моделирование возможных способов экспериментального получения лонсдейлита по методике [3]. Установлено, что лонсдейлит может быть сформирован из ромбического графита АВ при одноосном сжатии от 61 до 68 ГПа (рис. 1), а из

гексагональной разновидности графита AA – при давлении от 57 до 66 ГПа.

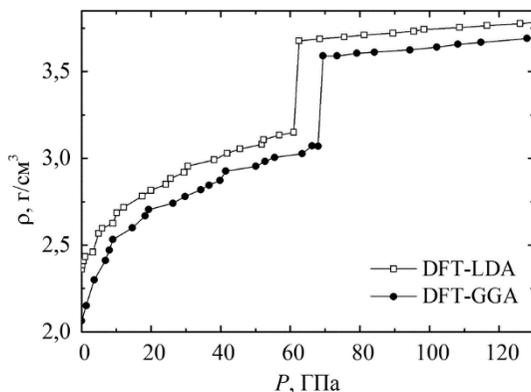


Рис. 1. Зависимости плотности (ρ) от давления (P) при формировании лонсдейлита из ромбического графита.

Литература

- [1] Беленков Е.А., Грешняков В.А. // ФТТ. 58 (10), 2069-2078 (2016).
- [2] Грешняков В.А., Беленков Е.А. // ЖЭТФ. 151 (2), С. 310-321 (2017).
- [3] Грешняков В.А., Беленков Е.А. // Письма о материалах. 7 (3), 318 (2017).

© Грешняков В.А., 2018 г.

СЕКЦИЯ «ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ»

УДК 661.13

ЭПОКСИДНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ АМИННЫХ ОТВЕРДИТЕЛЕЙ И ВОЛЛАСТАНИТА

Егорова К.Ю., Кузьмин М.В., Кольцов Н.И.

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,
г. Чебоксары, Россия

В настоящее время эпоксидные композиционные материалы находят широкое применение в производстве и народном хозяйстве [1]. При этом в качестве матрицы широкое распространение получили связующие на основе эпоксидных смол и различных отвердителей. Достоинством эпоксидных связующих является их высокая адгезионная способность, малая усадка, возможность отверждения в широком интервале температур. В отвержденном состоянии эпоксидные связующие отличаются высокими механическими свойствами, химической стойкостью. Однако отвержденные эпоксидные связующие обладают рядом недостатков: высокая хрупкость, низкая теплостойкость, что проявляется в уменьшении прочности и жесткости с повышением температуры. Однако отвержденные эпоксидные связующие обладают рядом недостатков: высокой хрупкостью, низкой теплостойкостью, что проявляется в уменьшении их прочности и жесткости при повышенных температурах. Для улучшения свойств сложных композиций используется волластанит [2]. Физико-механические и эксплуатационные свойства эпоксидных композиций (степень кристалличности, природу межцепных связей, плотность упаковки в аморфных зонах кристаллизующихся полимеров) можно регулировать путем модификации отвердителей, в частности кремнийсодержащими соединениями [3]. В связи с этим разработка эпоксидных композиций на основе модифицированных кремнийсодержащих аминных отвердителей и волластанита, является актуальной задачей.

В качестве основы для эпоксидных связующих нами использовалась эпоксидная смола ЭД-20 и ароматический полиамин марки Б производства ПАО «Химпром». Для улучшения физико-механических и эксплуатационных свойств отвержденных эпоксидных связующих проводили модификацию полиамина Б кремнийсодержащими соединениями, синтезированными с использованием 3-аминопропилтриэтоксисилана и алканоламинов различного строения. При этом полученные кремнийсодержащие амины вводили в полиамин Б до 30 мас. %. Наполнителем служил нанодисперсный волластанит двух

марок Волластанит 0397 и Волластанит 3097 (рис. 1 и 2). Наполнитель добавляли в эпоксидную смолу в соотношении 1:1. Микроармирующие свойства волластонита и высокая адгезия его к поверхностям обеспечивают повышенные прочностные показатели композиционных материалов. Волластанит состоит из продолговатых кристаллов с отношением длины к диаметру от 3:1 и выше. Игольчатость волластонита является определяющим свойством для упрочнения композиционных материалов, повышения их долговечности и износостойкости.



Рисунок 1 Волластанит 3097
(масштаб 400x1)



Рисунок 2 Волластанит 0397
(масштаб 400x1)

Эпоксидные композиции получали смешением эпоксидной смолы, наполнителя и модифицированного полиамина Б. Полученные смеси вакуумировали при 55°C в течение 30 минут. В дальнейшем их отверждали в течение 10 часов при температуре 110°C. Для отвержденных эпоксидных композиций были исследованы физико-механические и эксплуатационные свойства. Установлено, что отвержденные эпоксидные композиции на основе смолы ЭД-20, модифицированного кремнийсодержащими соединениями ароматического полиамина марки Б и Волластанита 3097 характеризуются повышенной эластичностью, устойчивостью к воздействию агрессивных сред. Эти композиции могут быть рекомендованы для изготовления термоагрессивостойких изделий, эксплуатируемых в условиях воздействия повышенных температур и агрессивных сред.

Литература

1. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / М.Л. Кербер [и др.]; под ред. А.А. Берлина. Спб.: Профессия, 2008. 560 с.
2. Спиридонов И.С., Сандалов С.И., Ушмарин Н.Ф., Егоров Е.Н., Кольцов Н.И. Влияние волокнистых наполнителей на термоагрессивостойкость

резины на основе бутадиен-нитрильных каучуков // Клеи. Герметики. Технологии, 2015, №12, с.35-38.

3. Чухланов В.Ю., Колышева Н.А. Новые полимерные связующие на основе олигопипериленистирола и алкоксисиланов // Пластические массы, 2007. №6. С.15.

© Егорова К.Ю., Кузьмин М.В., Кольцов Н.И., 2018 г.

УДК 678.4:678.742

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ

¹Егоров Е.Н., ²Ушмарин Н.Ф., ¹Кольцов Н.И.

¹Чувашский государственный университет, г. Чебоксары, Россия

²Чебоксарское производственное объединение им. В.И. Чапаева,
г. Чебоксары, Россия

В настоящее время в нефтегазодобывающей промышленности одним из актуальных направлений является создание резиновых уплотнительных элементов для герметизации межстволового пространства между скважиной и грунтом. Данная проблема может быть решена путём создания ограниченно нефтенабухающих уплотнительных элементов (УЭН), которые увеличиваясь в объёме, обеспечивают герметизацию зонального затрубного пространства. В связи с этим актуальной задачей является разработка резин для ограниченно набухающих УЭН. В настоящей работе исследовано влияние различных функциональных ингредиентов на технологические свойства резиновых смесей, которые могут быть использованы для изготовления УЭН. Резиновые смеси изготавливали на лабораторных вальцах ЛБ 320 150/150. Основными технологическими показателями резиновых смесей являлись: пластичность, кольцевой модуль, плотность, время начала подвулканизации и клейкость. Эти показатели характеризуют перерабатываемость резиновых смесей при изготовлении изделий из них. Исследования проводились для двух резиновых смесей, одна для наружного слоя, вторая для внутреннего слоя УЭН. Исследования обеих резиновых смесей проводились в шесть этапов. На этапе 1 определялась природа и оптимальное соотношение каучуков. Для проведения испытаний на данном этапе использовались бутадиен-нитрильный БНКС-18АМН и изопреновый СКИ-3 каучуки при их различном соотношении. Установлено, что увеличение содержания каучука СКИ-3 приводит к повышению пластичности и клейкости, уменьшению времени начала подвулканизации, незначительному уменьшению кольцевого модуля и плотности резиновой смеси. Вариант резиновой смеси при соотношении

БНКС-18АМН:СКИ-3 = 30:70 удовлетворяет всем показателям качества. На этапе 2 исследовалось влияние различных марок сополимеров этилена и винилацетата (сэвилена 11104-030 и сэвилена 11808-340) на технологические свойства резиновой. Показано, что при переходе от сэвилена 11104-030 к сэвилену 11808-340 наблюдается увеличение клейкости и незначительное уменьшение кольцевого модуля резиновой смеси. Вариант резиновой смеси, содержащий сэвилен 11808-340, обладает лучшими технологическими свойствами. На этапе 3 изучалось влияние вулканизирующей группы (сера + сульфенамид Ц, сера + тиазол 2 МБС) на технологические свойства резиновой смеси. Проведенные исследования показали, что вулканизирующая группа сера + тиазол 2 МБС способствует уменьшению кольцевого модуля, времени начала подвулканизации и увеличению клейкости резиновой смеси. На этапе 4 исследовалось влияние наполнителей различной природы и активности технических углеродов (высокоусиливающего марки N 220 и низкоусиливающего марки T 900), кремнекислотного наполнителя росила 175, талька и мела на технологические свойства резиновой смеси. Установлено, что резиновая смесь, содержащая комбинацию технического углерода T 900 с росилом 175, тальком и мелом, обладает повышенным временем начала подвулканизации и лучшими технологическими свойствами. На этапе 5 изучено влияние пластификаторов (масло Norman 346 и смола нефтеполимерная «Сибпласт») на пластичность, кольцевой модуль, плотность, время начала подвулканизации и клейкость для резиновой смеси. Показано, что резиновая смесь, содержащая смолу нефтеполимерную «Сибпласт» обладает наибольшими величинами пластичности, кольцевого модуля и времени начала подвулканизации. На этапе 6 исследовалось влияние ингредиентов направленного действия (вермикулита, *транс*-полиноборнена, иглопробивного полотна) на технологические свойства для подобранной на этапах 1-5 резиновой смеси. Установлено, что использование комбинации вермикулита и иглопробивного полотна приводит к повышенным величинам пластичности и кольцевого модуля резиновой смеси. Приведенные результаты получены для резиновой смеси для наружного слоя УЭН. В дальнейшем исследовалась резиновая смесь для внутреннего слоя УЭН. Исследования проводились также в шесть этапов. Вначале изучалось влияние соотношения бутадиен-нитрильного БНКС-18АМН и бутадиен-метилстирольного СКМС-30АРК каучуков на технологические свойства резиновой смеси. Установлено, что резиновая смесь, содержащая комбинацию каучуков БНКС-18АМН:СКМС-30АРК = 30:70, удовлетворяет показателям качества. На этапах 2-6 исследовалось влияние содержания сэвилена 11104-030 и сэвилена 11808-340, вулканизирующих групп сера + сульфенамид Ц и сера

+ тиазол 2 МБС, наполнителей (технических углеродов марки N 220 и T 900), кремнекислотного наполнителя росила 175, талька и мела, пластификаторов (масло Norman 346 и смола нефтеполимерная «Сибпласт»), вермикулита и транс-полиноборборнена на технологические свойства резиновой смеси. Установлены количества функциональных ингредиентов, при которых резиновая смесь для внутреннего слоя УЭН удовлетворяет показателям технологических свойств.

Исследование выполнено в рамках комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства на АО «ЧПО им. В.И. Чапаева» при финансовой поддержке Минобрнауки России, договор №03.G25.31.0227.

© Егоров Е.Н., Ушмарин Н.Ф., Кольцов Н.И., 2018 г.

УДК 678.86

ВЛИЯНИЕ ПРОДУКТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕТАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ТРИГЛИЦИДИЛОВОГО ЭФИРА ТРИМЕТИЛОЛПРОПАНА НА СВОЙСТВА РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ КОМБИНАЦИИ БУТАДИЕН- НИТРИЛЬНЫХ КАУЧУКОВ

¹Ефимов К.В., ²Ушмарин Н.Ф., ¹Кольцов Н.И.

¹Чувашский государственный университет, г. Чебоксары, Россия

²Чебоксарское производственное объединение им. В.И. Чапаева,
г. Чебоксары, Россия

Для улучшения технологических свойств резиновых смесей и повышения физико-механических показателей резин широко применяются технологические добавки (ТД) [1, 2]. Они позволяют улучшить переработку резиновых смесей, повысить срок службы и атмосферостойкость изделий, повысить адгезионную связь изделий с армирующими материалами. Изучение модификации резин ТД представляет значительный интерес и имеет большое теоретическое и практическое значение. В работе [3] показано, что применение продуктов взаимодействия метакриловой кислоты с триглицидиловым эфиром триметилолпропана (ЭМА-ТМП) в резинах на основе каучуков общего назначения улучшает их технологические, физико-механические и эксплуатационные свойства. Представляет интерес изучить влияние ЭМА-ТМП на свойства резин на основе полярных каучуков специального назначения. В связи с этим нами исследовано влияние ЭМА-ТМП на свойства резины на основе бутадиен-нитрильных каучуков.

Резиновая смесь изготавливалась путём смешения комбинации каучуков БНКС-18АМН и БНКС-28АМН с ингредиентами на

лабораторных вальцах ЛБ 320 150/150. В исследованные варианты резиновой смеси, за исключение её базового варианта, вводились по 6,0 мас. ч. ЭМА-ТМП с разным содержанием эпоксидных групп: 9,7% - ЭМА-ТМП-1; 13,3% - ЭМА-ТМП-2; 18,1% - ЭМА-ТМП-3. Введение добавок ЭМА-ТМП менее 3 мас. ч. на 100 мас. ч. каучуков оказалось нецелесообразным, поскольку при этом у резиновой смеси нет существенных преимуществ по сравнению с резиновой смесью без добавок. При введении более 6 мас. ч. добавок на 100 мас. ч. каучука, ухудшаются физико-механические свойства вулканизатов резиновых смесей (уменьшается условная прочность при растяжении). Готовые варианты резиновой смеси охлаждали и выдерживали при комнатной температуре на металлическом столе не менее 24 часов. Вулканизацию стандартных образцов резиновых смесей проводили при температуре 150°C, давлении 14,7 МПа в течение 60 минут в двухэтажном гидравлическом электрообогреваемом вулканизационном прессе ВП-400-2Э. После вулканизации стандартных образцов резиновой смеси проводилось исследование физико-механических и эксплуатационных свойств вулканизатов по действующим в резиновой промышленности стандартам.

Установлено, что введение ЭМА-ТМП приводит к снижению динамической вязкости резиновой смеси, что облегчает её переработку. Вулканизаты всех вариантов резиновой смеси удовлетворяют требованиям нормативно-технической документации. Однако, введение добавок ЭМА-ТМП в резиновую смесь приводит к уменьшению условной прочности при растяжении, сопротивлению истиранию и увеличению относительного удлинения при разрыве и сопротивления раздиру вулканизатов. Это, вероятно, связано с тем, что молекулы ЭМА-ТМП-1 с меньшим содержанием эпоксидных групп обладают менее разветвленной структурой и, взаимодействуя с молекулами каучука, образуют более длинные молекулярные цепи. Увеличение длины этих цепей приводит к уменьшению условной прочности при растяжении и сопротивлению истиранию, возрастанию относительного удлинения при разрыве, сопротивлению раздиру и термическому старению вулканизатов. Для полученных вулканизатов также определялись термоагрессивостойкие свойства. Показано, что вулканизат, содержащий ЭМА-ТМП-1 с массовой долей эпоксидных групп 9,7%, характеризуется меньшими изменениями условной прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве и твердостью при термическом старении на воздухе и в среде СЖР-1.

Таким образом, нами показана возможность использования продуктов взаимодействия метакриловой кислоты с триглицидиловым

эфиром триметилпропана в качестве технологических добавок для резины на основе полярных каучуков.

Литература

1. Кошелев Ф.Ф. Общая технология резины / Ф.Ф. Кошелев, А.Е. Корнев, А.М. Буканов. М.: Химия, 1978. 528 с.
2. Дьяконова Л.М., Новиков Д.В., Левит Р.Г. и др. Влияние технологических активных добавок на свойства кабельных изоляционных резин // Каучук и резина. 2009. №4. С. 27-32.
3. Шилов И.Б., Хлебов Г.А., Шабалина М.С. Вулканизуемая резиновая смесь. Патент 2574653, опубл. 10.02.2016., бюллетень изобретений №23.

© Ефимов К.В., Ушмарин Н.Ф., Кольцов Н.И., 2018 г.

УДК 538.7

ВЛИЯНИЕ СЭВИЛЕНОВ НА КИНЕТИКУ ВУЛКАНИЗАЦИИ РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ КОМБИНАЦИИ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНОГО И МЕТИЛСТИРОЛЬНОГО КАУЧУКОВ

Ефимовский Е.Г., Тимофеев И.В., Кольцов Н.И.

Чувашский государственный университет, г. Чебоксары, Россия

Известно, что сополимеры этилена с винилацетатом (сэвилены) повышают стойкость резин к действию высоких температур и агрессивных сред [1]. В связи с этим нами исследовано влияние сэвиленов разных марок (сэвилены 11104-030, 11808-340, MarPol 1802) на кинетику вулканизации маслобензостойкой резины на основе бутадиен-нитрильного и метилстирольного каучуков, используемой для изготовления подошв резиновой обуви. Резиновая смесь содержала каучуки БНКС-40АМН, СКМС-30АРКМ 15, технический углерод, укорители вулканизации (тиурама Д, альтакс), антиоксиданты, сэвилены 11104-030, 11808-340, MarPol 1802 и другие ингредиенты. Резиновую смесь готовили путем смешения каучуков с сэвиленами и ингредиентами на лабораторных вальцах ЛБ 320 150/150. Кинетику вулканизации резиновой смеси изучали на реометре MDR 3000 при 150°C в течение 30 мин. На рисунке приведены полученные реометрические кривые.

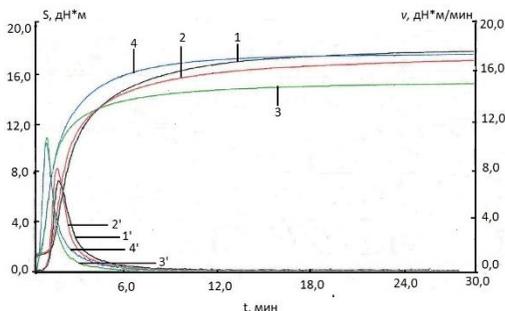


Рисунок – Реометрические кривые резиновой смеси (номера кривых соответствуют номерам вариантов): 1-4 - крутящий момент; 1'-4' - скорость вулканизации

На основании рисунка были определены реометрические свойства различных вариантов резиновой смеси, которые представлены в таблице.

Как видно из рисунка и таблицы, для вариантов резиновой смеси, содержащих сэвилены, минимальный крутящий момент, за исключением варианта, и максимальный крутящий момент уменьшаются по сравнению с первым базовым вариантом.

Таблица - Варианты резиновой смеси и её реометрические свойства

Сэвилен, свойства	Варианты резиновой смеси			
	1	2	3	4
11104-030	-	10,00	-	-
11808-340	-	-	10,00	-
MarPol 1802	-	-	-	10,00
Реометрические свойства резиновой смеси				
S_{max} , дН·м	17,78	17,04	15,16	17,56
S_{min} , дН·м	1,71	1,66	1,65	1,86
t_s , мин	1,64	1,54	0,87	0,89
t_{90} , мин	8,81	8,32	5,17	5,70
t_{max} , мин	1,87	1,77	1,07	1,05
v_{max} , дН*м/мин	7,8	8,4	11,4	10,8
Примечание: S_{max} – максимальный крутящий момент; S_{min} – минимальный крутящий момент; t_s – время начала вулканизации; t_{90} – оптимальное время вулканизации; t_{max} – время достижения максимальной скорости вулканизации; v_{max} – максимальная скорость вулканизации.				

Для всех вариантов по сравнению с базовым наблюдается сокращение времени начала вулканизации и уменьшение оптимального времени вулканизации. Причем наименьшим временем начала вулканизации обладают 3 и 4 варианты, а наибольшим 1 вариант. Наименьшее значение времени оптимума вулканизации наблюдается для 3 и 4 варианта резиновой смеси. Такой эффект связан с повышенным содержанием винилацетатных групп в молекулах сэвиленов, способных оказывать каталитическое действие на процесс распада укорителей вулканизации - тиурама Д и альтакса. Время достижения максимальной скорости вулканизации уменьшается для вариантов 2-4 по сравнению с базовым вариантом, причем наименьшим значением t_{max} обладают варианты 3 и 4. Для всех вариантов по сравнению с первым вариантом наблюдается увеличение максимальной скорости вулканизации, наибольшим значением которой обладает третий вариант резиновой смеси, содержащий сэвилен 11808-340.

Литература

1. Егоров Е.Н., Ушмарин Н.Ф., Сандалов С.И., Спиридонов И.С., Кольцов Н.И. Влияние функциональных ингредиентов на технологические свойства резиновых нефтенабухающих уплотнительных элементов // Бутлеровские сообщения, 2018, т. 54, № 5, с. 159-164.

© Ефимовский Е.Г., Тимофеев И.В., Кольцов Н.И., 2018 г.

УДК 678.86

РАЗРАБОТКА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ ДЛЯ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Спиридонов И.С., Илларионова М.С., Кольцов Н.И.

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,
г. Чебоксары, Россия

Уплотнительные элементы, изготовленные из резиновых смесей на основе бутадиен-нитрильных каучуков (БНК), под воздействием агрессивных факторов, таких как высокие температуры и углеводородные среды, теряют свои физико-механические свойства. В работах [1, 2] предложено использовать гидрированные БНК (ГБНК), которые придают устойчивость резино-техническим изделиям в эксплуатационных условиях. В связи с этим нами исследовалось влияние различных добавок на технологические свойства (пластичность, плотность и кольцевой модуль) резиновой смеси для уплотнительных элементов на основе

комбинации ГБНК и БНК. Для резины с твердостью 90 ± 5 ед. Шор А резиновая смесь должна удовлетворять следующим технологическим свойствам: пластичность 0.20-0.40; кольцевой модуль 1.0-3.0 мм; плотность 1.23 ± 0.05 г/см³. В качестве прототипа использовалась модельная резиновая смесь [3]. Изготовление резиновой смеси проводилось на лабораторных вальцах при температуре валков в интервале от 60 до 70°C в течение 30 мин. Определение пластичности резиновых смесей проводили по ГОСТ 415-75. Для вулканизатов резиновых смесей, полученных при температуре 150°C и давлении 14,7 МПа в течение 40 мин, исследовали кольцевой модуль (ГОСТ 412-76) и плотность (ГОСТ 267-73).

Основой резиновой смеси служила комбинация каучуков ZN 35056 и БНК, содержащих от 18 до 50% нитрила акриловой кислоты. Установлено, что резиновая смесь, содержащая БНК-18АМН характеризуется высокими величинами пластичности и кольцевого модуля. При содержании БНК-18АМН более 10% величины пластичности и кольцевого модуля превышают требуемые значения, а плотность остается постоянной. Дальнейшие исследования по подбору вулканизирующих агентов проводили для резиновой смеси на основе комбинации каучуков ZN 35056 и БНК-18АМН при соотношении 90:10.

Изучение влияния вулканизирующих агентов PerkadoxBC-FF и Новоперокса БП-40 совместно с соагентами вулканизации на кольцевой модуль показало, что меньшим значением кольцевого модуля характеризуется резиновая смесь, содержащая PerkadoxBC-FF и Малеид Ф. Новоперокс БП-40 менее эффективен, поскольку содержит меньшее количество активного вещества.

Для защиты резины от старения под действием высоких температур исследовались комбинации аминных и фенольных антиоксидантов, а также дибутилдитиокарбамата никеля (ДБДТКН). Установлено, что удовлетворительными технологическими свойствами характеризуются варианты резиновой смеси, содержащие тройные комбинации антиоксидантов. Дальнейшее изучение влияния технологических добавок (StructolWB 222, мягчитель PC-1, ZincoletBB-222) показало, что лучшими показателями обладают варианты резиновой смеси, содержащие ZincoletBB-222. В качестве наполнителей для разрабатываемой резиновой смеси использовались волокнистые наполнители (стекловолокно, арамидное, стеклографитовое, базальтовое, углеродное, полиакрилонитрильное волокна), содержание и длина волокон которых варьировались от 5 до 15 мас. ч. и от 5 до 15 мм соответственно. Показано, что 5,0 мас. ч. арамидного волокна с длиной волокон 5 мм придает резиновой смеси удовлетворительные технологические свойства. Таким

образом, для резиновой смеси на основе каучуков ZN 35056 с БНКС–18АМН исследовано влияние функциональных ингредиентов на технологические свойства.

Исследование выполнено в рамках комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства на АО «ЧПО им. В.И. Чапаева» при финансовой поддержке Минобрнауки России, договор №03.G25.31.0227.

Литература

1. Спиридонов И.С., Ушмарин Н.Ф., Сандалов С.И., Кольцов Н.И. Влияние гидрированных бутадиен-нитрильных каучуков на свойства резины для уплотнительных элементов // Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 50. №4. С. 45-49.
2. Анисимов Б.Ю., Дыкман А.С., Имянитов Н.С., Поляков С.А. Гидрирование бутадиен-нитрильных каучуков // Каучук и резина. 2007. №2. С. 32-38.
3. Кольцов Н.И., Резников М.С., Ушмарин Н.Ф., Феофанова О.Н., Сандалов С.И. Резиновая смесь. Патент 2559833, опубл. 20.08.2015, бюллетень изобретений №23.

© Спиридонов И.С., Илларионова М.С., Кольцов Н.И., 2018 г.

УДК 538.7

ВЛИЯНИЕ ПОЛЫХ МИКРОСФЕР НА РЕОМЕТРИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ КАУЧУКА БНКС-18АМН

Лаврентьев О.А., Ефимовский Е.Г., Кольцов Н.И.

Чувашский государственный университет, г. Чебоксары, Россия

Известно, что введение полых микросфер позволяет улучшить прочностные свойства и износостойкость резин. В [1] было изучено влияние полых корундовых микросфер на физико-механические свойства резины марки В-14. Представляет интерес, исследовать влияние полых микросфер на реометрические свойства данной резиновой смеси и эксплуатационные свойства её вулканизатов. Основой резиновой смеси служил каучук БНКС-18АМН, вулканизирующим агентом являлась сера, активаторами и ускорителями вулканизации - цинковые белила, альтакс (дибензотиазолдисульфид) и дифенилгуанидин, наполнителями – технический углерод (ТУ П 803), антиоксидантами - комбинация диафена ФП (N-фенил-N-изопропил-n-фенилендиамин) с нафтамом-2 (фенил-2-нафтамин). В качестве полых микросфер использовались корундовые микросферы НСМ-L (размер сферических частиц от 70 до 180 микрон) и гранатовые керамические микросферы (ГКС) (размер сферических частиц

от 30 до 500 микрон). Резиновую смесь готовили на лабораторных вальцах в течение 45 мин. Микросферы в количестве от 3,33 до 6,67 мас. ч. на 100,00 мас. ч. каучука вводились путем частичной замены технического углерода ТУ П 803. Вулканизацию резиновой смеси проводили при температуре 150°C в течение 30 мин. Кинетику вулканизации исследовали на реометре MDR 3000. Для полученных вулканизатов определялись степень набухания (α) после выдержки в смеси изооктан (70%)+толуол (30%) при температуре 23°C в течение 6 суток, а также изменения условной прочности при растяжении (Δf_p) и относительного удлинения при разрыве ($\Delta \epsilon_p$) после старения на воздухе при температуре 125°C в течение 24 ч.

На рисунке приведены реометрические кривые различных вариантов резиновой смеси. Из рисунка следует, что по сравнению с первым вариантом в вариантах 2-4 резиновой смеси с повышением содержания микросфер уменьшаются максимальный крутящий момент и время начала вулканизации. При этом увеличивается минимальный крутящий момент и оптимальное время вулканизации. Варианты 3 и 4 резиновой смеси, содержащие 6,67 мас. ч. микросфер, обладают наименьшими величинами максимального крутящего момента и наибольшими величинами минимального крутящего момента. Для них наблюдаются практически одинаковые времена начала и оптимума вулканизации. Увеличение содержания микросфер приводит к уменьшению времени достижения максимальной скорости вулканизации и практически не влияет на максимальную скорость вулканизации резиновой смеси.

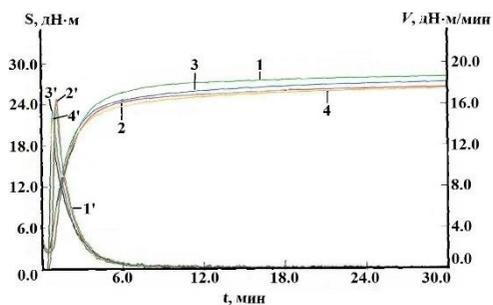


Рисунок - Зависимости крутящего момента (1-4) и скорости вулканизации (1'-4') от времени для различных вариантов резиновой смеси (1 – не содержит наполнителей; 2 – содержит 3,33 мас. ч. НСМ-L; 3 – содержит 6,67 мас. ч. НСМ-L; 4 – содержит 6,67 мас. ч. ГКС)

В таблице приведены результаты исследования степени набухания вулканизатов после старения в смеси изооктан+толуол и изменения физико-механических свойств вулканизатов после старения на воздухе.

Ингредиенты, свойства	Варианты (мас. ч.)			
	1	2	3	4
α , %	20,7	22,5	21,8	32,1
Δf_p , %	0	0	-0,9	-1,9
$\Delta \epsilon_p$, %	-13,0	-16,6	-16,6	-15,8

Из таблицы также следует, что степень набухания в смеси изооктан+толуол и изменение физико-механических свойств после продолжительной выдержки в воздушном термостате практически одинаковы для вулканизатов всех исследованных вариантов резины.

Литература

1. Ефимовский Е.Г., Ушмарин Н.Ф., Кольцов Н.И. Влияние полых микросфер на физико-механические показатели резины на основе бутадиен-нитрильного каучука // V Всерос. науч. конф. «Теоретические и экспериментальные исследования процессов синтеза, модификации и переработки полимеров», Уфа, Изд-во Башкир.ун-та, 25–28 октября 2017. Сб. тезисов докл. Уфа, с.73-74.

© Лаврентьев О.А., Ефимовский Е.Г., Кольцов Н.И., 2018 г.

УДК 544.431 + 544.478

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ РАДИКАЛЬНО-КООРДИНАЦИОННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА В ПРИСУТСТВИИ ПЕРОКСИДА БЕНЗОИЛА И ТИТАНОЦЕНДИХЛОРИДА

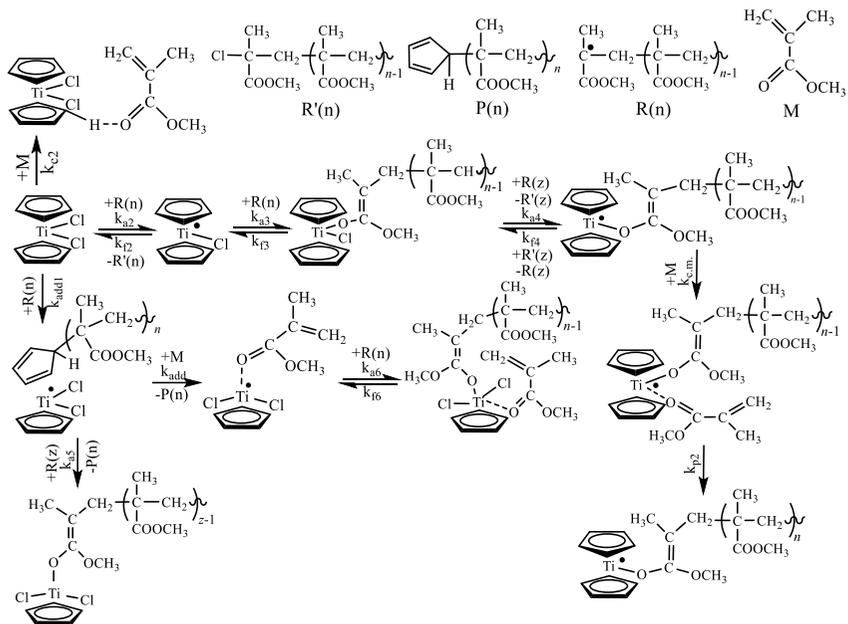
Тахаутдинова А.В.¹, Шиян Д.А.¹, Терещенко К.А.¹,
Улитин Н.В.¹, Колесов С.В.²

¹ Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

² Уфимский институт химии Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, Россия

В рамках кинетического подхода разработали модель кинетики полимеризации метилметакрилата в присутствии пероксида бензоила и

ферроцена. В кинетическую схему, заложенную в модель, включили реакции классической радикальной полимеризации и реакции, установленные с помощью квантово-химических расчетов в работе [1]:



Температурные аррениусовские зависимости констант скоростей элементарных реакций установили в результате решения обратной кинетической задачи методом Хука-Дживса на основе экспериментальных кинетических кривых полимеризации (зависимостей конверсии мономера от времени процесса) и конверсионных зависимостей среднечисленной и среднемассовой молекулярных масс полиметилметакрилата [2]. Модель воспроизводит экспериментальные данные в пределах их погрешности.

Исследование выполнено в рамках государственного задания на 2017-2019 гг. (инициативный научный проект № 10.5548.2017/8.9).

Литература

1. Фризен, А.К. Дис. ... д-ра хим. наук. – Уфа, 2016. – 336 с.
2. Насибуллин, И.И. Дис. ... канд. хим. наук. – Уфа, 2013. – 134 с.

© Тахаутдинова А.В., Шиян Д.А., Терещенко К.А.,
Улитин Н.В., Колесов С.В., 2018 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ИОННО-КООРДИНАЦИОННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ИЗОПРЕНА В ПРИСУТСТВИИ НЕОДИМОВОЙ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Терещенко К.А.¹, Зиганшина А.С., Тахаутдинова А.В.¹,Альметова Г.Ф.¹, Улитин Н.В.¹, Захаров В.П.²¹Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В рамках кинетического подхода разработали модель кинетики полимеризации изопрена при 25°C в реакторе смешения (500 см³) в присутствии каталитической системы NdCl₃·nROH-Al(i-C₄H₉)₃-пиперилен (начальные концентрации – 0.7:2.1:8.4:0.7 ммоль/л, ROH – изопропиловый спирт), учитывающую диффузию молекул изопрена в объем полимер-катализаторных частиц (частиц каталитической системы с адсорбированными полимерными цепями). Из решения уравнения, описывающего диффузию изопрена внутрь полимер-катализаторных частиц в стационарном приближении

$$D \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial [M]}{\partial r} \right) - S[M] = 0$$

(здесь D – коэффициент диффузии, S – активность каталитической системы, r – радиус слоя частицы, $[M]$ – концентрация изопрена), получили

$$[M] = [M]_{r=r_{\max}} \left(r_{\max} \operatorname{sh} \left(r \sqrt{\frac{S}{D}} \right) \right) / \left(r \operatorname{sh} \left(r_{\max} \sqrt{\frac{S}{D}} \right) \right),$$

где r_{\max} – радиус полимер-катализаторной частицы. Для расчета конверсии изопрена (U), среднечисленной и среднемассовой (M_w) молекулярных масс полиизопрена полимер-катализаторные частицы разделили на 10 слоев, в которых $[M]$ рассчитывали по полученной формуле ($[M]_0 = 1.5$ моль/л). Итоговые значения молекулярно-массовых характеристик полиизопрена определяли усреднением молекулярно-массовых характеристик полиизопрена, получаемого в различных слоях. В кинетическую схему модели включили реакции роста цепи, передачи цепи на Al(i-C₄H₉)₃, передачи цепи на изопрен, гибели активных центров, перехода активных центров типа 1 в активные центры типа 2 (инициирование полагали мгновенным; всего существует 3 типа активных центров, концентрация которых зависит от $n[1]$). Значения констант скоростей реакций определили в результате решения обратной кинетической задачи методом Хука-Дживса по экспериментальным

данным из работы [1]. Модель описывает кинетику полимеризации и молекулярно-массовые характеристики полиизопрена (рис. 1, 2) в случаях, если при приготовлении каталитической системы комплексобразование NdCl_3 с РОН проводилось без турбулизации (способ 1), с однократной турбулизацией реакционной массы в трубчатом турбулентном аппарате диффузор-конфузорной конструкции (способ 2), с циркуляцией реакционной массы через внешний контур (способ 3), с многократной циркуляцией реакционной массы через трубчатый турбулентный аппарат диффузор-конфузорной конструкции (способ 4).

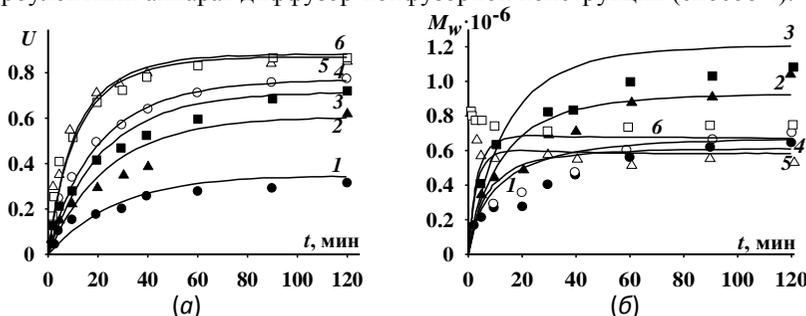


Рис. 1. Временные зависимости U (а) и M_w полиизопрена (б); 1-3, ●, ▲, ■ – способ 1; 4-6, ○, △, □ – способ 2; $n = 0.75$ (1, ●), 1.45 (2, ▲), 1.63 (3, ■), 1.71 (4, ○), 1.95 (5, △), 2.43 (6, □); растворитель – толуол; точки – эксперимент, линии – расчет

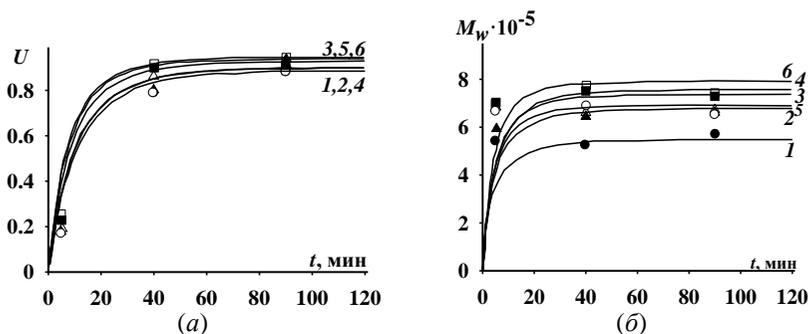


Рис. 2. Временные зависимости U (а) и M_w полиизопрена (б); 1-3, ●, ▲, ■ – способ 3; 4-6, ○, △, □ – способ 4; $n = 1.90$ (1, ●), 2.10 (2, ▲), 2.30 (3, ■), 1.94 (4, ○), 2.55 (5, △), 2.91 (6, □); растворитель – изопентан; точки – эксперимент, линии – расчет

Исследование выполнено в рамках государственного задания на 2017-2019 гг. (инициативный научный проект № 10.5548.2017/8.9).

Литература

1. Мингалеев, В.З. Дис. ... д-ра. хим. наук. – Уфа, 2014. – 377 с.

© Терещенко К.А., Зиганшина А.С., Тахаутдинова А.В.,
Альметова Г.Ф., Улитин Н.В., Захаров В.П., 2018 г.

УДК 541.64 + 547.315.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ИОННО-КООРДИНАЦИОННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ 1,3-ДИЕНОВ В ПРИСУТСТВИИ ПОДГОТОВЛЕННОЙ ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКАХ ТИТАНОВОЙ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Зиганшина А.С.¹, Ганиев Г.М.¹, Терещенко К.А.¹,
Улитин Н.В.¹, Захаров В.П.²

¹Казанский национальный исследовательский технологический
университет, г. Казань, Россия

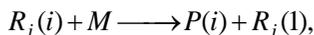
²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В работе [1] в реакторе смешения периодического действия (объем 500 см³) экспериментально исследованы кинетика процессов полимеризации бутадиена и изопрена в присутствии заранее подготовленной каталитической системы $TiCl_4-Al(i-C_4H_9)_3$ (растворитель – толуол) и молекулярно-массовые характеристики получаемых полимеров. Перед полимеризацией реакционную смесь либо не пропускали (способ 1), либо пропускали (способ 2) со скоростью 0.9 м/с через трубчатый турбулентный аппарат диффузор-конфузорного типа (6диффузор-конфузорных секций, диаметр диффузора 0.024 м, диаметр конфузора 0.015 м, длина диффузор-конфузорной секции 0.048 м, угол раскрытия диффузора 45°) [1]. В настоящей работе с использованием кинетического подхода создали модель кинетики этих процессов. В модель заложили кинетическую схему, включающую следующие реакции:

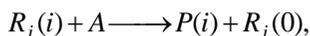
- рост цепей



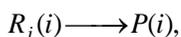
- передача цепей на мономер



- передача цепей на $Al(i-C_4H_9)_3$



- дезактивация центров роста цепей



- переход активных

центровразличных типов друг в



друга

где $R_j(i)$ или $R_q(i)$ – цепь со степенью полимеризации i , растущая на активных центрах j -го (q -го) типа (полимеризация бутадиена: 4 типа способом 1, 3 типа в способе 2; полимеризация изопрена: 2 типа в способах 1 и 2 [1]); M – мономер; $P(i)$ – неактивная цепь со степенью полимеризации i ; A – $Al(i-C_4H_9)_3$.

Модель позволяет рассчитать временные зависимости конверсии мономера (U), среднечисленную (M_n) и среднемассовую молекулярные массы и коэффициент полидисперсности полимера. Константы скоростей элементарных реакций и начальные концентрации активных центров для рассматриваемых процессов установили в результате решения обратной кинетической задачи методом Хука-Дживса. Модель воспроизводит экспериментальные данные в пределах их погрешности (см. рис. 1).

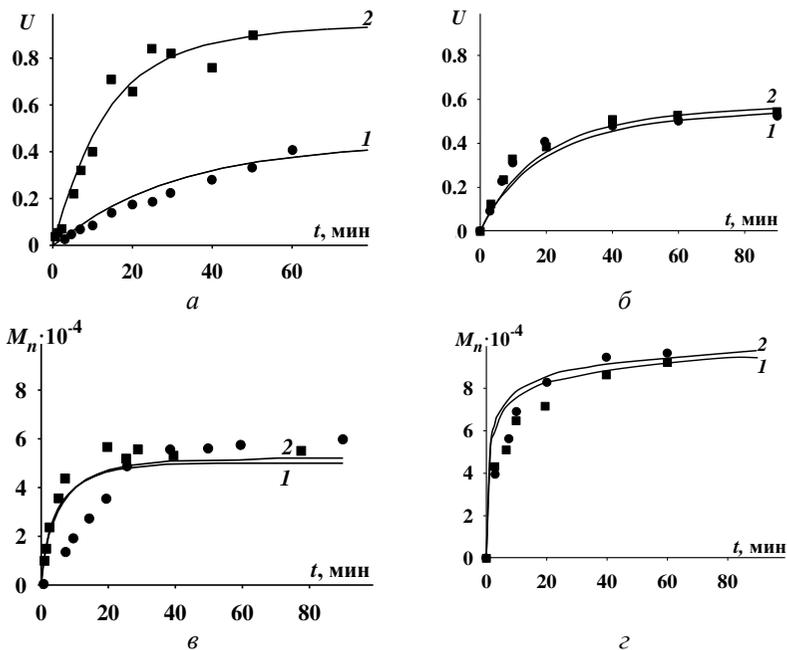


Рис. 1. Временные зависимости конверсий бутадиена (а), изопрена (б), среднечисленных молекулярных масс полибутадиена (в) и полиизопрена (г) при полимеризации в присутствии каталитической системы $TiCl_4-Al(i-C_4H_9)_3$ (точки – эксперимент [1], линии – расчет по модели): 1, ● – способ 1; 2, ■ – способ 2; начальные концентрации: $[TiCl_4]_0 = 5$ ммоль/л;

$[Al(i-C_4H_9)_3]_0/[TiCl_4]_0 = 1.4 (a, \text{ в}), 1 (\text{б}, \text{ з}); [M]_0 = 1.5 \text{ моль/л}$

Исследование выполнено в рамках государственного задания на 2017-2019 гг. (инициативный научный проект № 10.5548.2017/8.9).

Литература

1. Мингалеев, В.З. Дис. ... д-ра. хим. наук. – Уфа, 2014. – 377 с.

©Зиганшина А.С., Ганиев Г.М., Терещенко К.А.,
Улитин Н.В., Захаров В.П.,

УДК 54-022

ИК ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПЛЕКСА ПЕКТИНА С Cu(II)

К.Н. Носенко

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Одним из наиболее характерных свойств пектинов является их способность к комплексообразованию с ионами *d*-металлов. Образующиеся комплексы нерастворимы в воде и выделяются из растворов в виде гелей. Медь играет важную роль в ферментативных процессах, происходящих в организме, являясь компонентом многих жизненно важных ферментов. Получение водорастворимых пектиновых комплексов с ионами меди позволит приблизиться к получению новых биологически активных веществ в ряду пектиновых полисахаридов, способных к включению в процессы метаболизма с участием природных металлокомплексов [1].

В данной работе изучены металлокомплексы цитрусового пектина (ЦП) сCu(II). Комплексы получены путем взаимодействия гидроксида меди(II) с раствором пектина в нейтральной среде при соотношении 1:2. Полученные соединения охарактеризованы методом ИК-спектроскопии МНПВО (таблица) и квантовохимическим моделированием.

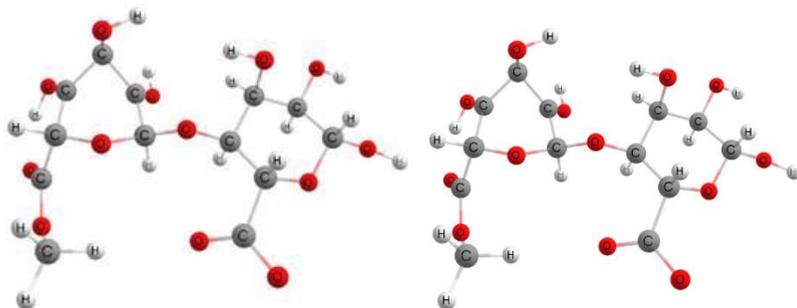


Рис. 2. Структура сегмента пектина

Таблица

Соединение	Характеристические колебания, см ⁻¹						
	$\nu_s(\text{C}=\text{O})$	$\nu_{\text{as,s}}(\text{CO O})$	$\nu, \delta(\text{OH})$	$\nu(\text{C}-\text{C})$	$\nu(\text{C}-\text{O}-\text{C})$	$\nu, \delta(\text{CH}, \text{CH}_2)$	$\nu, \delta(\text{пиранозные кольца})$
Экспериментальные данные							
Цитрусовый пектин (ЦП)	1720, 1635	1404	3225, 1026	1095	1157	2939	748, 702, 655, 602, 571
Cu[(ЦП) ₂] _n	1659, 1597	1404, 1334	3332-3433	1018, 1057, 1088	1134	2927	772, 702, 640, 594, 540
Литературные данные							
Яблочный пектин [2]	1740 пл. 1634 с.	1376 с	3316 пл.	1110, 1050 пл. 1025с р.	1151 ср.	2940ср 915 пл.	667сл, 622сл, 584сл, 530пл, 514пл.

Яблочный пектин [3]	1742	-	3226-3443, 995 с	1103, 1021	1146	2919, 2846 с, 1374, 1305	782, 721, 667, 619, 535, 514, 502
Пектин [4]	1762, 1638, 1445	-	3429, 1248	1076, 1060	1123	2933, 2857	533
Ni[(Пек) ₂] _n [4]	1756, 1652, 1439	-	3429, 1242	1075, 1050	1164, 1117	2940	831, 758, 629, 535
Cu[(ЯП) ₂] _n [5]	-	1612	3356	1017	-	-	-

Показано, что в ИК спектрах полученного комплекса Cu[(ЦП)₂]_n максимумы полос поглощения существенно сдвигались относительно исходного ЦП. Наибольшие изменения претерпевали валентные колебания $\nu_{\text{C=O}}$ и $\nu_{\text{as,s(COO)}}$, что свидетельствует об участии в комплексообразовании с Cu(II) карбоксильных и гидроксильных групп пектина.

Литература

1. Миронов В.Ф., Карасева А.Н., Цапаева О.В., Выштакалюк А.Б., Минзанова С.Т., Морозов В.И., Карлин В.В., Юнусов Э.Р., Миндубаев А.З. // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения, 2003, № 3, с. 45-50.
2. Пектины из нетрадиционных источников: технология, структура, свойства и биологическая активность/С.Т. Минзанова, В.Ф. Миронов, А.И. Коновалов, А.Б. Выштакалюк, О.В. Цапаева, А.З. Миндубаев, Л.Г. Миронова, В.В.Зобов. Казань, Изд-во «Печать-Сервис XXI век». – 2011. – 224 с.
3. Михеева Л.А., Солдатенкова А.В. // Ульяновский Медико-биологический журнал, 2011, № 3. с. 125-130.
4. Талгатов Э.Т. Синтез, характеристика, каталитические и детоксикационные свойства полисахарид-неорганических композитов: диссертация на соискание ученой степени доктора философии: 07.20.00. – Алматы, 2016. – 131 с.

УДК66.011

MATHEMATICAL MODELING OF KINETICS OF THE PROCESS OF COPOLYMERIZATION OF IZOBUTYLENE AND ISOPRENE

Dmitricheva R.R., Bronskaya V.V., Manuiko G.V., Aminova G.A.
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Kazan National Research Technological University», Kazan, Russia

For the mechanism of the process of cationic copolymerization of isobutylene and isoprene using an AlCl_3 catalyst in a CH_3Cl solution in a batch reactor, a kinetic scheme of the process is proposed that includes several elementary reactions: chain growth, chain transfer to a monomer, chain transfer to a solvent, re-initiation [1]. Proceeding from the laws of kinetics, we obtained a system consisting of an infinite number of differential equations, which we solved using the method of the generating function:

$$\begin{aligned}
 -\frac{dM}{dt} &= k_{p,11}M_1I_1 + k_{p,12}M_2I_1 + k_{p,21}M_1I_2 + k_{p,22}M_2I_2 + k_{r,1}S^*I_1 + k_{r,2}S^*I_2 + k_{m,11}M_1I_1 + k_{m,21}M_1I_2 + \\
 &+ k_{m,12}M_2I_1 + k_{m,22}M_2I_2, \\
 \frac{dR_1(\ell_1, \ell_2)}{dt} &= k_{p,11}M_1[R_1(\ell_1 - 1, \ell_2) - R_1(\ell_1, \ell_2)] - k_{p,12}M_2R_1(\ell_1, \ell_2) + k_{p,21}M_1R_2(\ell_1 - 1, \ell_2) - \\
 &- k_{ts,1}SR_1(\ell_1, \ell_2) + k_{r,1}S^*M_1\delta_{i,1}\delta_{i_2,0} - k_{m,11}M_1R_1(\ell_1, \ell_2) - k_{m,12}M_2R_1(\ell_1, \ell_2) + \\
 &+ k_{m,11}I_0M_1\delta_{i,1}\delta_{i_2,0} + k_{m,21}I_0M_1\delta_{i,1}\delta_{i_2,0}, \\
 \frac{dR_2(\ell_1, \ell_2)}{dt} &= k_{p,22}M_2[R_2(\ell_1, \ell_2 - 1) - R_2(\ell_1, \ell_2)] + k_{p,12}M_2R_1(\ell_1, \ell_2 - 1) - k_{p,21}M_1R_2(\ell_1, \ell_2) - \\
 &- k_{ts,2}SR_2(\ell_1, \ell_2) + k_{r,2}S^*M_2\delta_{i,2}\delta_{i_1,0} - k_{m,21}M_1R_2(\ell_1, \ell_2) - k_{m,22}M_2R_2(\ell_1, \ell_2) + \\
 &+ k_{m,12}I_0M_2\delta_{i_2,1}\delta_{i_1,0} + k_{m,22}I_0M_2\delta_{i_2,1}\delta_{i_1,0}, \\
 \frac{dP(\ell_1, \ell_2)}{dt} &= k_{ts,1}SR_1(\ell_1, \ell_2) + k_{ts,2}SR_2(\ell_1, \ell_2) + k_{m,11}M_1R_1(\ell_1, \ell_2) + k_{m,21}M_1R_2(\ell_1, \ell_2) + \\
 &+ k_{m,12}M_2R_1(\ell_1, \ell_2) + k_{m,22}M_2R_2(\ell_1, \ell_2),
 \end{aligned}$$

where M_i is monomer i -type, $i=1,2$; $R_i(\ell_1, \ell_2)$ - growing polymer chain with end link i -type, terminal block containing ℓ_1 monomer units of the first

type and ℓ_2 monomer units of the second type; $P(\ell_1, \ell_2)$ is a dead polymer chain; S is a solvent; S^* is an intermediate active particle.

References

1. N. W. Robert, D.S Timothy., A. H. Tsou, *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, Wiley-Interscience, Hoboken, 5, 356 – 381 (2003).

©Dmitricheva R.R., Bronskaya V.V., Manuiko G.V., Aminova G.A., 2018.

УДК 541.64:51.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ СОПОЛИМЕРИЗАЦИИ ЭТИЛЕНА И ПРОПИЛЕНА В РЕАКТОРЕ С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ

В.В. Плющев, Г.А. Аминова, В.В. Бронская, Г.В. Мануйко
Казанский национальный исследовательский технологический
университет, Казань, Россия

Решается задача идентификации кинетических параметров в рамках построения динамической математической модели сополимеризации пропилена и этилена.

Для частиц катализатора пропилена, этилена, активных полимерных цепей, водорода и фазы твердых частиц сополимера, в реакторе псевдооживления получены уравнение материального баланса [1]. На основе кинетической схемы определены кинетические уравнения расхода катализатора, мономеров, растущих полимерных цепей.

Скорость расхода активного катализатора

$$r_{C^*} = -k_i^1 M_1 \cdot C^* - k_i^2 M_2 \cdot C^* - k_d \cdot C^* + k_{tr}^1 P^* [H_2] + k_{tr}^2 Q^* [H_2]$$

где k_i^1 -константа скорости иницирования пропиленовой цепи [$\text{м}^3/(\text{моль}^0\text{с})$], k_i^2 -константа скорости иницирования этиленовой цепи [$\text{м}^3/(\text{моль}^0\text{с})$], k_{tr}^1 -константа передачи цепи (с концевым пропиленовым звеном) на водород [$\text{м}^3/(\text{моль}^0\text{с})$], k_{tr}^2 -константа передачи цепи (с концевым этиленовым звеном) на водород [$\text{м}^3/(\text{моль}^0\text{с})$], k_d -константа скорости деактивации активного катализатора [$\text{м}^3/(\text{моль}^0\text{с})$], M_1, M_2 - концентрация пропилена и этилена [$\text{моль}/\text{м}^3$], P^* -активная сополимерная цепь (с концевым пропиленовым звеном) содержащая s звеньев пропилена и n звеньев этилена [$\text{моль}/\text{м}^3$], Q^* -активная сополимерная цепь (с концевым этиленовым звеном) содержащая s звеньев пропилена и n звеньев этилена [$\text{моль}/\text{м}^3$], $[H_2]$ -концентрация водорода [$\text{моль}/\text{м}^3$].

Полученная система дифференциальных уравнений решалась совместно в среде пакета WolframMathematica.

Литература:

1. Плющев В.В., Бронская В.В., Аминова Г.А., Мануйко Г.В./ Моделирование газофазной полимеризации этилена в псевдоожоженном слое катализатора- Математические методы в технике и технологиях- ММТТ, 2017г., т.7, стр. 65-67.

©В.В. Плющев, Г.А. Аминова, В.В. Бронская, Г.В. Мануйко, 2018 г.

УДК 541.64

ХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ СИНДИОТАКТИЧЕСКОГО 1,2-ПОЛИБУТАДИЕНА ФУЛЛЕРЕНОМ

Галиуллина Г.Ф., Сигаева Н.Н., Глазырин А.Б.
Инженерный факультет, БашГУ, г. Уфа, Россия

Открытие новой аллотропной формы углерода в виде фуллерена стимулирующее действие на появление новых направлений в физике и химии твердого тела, связанных с химической модификацией фуллерена C_{60} и синтезом новых классов соединений на основе C_{60} и более высоких форм полиэдрических углеродных кластеров. Одним из таких новых направлений является синтез и исследование полимеров, содержащих в своем составе фуллерен C_{60} . Уже сейчас эластичные, термостойкие тонкие пленки из легированных проводящих фуллеренсодержащих полимеров становятся основой электронных приборов нового поколения

Фуллерен C_{60} и C_{70} разных марок - уникальные объекты для фундаментального научного исследования. Однако включение фуллерена в состав макромолекул полимера является сложной задачей. Способы введения C_{60} в макромолекулы являются многостадийными, часто проведение реакций требует жестких условий, поэтому разработка новых и более простых методов получения фуллеренсодержащих полимеров остается актуальной задачей.

В настоящей работе изучена возможность получения фуллеренсодержащих полимерных продуктов на основе синдиотактического 1,2-полибутадиена (1,2-СПБ) химической модификацией полимера.

Разработаны условия химической модификации 1,2-СПБ фуллереном C_{60} путем его радикальной прививки к $C=C$ -связям полидиена в присутствии радикального инициатора.

Показано, что модификация макромолекул 1,2-СПБ приводит к изменению характера УФ-спектров толуольных растворов полидиена: появление характерного пика 336 нм свидетельствует о присутствии связанного фуллерена в полимерной цепи.

Условия проведения модификации оказывают влияние как на количество связанного фуллерена, так и на способ его прививки.

Установлено, что модификация 1,2-СПБ сопровождается снижением температуры начала разложения полимера до 250-310°C и увеличением его температуры стеклования на 11-12°C. На термограмме ДСК модифицированного полидиена в области температур 110-200°C наблюдается экзотермический пик, сопровождающийся заметным увеличением массы продукта до 5-7 мас. %, что связано, по-видимому, с процессом окисления фуллеренсодержащего полимера.

©Галиуллина Г.Ф., Сигаева Н.Н., Глазырин А.Б., 2018 г.

УДК 541.64

О НЕКОТОРЫХ ФАКТОРАХ ВЛИЯНИЯ НА КОНФОРМАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПОЛИСАХАРИДОВ С ЛЕКАРСТВЕННЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Галина А.Р., Шуршина А.С., Кулиш Е.И.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В последние десятилетия проводится большое количество исследований, посвящённых изучению взаимодействия лекарственных веществ (ЛВ) с полимерной матрицей. Это обусловлено необходимостью преодоления проблемы, получающей всё более широкое распространение, а именно – устойчивости микроорганизмов к терапии лекарственными веществами – и обусловленной целым рядом причин. Одним из способов преодоления этой устойчивости (помимо синтеза новых препаратов) является разработка новых лекарственных форм, в частности модификация уже известных ЛВ полимерами. Использование полимерной матрицы решает целый ряд проблем: нестабильность биологически активного соединения, его повышенную токсичность, расход и неравномерную скорость доставки. Полимерные производные лекарств принципиально отличаются от низкомолекулярных веществ механизмом проникновения в бактериальную клетку, а также способны создавать высокие локальные концентрации в результате сорбции на мембране клетки и изменять её проницаемость. Одно из главных

достоинств полимерных лекарственных форм – возможность пролонгирования действия лекарственных препаратов.

Помимо использования в качестве носителя препарата-антибиотика, интерес представляет и использование полимеров в качестве основы для средств аппликационной анестезии. Применение аппликационного метода обезболивания практически удобной позволяет избежать многих осложнений, возникающих при проведении инъекционной анестезии. В числе полимеров, которые представляют интерес для выполнения этой задачи, особого внимания заслуживают полисахариды, обладающие собственной физиологической активностью

Исследование взаимодействия растворов полимеров и лекарственных веществ показывает образование аддукта реакции между высокомолекулярной матрицей и низкомолекулярным лекарством. При этом наблюдается ряд проявления конформационно-надмолекулярного эффекта. В свою очередь, на него оказывает влияние ряд факторов, в числе которых наличие функциональных групп, размер и форма полимерного клубка, а также концентрация полимера в растворе, чей вклад представляется наиболее значительным.

© Галина А.Р., 2018

УДК 541.64

ОЦЕНКА ФОТООКИСЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА

Рашитова А.Р.

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Известно, что полимерные материалы подвергаются деструкции в процессе эксплуатации как под действием физических факторов, так и под действием химических реагентов. Чаще всего на полимер воздействуют сразу несколько факторов, вызывая глубокие структурные изменения, связанные с старением полимера [1].

В качестве способа экспресс-оценки степени химического модифицирования образцов композиционных материалов на основе вторичного полипропиленового сырья в присутствии второго полимера (ПВД-20) в результате фотоокислительной деструкции под действием УФ-излучения в данной работе предложен йодометрический анализ (позволяет определить содержание пероксидных и гидропероксидных групп). Перед проведением йодометрического анализа образцы вторичного полимерного сырья измельчали методом высокотемпературного сдвигового измельчения в аппарате экструзионного типа с диаметром шнека 32 мм конструкции ИХФ РАН

при температуре 130 °С. Размер частиц полученных порошков от 80 до 200 нм.

№ пп	Наименование образца	Время воздействия УФ-излучения, ч	Концентрация гидропероксидных и пероксидных групп, моль/л
1	ПП 350 Мастербач белый 22 + 5 м.ч. ПВД 20	3	$0,510 \cdot 10^{-4}$
		6	$0,219 \cdot 10^{-4}$
		9	$0,0730 \cdot 10^{-4}$
2	ПП 350 Мастербач белый 22 + 10 м.ч. ПВД 20	3	$1,823 \cdot 10^{-4}$
		6	$0,0730 \cdot 10^{-4}$
		9	$0,292 \cdot 10^{-4}$
3	ПП 350 Мастербач белый 22 + 30 м.ч. ПВД 20	3	$0,160 \cdot 10^{-4}$
		6	$0,292 \cdot 10^{-4}$
		9	$0,130 \cdot 10^{-4}$
4	ПП 350 Мастербач белый 22 + 50 м.ч. ПВД 20	3	$0,802 \cdot 10^{-4}$
		6	$0,292 \cdot 10^{-4}$
		9	$0,130 \cdot 10^{-4}$

Установлено, что в обработанных УФ-излучением образцах ПП Мастербач белый+ПВД20 с различным массовым соотношением компонентов концентрация гидропероксидных и пероксидных групп меньше по сравнению с другими образцами и находится в пределах $5,1 \cdot 10^{-5}$ - $2,1 \cdot 10^{-5}$ моль/л, что свидетельствует о малой степени фотоокислительных превращений.

©Рашитова А.Р., 2018 г.

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ СТРУКТУРЫ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА И СКЭПТ В ПРИСУТСТВИИ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ

Хлобыстова Е.С.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Полипропилен (ПП) является одним из наиболее крупнотоннажным, доступным и востребованными из ассортимента выпускаемых промышленностью полимеров. Учитывая, что полипропилен занимает 20 % в общем объеме мирового производства полимеров, он является основой для производства многих композиционных материалов, благодаря разнообразию его свойств. Для повышения ударной вязкости в полимерные композиции на основе ПП вводят эластомеры, например СКЭПТ (тройной этилен-пропилен-диеновый каучук).

Исследуемые образцы представляют собой композиты из вторичного ПП марки «ПП 350 Мастербач белый 22» и второго полимера (СКЭПТ), в том числе с добавлением природного наполнителя (рисовой шелухи) в количестве 10 м.ч.

Введение наполнителя в полимерную матрицу однозначно приводит к возникновению в системе фазовой гетерогенности. При увеличении содержания наполнителя увеличивается вероятность контакта частиц наполнителя друг с другом, что очевидно, сопровождается существенным изменением морфологии и поверхностной структуры композиционного материала, а, следовательно, его стойкость к механическим воздействиям

В связи с этим, для выявления корреляции поверхностной структуры вторичного полимерного сырья, наполненного вторым полимером в зависимости от композиционного состава со стойкостью к механическим воздействиям исследованы их физико-механические свойства (модуль упругости, разрывное напряжение и относительное удлинение при разрыве)

Для всех исследованных образцов на основе полипропилена марки «ПП 350 Мастербач белый 22» и второго полимера, с увеличением среднеквадратичной шероховатости, как правило, уменьшается их стойкость к механическим воздействиям (таблица 1). Так, при увеличении содержания второго полимера наблюдается рост шероховатости и значительное уменьшение значений относительного удлинения. Значения разрывного напряжения со значениями среднеквадратичной шероховатости не коррелируют. Для образцов «ПП 350 Мастербач белый 22» и СКЭПТ модуль упругости уменьшается при увеличении среднеквадратичной шероховатости. Добавление рисовой шелухи (РШ) в

композиты приводит к однозначному росту шероховатости и ухудшению прочностных характеристик.

Таблица 1 – Физико-механические свойства образцов полимерных материалов

Образец	Средне-квadraticная шероховатость, nm	Модуль упругости, МПа	Прочность при разрыве, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
ПП350 <u>Мастербач</u> 22+5 % СКЭПТ	17,8	1753	14,5	54
ПП350 <u>Мастербач</u> 22+10 % СКЭПТ	18,0	1143	11,8	137,9
ПП350 <u>Мастербач</u> 22+ 20 % СКЭПТ	27,3	576,3	7	159,9
ПП350 <u>Мастербач</u> 22+40 % СКЭПТ	35,5	385,9	5	117,1
ПП350 <u>Мастербач</u> 22+5 % СКЭПТ +10 м. ч. РШ	18,8	1832,8	13,3	5,3
ПП350 <u>Мастербач</u> 22+10 % СКЭПТ +10 м. ч. РШ	21,2	1780,14	12,1	9,4
ПП350 <u>Мастербач</u> 22+20 % СКЭПТ 10 м.ч РШ	30,5	1228,4	8,4	11,2
ПП350 <u>Мастербач</u> 22+40 % м.ч СКЭПТ +10 м. ч. РШ	42,5	453,4	3,9	15,3
Образец	Средне-квadraticная шероховатость, nm	Модуль упругости, МПа	Прочность при разрыве, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
ПП350 <u>Мастербач</u> 22+5 % СКЭПТ	17,8	1753	14,5	54
ПП350 <u>Мастербач</u> 22+10 % СКЭПТ	18,0	1143	11,8	137,9
ПП350 <u>Мастербач</u> 22+ 20 % СКЭПТ	27,3	576,3	7	159,9
ПП350 <u>Мастербач</u> 22+40 % СКЭПТ	35,5	385,9	5	117,1
ПП350 <u>Мастербач</u> 22+5 % СКЭПТ +10 м. ч. РШ	18,8	1832,8	13,3	5,3
ПП350 <u>Мастербач</u> 22+10 % СКЭПТ +10 м. ч. РШ	21,2	1780,14	12,1	9,4
ПП350 <u>Мастербач</u> 22+20 % СКЭПТ 10 м.ч РШ	30,5	1228,4	8,4	11,2
ПП350 <u>Мастербач</u> 22+40 % м.ч СКЭПТ +10 м. ч. РШ	42,5	453,4	3,9	15,3

При составлении карты технологического процесса и операционной карты следует учесть более выраженный рельеф поверхности

композиционных материалов на основе вторичного ПП в присутствии эластомера, и рисовой шелухи с содержанием 10 м.ч, которые будут обладать большей способностью к биоассимиляции. Так, в композитах на основе ПП 350 Мастербач 22 и СКЭПТ происходит рост шероховатости с увеличением концентрации СКЭПТ. С добавлением 10 м.ч. РШ рост только усиливается.

Для всех исследованных образцов на основе полипропилена марки «ПП 350 Мастербач белый 22» и второго полимера, с увеличением среднеквадратичной шероховатости, как правило, уменьшается их стойкость к механическим воздействиям

©Хлобыстова Е.С., 2018

УДК 517.958:541.64

ДИФФУЗИЯ ЧАСТИЧНО СВЯЗАННОГО ВЕЩЕСТВА ИЗ ХИТОЗАНОВОЙ ПЛЕНКИ С ПОСТОЯННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Сыромясов А.О.¹⁾, Шуршина А.С.²⁾, Галкин Д.В.¹⁾

1) – Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева,

2) – Башкирский государственный университет

Одной из проблем, возникающих при производстве лекарственных пленок, служит определение их свойств по экспериментальным данным. При этом измеряемой величиной служит изменяющаяся со временем средняя концентрация лекарственного вещества (ЛВ) в пленке.

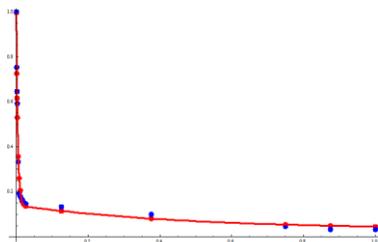
В работе предлагается метод решения указанной задачи, основанный на следующих предположениях. Коэффициент диффузии D постоянен. Вещество в хитозановой пленке может находиться свободном или в связанном состояниях; концентрации ЛВ в этих состояниях обозначим f и b , соответственно. Связанное вещество переходит в свободное по закону

$$\frac{db}{dt} = -\beta(b - b_{\infty}), \quad (1)$$

где b_{∞} – концентрация ЛВ, которое задерживается в пленке по истечении «бесконечно» большого времени. Запасы свободного ЛВ пополняются за счет перехода связанного ЛВ в свободное состояние, но расходуются при диффузии (x – пространственная координата):

$$\frac{\partial f}{\partial t} = D \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{db}{dt}. \quad (2)$$

Аналитическое решение задачи (1)–(2) было осреднено по x , после этого параметры b_{∞} , β , D и b_0 (начальная концентрация связанного ЛВ) подбирались методом наименьших квадратов.



На графике приведен типичный пример использования найденных параметров (красная линия – результат расчета, синие точки – опытные данные). Как видно, полученное решение является достаточно точным.

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 18-31-00119 мол_а).

©Сыромясов А.О., Шуршина А.С., Галкин Д.В., 2018 г.

УДК 577.114.083 + 544.723.212

СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ ШЕЛУХИ ГРЕЧИХИ

Туктамышева Руфина Эльвировна¹, Ямансарова Эльвира Талгатовна¹,
Зворыгина Ольга Борисовна²

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

²Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.
Уфа, Россия

Материалы на основе полисахаридов растительного происхождения находят разнообразное применение - строительные материалы из древесины, хлопковые и вискозные волокна, лекарственные препараты и материалы для медицины [1]. Новейшими областями использования полисахаридов является получение композиционных материалов разнообразного назначения, медико-фармацевтических материалов с биологической активностью, пищевых добавок для загущения и гелеобразования. Особое место занимают материалы, обладающие сорбционными свойствами. Целью данной работы является щелочная модификация полисахаридов и изучение свойств полученных модификатов.

Наряду с целлюлозой любой растительный материал содержит комплекс нецеллюлозных полисахаридов и лигнин. Для определения доли целлюлозы был использован метод Кюршнера, заключающийся в обработке 100 г гречишных оболочек смесью концентрированной азотной кислоты и этанола (1:4) в течение 30 минут при температуре 80°C.

Таблица 1. Результаты определения содержания целлюлозы в шелухе гречихи методом Кюршнера

№	Масса шелухи гречихи, после обработки, г	Выход, %
1	0,77	77
2	0,53	53
3	0,72	72
Ср.знач.	0,67	67

Известно, что щелочная обработка растительного материала приводит к изменению его химического состава. При низкой концентрации щелочи может происходить не только набухание целлюлозы, но и изменяется ее надмолекулярная структура, и образование небольшого количества алкоголятных групп. Модификацию проводили обработкой разбавленными растворами гидроксида натрия с $w = 1 - 5\%$ при комнатной температуре в течение 30 минут при перемешивании.

При проведении модификации в присутствии кислорода воздуха, особенно при повышенной температуре, возникает вероятность протекания окислительных процессов на поверхности целлюлозного волокна. Это приводит не только к окислительной деструкции, но и к появлению новых функциональных групп - карбонильных и карбоксильных, что в свою очередь может сказаться на изменении сорбционных свойств получаемых материалов.

Таблица 2. Влияние концентрации щелочи на некоторые свойства целлюлозного материала

Концентрация NaOH, %	Потеря массы после обработки щелочью Δm , г	Содержание СНО-групп, %	Мм, целлюлозы	Эффективность сорбции йода E, %
0	0	0,514	38911	57
1	0,19	0,994	20121	81
2	0,30	1,272	15723	73
3	0,30	1,466	13643	81
4	0,25	1,860	10753	84
5	0,33	2,312	8651	81

Параллельно с определением количества карбонильных групп для исходной целлюлозы определяли ее молекулярную массу[2] и эффективность сорбции йода аналогично [3].

В итоге было установлено, что увеличение концентрации щелочи от 1 до 5 % в варочном растворе вызывает существенную деструкцию макромолекулы. Наблюдается снижение молекулярной массы в 4 раза. При сравнении удерживающей способности полученных материалов по отношению к йоду с активированным углем выявлено, что они эффективнее его на 20-30%.

Литература

[1] Шиповская А.Б. «Методы выделения и физико-химические свойства природных полисахаридов: учебно-методич. пособие. – Саратов; Саратовск, госуниверситет, 2015. – С.64.

[2] Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. "Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы" М.:Экология 1991, С. 106-107

[3] Ямансарова Э.Т., Громыко Н.В., Абдуллин М.И., Куковинец О.С., Зворыгина О.Б. Исследование сорбционных свойств материалов на основе растительного сырья по отношению к органическим и неорганическим примесям. Вестник Башкирского университета. 2016. Т. 21. № 1. С. 73-77.

©Туктамышева Р.Э., Ямансарова Э.Т., Зворыгина О. Б., 2018 г.

УДК 577.114.083 + 544.723.212

СИНТЕЗ ДИАЛЬДЕГИДЦЕЛЛЮЛОЗЫ В УСЛОВИЯХ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Лоскутов Василий Георгиевич, Ямансарова Эльвира Талгатовна,
Зворыгина Ольга Борисовна

^аБашкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

^бУфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Россия

Полисахариды широко используются в качестве носителей лекарств. Однако, большинство из них химически инертны и для присоединения физиологически активных веществ требуют дальнейшей химической модификации. Простым и эффективным методом является периодатное окисление.

Диальдегидполисахариды, полученные таким способом, являются перспективными носителями лекарственных веществ в силу их биологической совместимости, гидрофильности и способности к деструкции в организме.

Окисленные превращения полисахаридов широко используются для селективной и неселективной модификации природных материалов с целью придания им новых свойств. Окисление йодной кислотой или периодатом Калия Na относятся к процессам, селективно окисляющим только вицинальныедиольные группировки. Для полисахаридов, в которых моносахаридные остатки связаны 1,4 – гликозидными связями окисление идет исключительно по C₂-C₃ группировкам.

Известно, что ультразвук ускоряет многие химические и физико-химические процессы в первую очередь за счет эффекта кавитации.

Целью данного исследования является изучение влияния облучения ультразвуком на процесс окисления микрокристаллической целлюлозы.

Окисление проводили при соотношении целлюлоза: периодат калия – 1:1. Облучение осуществляли в течение 0,5-22 минут. Глубину окисления контролировали по расходу КЮ₄ и увеличению количества альдегидных групп.

Контроль за расходом периодата проводили по выпадению йода в присутствии серной кислоты при добавлении йодистого калия к реакционной массе и последующим титрованием его тиосульфатом натрия. Так как в результате реакции увеличивается количество альдегидных групп, то наряду с расходом реагента определяли содержание формильных групп.

Таблица 1. Содержание функциональных групп в окисленной целлюлозе после ультразвука

Время облучения УЗ t,с	Содержание		Расход КЮ ₄
	СНО, %	СООН, %	
0	0,86	0,039	0,288
30	2,84	0,040	0,21
60	3,24	0,045	0,194
90	3,9	0,044	0,184
120	4,14	0,043	0,174
150	4,94	0,044	0,17
180	5,53	0,044	0,164
210	5,86	0,043	0,164
300	13,41	0,042	0,164
1260	27,03	0,042	0,164
1320	27,03	0,040	0,164

В результате было установлено, что расход периодата калия прекращается на третьей минуте облучения, однако накопление альдегидных групп продолжается вплоть до 21 минуты. Максимальное

количество образовавшихся СНО-групп составило 27%, что в перерасчете на степень функционализации $\gamma = 150$

По-видимому, дальнейшее облучение даже ультразвуком вызывает разрушение гликозидных связей, что приводит к сильному уменьшению выхода нерастворимой фракции диальдегидцеллюлозы.

Литература

[1]Н. И. Ткачева, С. В. Морозов, И. А. Григорьев, Д. М. Могнонов, Н. А. Колчанов. Модификация целлюлозы – перспективное направление в создании новых материалов // Высокомолекулярные соединения.– 2013. Серия Б, – Т. 55, № 8, – С. 1086–1107

[2]С.А. Аутлов, Н.Г. Базарнова, Е.Ю. Кушнир. Микрористаллическая целлюлоза: Структура, свойства и области применения // Химия растительного сырья. –2013. №3. –С. 33-41

[3]С.А. Мамаева*, И.С. Круппа, В.А. Дятлов, И.Ю. Кутергина, И.Р. Рустамов, В.И. Гумникова. Влияние периодатного окисления на молекулярно-массовые характеристики и фракционную неоднородность полисахаридов // Успехи в химии и химической технологии. –Т. XXVIII. 2014. №3. – С. 45 – 48

©Лоскутов В. Г., Ямансарова Э.Т., Зворыгина О. Б., 2018 г.

УДК 547.458.88

МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ ДЕЭТЕРИФИЦИРОВАННЫЙ ПЕКТИН-САЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА

Вакульская А.А., Тимерханов А.Д.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Актуальной задачей современной медицинской химии является создание лекарственных форм пролонгированного и направленного действия. Одним из путей решения проблемы является комплексообразование фармакофоров с биоразлагаемой полисахаридной матрицей [1]. Среди природных полисахаридов перспективно отличается пектин, который является водорастворимым, обладает физиологической активностью. Известно, что комплексообразующие свойства пектиновых веществ зависят от содержания в них свободных карбоксильных групп, то есть от степени этерификации (СЭ) карбоксильных групп в полимерной цепи. Благодаря своей полимерной основе и биологическим свойствам деэтерифицированный пектин (ДЯП) может выполнять роль матрицы для направленного транспорта лекарственных препаратов и биологически важных микроэлементов.

Целью данной работы являлось изучение взаимодействия ДЯП различной степени этерификации с салициловой кислотой (СК). Комплексные соединения получали взаимодействием ДЯП со СЭ 10, 34 и 66% с СК в водной среде при pH=7. Спектрофотометрическими методами определен состав полученных соединений, который составил 1:1 и рассчитаны константы устойчивости комплексов при трех температурах, которые лежат в пределах $3.0 \cdot 10^3 - 23.0 \cdot 10^3$ л/моль. Показано, что увеличение содержания карбоксильных групп в ДЯП и понижение температуры процесса комплексообразования приводит к возрастанию устойчивости комплексов в 2-8 раз. Определены термодинамические характеристики комплексообразования. Установлено, что взаимодействие компонентов систем является энтальпийно-энтропийно благоприятным. Обнаружено, что главными активными центрами при комплексообразовании ДЯП с СК являются карбоксильные и гидроксильные группы биополимера и функциональные группы ароматического кольца фармакофора. Пиранозное кольцо биополимера не вовлекается в процесс взаимодействия с лекарственным соединением.

Литература

[1]- Куковинец О.С., Мударисова Р.Х., Володина В.П., Тарасова А.В., Мокина А.З., Абдуллин М.И. Комплексообразование яблочного пектина с некоторыми азот- и кислородсодержащими органическими фармакофорами // Химия природных соединений. 2014. № 1. С. 48-51.

©Вакульская А.А., Тимерханов А.Д., 2018 г.

УДК 544.01

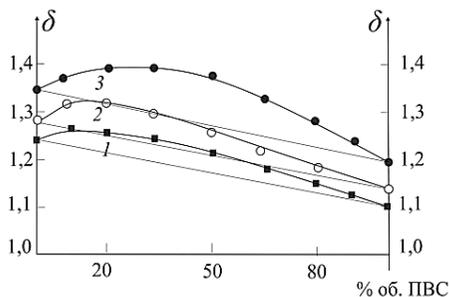
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ПОЛИВИНОВЫЙ СПИРТ – ХИТОЗАН

Мустакимов Р.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Изучение структурообразования полимерной матрицы в растворе необходимо для регулирования физико-механических свойств получающихся полимерных композитов. В частности, для материалов биомедицинского назначения данный вопрос является одним из ключевых, так как от особенностей получения полимерной матрицы из раствора зависит морфология получающегося материала. Хитозан (ХТЗ) и поливиниловый спирт (ПВС) отвечают всем требованиям, которые предъявляются к полимерам биомедицинского назначения.

Таким образом, целью данной работы является изучение структурообразования в системе ПВС-ХТЗ, в качестве растворителей использовались ацетатные буферы с рН 3.8 (1), 4.25 (2), 4,75 (3).



Установлено, что для полимерных смесей имеет место образование агрегатов из макромолекул не только в области полуразбавленных растворов, но даже в области больших разбавлений (рис. 1). При этом вид образуемых агрегатов (гомо- или гетеро-) определяется не только используемым растворителем, но и концентрацией исходных растворов полимеров.

Рис. 1. Зависимость степени агрегации δ растворов ХТЗ-ПВС в буферном растворе 1 (1), в буферном растворе 2 (2), в буферном растворе 3.

Также в буфере с рН=3,8 при концентрациях полимеров ниже C_c агрегация макромолекул происходит с захватом “чужого” полимера, т.е. с образованием смешанных агрегатов. В более основных средах и при концентрациях выше C_c полимеры агрегируются отдельно друг от друга, вследствие значительной глобулизации полимерных клубков.

© Мустакимов Р.А., 2018 г.

УДК 544.01

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА И СКЭПТ

Бакирова Э.Р., Базунова М.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия
elina_bakirova@mail.ru

Эффективным решением малой эластичности и низкой атмосферостойкости полипропилена (ПП) является введение в полимерную матрицу небольших количеств различных эластомерных

наполнителей - полимеров, которые обладают высокой атмосферостойкостью и способностью совершать большие обратимые деформации. Лидирующую позицию среди олефиновых эластомеров в мировом производстве занимает тройной этилен-пропилен-диеновый каучук.

В связи с этим, целью данной работы явилось изучение влияния УФ-излучения в присутствии кислорода воздуха и естественного старения на физико-механические характеристики композиционных материалов на основе вторичного ПП и СКЭПТ с различным массовым соотношением.

Композиционные материалы ПП-СКЭПТ были приготовлены из: вторичного полипропилена марки «ПП 350 белый Мастербач 22» (далее втор-ПП), представляющего собой дробленый материал из некондиционных изделий, и тройной каучук этилен-пропилен-диеновый (СКЭПТ). Композиции втор-ПП-СКЭПТ с различным массовым соотношением компонентов были получены на лабораторной станции "PlastographEC" (Brabender, Германия) с последующим прессованием на автоматическом гидравлическом прессе «AutoMH-NE» (Carver, США).

При проведении экспериментов по воздействию УФ-излучения на композиционные материалы использовались ртутные лампы мощностью 125 Вт. В качестве одного из способов оценки глубины фотоокислительного модифицирования применено йодометрическое определение концентрации пероксидных и гидропероксидных групп.

Физико-механические свойства полимерных композитов определяли на прессованных образцах материала. Разрывное напряжение и разрывное удлинение определяли на разрывной машине "Shimadzu AGS-X" (Shimadzu, Япония). С целью изучения закономерностей изменения физико-механических свойств композиций втор-ПП-СКЭПТ под действием факторов внешней среды часть сформированных образцов была подвергнута естественному старению с ноября по апрель месяца.

В композитах втор-ПП-СКЭПТ концентрация гидропероксидных и пероксидных групп после воздействия УФ-излучения на воздухе сравнительно высока и находится в пределах $3,8 \cdot 10^{-5}$ - $10,0 \cdot 10^{-5}$ моль/г, что свидетельствует о достаточно высокой степени фотоокислительных превращений.

Установлено, что под воздействием УФ-излучения на воздухе в течение до 9 часов для композитов втор-ПП -СКЭПТ наблюдается некоторое увеличение относительного удлинения при разрыве (рис. 1-2). Обращает на себя внимание тот факт, что образцы индивидуального втор-П сильнее изменяют свои физико-механические показатели, нежели композиции, наполненные СКЭПТ.

Некоторое изменение физико-механических свойств имеет место и в образцах композитов втор-ПП-СКЭПТ, подвергнутых естественному

старению. Однако, можно отметить, что и в этом случае (и для значений относительного удлинения, и прочностных показателях) изменения в показателях индивидуального ПП значительней, чем для композитов со СКЭПТ.

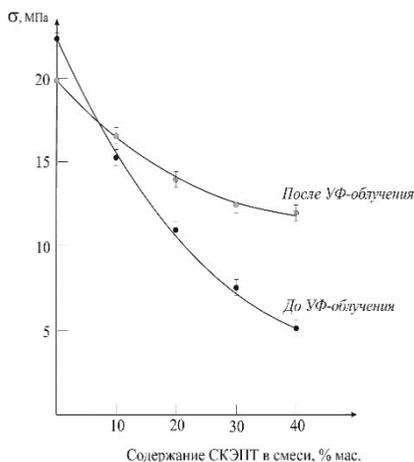


Рис. 1. Зависимость разрывного напряжения композитов втор-ПП -СКЭПТ от содержания СКЭПТ до и после воздействия УФ-излучения на воздухе.

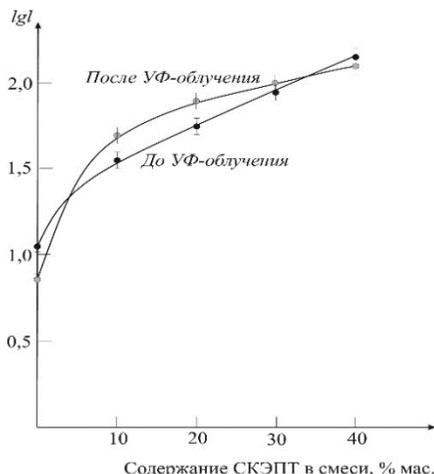


Рис. 2. Зависимость логарифма разрывного удлинения композитов втор-ПП -СКЭПТ от содержания СКЭПТ до и после воздействия УФ-излучения на воздухе.

Таким образом, введение СКЭПТ в количестве до 40 % мас. в композиции на основе вторичного полипропилена, с одной стороны, незначительно уменьшает глубину их фотоокислительных превращений, а с другой, позволяет сохранить практически неизменными, а в некоторых случаях даже незначительно улучшить деформационно-прочностные характеристики полипропиленовых материалов при недлительном воздействии на них УФ-излучения на воздухе и при естественном старении.

©Бакирова Э.Р., 2018

СОРБЦИОННЫЕ И ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ПЕКТИНА

Зидиханова Л.Ф., Ибрагимова Р.Р., Шуршина А.С.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В современном мире большой интерес, как для лечебной терапии, так и для фармации представляют лекарственные формы на основе полимеров, поскольку они позволяют контролировать процесс высвобождения лекарственного вещества из полимерной матрицы. На сегодняшний день в результате многочисленных исследований были сформулированы основные требования, которым должны соответствовать лекарственные полимерные формы. С учетом этих требований, а также исходя из анализа литературных данных, перспективными являются системы доставки на основе полисахаридов. Более того, предпочтительным является использование именно природных соединений или их производных, поскольку они, как правило, обладают и дополнительными лечебными свойствами. В результате чего в ряде случаев может наблюдаться синергический эффект – усиление активности лекарственной формы.

Одним из таких полисахаридов является пектин, представляющий собой биосовместимый, нетоксичный и анионный природный полисахарид, выделенный из клеточных стенок высших растений. Благодаря наличию гидроксильных, метоксильных и карбоксильных групп в молекуле пектина возможно получить широкий спектр производных на его основе, что позволяет осуществлять модифицирование таких его свойств, как растворимость, гидрофобность, физико-химические, диффузионные и биологические характеристики.

В ходе исследования обнаружено, что процесс сорбции паров воды пленками пектина подчиняется аномально-диффузионному режиму. Структурные изменения в полимерной матрице, вызванные процессом модификации, приводят к потере растворимости пленками и к смене режима сорбции с аномально-диффузионного на псевдонормальный.

Показано, что процесс сорбции паров воды пленками обуславливает закономерности транспорта лекарственного вещества из полимерной пленки.

Найдены практически удобные подходы к регулированию транспортных свойств пленок, заключающиеся в целенаправленной модификации с получением ограниченно набухающих пленок, позволяющие направленно изменять скорость и степень выхода лекарственных препаратов - антибиотиков из полимерной матрицы.

©Зидиханова Л.Ф., Ибрагимова Р.Р., Шуршина А.С., 2018 г.

ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ СМЕСИ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА И ХИТОЗАНА

Зидиханова Л.Ф., Шуршина А.С.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

На сегодняшний день разработка и модифицирование полимерных носителей для доставки и пролонгированного высвобождения лекарственных веществ является актуальной задачей для химии, медицины и фармации. Особый интерес в этой области представляют системы чрескожной и чресслизистой доставки ЛВ.

При создании полимерных лекарственных форм с целью пролонгирования высвобождения лекарственного вещества применяют различные методы модифицирования. Одним из таких методов модифицирования является введение второго полимера.

В данной работе изучены пленки на основе смеси полимеров – поливинилового спирта и хитозана. Выбор данных полимеров в качестве полимерной основы обусловлен тем, что они обладают собственной физиологической активностью, а кроме того наличием в их макромолекулах функциональных групп, способствующих модификации.

Работа по изучению характеристической вязкости исходных полимеров и их смесей показала, что характеристическая вязкость смеси меняется по кривой, лежащей выше аддитивной зависимости, и проходит через максимум, соответствующей составу 20% поливинилового спирта. Данный факт свидетельствует об образовании гетероагрегатов хитозан-поливиниловый спирт, которые, как известно, характеризуются пониженной плотностью упаковки и большими размерами, что, несомненно, должно отразиться как на сорбционных, так и на транспортных свойствах матрицы.

Действительно, при изучении сорбционных свойств полимерной матрицы на основе смеси полимеров было показано, что и в этом случае количество сорбированной воды смесью полимеров меняется по кривой, лежащей выше аддитивной зависимости, и проходит через максимум, соответствующей составу 20% поливинилового спирта, также как это было при изучении характеристической вязкости.

Таким образом, найден практически удобный подход к регулированию транспортных свойств пленок на основе поливинилового спирта, заключающийся в целенаправленной модификации путем введения второго полимера.

©Зидиханова Л.Ф., Шуршина А.С., 2018 г.

УДК 544.77

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ СТРУКТУРЫ ПЛЁНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ СУКЦИНАМИД ХИТОЗАНА- ГЛИЦЕРИН

Г. М. Рафикова

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

При создании полимерных материалов биомедицинского назначения, в т.ч. матриц для тканевой инженерии и имплантантов, необходимо учитывать, что они должны иметь оптимальную шероховатость поверхности и обладать сетью макропор, что необходимо для формирования нормальной здоровой живой ткани. Оптимальную объемную и поверхностную структуру материала возможно создать в процессе направленного модифицирования растворов исходных полимеров [1]. Поэтому изучение способов регулирования топографии и морфологии поверхности полимерных матриц имеет большое практическое значение, так как от степени шероховатости зависит адгезия полученного образца к клеточным культурам и дальнейшая пролиферация клеток. В качестве полимеров, используемых для получения материалов биомедицинского назначения, целесообразно применять хитозан и его производные, которые обладают рядом преимуществ: способностью к биодegradации, отсутствием токсичности, бактериостатическими свойствами и др.

В случае производных хитозана, а именно натриевой соли сукцинамида хитозана (СХТЗ), за счёт электростатического отталкивания полярных гидроксильных и аминогрупп, водородные связи формируют надмолекулярную организацию макромолекул, которую можно регулировать введением модифицирующих добавок, например, модификатор глицерин. Выбор многоатомного спирта в качестве подобного модификатора обусловлен хорошей совместимостью с основным растворителем — водой и хорошими сорбционными свойствами.

Методом атомно-силовой микроскопии исследована морфология элементов структуры и рельеф поверхности пленок, полученных из водно-глицериновых формовочных растворов СХТЗ. Как следует из данных, представленных на рисунках 1 и 2, с увеличением концентрации полимера и многоатомного спирта в формовочном растворе, шероховатость плёнок растёт. Установлено, что на поверхности пленок на основе СХТЗ формируются зернистые надмолекулярные структуры.

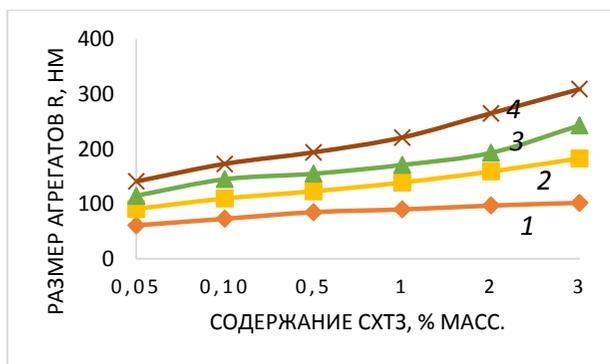


Рис.1. Зависимость размеров агрегатов от концентрации СХТЗ в индивидуальном растворителе (1) и смешанном вода–глицерин с соотношением компонентов 90:10 (2), 80:20 (3), 70:30 (4).

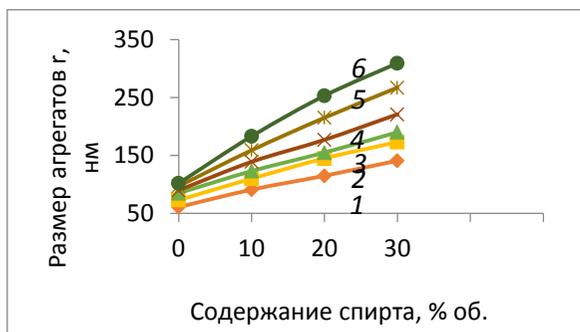


Рис. 2. Зависимость размеров агрегатов СХТЗ в растворах с изменением содержания глицерина (содержание СХТЗ в растворе 1 -0,05% масс., 2 - 0,1% масс., 3 - 0,5% масс., 4 - 1% масс., 5 - 2% масс., 6 - 3% масс.).

Таким образом, введение глицерина в формовочный раствор увеличивает размеры агрегатов макромолекул, что в свою очередь приводит к увеличению шероховатости поверхности плёночных образцов. Следовательно, полученные материалы могут быть рекомендованы к применению в качестве матриц для тканевой инженерии.

Литература

1. Гуль В.Е., Кулезнев В.Н. Структура и механические свойства полимеров: Учеб. для хим-технолог. вузов. – 4-е изд., перераб. и М.: Издательство «Лабиринт», 1994. – 367 с. с.36-42.

© Г.М. Рафикова, 2018 г.

УДК 544.77

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОДЕСТРУКЦИИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА, СКЭПТ И РИСОВОЙ ШЕЛУХИ

А.А. Базунова

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время активно формируется новый подход к разработке полимерных материалов, состоящий в необходимости получения полимеров, которые сохраняют эксплуатационные характеристики только в течение периода потребления, а затем претерпевают физико-химические и биологические превращения под действием факторов окружающей среды и легко включаются в процессы метаболизма природных биосистем. Проблема разлагаемости синтетических полимерных материалов, в том числе полипропилена (ПП) может быть решена введением в материал на основе природных наполнителей типа древесной муки или отходов сельскохозяйственного производства (лузга гречихи, рисовая солома и др.).

Для изучения способности композиций к биоразрушению и исследования закономерностей потери прочности полимерных композитов на основе вторичного ПП сырья в присутствии второго полимера, наполненного природными компонентами растительного происхождения, под действием микроорганизмов приготовлены образцы на основе вторичного ПП марки «ПП 350 белый Мастербач 22», тройного этилен-пропилен-диенового каучука (СКЭПТ) и рисовой шелухи (РШ) в разном массовом соотношении. СКЭПТ введён для повышения ударной прочности композиции.

Получение полимерных материалов осуществляли в расплаве на лабораторной станции (пластограф) "PlastographEC" (Brabender, Германия) в течение 15 мин при нагрузке 200 Н при температуре 180 °С с последующим прессованием на автоматическом гидравлическом прессе "AutoMH-NE" (Carver, США) при 210 °С и выдержке под давлением 7000 кгс в течение 3 мин. Деформационно-прочностные свойства материала определяли на прессованных образцах материала толщиной 1 мм согласно ГОСТ 11262-80 на разрывной машине "Shimadzu AGS-X" (Shimadzu, Япония) при температуре 20 °С и скорости движения подвижного захвата разрывной машины 1 мм/мин. Для проведения исследований по изучению биодеструкции под действием микроорганизмов в почве образцов полимерных материалов проводили почвенный тест на восстановленном грунте.

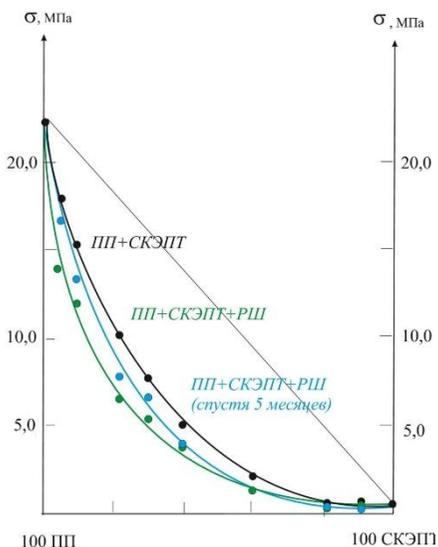


Рисунок 1 - Зависимость разрывного напряжения для композиции вторичного ПП белый мастреба-СКЭПТ- РШ 10 м.ч. от соотношения полимеров в смеси до контактирования с грунтом и после 5 месяцев контактирования с грунтом.

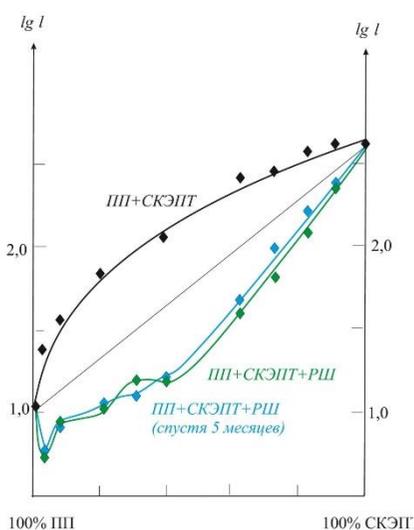


Рисунок 2. - Зависимость логарифма разрывного удлинения для композиции вторичный ПП белый мастреба-СКЭПТ -РШ 10 м.ч. от соотношения полимеров в смеси до контактирования с грунтом и после 5 месяцев контактирования с грунтом.

Как следует из данных, представленных на рисунках 1 и 2, сохранение физико-механических параметров полимерного композита на основе вторичного ПП и РШ в присутствии СКЭПТ при контактировании с почвенными микроорганизмами будет наблюдаться на протяжении 5 месяцев. Следовательно, для данных композиций может быть предусмотрена возможность повторной переработки.

Тезис подготовлен в рамках выполнения научно-исследовательской работы в ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (договор №03.G25.31.0275).

© А.А. Базунова, 2018 г.

**О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ СРОКАМИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ПОЛИОЛЕФИНОВ**

Садритдинов А.Р., Хуснуллин А.Г., Лаздин Р.Ю., Захаров В.П.

Башкирский государственный университета, г.Уфа, Россия

Одной из наиболее серьёзных экологических проблем, стоящих перед многими промышленно-развитыми странами, является загрязнение окружающей среды бытовыми и промышленными отходами, среди которых порядка 15% составляют отходы пластмасс. Половина из них приходится на отходы из полиолефинов – т.е. полиэтилена (ПЭ) и полипропилена (ПП), а также фактически не разделяемых смесей на их основе. Как известно, разделение ПП и ПЭ в твердых бытовых отходах представляет огромную трудность на сегодняшний день вследствие их сходных плотностей. Поэтому весьма перспективным представляется направление рециклинга полиолефиновых отходов путем их преобразования в смеси, называемые «полимерным миксом».

Данная работа посвящена проведению комплексного исследования физико-механических и реологических свойств композиционных материалов на основе смесей вторичных ПП и ПЭ, наполненных биоразлагаемым наполнителем – лузгой подсолнечника.

В ходе проведения исследования были:

- изучены закономерности изменения реологических и физико-механических свойств первичного полипропилена в смеси с первичным полиэтиленом, полученной в процессе его совместного измельчения полиэтилена и полипропилена в широком интервале соотношения компонентов;

- определено влияние параметров измельчения некондиционных изделий, произведенных из первичного сырья, на перерабатываемость полипропилена;

- определены закономерности изменения модуля упругости, напряжения при удлинении и разрыве, относительной деформации при удлинении и разрыве при различном содержании о наполнителя (в полимерном композите на основе вторичного полипропилена);

- установлено влияние наполнения полимерного композита на основе вторичного полипропилена на природу агрегатов макромолекул, определяемую реологическим методом;

Таким образом, в ходе выполнения работ были установлены подходы к созданию полимерной композиции на основе вторичного полипропилена с регулируемыми сроками эксплуатации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 17-43-020092).

©Садритдинов А.Р., Хуснуллин А.Г, Лаздин Р.Ю.,
Захаров В.П., 2018 г.

УДК 541.64

ПОЛУЧЕНИЕ ГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ РАСТВОРОВ СУКЦИНАМИДА ХИТОЗАНА В СМЕШАННОМ РАСТВОРИТЕЛЕ ВОДА-ГЛИЦЕРИН

Лаздин Р.Ю., Чернова В.В., Захаров В.П.
Башкирский государственный университета, г.Уфа , Россия

Одно из наиболее приоритетных направлений в развитии современной химии, медицины и фармакологии – создание новых высокоэффективных лекарственных форм, в том числе гелей. Вопрос об определении понятия «гель» рассматривался многими исследователями. Наиболее часто под гелями полимеров понимают систему полимер-растворитель с особыми реологическим свойствами, которые вследствие существования пространственной сетки из макромолекул или их агрегатов способны сохранять свою форму под действием собственного веса и этим отличаются от растворов полимеров.

Узлы пространственной сетки могут быть образованы агрегатами, состоящими из плохо растворимых участков различных макромолекул , быть результатом «зацеplений» между макромолекулами, или «сцеплений» посредством водородных связей или ионных взаимодействий. При этом, процессами агрегации и формирования пространственной сетки можно целенаправленно управлять, вводя различные модифицирующие добавки, например, многоатомные спирты. В данной работы в качестве полимера- основы был использован водный раствор натриевой соли сукцинамида хитозана (СХТЗ). В качестве модифицирующей добавки -глицерин.

В ходе выполнения работ было установлено, что в присутствие модифицирующей добавки глицерина происходит увеличение комплексной вязкости СХТЗ и более раннее формирование пространственной сетки. Показано, что введение глицерина в раствор полимера сопровождается уменьшением значения концентрации полимера в растворе, при которой модуль накоплений становится больше модуля потерь и увеличением времени релаксации.

Утверждается, что наличие глицерина в растворе СХТЗ приводит к формированию растворов со стабильными вязкостными характеристиками и позволяет получить эластичные материалы не способные к растворению в воде.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках базовой части государственного задания в сфере научной деятельности (проект №4.5032.2017.БЧ).

©Лаздин Р.Ю., Чернова В.В., Захаров В.П., 2018 г.

УДК 541.64

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЦИКЛОВ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НА РЕОЛОГИЮ РАСПЛАВА

Лаздин Р.Ю., Горячева М.Д., Раупова А.Р., Кулиш Е.И.
Башкирский государственный университета, г.Уфа, Россия

Использование вторичных полимерных материалов требует особого внимания к параметрам технологического процесса в связи с тем, что такие материалы имеют нестабильные реологические свойства, вследствие протекания деструктивных процессов в ходе переработки. Для рассмотрения возможности протекания деструктивных процессов в ходе переработки вторичного полимерного сырья в присутствии второго полимера и влияние этих процессов на дальнейшую переработку полимерных композиционных материалов, было рассмотрено изменение максимального крутящего момента смеси (по данным относительной реометрии) и динамической вязкости (по данным абсолютной реометрии) на основе двух образцов вторичного полипропилена –ПП 8348 и ПП белый мастербач в композиции с СВМПЭ (полиэтилен сверхвысокой молекулярной массы) и СКЭПТ (синтетический каучук этиленпропиленовый) в ходе нескольких циклов переработки.

Установлено, что увеличение числа циклов переработки сопровождается увеличением значения максимального крутящего момента и вязкости в случае использования вторичного ПП белый мастербач, что говорит о том, что деструктивные процессы сопровождаются сшивкой вторичного ПП, а в случае использования ПП 8348, напротив, приводит к незначительному уменьшению значений максимального крутящего момента, что свидетельствует об имеющем место разрыве основной цепи полимера.

Утверждается, что при выборе второго полимера при разработке изделий на основе вторичного полипропилена следует учитывать, что из двух полимеров –СВМПЭ и СКЭПТ с точки зрения влияния

деструктивных процессов на перерабатываемость сырья более предпочтительным является СКЭПТ, так как его введение в композицию приводит к уменьшению значений максимального крутящего момента и в случае использования вторичного ПП белый мастербач, и вторичного ПП 8348.

Статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы в составе комплексного проекта по «Созданию высокотехнологичного производства биоразлагаемых полимерных композитов из вторичного сырья» в ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

©Лаздин Р.Ю., Горячева М.Д., Раупова А.Р., Кулиш Е.И., 2018 г.

УДК 541.64

ДЕСТРУКЦИЯ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГИАЛУРОНИДАЗЫ

Валиева Э.Ф., Чернова В.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия
polymer-bsu@mail.ru

В настоящее время перспективным направлением для исследований является поиск новых материалов для медицины, обладающих биосовместимостью с живыми тканями, биоинертностью, биодegradируемостью и нетоксичностью. Основой для таких материалов может стать натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ), обладающая стабилизирующими, смягчающими, гелеобразующими и пленкообразующими свойствами, а главное подвергающаяся деструкции под действием ферментов живого организма. В качестве бактерицидной составляющей в полимерную матрицу на основе Na-КМЦ могут быть введены золи йодида серебра, обладающие обеззараживающими свойствами, благодаря бактерицидным свойствам ионов серебра в случае золь с положительной заряженными коллоидными частицами, или ионов йода, в случае отрицательно заряженных частиц. Однако известно, что на протекание процесса ферментативной деструкции могут влиять различные факторы, в том числе и вводимые добавки, которые способны как усиливать, так и подавлять деструкцию полимерной матрицы. Целью данной работы стало изучение ферментативной деструкции натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы Na-КМЦ в присутствии лиофобного золя йодида серебра с положительно и отрицательно заряженными коллоидными частицами. Объекты исследования: Na-КМЦ (степень замещения 1,1, $M_n=100$ кДа), ферментный препарат – гиалуронидаза, золи йодида серебра, полученные конденсационным способом при сливании растворов йодида калия и нитрата серебра в различных объемных соотношениях. Для получения золя, с положительно заряженными коллоидными частицами, брали избыток $AgNO_3$, а для получения золя, с

отрицательно заряженными коллоидными частицами, - избыток KI. В качестве метода определения был выбран феррицианидный метод (метод Хагедорна-Йенсена). За единицу общей-β-глюкозидазной активности принимали количество ферментного препарата, которое образует 1 мкмоль восстанавливающих сахаров за 1 минуту гидролиза 50 мг фильтровальной бумаги при комнатной температуре. Проведенные исследования показали, что Na-КМЦ подвергается ферментативной деструкции, о чем говорит накопление восстанавливающих сахаров. Использование зелей, с положительно и отрицательно заряженными коллоидными частицами, приводит к уменьшению ферментативной деструкции, что может рассматриваться, как способ повышения устойчивости материалов на основе КМЦ к ферментативной деструкции. Таким образом, йодид серебра можно использовать в качестве добавки к материалам на основе КМЦ для увеличения их устойчивости.

© Валиева Э.Ф., Чернова В.В., 2018 г.

УДК 541.64

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ ДЕСТРУКЦИИ РАСТВОРОВ НАТРИЕВОЙ СОЛИ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ В СМЕШАННЫХ РАСТВОРИТЕЛЯХ

Васильева А.П., Чернова В.В.

*Башкирский государственный университет, Уфа, Россия,
polymer-bsu@mail.ru*

Широкое применение в различных областях медицины целлюлозы и ее производных, например, натриевой соли карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), обусловлено в первую очередь нетоксичностью как самих полимеров, так и продуктов их распада, а также возможностью получения на их основе самых разнообразных лекарственных форм и медицинских материалов, в том числе гелей и пленочных материалов, наполненных лекарственными препаратами. Неотъемлемой стадией при формировании последних является растворение полимерной составляющей, при этом использование смешанных растворителей приводит к различному структурообразованию макромолекул в растворе, а следовательно и в формируемом материале. Данный подход представляется весьма эффективным способом регулирования надмолекулярной, морфологической и пористой структуры получаемых пленочных материалов, и соответственно и их свойств. При этом необходимо учитывать, что и вводимые со-растворители также способны оказывать влияние на физико-химические свойства полимерной матрицы, в том числе и на деструкцию под действием сред организма.

Целью настоящей работы стало исследование особенностей ферментативной деструкции натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы в

системе полимер – растворитель – со-растворитель. В качестве растворителя использовалась дистиллированная вода, в качестве со-растворителей – многоатомные спирты (глицерин, этиленгликоль) и этиловый спирт. В качестве ферментного препарата использовали гиалуронидазу (торговое название «Лириза», производство ЗАО «Микроген», Москва, Россия). Концентрация ферментного препарата в растворе при проведении деструкции составляла 1 г/л. Ферментный препарат, растворенный в небольшом количестве воды, вносился в раствор полимера (или ПКД), после чего выдерживался в течение определенного времени. Протекание ферментативной деструкции останавливали путем выдерживания раствора полимера или ПКД в кипящей воде в течение 30 минут. Далее проводили определение концентрации восстанавливающих сахаров.

Проведенные исследования показали, что введение со-растворителей глицерина, этиленгликоля и этилового спирта в систему КМЦ-вода сказывается на конформационно-надмолекулярном состоянии полимера в растворе, а именно приводит к уменьшению размеров макромолекулярного клубка и более раннему формированию сетки зацеплений, что в свою очередь приводит к снижению скорости и степени ферментативной деструкции натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы.

© Васильева А.П., Чернова В.В., 2018 г.

СЕКЦИЯ «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

УДК 544.77.051.62

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ОСЕДАНИЯ АССОЦИАТОВ АСФАЛЬТЕНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УГЛЕВОДОРОДНОГО СОСТАВА РАСТВОРИТЕЛЯ

Стреляев А.Д., Кривцова К.Б.

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В мире наблюдается интенсивное сокращение запасов лёгких нефтей, что в дальнейшем приведёт к увеличению добычи и переработки тяжелого нефтяного сырья, которое характеризуется повышенным содержанием смолисто-асфальтеновых веществ.

Асфальтены – высокомолекулярные гетероорганические соединения нефти, склонные к ассоциации с образованием надмолекулярных структур, обладают парамагнитными свойствами. Асфальтены влияют на стабильность коллоидной структуры нефти и являются основным структурирующим компонентом нефтяных дисперсных систем (НДС).

При добавлении избытка лёгкого растворителя в НДС нарушается агрегативная устойчивость, в следствие чего происходит процесс коагуляции асфальтеновых частиц. За счёт образования асфальтеновых агрегатов в системе нарушается седиментационная устойчивость и асфальтены осаждаются под действием сил тяжести.

Для выделения асфальтенов был использован холодный метод Гольде. В качестве растворителей были выбраны н-пентан, н-гексан, н-гептан, петролейный эфир, нефрас. Углеводородный состав нефраса и эфира определяли с помощью газового хроматографа Хроматек-Кристалл 5000.2. Скорость осаждения асфальтенов, как и их масса, увеличиваются с уменьшением молекулярной массы растворителя. Так, в н-пентане асфальтеновые агрегаты осаждаются в первые 10 секунд. В петролейном эфире агрегаты осаждаются в первые семь часов, в нефрасе помимо седиментации асфальтеновых агрегатов происходит процесс экстракции смолистой части за счет содержащегося в нем бутадиена (рис. 1. б). Масса выделившихся асфальтеновых агрегатов в пентане так же была максимальной, что говорит о снижении седиментационной устойчивости НДС по мере уменьшения молекулярной массы растворителя.



Рис.1. а) УВ- состав петролейного эфира, б) УВ- состав нефраса

Литература

1. Qiao P., Tchoukov P. Fractionation of asphaltenes in understanding their role in petroleum emulsion stability and fouling // ENERGY AND FUELS, 2017, №4, pp.3330-3337.

© Стреляев А.Д., Кривцова К.Б., 2018г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАМЕЩЕНИЯ ЭФИРОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

С.Г. Кострюков, П.С. Петров, А.А.И. Аль-Рубайе
Национальный исследовательский Мордовский государственный
университет, Саранск, Россия

Эфиры целлюлозы являются одними из наиболее распространенных химических добавок, используемых в различных отраслях промышленности, среди которых одним из наиболее широко используемых является гидроксипропилметилцеллюлоза (ГПМЦ). Учитывая, что распределение заместителей влияет на реологические, тиксотропные, антиседиментационные и водоудерживающие свойства, их определение является одной из важных задач в химии производных целлюлозы. В настоящее время для этих целей используются различные аналитические методы, описание которых представлено в обзоре [1].

На примере ГПМЦ мы разработали экспрессный способ определения параметров замещения, основанный на анализе данных ЯМР ^{13}C спектров продуктов кислотного гидролиза. Гидролиз проводили в количествах достаточных для ЯМР исследования: 0,07 г эфира целлюлозы, 0,02 г трифторметансульфоновой кислоты и 1 мл D_2O . На рис. 1 представлены спектры ЯМР ^{13}C продуктов гидролиза, полученных в различных условиях.

Как видно из рисунка, использование $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$ по сравнению с H_2SO_4 [2] позволяет при ЯМР исследовании обходиться без процедуры нейтрализации кислоты, так как квадруплетный сигнал трифторметильного радикала не мешает проведению анализа. Параметры замещения в ГПМЦ рассчитывались согласно работе [2].

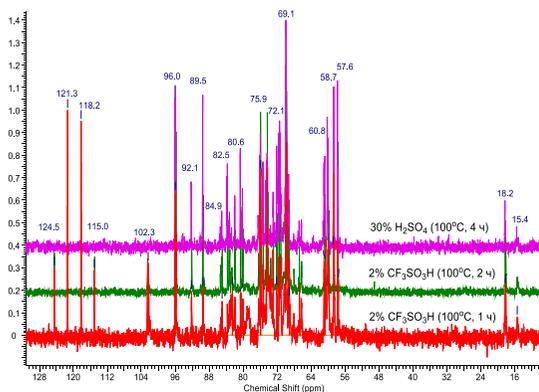


Рис. 1. Спектры ЯМР ^{13}C гидролизатов ГПМЦ

Степень замещения по положению С-2 определялась как отношение интегральной интенсивности сигнала при 89-90 м.д. (I_{89-90}) к сумме интегральных интенсивностей сигналов при 89-90 м.д. и 92 м.д.:

$$DS_{\text{ГПМЦ}}^{\text{C-2}} = \frac{I_{89-90}}{I_{89-90} + I_{92}}$$

Степень замещения по атому С-3 вычисляется как отношение интегральной интенсивности сигнала при ~85 м.д. (I_{85}) к интегральной интенсивности сигнала при ~96 м.д. (I_{96}):

$$DS_{ГПМЦ}^{C-3} = \frac{I_{\square 85}}{I_{\square 96}}.$$

Степень замещения по атому С-6 вычисляется согласно выражению:

$$DS_{ГПМЦ}^{C-6} = \frac{I_{\square 70-69}}{I_{\square 70-69} + I_{60-61}}.$$

Общая степень замещения вычисляется как сумма степеней замещения по положениям 2, 3 и 6 соответственно:

$$DS_{ГПМЦ}^{общ} = DS_{ГПМЦ}^{C-2} + DS_{ГПМЦ}^{C-3} + DS_{ГПМЦ}^{C-6}.$$

Общая степень замещения гидроксипропильными группами вычисляется как отношение суммы интегральных интенсивностей сигналов, обусловленных метильными радикалами гидроксипропильных групп, к сумме интегральных интенсивностей сигналов атома углерода С-6:

$$DS_{ГПМЦ}^{ГП} = \frac{I_{\square 18} + I_{\square 15}}{I_{\square 70-69} + I_{60-61}}.$$

Общая степень замещения метильными радикалами равна:

$$DS_{ГПМЦ}^M = DS_{ГПМЦ}^{общ} - DS_{ГПМЦ}^{ГП}.$$

Молекулярное замещение гидроксипропильными группами вычисляется из соотношения:

$$MS_{ГПМЦ}^{ГП} = \frac{I_{\square 15}}{I_{\square 15} + I_{\square 18}}.$$

Результаты произведенных вычислений приведены в таблице.

Результаты вычислений параметров замещения ГПМЦ

Лит.	$MS_{ГПМЦ}^{ГП}$	$DS_{ГПМЦ}^{ГП}$	$DS_{ГПМЦ}^M$	$DS_{ГПМЦ}^{C-2,3}$	$DS_{ГПМЦ}^{C-6}$	$DS_{ГПМЦ}^{общ}$
	0,26	0,12	1,53	0,92	0,61	1,65
[2]	0,25	0,12	1,55	0,93	0,62	1,67
[3]	0,28	0,13	1,48	0,89	0,59	1,71

Литература

- Mischnick, P., Momcilovic, D. ChemicalStructureAnalysisofStarchandCelluloseDerivatives // AdvancesinCarbohydrateChemistryandBiochemistry, 2010, Vol. 64, pp. 117-210.
- Арасланкин, С.В., Кострюков, С.Г., Петров. П.С. Определение параметров замещения гидроксипропилметилцеллюлозы методом ЯМР ^{13}C спектроскопии // Вестник Пермского Университета. Серия: Химия, 2018, Т. 8, № 1, с. 54-67.

3. Кострюков С.Г., Арасланкин С.В., Петров П.С. Определение степени замещения (DS) и молекулярного замещения (MS) простых эфиров целлюлозы методом твердотельной ЯМР ^{13}C спектроскопии // Химия растительного сырья, 2017, № 4, с. 31-40.

© Кострюков С.Г., Петров П.С., Аль-Рубайе А.А.И., 2018 г.

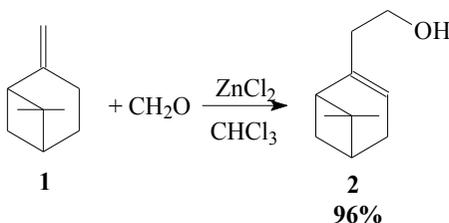
УДК 547.36

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ НОПОЛА

Громыко Н.В., Кузеев И.Ф., Рафикова А.А., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф.
Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Одним из способов получения ненасыщенных спиртов, представляющих собой ценные исходные соединения в тонком органическом синтезе, является реакция Принса [1]. Однако они образуются с невысокой селективностью наряду с 1,3-диоксанами и другими кислородсодержащими соединениями.

Нами разработан хемоселективный способ получения нопола (**2**) - соединения, широко применяемого в производстве пестицидов, медицинской промышленности - по реакции Принса. В вышеуказанную реакцию вовлекался монотерпен β -пинен (**1**) в присутствии кислоты Льюиса ZnCl_2 при комнатной температуре. В результате с высокой селективностью удалось получить γ -ненасыщенный спирт (**2**) с выходам до 96%.



Литература:

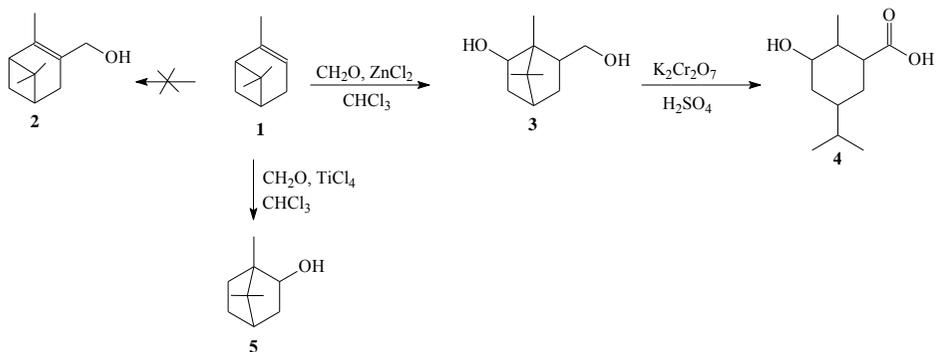
1. Рыбина А.В., Шепелевич И.С., Талипов Р.Ф., Галин Ф.З. // Башкирский химический журнал. - 2007 г. - Т.14. - №1. - С. 129-131.

© Громыко Н.В., Кузеев И.Ф., Рафикова А.А., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф., 2018 г.

ТРАНСФОРМАЦИИ α -ПИНЕНА В УСЛОВИЯХ РЕАКЦИИ ПРИНСА

Кузеев И.Ф., Громыко Н.В., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф.
Башкирский государственный университет (г. Уфа, РФ)

Известно, что при проведении реакции Принса для соединений с кратной двойной связью в присутствии кислот Льюиса происходит образование γ -ненасыщенных спиртов [1] – предшественников азотсодержащих соединений. Однако, при вовлечение в данную реакцию монотерпена α -пинена (**1**) с использованием в качестве катализатора как $ZnCl_2$, так и $TiCl_4$ вместо ожидаемого соединения **2** произошло образование диола **3** или насыщенного спирта **5**, соответственно. Дальнейшее окисление бициклического диола **3** реактивом Джонса привело к образованию моноциклического бифункционального соединения **4**. Изменение характера бициклизации при образовании соединений **3** и **5** можно обосновать возможностью протекания перегруппировки Вагнера-Меервейна.



Литература:

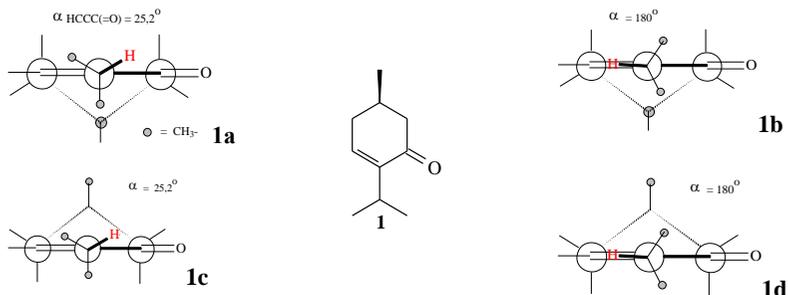
1. А.В.Рыбина, И.С.Шепелевич, Р.Ф.Талипов, Ф.З.Галин. Взаимодействие дацетатабетулина и бетулинового альдегида с формальдегидов, катализируемое кислотами Льюиса // Башкирский химический журнал. - 2007 г. – Т.14. - №1. – С. 129-131.

© Громыко Н.В., Кузеев И.Ф., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф., 2018 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СТАБИЛЬНОСТИ КОНФОРМЕРОВ (R)-4-МЕНТЕН-3-ОНА

Рафикова А.А., Белкина Н.В., Латыпова Э.Р., Вакулин И.В., Талипов Р.Ф.
Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Ранее с целью выявления необходимости применения реагентов, способствующих повышению полярности сопряженной еноновой системы (R)-4-ментен-3-она (**1**) при проведении реакции 1,4-присоединения металлоорганических реагентов [1], с использованием квантово-химических методов было установлено существование исследуемого енона **1** в виде четырех конформеров **1a-1d** [2]. Наиболее стабильными из этих конформеров оказались конформеры **1a** и **1b** с экваториальной ориентацией метильной группы при С-5. Изучение влияния температуры на соотношение конформеров показало, что с ростом температуры уменьшается доля конформера **1a**, а доля конформеров **1b-1d** возрастает [3].



Дальнейшее исследование влияния диэлектрической проницаемости реакционной среды на соотношение конформеров **1a-d** показало, что с увеличением полярности среды доля конформеров **1b-d** уменьшается, а доля конформера **1a** увеличивается. Кроме того, было установлено, что повышение диэлектрической проницаемости реакционной среды приводит к плавному увеличению дипольного момента конформеров **1a-d**.

Экспериментальное определение суммарного дипольного момента конформеров (R)-4-ментен-3-она (**1**) в гексане по методу Дебая показало, что содержание конформера **1a** максимально в интервале температур 273-298 К. Понижение или повышение температуры за пределами данного интервала приводит к постепенному уменьшению содержания

конформера **1a** и увеличению доли других конформеров, что согласуется с данными NOESY ЯМР экспериментов.

Таким образом, с помощью квантово-химических расчетов показано, что (*R*)-4-ментен-3-он (**1**) существует в виде четырех конформеров **1a-d**, среди которых конформер **1a** является основным в определенном интервале температур с преобладающим содержанием. Данный факт наглядно иллюстрирует, что кратная С=С связь экранирована *i*-Pr-группой. Поэтому для уменьшения преобладающего влияния стерического фактора на его реакционную способность в реакциях 1,4-присоединения металлоорганических соединений необходимо использование реагентов, способствующих повышению полярности сопряженной еноновой системы (*R*)-4-ментен-3-она (**1**).

Литература:

1. Ишмуратов Г.Ю., Латыпова Э.Р., Харисов Р.Я., Муслухов Р.Р., Баннова А.В., Талипов Р.Ф., Толстикова Г.А. // Ж. орган. химии. - 2008. – Т. 44. – № 5. – С. 663 - 666.

2. Белкина Н.В., Вакулин И.В., Талипова Г.Р., Вакулина А.И. // Материалы XI Всероссийской научной интернет-конференции «Интеграция науки и высшего образования в области био- и органической химии и биотехнологии» - 2017. - Уфа. – С. 13.

3. Белкина Н.В., Вакулин И.В., Талипова Г.Р., Вакулина А.И. // Материалы XI Всероссийской научной интернет-конференции «Интеграция науки и высшего образования в области био- и органической химии и биотехнологии» - 2017. - Уфа. – С. 15.

© Рафикова А.А., Белкина Н.В., Латыпова Э.Р., Вакулин И.В., Талипов Р.Ф., 2018 г.

УДК 547.421; 547.271; 547.556

ПОЛУЧЕНИЕ БЕНЗОФУРАНОВ НА ОСНОВЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ САЛИЦИЛОВОГО АЛЬДЕГИДА С ДИАЗОКАРБОНИЛЬНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Г.Н. Сахабутдинова,¹ Р.М. Султанова^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, Россия

²Уфимский Институт химии - обособленное структурное подразделение ФГБНУ УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

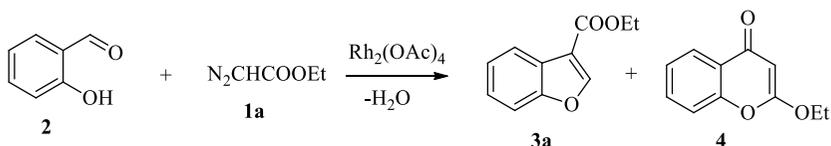
Производные бензофуранов используются в синтезе ряда биологически активных препаратов [1,2].

Ранее нами было показано, что бензальдегид и его циклические ацетали взаимодействуют с этилдиазоацетатом в присутствии $Rh_2(OAc)_4$ с образованием соответствующих этил 3-оксо-3-фенилпропаноата и 1,4-

диоксанов с умеренными выходами [3-5]. А различные фенолы с диазокетозфирами в аналогичных условиях дают соответствующие бензофураны.

В настоящей работе представлены результаты исследования каталитического взаимодействия салицилового альдегида с диазкарбонильными соединениями в присутствии $Rh_2(OAc)_4$.

Найдено, что взаимодействие салицилового альдегида **2** с этилдиазоацетатом **1a**, в присутствии $Rh_2(OAc)_4$ и отсутствии растворителя приводит к образованию смеси продуктов - этил 1-бензофуран-3-карбоксилата **3a** и 2-этокси-4H-хромен-4-она **4** с общим выходом 55% в соотношении 2:1, соответственно (схема 1).

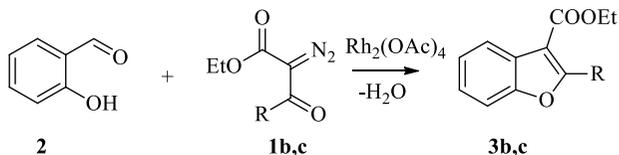


Условия реакции: 100°C, 8 ч, мольное соотношение 1:1.1.

Схема 1

Варьирования условий реакций (температура, растворитель, продолжительность) не привело к изменению состава продуктов. Во всех случаях продукт **3a** является основным.

Реакция этил-2-диазо-3-оксобутаноата **1b** и диэтил диазомалоната **1c** с салициловым альдегидом в присутствии $Rh_2(OAc)_4$ протекает также с образованием единственного продукта – бензофурана **3b**(33%) или **3c**(43%) соответственно (схема 2).



R = Me (**1b**, **3b**), OEt (**1c**, **3c**)

Реагенты и условия: 100°C, 8 ч, мольное соотношение 1:1.1.

Схема 2

Структуры полученных соединений установлены на основании спектроскопии ЯМР 1H и ^{13}C и масс-спектрометрии.

Литература

1. Srikrishna A., Kumar P. R. // *Tetrahedron Lett.*, 2002, 43, 1109.
2. Liao M., Dong S., Deng G., Wang J. // *Tetrahedron Lett.*, 2006, 47, 4537.

Петров Д.А., Султанова Р.М., Злотский С.С., Фатыхов А.А. // Докл. АН, 2002, 385, 507.

Султанова Р.М., Каташова В.Р., Петров Д.А., Фатыхов А.А., Злотский С.С., Докичев В.А. // Изв. АН. Сер. хим., 2001, 50, 828.

Ханова М.Д., Султанова Р.М., Хурсан С.Л., Докичев В.А., Томилов Ю.В. // Изв. АН, Сер.хим., 2006, 8, 1411.

©Г.Н. Сахабутдинова, Р.М. Султанова, 2018 г.

УДК 547.02

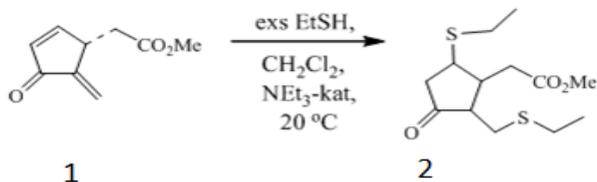
УСТАНОВЛЕНИЕ СТРОЕНИЯ ДИАСТЕРЕОМЕРОВ БИС-ТИААДДУКТОВ МИХАЭЛЯ ИЗ РЕАКЦИИ МЕТИЛ(5-МЕТИЛИДЕН-4-ОКСОЦИКЛОПЕНТ-2-ЕН-1ИЛ)АЦЕТАТА С ЭТИЛМЕРКАПТАНОМ

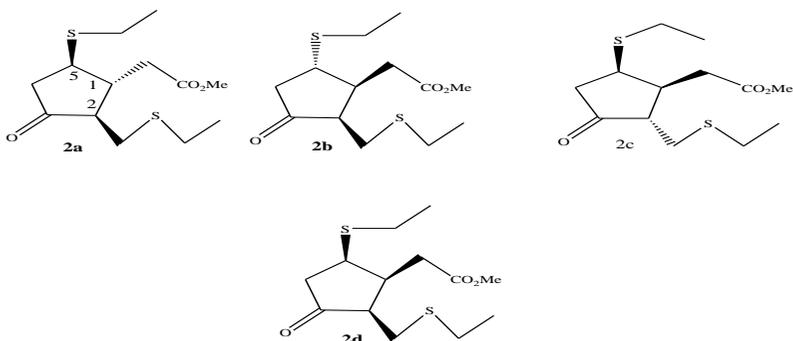
З.Р. Макаев^а, М.С. Мифтахов^б, Р.З.Биглова^а, Н.С. Востриков^б.

Уфимский институт химии –УФИЦ РАН^б г.Уфа, РФ

Башкирский государственный университет^а г. Уфа.

Синтезированный нами ранее циклопентадиенон **1**, содержащий фармакологически важный фрагмент кольцевой части упомянутых кросс-сопряженных простагландинов, привлекает внимание как более доступный биоизомер последних. Мы также изучили реакцию **1**с тиолами. В реакции Михаэля испытали EtSH. Эта реакция гладко протекала в растворе CH₂Cl₂ при катализе NEt₃, приводя с высоким выходом к стереоизомерной смеси трех аддуктов в соотношении 5:1:0.8 (ЯМР ¹H). При этом, стерически сильно загруженный изомер **2d** - не образуется.





Отнесение структур стереоизомеров **2** сделано на основании данных ЯМР Н. Здесь характеристики величины константы спин-спинового взаимодействия (КССВ) протонов при кольцевых тризамещенных углеродах. Значения КССВ вицинальных транс протонов больше чем у протов цис-ориентации. Так, для протонов all-trans $2aJ_{1-5}$ и J_{1-2} примерно 10-11 Гц, в $2bJ_{1-2} = 11.1$ Гц, $J_{1-5} = 5,6$.

©З.Р. Макаев, М.С. Мифтахов, Р.З.Биглова, Н.С. Востриков, 2018 г.

УДК 547.689.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКЦИЙ СМОЛИСТО-АСФАЛЬТЕНОВЫХ ВЕЩЕСТВ

Зырянова П.И., Стреляев А.Д., Кривцова К.Б.

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

По мере истощения запасов лёгких нефтей перспективным сырьевым источником становится тяжёлое нефтяное сырьё. Помимо повышенных вязкости и плотности оно отличается высоким содержанием гетероатомных соединений и смолисто-асфальтеновых веществ.

Смолисто-асфальтеновые вещества - высокомолекулярные компоненты нефти. Асфальтены представляют собой полициклическую систему, в которой несколько групп ароматических колец связываются между собой. Сера входит в состав гетероциклических фрагментов, а также сульфидных мостиков между частями молекулы. Молекулярная структура смол имеет в своем составе конденсированную циклическую систему, которая состоит из ароматических, нафтеновых и гетероциклических колец, но в отличие от молекул асфальтенов фрагменты молекул смол находятся в разных плоскостях, соединенных алифатическими мостиками[1].

С помощью растворителей с разной молекулярной массы были получены различные фракции смол и асфальтенов. Каждая из фракций отличается внешним видом, составом, реологическими свойствами. В качестве растворителей использовались н-пентан, н-гексан, н-гептан петролейный эфир. Выделение смол и асфальтенов проводилось с помощью холодного метода Гольде.

Растворитель	Масса асфальтенов,г	Массовая доля S, %	Масса смол, г	Массовая доля S, %
Петролейный эфир	0,0104	0,87	0,0256	0,21
Н-пентан	0,0198	0,62	0,0555	0,91
Н-гексан	0,0172	1,22	0,0796	0,84
Н-гептан	0,0166	6,04	0,0846	0,86

Видно, что молекулярная масса растворителя влияет на массу выделенных САВ, массовая доля серы в асфальтенах увеличивается по мере увеличения молекулярной массы растворителя, при использовании растворителей различной молекулярной массы можно получить различные фракции с различным содержанием гетероатомов.

Литература

1. Bahman J., Nasiri M., Sabeti M., Mohammadi A.H. // HEAVY OIL: CHARACTERISTICS, PRODUCTION AND EMERGING TECHNOLOGIES, 2017, pp.93-125.

©Зырянова П.И., Стреляев А.Д., Кривцова К.Б., 2018 г.

УДК 547.562.4; 544.421.081.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ПЕРЕГРУППИРОВКЕ КЛЯЙЗЕНА АЛЛИЛФЕНИЛОВОГО ЭФИРА

Фаттахов А.Х., Мухаметдинов А.А., Галипов Р.Ф.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время одним из важнейших методов получения производных фенолов являются молекулярные перегруппировки аллиловых эфиров фенолов.

В литературе есть примеры использования в качестве катализаторов перегруппировки Кляйзена цеолитов, каталитический эффект которых может быть объяснен стабилизацией переходного состояния в полости [1-4]. Однако систематических исследований зависимости каталитического эффекта цеолитов от размера их пор не проводилось.

Целью нашей работы является экспериментальное выявление эффективности пористых материалов в качестве катализаторов перегруппировки Кляйзена.

Реакцию проводили нагреванием в пальчиковом автоклаве при 220, 230, 240, 250 °С. Расход аллифенилового эфира и накопление орто-аллифенола определяли хроматографически. В качестве внутреннего стандарта использовали фенол.

Кинетические кривые расходования аллифенилового эфира и накопления орто-аллифенола удовлетворительно линеаризуются в координатах $\ln C - t$ (рис. 1 и 2), что свидетельствует о первом порядке реакции.

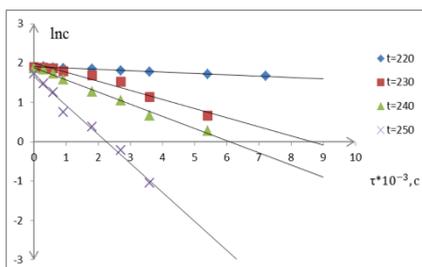


Рис. 1 Логарифмические анаморфозы кинетической кривой расходования аллифенилового эфира.

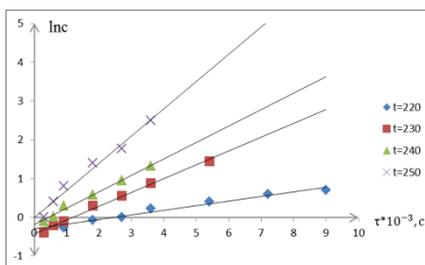


Рис. 2 Логарифмические анаморфозы кинетической кривой накопления *o*-аллилфенола.

Рассчитаны значения констант скоростей расходования аллифенилового эфира и накопления орто-аллифенола, без добавок и с добавкой 5% углеродных нанотрубок. (Таблица).

№ п/п	Условия реакции	Константа скорости расходования аллифенилового эфира, c^{-1}	Константа скорости накопления <i>o</i> -аллилфенола c^{-1}
1.	Без добавок	$1,78 \cdot 10^{-4}$	$1,86 \cdot 10^{-4}$
2.	С добавкой 5% углеродных нанотрубок	$3,35 \cdot 10^{-4}$	$3,42 \cdot 10^{-4}$

Полученные данные показывают, что нанотрубки проявляют каталитический эффект. В продолжении эксперимента планируется исследование каталитической активности материалов с узким диапазоном размеров пор и выявление наиболее эффективных катализаторов.

Литература

1. J. A. Elings, R. S. Downing, R. A. Sheldon. Stud. Surf. Sci. Catal.94, 487 (1995).
2. R.A. Sheldon et al. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical 134 (1998) 129–135.
3. N.T. Mathew et al. / Journal of Catalysis 229 (2005) 105–113.
4. S.G. Wagholikar et al. / Microporous and Mesoporous Materials 95 (2006) 8–16.

© Фаттахов А.Х., 2018 г.

УДК 54.057

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СХЕМ СИНТЕЗА АМИНОХИНОЛА И ТРИХОМОНАЦИДА

Югова А.А., Канчурина М.М., Талипов Р.Ф.

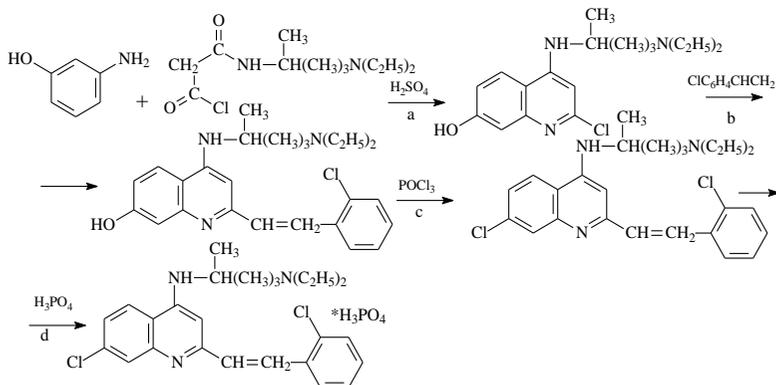
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Противопаразитарные средства избирательно действуют на определенные виды простейших – возбудителей малярии, амебиаза, лейшманиоза, трихомоноза. Хотя используются препараты и растительного происхождения, но наибольшее значение имеют синтетические соединения. К ним, в частности, относят производные 4-аминохинолина, например, аминохинол. Он обладает антипаразитарным и антибактериальным действием. Оказывает терапевтический эффект при коллагенозах. Производные 8-аминохинолина применяют для предупреждения рецидивов и профилактики малярии. К ним относят трихомонацид. Он применяется при лечении трихомонадоза и оказывает трихомонацидное действие. Поэтому выбор эффективных схем синтеза указанных соединений остается актуальной задачей.

Нами ранее предложен метод количественной оценки эффективности химических превращений [1,2]. С использованием данного метода по формуле EOS_2 оценена эффективность известных методов синтеза аминохинола из 4-окси-7-хлорхинальдина [3] и трихомонацида из *n*-аназида [3] (табл. 1). Нами предложены новые пути синтеза аминохинола (схема 1) и трихомонацида (схема 2), отличающиеся высокой эффективностью (табл. 1).

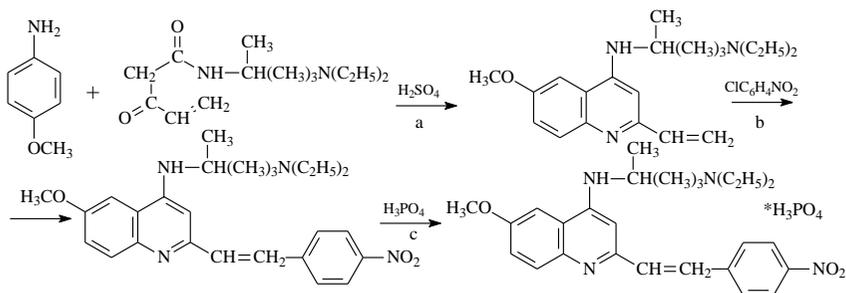
Синтезы аминохинола на основе *m*-аминофенола и трихомонацида на основе *n*-аназида* имеют высокую эффективность, что обусловлено использованием реакции Хека и проведением реакций в условиях приближенных к нормальным.

Схема 1



a) 200°C, 1 ч, 70%; b) 100°C, 3-4 ч, 60%; c) 10-25°C, 0,5 ч, 60%; d) 50°C, 4 ч, 72%;

Схема 2



a) 200°C, 1 ч, 70%; b) 100°C, 3-4 ч, 60%; c) 50°C, 4 ч, 72%;

Таблица 1

Схемы синтезов аминоквинола из		Эффективность синтеза E
1.	4-окси-7-хлорхинальдина	0,5672
2.	<i>m</i> -аминофенола	0,7063
Схемы синтезов трихомонацида из		
1.	<i>n</i> -анизидина	0,7213
2.	<i>n</i> -анизидина*	0,7589

Литература

1. Югова А.А., Канчурина М.М., Талипов Р.Ф., Вакулин И.В., Ширязданов Р.Р. Количественная оценка эффективности синтезов

биологически активных соединений // Баш. хим. ж. – 2018. – Т. 25, №1 – С. 13-16.

2. <http://chemrcc.xyz>

3. Рубцов М.В. Синтетические химико-фармацевтические препараты. – М.: Медицина, 1971. – 328 с.

© Югова А.А., Канчурина М.М., Галипов Р.Ф., 2018 г.

УДК 622.24:621.092.09

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕРЫ В ПРИСАДКАХ НА ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ СВОЙСТВА СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Биглова Р.З.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Совершенствование газонефтепромыслового оборудования интенсифицирует разработку высококачественных смазочных материалов, в частности, противоизносных и противозадирных присадок для пластичных смазок, буровых промывочных жидкостей. В этом плане наиболее востребованы серосодержащие присадки: они эффективны для предупреждения развития катастрофических форм изнашивания, профилактики задиров, заедания и сваривания металлических пар трения. Подбор присадок к смазочным материалам – сложная проблема, для успешного решения которой необходимы обстоятельные исследования по совместимости их с дисперсионной средой. Совместимость ингредиентов смазочной композиции весьма ощутимо зависит от содержания серы в присадке.

В связи со сказанным выше, настоящая работа посвящена изучению влияния концентрации серы в присадках на противоизносные свойства смазочных материалов.

Имея ввиду тот факт, что расширить область применения смазочных материалов позволяет присутствие в них высокосернистых присадок, в качестве последних испытывали продукт взаимодействия пиперилена с элементной серой при различном соотношении исходных реагентов. Испытания сернистых присадок с отличающимся содержанием ковалентно связанной серы (68, 45 и 25 масс.%) на противоизносные свойства масел и смазок осуществляли на четырехшариковой машине трения ЧМТ-1, согласно ГОСТ 9490-75. Опыты проводили при трех разных нагрузках, характерных для высокой напряженности работы пар трения; время испытания 10 с.

В отсутствие сернистой присадки смазочная композиция не выдерживает испытание (имеет место сваривание шариков в ЧМТ-1) в

исследуемом диапазоне осевых нагрузок. Присутствие 2 масс.% продукта взаимодействия пиперилена с элементарной серой в составе пластичных смазок предупреждает сваривание поверхностей трения и заметно снижает износ стальных образцов. По-видимому, из-за высокой концентрации серы (68 масс.%), данная присадка неудовлетворительно совмещается с маслами и не обеспечивает на должном уровне защитные свойства смазок. Введение в смазочную композицию содержащую 25 масс.% серы присадки в недостаточной мере снижает изнашивание металла, поэтому с целью сохранения эксплуатационных показателей на необходимом уровне дозировку ее следует увеличивать до 2,5 масс.%. Наиболее эффективное улучшение триботехнических свойств масел и пластичных смазок достигается при использовании образца серосодержащей присадки, в котором концентрация серы составляет 45 масс.%; уменьшение изнашивания стали при этом – 31%.

©Биглова Р.З., 2018 г.

УДК 547.31 + 547.841

**ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА
ИЗБИРАТЕЛЬНУЮ ОБРАЗОВАНИЯ 4,4-ДИМЕТИЛДИОКСАНА-
1,3 ПО ПРИНСУ
С УЧАСТИЕМ ТРЕТ-БУТАНОЛА**

Валиев Р.И., Овчинников Г.А., Тухватшин В.С., Талипов Р.Ф.
ФГБОУ ВО Башкирский государственный университет

Ключевым полупродуктом в диоксановом методе получения изопрена является 4,4-диметил-1,3-диоксан (ДМД), синтезируемый путем взаимодействия изобутилена/*трет*-бутанола и формальдегида по реакции Принса в присутствии фосфорной кислоты [1].

Указанный метод синтеза изопрена имеет существенный недостаток: на стадии получения ДМД, наблюдается образование побочных продуктов - гидрированных пиранов, 1,3-диолю и непредельных спиртов (до 30% по мас.).

В связи с этим целью представленной работы являлось выявление эффективности применения углеродных нанотрубок для увеличения селективности образования 4,4-диметил-1,3-диоксана (ДМД) при взаимодействии *трет*-бутанола с формальдегидом по реакции Принса.

Реакцию проводили в присутствии 5% мас. фосфорной кислоты и 5% мас. пористого материала при 120°C.

С этой целью нами установлены значения констант скоростей накопления ДМД для каждого типа углеродсодержащего пористого материала, использованного для проведения реакции Принса (Табл.).

Кинетику реакции накопления ДМД изучали хроматографически (внутренний стандарт - 4,4,5-триметил-1,3-диоксан).

Таблица Зависимость констант скоростей накопления и содержания ДМД от типа углеродсодержащего пористого материала (5% мас., 120°C)

	Константа скорости реакции накопления ДМД, $k \times 10^{-3} \text{ мин}^{-1}$	Соотношение ДМД/гидрированные пираны
H ₃ PO ₄	1,60±0,08	3/2
Углеродные нанотрубки	4,10±0,20	16/1

Нами установлено, что добавка углеродных нанотрубок приводит к увеличению скорости образования ДМД и повышению селективности его образования по реакции Принса с участием *трет*-бутанола.

Литература

1. Платэ Н.А., Сливинский Е.В. // Основы химии и технологии мономеров. М: Наука, 2002. С. 696.

© Валиев Р.И., Овчинников Г.А., Тухватшин В.С., Талипов Р.Ф., 2018 г.

УДК 541.18.03 + 541.1

КИНЕТИКА АДсорбЦИИ ФОРМАЛЬДЕГИДА И 4,4-ДИМЕТИЛ-1,3-ДИОКСАНА ЦЕОЛИТАМИ В ПРИСУТСТВИИ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

Г.Г. Хамитова, Р.И. Валиев, Г.А. Овчинников,
В.С. Тухватшин, Р.Ф. Талипов

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

4,4-Диметил-1,3-диоксан (ДМД) является ключевым полупродуктом, а формальдегид – реагентом в промышленном методе синтеза изопрена [1]. В последнее время, для проведения указанного процесса использовались цеолиты [2].

Поэтому целью данной работы было рассмотрение кинетики адсорбции 4,4-диметил-1,3-диоксана и формальдегида синтетическими цеолитами из водных растворов в присутствии ортофосфорной кислоты. Для описания кинетики адсорбции были использованы диффузионная модель и модели псевдопервого и псевдovторого порядков.

В качестве сорбентов использовались синтетические цеолиты КА, NaA, СаА, СаХ, NaХ с диаметром пор 3-9Å. Содержание формальдегида в растворе определяли сульфитным методом [3], а 4,4-диметил-1,3-

диоксана - хроматографическим методом (внутренний стандарт 4,4,5-триметил-1,3-диоксан)[4].

В рамках диффузионной модели установлено, что процесс адсорбции формальдегида и ДМД синтетическими цеолитами в присутствии фосфорной кислоты определяется величиной диаметра их пор: с увеличением диаметра пор цеолита наблюдается увеличение влияния внутренней диффузии на процесс адсорбции;

Показано, что процесс адсорбции формальдегида и ДМД из водных растворов в присутствии фосфорной кислоты синтетическими цеолитами описывается уравнением псевдвторого порядка, что свидетельствует о присутствии взаимодействия сорбата (формальдегида, ДМД) с сорбентом (синтетический цеолит).

Литература

1. Н.А. Платэ, Е.В. Сливинский Основы химии и технологии мономеров. М: Наука. 2002. 696 с.
2. E. Dumitriu, V. Hulea, I. Fechete, C. Catrinescu, A. Auroux, J. F. Lacaze, C. Guimon // Applied Catalysis A: General. 1999. V. 181. № 1. P 15–28.
3. В.И. Фадеева, Т.Н. Шеховцова, В.М. Иванов Основы аналитической химии. Практическое руководство. М.: Высшая школа. 2003. 463 с.

© Г.Г. Хамитова, Р.И. Валиев, Г.А. Овчинников, В.С. Тухватшин, Р.Ф. Талипов, 2018г.

СЕКЦИЯ «АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

УДК 543.552.054.1

ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ТРИПТОФАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕКЛОУГЛЕРОДНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ α -, β - И γ -ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ

Проворова Ю.Р., Зильберг Р.А., Яркаева
Ю.А., Дубровский Д.И.

Башкирский государственный университет,
г. Уфа, Россия

В последние годы к препаратам нового поколения применяются довольно «жесткие» требования к безопасности и эффективности. Все чаще в практике фармацевтического производства появляется такое понятие, как «лекарственный препарат энантиомерной чистоты». Это

объясняется тем, что применение чистых энантиомеров, а не рацемических смесей во много раз повышают эффективность лекарственного средства. За терапевтические эффекты определенного лекарственного вещества отвечает только один из энантиомеров, в то время как другой в лучшем случае не обладает биологической активностью, а в худшем – может быть токсичными для организма. В связи с этим, важной задачей является развитие аналитических методов определения и распознавания D- и L-энантиомеров. Для надежного установления природы изомера используют сочетание вольтамперометрических и хемометрических методов. Это сочетание дает возможность создания простых экспрессных систем по контролю качества лекарственных препаратов, что представляет собой актуальную задачу.

В качестве анализируемых объектов выбрали D- и L-триптофан (Трп).

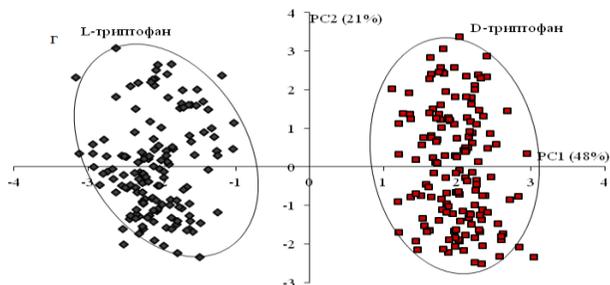


Рис. 1. Графики счетов МГК-моделирования вольтамперограмм окисления D- и L-триптофана на СУЭ с использованием трехэлектродной системы.

На рис. 1 показаны результаты хемометрической обработки вольтамперограмм, полученных в сенсорной системе с тремя индикаторными электродами, методом главных компонент. Благодаря хемометрической обработке данных выявлено, что преобразованные в точки вольтамперограммы энантиомеров D- и L- Трп принадлежат к разным кластерам. При этом доля объясненной дисперсии МГК-моделирования по двум первым компонентам составляет 69%. Таким образом, предложенная трех сенсорная система на основе композитных электродов ПАФ/ α -ЦД, ПАФ/ β -ЦД, ПАФ/ γ -ЦД в сочетании с хемометрическим методом главных компонент позволяет надежно распознавать энантиомеры Трп.

Работа выполнена при поддержке РФФ: грант №16–13–10257.

©Проворова Ю.Р., Зильберг Р.А., Яркаева, Ю.А., Дубровский Д.И., 2018

ХИРАЛЬНЫЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ ПАСТОВОГО ЭЛЕКТРОДА, ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ТИРОЗИНА ПРИ ИХ СОВМЕСТНОМ ПРИСУТСТВИИ

Дубровский Д.И., Зильберг Р.А., Кабирова Л.Р., Хаблетдинова А.И.,

Галиева К.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Определение и распознавание энантиомеров биологически активных веществ является одной из значимых задач в современной фармацевтической промышленности. Существует ряд методов определения и распознавания подобных стереоизомеров, но большинство из них предъявляют к себе довольно строгие требования. Однако в последнее 10 лет бурно развиваются электрохимические методы определения и распознавания энантиомеров биологически активных веществ, а в частности потенциометрия и вольтамперометрия, которые более просты и не требуют дорогостоящего оборудования.

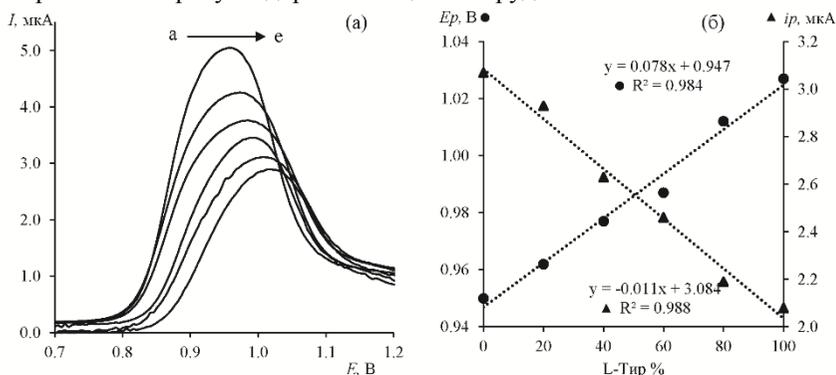


Рис. 1. Дифференциально-импульсные вольтамперограммы (а) и линейные зависимости тока и потенциала пика (б) окисления смеси энантиомеров тирозина в зависимости от содержания L-Тир %.

В работе предлагается сенсор на основе пастового электрода с графитированной термической сажей модифицированной супрамолекулами циануровой кислоты. Показана возможность распознавания и определения энантиомеров тирозина при совместном присутствии в модельных растворах и реальных образцах, таких как плазма крови и моча человека.

Работа выполнена при поддержке РФФ (грант № 16-13-10257)

© Дубровский Д.И., Зильберг Р.А., Кабирова Л.Р., Хаблетдинова А.И., Галиева К.А., 2018 г.

УДК 543.552.054.1

**ТРЕХЭЛЕКТРОДНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ
ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНОГО КОМПЛЕКСА ХИТОЗАНА И
ЦИКЛОДЕКСТРИНОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ**

Косихина Ю.К., Кабирова Л.Р., Проворова Ю.Р., Зильберг Р.А.
Башкирский государственный университет, г. Уфа
Россия

Мультисенсорные системы («электронные языки») используются для распознавания энантиомеров в фармацевтических препаратах. Каждый сенсор в таких системах чувствителен ко всем распознаваемым компонентам, а чувствительность и селективность реакции на один и тот же компонент (энантиомер) для разных сенсоров - различны (перекрестная чувствительность). Многие (или все) компоненты могут быть распознаны одновременно через заданную нелинейную многопараметрическую функцию, полученную с помощью хемометрической обработки вольтамперограмм для растворов различных, но точно известных составов с использованием мультисенсорной системы. Для увеличения вероятности распознавания массивы экспериментальных данных, содержащих мгновенные токи при разных потенциалах, получают путем регистрации вольтамперограмм на нескольких электродах. Сигналы таких электродов не связаны друг с другом и не оказывают взаимного влияния на параметры селективности и чувствительность определения отдельных компонентов. Для решения задач классификации (распознавания образов) использовали трехэлектродную сенсорную систему на основе полиэлектrolитного комплекса хитозана (ПЭК) и α, β, γ -циклодекстринов. В качестве аналита использовали атенолол (R и S-энантиомеры). Электрохимические характеристики вольтамперограмм на предложенных выше электродах отличались друг от друга, но не позволяли надежно распознавать энантиомеры атенолола (АТН), используя только один электрод (рис. 1). В этом случае хемометрически обрабатывался массив экспериментальных данных (значения мгновенных токов), полученных при регистрации вольтамперограмм на трех индикаторных электродах, кластеры вольтамперограмм на плоскости главных компонент не пересекались друг с другом и удалось увеличить долю объясненной дисперсии до 65 %.

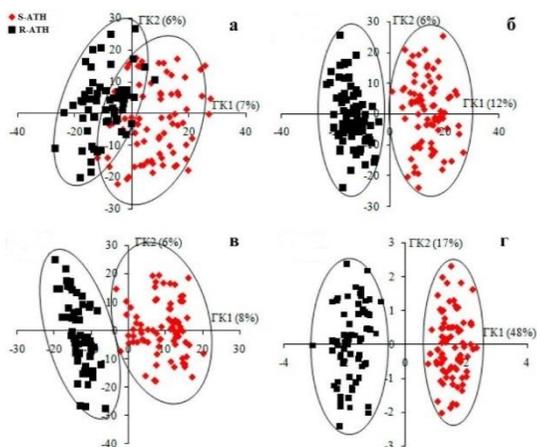


Рис. 1. Графики счетов МГК моделирования дифференциально-импульсных вольтамперограмм 0.5 мМ растворов R- и S- атенолола на стеклоглеродных электродах, модифицированных ПЭК- α -ЦД (а), ПЭК- β -ЦД (б), ПЭК- γ -ЦД (в) и трехэлектродной сенсорной системы (д).

Таким образом, при разработке новых мультисенсорных систем и исследовании всей области вольтамперометрических данных, полезно начинать обработку данных с применением разведочных методов анализа, что позволяет получить начальное представление о структуре данных, особенностях результатов измерения, определить возможные выбросы, группы образцов, схожих по составу, по откликам сигнала оценить наличие корреляции. Наиболее успешно для этих целей подходит метод главных компонент.

Работа выполнена при поддержке РНФ (грант № 16-13-10257)

© Косихина Ю.К., Кабирова Л.Р., Прворова Ю.Р, Зильберг Р.А., 2018 г.

УДК 543.552

**ИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ
ПАСТОВОГО ЭЛЕКТРОДА, МОДИФИЦИРОВАННОГО
СУПРАМОЛЕКУЛАМИ ЦИАНУРОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ
РАСПОЗНАВАНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ТИРОЗИНА**

Дубровский Д.И., Зильберг Р.А., Никонова Н.А., Прворова Ю.Р.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Все большую популярность в аналитической химии набирает метод импедансной спектроскопии, характеризующий рабочую

поверхность при электрохимических процессах. Импедансная спектроскопия является высокочувствительным методом позволяющий следить за физико-химическими явлениями на границе раздела фаз электрод/раствор, что делает данный метод востребованным по сравнению с более дорогими и сложными методами, такими как сканирующая электронная микроскопия, атомно силовая микроскопия и

Т. Д.
 i , мкА

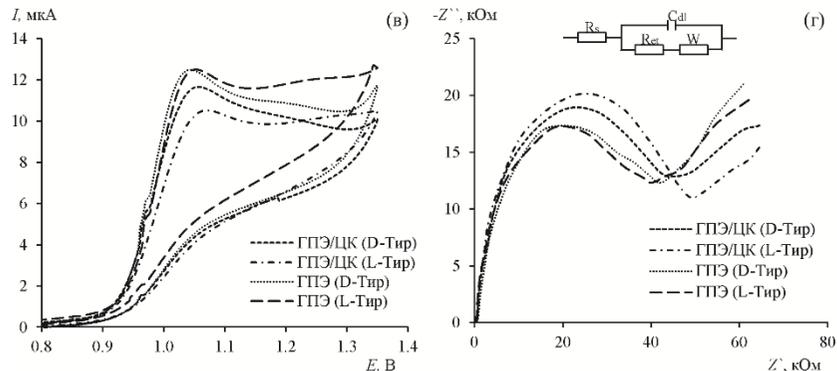


Рис. 1. Циклические вольтамперограммы (а) и спектры импеданса (б) 1 mM раствора энантимеров тирозина (Тир) на модифицированном графито-пастовом электроде (ГПЭ).

В работе показана возможность применения импедансной спектроскопии для решения задач распознавания энантимеров тирозина на графито-пастовом электроде модифицированного супрамолекулами циануровой кислоты. Подобраны условия регистрации спектров импеданса, эквивалентная электрическая схема и оптимизирована методика регенерации предлагаемого сенсора.

Работа выполнена при поддержке РФФ (грант № 16-13-10257)
 ©Дубровский Д.И., Зильберг Р.А., Никонова Н.А., Проворова Ю.Р. 2018г.

**ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ
ПАСТОВОГО ЭЛЕКТРОДА, МОДИФИЦИРОВАННОГО
СУПРАМОЛЕКУЛАМИ ЦИАНУРОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ
РАСПОЗНАВАНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ТИРОЗИНА**

Дубровский Д.И., Зильберг Р.А., Кабирова Л.Р., Бугаец Д. В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одно из актуальных направлений в аналитической химии является распознавание и определение энантиомеров биологически активных веществ, содержащихся в лекарственных препаратах и биологически активных добавках. Как известно, только один из энантиомеров оказывает полезный эффект при воздействии на организм, а второй может оказывать даже негативное воздействие, что делает это проблему актуальной для современной аналитической химии.

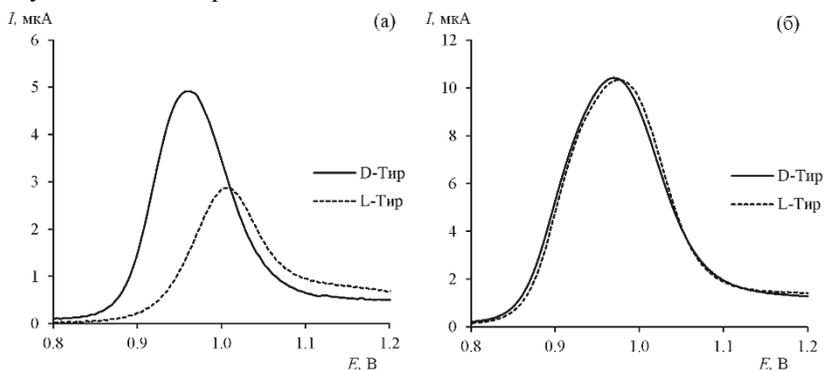


Рис. 1. Дифференциально-импульсные вольтамперограммы 1 мМ раствора энантиомеров тирозина на модифицированном (а) и голом (б) электроде; скорость развертки потенциала 20 мВ/с.

В данной работе предлагается вольтамперометрический сенсор на основе пастового электрода из графитированной сажи, модифицированной супрамолекулами циануровой кислоты для распознавания энантиомеров тирозина. Методами дифференциально-импульсной вольтамперометрии и импедансной спектроскопии показана возможность определения и распознавания энантиомеров. Определены рабочие условия регистрации вольтамперограмм и фоновый электролит. Предложенный сенсор успешно апробирован при анализе реальных объектов, таких как плазма крови и моча.

Работа выполнена при поддержке РФФ (грант № 16-13-10257)

© Дубровский Д.И., Зильберг Р.А., Кабирова Л.Р., Бугаец Д.В., 2018 г.

**ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ МЕТИОНИНА**

Бурханова В.В., Дубровский Д.И., Кабирова Л.Р., Проворова Ю.Р.,
Зильберг Р.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Метионин является незаменимой серосодержащей аминокислотой, выполняющий функцию донатора подвижных метильных групп для фосфолипидов. Важную роль в проявлении лечебных свойств метионина играет оптическая активность, поскольку изомеры аминокислот могут оказывать совершенно разное влияние на организм. Эта аминокислота существует в двух энантиомерных конфигурациях, L-конфигурация является биологически активной, в то время как D-энантиомер является бесполезным, а в некоторых случаях приводит к побочным явлениям.

В данной работе предложены вольтамперометрические сенсоры на основе стеклоуглеродных электродов, модифицированных композитами полиэлектролитных комплексов (ПЭК) хитозана (ХЗ) и его сукцинамида с производными циклодекстринов для определения энантиомеров метионина.

В исследовании использовалась классическая трехэлектродная система. В качестве рабочего электрода использовался стеклоуглеродный электрод $d = 2$ мм (SIGRADURG, HTWGmb, Германия), хлорид-серебряный электрод сравнения Ag/AgCl и вспомогательный электрод представляющий платиновую пластинку площадью 200 мм^2 . Дифференциально-импульсные вольтамперограммы регистрировали на потенциостат-гальваностате AUTOLAB PGSTAT 204 (Metrohm Autolab Ins, Utrecht, Нидерланды) с программным обеспечением Nova в диапазоне потенциалов от 0 до 1.8 В, со скоростью развёртки 20 мВ/с.

Подобраны оптимальные условия модифицирования электродов. Процесс модифицирования стеклоуглеродного электрода заключался в нанесении 9 мкл раствора ПЭК хитозана на тщательно отполированную и очищенную поверхность электрода с последующем испарением растворителя под инфракрасной лампой в течении 10 минут. Для выбора оптимальных условий регистрации вольтамперограмм изучили влияние времени выдерживания рабочего электрода в анализируемом растворе при интенсивном перемешивании, pH фонового электролита, скорости развёртки потенциалов. В работе использовался фосфатный буферный раствор ($\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$) с pH 6.86 в качестве фонового электролита. Скорость развёртки потенциала 20 мВ/с. Оптимальное время выдерживания рабочего электрода в анализируемом растворе 30 с. Таким

образом, предложены новые сенсоры на основе ПЭК хитозана и циклодекстринов для определения энантиомеров метионина и выбраны оптимальные условия регистрации вольтамперограмм метионина.

Работа выполнена при поддержке РФФ: грант №16–13–10257.

©Бурханова В.В., Дубровский Д.И., Кабирова Л.Р., Проворова Ю.Р., Зильберг Р.А., 2018.

УДК 543.552.054.1

**ХЕМОМЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА
ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ
РАСПОЗНАВАНИИ ЭНАНТИОМЕРОВ МЕТИОНИНА**
Терес Ю.Б., Дубровский Д.И., Проворова Ю.Р., Зильберг Р.А.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Сложность вольтамперометрического определения и распознавания энантиомеров заключается в близости их аналитических сигналов. Для решения этой проблемы применяют хемометрическую обработку вольтамперометрических данных. Для распознавания энантиомеров метионина мы использовали метод главных компоненты ПЛС-ДА.

На графиках счетов МГК-моделей наблюдается образование двух кластеров, соответствующих L- и D-метионину. В случае одиночных сенсоров кластеры энантиомеров пересекаются в пространстве, что свидетельствует о погрешностях в распознавании. Но с применением трехсенсорной системы (одновременно обрабатываются вольтамперометрические данные снятые на трехмодифицированных СУЭ), наблюдается разделение кластеров в пространстве. При этом доля объясненной дисперсией составляет 85%, что свидетельствует о достоверном распознавании энантиомеров метионина.

Для проверки построенной МГК-модели использовали метод проекций на латентные структуры с дискриминативным анализом, ПЛС-ДА. При этом если на одиночных сенсорах погрешность распознавания доходит до 40%, то с применением трехсенсорной системы ошибки первого и второго рода сводятся к минимуму. Применение мультисенсорного подхода позволяет обходить трудности, связанные с близостью аналитических сигналов энантиомеров и создавать массивы сенсоров с высокой перекрестной чувствительностью, которые в сочетании с многомерной обработкой данных дают возможность надежного распознавания энантиомеров.

Таким образом, показана возможность достоверного вольтамперометрического распознавания энантиомеров метионина с

применением методов хемотретриков и в модельных растворах, а также в реальных объектах без выделения действующих веществ из лекарственных форм. При этом точность распознавания составляет 90% и выше.

Работа выполнена при поддержке РФФ: грант №16–13–10257.
©Тересю.Б., ДубровскийД.И., ПровороваЮ.Р., ЗильбергР.А., 2018.

УДК 543.552.054.1

**ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦИСТЕИНА С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО
ПОЛИАРИЛЕНФТАЛИДАМИ ЗОЛОТОГО ЭЛЕКТРОДА.**

Исламов Д.Р., Яркаева Ю.А., Хаблетдинова А.И., Зильберг Р.А.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия.

В определении активных компонентов лекарственных препаратов широкое применение получили вольтамперометрические сенсорные системы на основе модифицированных электропроводящими полимерами электродов.

В настоящей работе изучено электрохимическое поведение цистеина (Цис) на золотых электродах, модифицированных полимерными полифталидилиденфлуореновыми и полифталидилидендифениловыми пленками содержащими различные функциональные группы и заместители в фениленовых кольцах основной цепи и фталидных циклах. Показано, что Цис окисляется до цистина на золотом электроде с образованием на вольтамперограмме одного пика в диапазоне от 0.7 до 1.0 В. Линейный характер концентрационной зависимости сохраняется от $0.125 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ М.

С использованием вольтамперометрического метода были изучены электрохимические свойства модифицированных указанными полимерами сенсоров. Оценены аналитические характеристики предложенных сенсоров, установлены оптимальные параметры регистрации аналитического сигнала. При выдерживании электрода в растворе аналита в течение более 60 с пик тока приобретает постоянное значение. Приведены результаты определения Цис с использованием предложенных сенсоров, Цис определяется с высокой точностью, относительное стандартное отклонение во всех случаях не превышает 9.3%.

Работа выполнена при поддержке РФФИ: грант № 18-03-00537
© Исламов Д.Р., Яркаева Ю.А., Хаблетдинова А.И., Зильберг Р.А., 2018 г.

РАСПОЗНАВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ АТЕНОЛОЛА С ПОМОЩЬЮ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ

Кабилова Л.Р., Ганиева Л.Р., Хаблетдинова А.И., Зильберг Р.А.
Башкирский государственный университет, г. Уфа
Россия

В качестве лекарственных агентов часто используются рацематы и опыт их применения обнаружил хироселективность организма, поскольку отмечены его разные или варьируемые ответы на разные энантиомеры. Изучение отдельных энантиомеров выявило их потенциальные преимущества перед рацематами: упрощенный фармакокинетический профиль, возможность улучшения терапевтического индекса, селективный и менее сложный профиль фармакодинамики, блокирование возможностей для сложных лекарственных взаимодействий. В клинических испытаниях селективного блокатора β 1-адренергических рецепторов атенолола (АТН) установлено, что его S-(-)-энантиомер блокирует названные рецепторы без участия с его стороны R-(+)-атенолола, присутствие которого в рацемате может вызывать побочные эффекты. Выбор данного анализируемого объекта связан с клинической значимостью атенолола и необходимостью развития простого и чувствительно метода его определения в коммерческих и клинических образцах. Также в процессе изучения литературы обнаружено, что всего несколько работ посвящено созданию хиральных вольтамперометрических сенсоров для распознавания энантиомеров атенолола, которые основаны на использовании полимеров с молекулярными отпечатками.

В ходе работы были разработаны сенсоры на основе стеклоуглеродных электродов (СУЭ), модифицированных полиэлектrolитным комплексом хитозана и сукцинамид хитозана с добавлением в него циклодекстринов (ХЗ, СХЗ, ЦД) для распознавания и определения энантиомеров АТН. Высокая энантиоселективность хитозана и его композитов с другими модификаторами позволяет использовать их в качестве вольтамперометрических сенсоров для распознавания энантиомеров лекарственных соединений. На рисунке 1 представлена общая схема анализа, включающая изучение вольтамперометрического поведения энантиомеров атенолола с помощью дифференциально-импульсной вольтамперометрии (ДИВ), построение модели на основе вольтаперограмм с помощью метода главных компонент (МГК), подбор оптимальных условий регистрации вольтаперограмм, изучение электроаналитических характеристик

предложенных сенсоров, количественное определение энантимеров атенолола в лекарственных препаратах и биологических жидкостях.

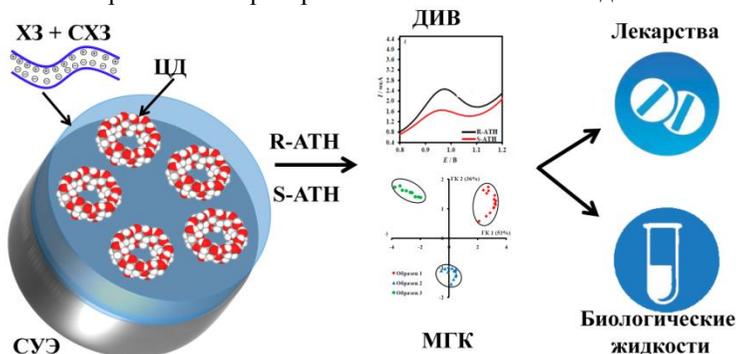


Рисунок 1. Общая схема

Полученные данные могут найти широкое практическое применение в фармацевтическом анализе для разработки энантиоочищенных препаратов и контроля их качества, оценки на соответствие оригинальным лекарственным препаратам и нормативным требованиям, и установлении наличия контрафактной фармацевтической продукции.

Работа выполнена при поддержке РФФ (грант № 16-13-10257)

© Кабирова Л.Р., Ганиева Л.Р., Хаблетдинова А.И., Зильберг Р.А., 2018 г.

УДК 543.552.054.1

ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ АТЕНОЛОЛА В БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ

Ганиева Л.Р., Кабирова Л.Р., Дубровский Д.И., Зильберг Р.А.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В последнее время увеличивается доля населения, страдающая от заболеваний сердечно-сосудистой системы. Препараты, направленные на улучшение сердечного ритма, называются антиаритмическими. К ним относятся атенолол, представляющий собой рацемическую смесь R- и S-энантиомеров. За счет своих фармакологических свойств, связанных с подавлением адреналиновых импульсов, атенолол входит в состав допинговых веществ и запрещен в соревновательный период в некоторых видах спорта. Препарат быстро метаболизируется, тем самым его трудно

обнаружить в биологических жидкостях через некоторое время после приема. Для этих целей используют различные методы анализа, в частности вольтамперометрию. Данный метод является экспрессным и позволяет определять малые концентрации препарата в биологической жидкости.

Для этих целей была создана вольтамперометрическая система, состоящая из трех электродов. Рабочий стеклоуглеродный электрод был модифицирован полиэлектролитным комплексом хитозана и сукцинамид хитозана с β - циклодекстринами. В качестве биологической жидкости была исследована моча человека. Для обнаружения атенолола использовали метод «введено-найдено».

Образец	Введено, μM		Найдено, μM		Sr, %	
	R-АТН	S-АТН	R-АТН	S-АТН	R-АТН	S-АТН
Urine 1	10.0	10.0	9.9 ± 2.0	10.7 ± 2.3	2.0	3.3
Urine 2	15.0	15.0	14.7 ± 1.5	15.9 ± 1.1	2.5	1.2
Urine 3	20.0	20.0	21.0 ± 1.2	21.1 ± 1.6	1.3	2.9

При количественном определении энантиомеров атенолола в моче методом «введено-найдено» относительное стандартное отклонение составило $1.3 \div 3.3$ %, что говорит об удовлетворительном результате определения.

Таким образом, чувствительные вольтамперометрические сенсоры на основе полиэлектролитных комплексов хитозана и его сукцинамида с циклодекстринами могут быть использованы для обнаружения метаболитов и остатков препарата на основе атенолола в биологических жидкостях, наличие которого является доказательством употребления допинга. Данная система позволяет обнаружить следы препарата в миллимолярных количествах.

Литература:

1. R.A. Zilberg, V.N. Maistrenko, L.R. Kabirova, D.I. Dubrovsky. Selective voltammetric sensors based on composites of chitosan polyelectrolyte complexes with cyclodextrins for recognition and determination of atenolol enantiomers //Analytical Methods, 2018, DOI: 10.1039/C8AY00403J.

Работа выполнена при поддержке РФФ (грант № 16-13-10257)

© Л.Р. Ганиева, Л.Р. Кабирова, Д.И. Дубровский, Р.А. Зильберг, 2018 г.

**НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ
ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ
"УМНЫХ" ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЦИСТЕИН
СОДЕРЖАЩИХ ПРЕПАРАТОВ**

Хаблетдинова А.И., Кабирова Л.Р., Яркаева Ю.А., Зильберг Р.А.
Башкирский государственный университет, г.Уфа. Россия

L-цистеин (α -амино- β -тиопропионовая кислота) играет важную роль в метаболизме и клеточном гомеостазе и является одной из аминокислот, которая играет решающую роль в регулировании биологической активности клетки в клеточной системе антиоксидантной защиты. Недостаток этой аминокислоты приводит к многим нарушениям и заболеваниям, например, к медленному росту у детей, повреждению печени и слабости. Цистеин не синтезируется в организме человека, поэтому необходимо употреблять продукты или препараты, содержащие его, чтобы покрыть требуемую суточную норму. Следовательно, он часто используется в пищевых добавках и фармацевтических препаратах.

В настоящей работе была предложена сенсорная система на основе золотых электродов модифицированных полимерными полифталидилиденфлуореновыми (ПФФ) и полифталидилидендифениловыми (ПФД) пленками, содержащими различные функциональные группы и заместители в фениленовых кольцах основной цепи и фталидных циклах. Результаты вольтамперометрических измерений были обработаны с помощью хемометрических методов, в частности метод главных компонент (МГК) и SIMCA-классификация. Результаты SIMCA классификации представлены в таблице, из которой видно, что образцы L-Цистеина Now (Цис-N), Twinlab (Цис-Т) и Bluebonnet (Цис-В) распознаются с высокой достоверностью.

ТО ОС	Цис	Цис-N	Цис-Т	Цис-В
	Доля распознанных образцов, %			
Цис	97	0	0	0
Цис-N	0	93	7	0
Цис-Т	0	0	97	0
Цис-В	0	0	0	100

Работа выполнена при поддержке РФФИ: грант № 18-03-0053

© Хаблетдинова А.И., 2018

УСТАНОВЛЕНИЕ КАЧЕСТВА МОЛОКА МЕТОДОМ ОФ-ВЭЖХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕКТОРНОЙ МОДЕЛИ

Нгуен Ван Ань, Дейнека В.И.

Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, г. Белгород, Россия

В хроматографии для количественной оценки ряда показателей исследуемых образцов используют площади пиков на хроматограммах. Но такой подход не всегда информативен, особенно если анализируемый образец представляет многокомпонентную смесь. Для количественной оценки подлинности масла какао в составе шоколада была предложена векторная модель [1], в которой в качестве базиса используют площади пиков трех основных триацилглицеринов (ТАГ) масла. В общем случае выбор информативного и репрезентативного базиса для построения векторов во многомерном пространстве зависит от решаемых задач. В работе представлен и обоснован выбор векторов для двух случаев контроля подлинности качества молока или сыра.

Для установления подлинности и качества сыра предложена векторная модель с векторами:

- вектор по оси OX отвечает за долю ТАГ с эквивалентным углеродным числом (ЭУЧ, [2]) около 35.6; ее абсолютное значение определяется только содержанием молочного жира, - такого компонента нет в растительных маслах;
- вектор по оси OY соответствует доле трилинолеата или иных ТАГ с ЭУЧ, равным или близким к 37.5, такой пик имеется и в молочном жире, и в линолево-олеиновом масле, но практически отсутствует в пальмовом масле;
- вектор по оси OZ указывает на долю олеата-дипальмитата (ТАГ с ЭУЧ, равным 47.2); этот пик присутствует и в молочном жире, и в пальмовом масле.

Для построения вектора сравнения (R_0) использовали площади пиков полученного по данным для заведомо молочного жира. В таком случае подлинность сыра оценивают по величине угла между реперным вектором и вектором исследуемого образца:

$$\phi_{01} = \arccos \frac{x_1 x_0 + y_1 y_0 + z_1 z_0}{\sqrt{(x_0^2 + y_0^2 + z_0^2)(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2)}}$$

Литература

- [1] Дейнека В.И., Дейнека Л.А., Анисимович И.П., Перистый В.А. и др. Обращенно-фазовая ВЭЖХ в определении подлинности масла какао в составе шоколада// Заводская лаборатория. 2008. Т. 74. № 3. С. 15-19.
- [2] Podlaha O., Töregård B., A system for identification of triglycerides in reversed phase HPLC chromatograms based on equivalent carbon numbers // J. Sep. Sci. 1982. Vol. 5. pp. 553-558.

©Нгуен Ван Ань, Дейнека В.И., 2018 г.

УДК 665.61.033

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО И МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА АСПО ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ

Ягафарова С. Т., Ширяева Р. Н., Бадикова А. Д.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время проблема борьбы с АСПО приобретает острый характер в связи с увеличением в составе добываемых нефтей доли «тяжелых» нефтей с повышенным содержанием смолисто-асфальтеновых веществ и твердых парафинов. Без знаний о составе и основных свойствах АСПО невозможно проводить работу по предотвращению отложений на нефтепромысловом оборудовании.

Известно, что отложение на поверхности нефтепромыслового оборудования в основном формируются органическими и неорганическими веществами [1,2].

Целью данной работы являлось изучение структурных особенностей компонентов АСПО высоковязкой нефти.

АСПО представляют собой смесь из органической и неорганической частей. Органическую часть АСПО отделяли от неорганической в аппарате Сокслета хлороформом. Углеводородный состав органической части определяли методом SARA-анализа. АСПО имеет следующий компонентный состав (% масс.): асфальтены – 16,95; смолы – 10,14; ароматические углеводороды – 15,73; насыщенные углеводороды – 7,52. АСПО характеризуются высоким содержанием асфальтенов и смол. В соответствии с принятой классификацией, предложенной Мозесом, исходные данные АСПО относятся к типу асфальтеновых.

Анализ структуры АСПО и выделенных асфальтенов проводили методом ИК- спектроскопии. Сравнение спектров АСПО и асфальтенов показало, что они содержат одни и те же структурные элементы, разница

заключается только в их количественном содержании. Асфальтены являются более ароматичными, менее алифатичными и разветвленными.

Неорганическую часть АСПО изучали методом энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа. В неорганической части АСПО содержатся такие элементы, как S (32%), Ca (15,8%), Fe(15,8%), Si(14,8%), Ba(8,8%), Cl(5,3%), Al(4,1%), Mg(2,1%), P(0,8%), Zn(0,1%). По данным рентгенофазового анализа основными составляющими АСПО являются кальцит(42,84%), кварц(20,59%), доломит(9,73%), барит(7,38%).

Для борьбы с АСПО высоковязкой нефти следует применять углеводородные растворители с повышенным содержанием нафтеновых и ароматических углеводородов.

Литература

1. Шарифуллин А. В., Байбекова Л. Р. Фаррахова Л. И., Хамидуллин Р. Ф. Особенности структурно-группового состава асфальтено-смолопарафиновых отложений//Технология нефти и газа, 2006, № 6, с. 19-24.
2. Марьин В. И., Акчурин В. А., Демахин А. Г. Химические методы удаления и предотвращения образования АСПО при добыче нефти: аналитический обзор. – Саратов, 2001, - 156 с.

©Ягафарова С. Т., Ширяева Р. Н., Бадикова А. Д., 2018 г.

СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

УДК 544.122.2+544.187

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БИС- И РАЗНОЛИГАНДНЫХ КОМПЛЕКСОВ Cu(II) С *L*- И *DL*-ФЕНИЛАЛАНИНОМ

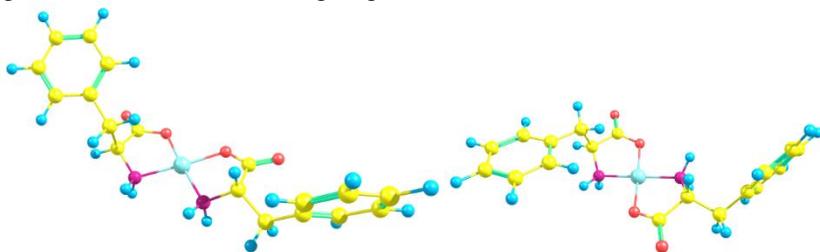
Гизатов Р.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Известно, что хелатные аминокислотные комплексы Cu(II) обладают антибактериальным и противогрибковым действием. Кроме того, подобные соединения принимают участие в самосборке белковых молекул и могут рассматриваться в качестве моделей активных центров ферментов [1].

В докладе приводятся данные по исследованию структуры бис- и разнолигандных комплексов Cu(II) с *L*- и *DL*-фенилаланином [Cu(*S*-phe)₂] (1), [Cu(*R,S*-phe)₂] (1') [2], [Cu(gly)(*R,S*-phe)] (2), [Cu(*S*-ala)(*R,S*-phe)] (3), [Cu(*R,S*-phe)(*R,S*-val)] (4).

Комплексы 1-4 изучены методами ИК спектроскопии МНПВО и квантовохимическим моделированием (M06/6-311+G(d)) в виде структурных *цис*- и *транс*-изомеров с учетом различной ориентации фенильного заместителя в пространстве.



Показано, что экспериментальные ИК спектры комплексов 1 и 1' существенно отличаются, что, по-видимому, обусловлено преобладанием одного изомера в кристаллической упаковке. Идентификация структурных изомеров сделана путем наложения теоретических ИК спектров возможных изомеров и конформеров 1 и 1' с экспериментальными данными.

Литература

- [1] Kruppa, M., König, B. // Chem. Rev., 2006. P. 3520-3560;
[2] Berestova T.V., Kuzina L.G., Amineva, N.A., Faizrakhmanov, I.S., Massalimov I.A., Mustafin A.G. // J. Mol. Struct., 2017. Т. 1137. P. 260-266.

©Р.Р. Гизатов 2018

QSAR - МОДЕЛИРОВАНИЕ В РЯДУ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

АРОМАТИЧЕСКИХ АМИНОВ И ФЕНОЛОВ

Мартынова Ю.З., Хайруллина В.Р., Сафарова И.В., Герчиков А.Я.

Баширский государственный университет, г. Уфа, Россия

Целью данной работы было установление взаимосвязи "структура-антиокислительная активность (АОА)" в ряду производных ароматических аминов и фенолов. Моделирование проводили с использованием компьютерной программы GUSAR 2013 [1, 2]. Для описания взаимосвязи «структура-АОА» в данной работе использовались дескрипторы многоуровневых атомных окрестностей (MNA) и количественных атомных окрестностей (QNA). В качестве моделируемого количественного параметра, характеризующего АОА соединений обучающих выборок МД1, ОВ1 и ОВ2, выбрали литературные значения констант скорости обрыва цепи на ингибиторе в виде $\lg k_7$ [3]. В общей сложности было построено шесть статистически значимых моделей QSAR М1-М6, табл. 1. Эти модели применимы для виртуального скрининга и поиска новых соединений с выраженной антиокислительной активностью.

Таблица 1. Статистические характеристики и оценка показателей точности предсказаний значений $\lg k_7$ по консенсус-моделям М1-М6

Обучающая выборка	Модель	N	R ² _{ОВ}	Q ² _{ОВ}	R ² _{ТВ}	F	S.D.	V
Модели QSAR, построенные на основе QNA-дескрипторов								
МД1	М1	74	0.999	0.843	-	10.457	0.525	22
ОВ2	М4	62	0.999	0.829	0.864	6.059	0.544	24
Модели QSAR, построенные на основе MNA-дескрипторов								
ОВ1	М2	74	0.999	0.867	-	18.207	0.478	18
ОВ2	М5	62	0.999	0.810	0.880	9.864	0.567	17
Модели QSAR, построенные на основе QNA- и MNA-дескрипторов								
ОВ1	М3	74	0.999	0.872	-	10.744	0.490	22
ОВ2	М6	62	0.999	0.845	0.888	7.011	0.535	21

N – число структур в ОВ; R²_{ОВ} – коэффициент детерминации, рассчитанный для соединений из ОВ R²_{ТВ} – коэффициент детерминации, рассчитанный для соединений из ТВ, Q² – коэффициент корреляции, рассчитанный на ОВ при скользящем контроле с исключением по одному; F – критерий Фишера; S.D. – стандартное отклонение; V – число переменных в конечном регрессионном уравнении.

Литература

1. Акбашева Ю.З. и др. // Вестник БашГУ, 2017. – Т.22, №4. – С. 960-966.
2. Хайруллина В.Р. и др. // Биохимия, 2015. – Т.80, №1. – С. 96-110.
3. Денисов Е. Т. Константы скорости гомолитических жидкофазных реакций. М.: Издательство «Наука». 1971

© Ю.З. Мартынова, В.Р. Хайруллина, И.В. Сафарова, А.Я. Герчиков, 2018г.

УДК. 544.165

QSAR-МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНГИБИТОРОВ ТИМИДИНКИНАЗЫ ВИРУСА ПРОСТОГО ГЕРПЕСА ЧЕЛОВЕКА

Ю.З. Мартынова¹, В.Р. Хайруллина¹, А.Р. Гимадиева², А.Г. Мустафин¹⁻²

¹Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

²Уфимский Институт химии РАН, Уфа, Россия

Целью работы было установление взаимосвязи "структура-активность" в ряду производных 5-этилуридина, N2-гуанина и 6-оксопурина с выраженной ингибиторной активностью в отношении тимидинкиназы (ТК) вируса простого герпеса (ВПГ) первого типа человека [1-3], и построение моделей QSAR на основе этого класса соединений для виртуального скрининга виртуальных библиотек и баз данных. Исследования проводили с использованием программы GUSAR 2013 на базе двух обучающих и двух тестовых выборок по методике, описанной в работе [4]. В результате построено шесть статистически значимых устойчивых консенсус моделей QSAR прогноза численных значений IC_{50} для ингибиторов ТК, (табл.1). Они применимы для виртуального скрининга и поиска новых соединений. Дополнительно идентифицированы структурные дескрипторы, позволяющие регулировать активность ингибиторов ТК.

Таблица 1. Статистические характеристики и оценка показателей точности предсказаний значений pIC_{50} по консенсус-моделям M1-M6

ОВ	Модель	N	$R^2_{ов}$	$Q^2_{ов}$	$R^2_{тв}$	F	S.D.	V
Модели QSAR, построенные на основе MNA-дескрипторов								
OB1	M1	70	0.890	0.865	0.912	64.005	0.538	7
OB2	M4	71	0.901	0.881	0.940	73.413	0.566	7
Модели QSAR, построенные на основе QNA-дескрипторов								
OB1	M2	70	0.880	0.849	0.950	63.737	0.563	7
OB2	M5	71	0.898	0.878	0.888	84.129	0.575	6
Модели QSAR, построенные на основе QNA- и MNA-дескрипторов								
OB1	M3	70	0.899	0.872	0.918	59.662	0.519	8
OB2	M6	71	0.905	0.881	0.905	65.851	0.558	8

N – число структур в ОВ; $R^2_{ов}$ – коэффициент детерминации, рассчитанный для

соединений из ОВ $R^2_{ТВ}$ – коэффициент детерминации, рассчитанный для соединений из ТВ, Q^2 - коэффициент корреляции, рассчитанный на ОВ при скользящем контроле с исключением по одному; F – критерий Фишера; S.D. – стандартное отклонение; V - число переменных в конечном регрессионном уравнении.

Литература

- Martin J. et al. // J. Bioorg. Med. Chem. Lett. 2001. V. 11. P. 1655-1658.
- Hildebrand C. et al. // J. Med. Chem. 1990. V. 33. P. 203-206.
- Manikowski A. et al // J. Med. Chem. 2005. V. 48. P. 3919-3929.
- Хайруллина В.Р. и др. // Биохимия, 2015. – Т.80, №1. – С. 96-110.
© Ю.З. Мартынова, В.Р. Хайруллина, А.Р. Гимадиева, А.Г. Мустафин, 2018г.

УДК. 544.165

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ СВЯЗЬ «СТРУКТУРА-ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ» В РЯДУ НЕКОТОРЫХ МОНОЗАМЕЩЕННЫХ МЕТАНОФУЛЛЕРЕНОВ

Ю.З. Мартынова, В.Р. Хайруллина, А.Р. Гимадиева, А.Г. Мустафин
Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Целью данной работы было построение и валидация консенсус QSPR-моделей прогноза численных значений коэффициента полезного действия (КПД) преобразователей солнечной энергии в электрическую в ряду некоторых производных метанофуллерепа, где количественные данные КПД экспериментально определены в работах [1-3]. В качестве моделируемых соединений выбраны 100 монозамещенных метанофуллеренов, численное значение КПД которых находилось в диапазоне значений 0,51 – 4,00 %.

QSPR-моделирование выполнено с использованием программы GUSAR 2013 [4-5]. Каждая из консенсус-моделей включает в себя от 20 до 320 частных QSAR-уравнений со статистическими параметрами $R^2 > 0,6$; $Q^2 > 0,5$ (табл. 1). Эти модели применимы для виртуального скрининга и поиска новых преобразователей солнечной энергии.

Таблица 1. Статистические характеристики консенсус-моделей QSPR

ОВ	Модель	N	$R^2_{ОВ}$	$R^2_{ТВ}$	F	S.D.	Q^2	V
QSAR-модели, построенные на основе MNA-дескрипторов								
OB1	M2	86	0.783	0.798	12.540	0.458	0.698	11
OB2	M5	76	0.781	0.887	10.374	0.479	0.686	10
QSAR-модели, построенные на основе QNA-дескрипторов								
OB1	M1	86	0.723	0.836	13.154	0.496	0.631	10

OB2	M4	76	0.677	0.579	11.066	0.538	0.579	9
QSAR-модели, построенные на основе QNA- и MNA-дескрипторов								
OB1	M3	86	0.841	0.837	13.373	0.396	0.779	12
OB2	M6	76	0.826	0.841	14.605	0.427	0.754	10

N – число структур в OB; R^2_{OB} – коэффициент детерминации, рассчитанный для соединений из OB; R^2_{TB} – коэффициент детерминации, рассчитанный для соединений из TB; Q^2 – коэффициент корреляции, рассчитанный на OB при скользящем контроле с исключением по одному; F – критерий Фишера; S.D. – стандартное отклонение; V – число переменных в конечном регрессионном уравнении.

Литература

1. He Yo. et al. // Physical Chemistry Chemical Physics, 2011. V. 13. P. 1970-1983.
2. Ganesamoorthy R. et al. // Solar Energy Materials & Solar Cell, 2017. – V. 161. – P. 102-148.
3. Troshin P.A. et al. // Advanced Functional Materials, 2009. V. 19. P. 779-788.
4. Khayrullina V.R. et al. // Biochemistry, 2015. –V. 80 (1). – P. 74-86.
5. Gerchikov A.Ya. et al. // Chem. Pharm. J., 2015. V. 49 (9). P. 582-586.

© Ю.З. Мартынова, В.Р. Хайруллина, Ю.Н. Биглова, А.Г. Мустафин, 2018г.

УДК 544.165:615.22

QSAR - МОДЕЛИРОВАНИЕ В РЯДУ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 5-БЕНЗИЛУРАЦИЛА

Мартынова Ю.З., Хайруллина В.Р., Мустафин А.Г.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Целью данной работы было установление количественной связи "структура-активность ингибиторов уридинфосфорилазы (Уфазы)" в ряду некоторых производных 5-бензилурацила по методике, описанной в работах [2-3]. Актуальность исследования связана с тем, что ингибирование данного фермента приводит к гибели опухолевых клеток различного генеза и некоторых простейших - возбудителей заболеваний человека и животных [1-3]. Исследования проводили с использованием программы GUSAR 2013. В результате построено шесть статистически значимых устойчивых консенсус моделей QSAR. Каждая из консенсус-моделей включает в себя от 20 до 320 частных QSAR-уравнений со

статистическими параметрами $R^2 > 0,6$; $Q^2 > 0,5$ (таблица 1). Эти модели применимы для виртуального скрининга и поиска новых соединений с выраженной ингибиторной активностью.

Таблица 1. Статистические характеристики и оценка показателей точности предсказаний значений pIC_{50} по консенсус-моделям M1-M6

Обучающая выборка	Модель	N	R^2_{OB}	Q^2_{OB}	R^2_{TB}	F	S.D.	V
Модели QSAR, построенные на основе MNA-дескрипторов								
OB1	M1	113	0.965	0.724	0.649	11.975	0.420	21
OB2	M4	95	0.973	0.697	0.672	12.207	0.450	16
Модели QSAR, построенные на основе QNA-дескрипторов								
OB1	M2	113	0.975	0.661	0.722	16.053	0.477	15
OB2	M5	95	0.985	0.677	0.767	16.046	0.469	13
Модели QSAR, построенные на основе QNA- и MNA-дескрипторов								
OB1	M3	133	0.973	0.743	0.708	14.288	0.405	19
OB2	M6	95	0.981	0.735	0.742	15.456	0.420	14

N – число структур в OB; R^2_{OB} – коэффициент детерминации, рассчитанный для соединений из OB R^2_{TB} – коэффициент детерминации, рассчитанный для соединений из TB, Q^2 – коэффициент корреляции, рассчитанный на OB при скользящем контроле с исключением по одному; F – критерий Фишера; S.D. – стандартное отклонение; V – число переменных в конечном регрессионном уравнении.

Литература

8. Ogg G.F., Musso D.L. et al. // J. Med. Chem. 1995. V.38. P. 3850-3856.
9. Акбашева Ю.З. и др. // Вестник Башкирского университета, 2017. – Т.22, №4. – С. 960-965.
10. Хайруллина В.Р. и др. // Биохимия, 2015. – Т.80, №1. – С. 96-110.
- 11.

© Ю.З. Мартынова, В.Р. Хайруллина, А.Г. Мустафин, 2018г.

УДК 547.7 (655.644.245

**КАТАЛИЗИРОВАННОЕ ПЕРОКСИДНОЕ ОКИСЛЕНИЕ
ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДА
В ПРИСУТСТВИИ КИСЛОТ МОЛИБДЕНА И ВОЛЬФРАМА**

Файзрахманов И. С.^{1,3)}, Борисов И. М.²⁾, Хайрудинов И.Р.³⁾

Алехина И.Е.¹⁾, Клецкова Д.И.¹⁾

¹*Башкирский государственный университет. г. Уфа*

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

³*ГУП Институт нефтехимпереработки Республики Башкортостан,
г. Уфа*

Известно, что окислительные системы « $H_2O_2 + H_2MoO_4$ » и « $H_2O_2 + H_2WO_4$ » способны окислять нефтяные сульфиды до сульфоксидов[1-4]. В сульфоксидах сера имеет промежуточную степень окисления и поэтому возможно дальнейшее окисление до сульфонов. В настоящей работе предложена схема катализируемого пероксидного окисления диметилсульфоксида, обоснованная путем изучения кинетических закономерностей окислительных превращений.

Установлено, что скорость расходования пероксида водорода в реакции окисления диметилсульфоксида (ДМСО) в присутствии H_2MoO_4 или H_2WO_4 убывает во времени, а кинетические кривые линеаризуются в координатах уравнения

$$\ln [H_2O_2]_t = \ln [H_2O_2]_0 - k't \quad (1);$$

где $[H_2O_2]_0$ и $[H_2O_2]_t$ – начальная и текущая концентрации пероксида водорода;

k' – экспериментально определяемая константа скорости расходования H_2O_2 .

Значения k' использовали для нахождения начальной скорости расходования H_2O_2 по уравнению

$$V_0 = k' \times [H_2O_2]_0 \quad (2).$$

Показано, что скорость реакции зависит от концентрации исходного субстрата, пероксида водорода и катализатора. В модельных системах « $(CH_3)_2SO + H_2O_2$ », « $H_2O_2 + H_2MoO_4$ » и « $H_2O_2 + H_2WO_4$ » установлено, что изменение концентрации пероксида водорода незначительно ($V_0 \approx (1 \div 5) \cdot 10^{-8}$ моль/л·с). Представленное кинетическое уравнение, основанное на полученных данных, описывает расходование пероксида водорода:

$$V_0 = k_{эф} \times [ДМСО]_0^n \times [H_2O_2]_0^m \times [H_2ЭО_4]^q \quad (3)$$

где $k_{эф}$ – эффективная константа скорости расходования пероксида водорода;

$\text{H}_2\text{ЭО}_4$ – катализатор H_2MoO_4 или H_2WO_4 ; n, m, q – частные порядки реакции по диметилсульфоксиду, пероксиду водорода и катализатору.

Используя полученные экспериментальные данные на основе уравнения (3) были вычислены эффективные константы скорости расщепления пероксида водорода при 353 К.

Сопоставления значений $k_{\text{эф}}$ показал, что каталитическая активность H_2MoO_4 выше по сравнению с H_2WO_4 .

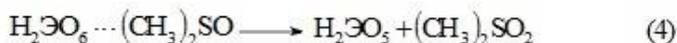
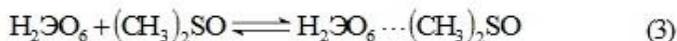
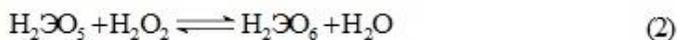
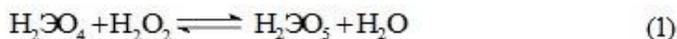


Схема 1. Каталитическая активность $\text{H}_2\text{ЭО}_4$

Полученные экспериментальные результаты можно объяснить на основе следующей схемы:

При растворении H_2MoO_4 или H_2WO_4 в растворе H_2O_2 в течение 30 минут перед опытом образуются пероксиокислота, а далее дипероксиокислота в равновесных стадиях. В ходе опыта дипероксиокислота с диметилсульфоксидом равновесно образует комплекс, из которого затем образуются сульфен и пероксиокислота. Образующаяся пероксиокислота вновь вовлекается в каталитический цикл окислительных превращений ДМСО.

Литература

1. Борисов И.М., Файзрахманов И.С., Шаяхметова Г.Р. и др. *Журнал прикладной химии*. **2010**. Т.83. №11. С.1850-1854.
2. Борисов И.М., Газизова З.Ш., Файзрахманов И.С. и др. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. **2014**. Т.57. №10. С.41-43.
3. Борисов И.М., Газизова З.Ш., Файзрахманов И.С. и др. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. **2014**. Т.57. №12. С.34-37.
4. Иванов В.Г., Чиркунов Э.В., Латыпов Р.Ш. и др. *Журнал общей химии*. **1997**. Т.67. №3. С.434-437.

© Файзрахманов И. С., Борисов И. М., Хайрудинов И.Р.,
Алехина И.Е., Клецкова Д.И., 2018 г.

УДК 547.7 (655.644.245)

**КИНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАТАЛИЗИРОВАННОГО
ПЕРОКСИДНОГО ОКИСЛЕНИЯ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДА**
Файзрахманов И.С.^{1,3)}, Борисов И. М.²⁾, Хайрудинов И.Р.³⁾, Клецкова
Д.И.¹⁾, Мустафин А.Г.¹⁾.

¹⁾ *Башкирский государственный университет, г. Уфа*

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

³⁾ *ГУП Институт нефтехимпереработки Республики Башкортостан, г.
Уфа,*

Органические сульфоксиды и сульфоны, получаемые каталитическим окислением сульфидов, используются в качестве средства для лечения трихофитии животных [1], извлечения окислов азота, диоксида серы и очистки от них различных газов [2] и экстрагентов для очистки углеводородных дистиллятов от сераорганических соединений [3]. Актуальной остается задача установления механизма реакции окисления сульфоксидов при совместном воздействии пероксида водорода и катализатора и на этой основе выявление основных факторов оптимального технологического режима процесса с целью повышения выхода сульфонов.

В настоящей работе изучены кинетические закономерности расходования пероксида водорода в составе систем « $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{MoO}_4$ » и « $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{WO}_4$ » в реакции окисления модельного соединения – диметилсульфоксида.

За протеканием реакции следили по расходованию пероксида водорода. Концентрацию пероксида водорода определяли йодометрически [4].

Проведенный кинетический анализ предлагаемой схемы катализируемого окисления диметилсульфоксида с учетом полученных экспериментальных данных позволяет сформулировать основные факторы, определяющие технологический режим процесса окисления. Технологический режим процесса следует выбирать таким образом, чтобы лимитирующей стадией процесса была стадия распада комплекса сульфоксида с дипероксокислотой. В наших опытах использовали гомогенные водорастворимые катализаторы, которые предварительно выдерживали в течение 30 минут в перексиде водорода, чтобы скорости образования пероксокислоты и дипероксокислоты при взаимодействии катализатора с пероксидом водорода не лимитировали окислительный процесс. За это время образовывалось необходимое количество пероксо соединений катализатора, а в ходе реакции поддерживалась равновесная концентрация этих окислителей.

Показано, что скорость окисления пропорциональна квадрату концентрации пероксида водорода, и поэтому содержание пероксида водорода в реакционной системе должно обеспечивать довольно быстрое расходование этого реагента. Иными словами, необходим избыток пероксида водорода, чтобы учесть не только его значительное расходование в ходе реакции, но и побочные процессы разложения, например, под действием ионов металлов переменной валентности (в частности ионов двухвалентного железа), которые могут попасть в реакционную систему с технологической водой [5]. Принципиально важно поддерживать требуемую концентрацию диметилсульфоксида и дипероксиокислоты в реакторе, чтобы скорость равновесной стадии предлагаемой схемы не стала меньше скорости распада комплекса из-за низкой скорости диффузии молекул этих реагентов.

Литература

1. А.С. 275305 СССР (опубл. 1970). Средство для лечения трихофитии животных.
 2. Бикбаева Г.Г., Исянгильдина А.Х., Барановская Э.М. и др. //Журнал прикладной химии. 1986. Т.59. № 4.С.900
 3. А.С.1407928 СССР (опубл.1988). Способ получения селективного растворителя сераорганических соединений.
 4. Антоновский В. Л., Бузланова М.М. Аналитическая химия органических пероксидных соединений. М.: Химия, 1978. 309 с.
 5. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии /Пер. с англ. под ред. Ю.А. Пентина. М.: Химия, 1977. 3120.
- © Файзрахманов И. С., Борисов И. М., Хайрудинов И.Р., Клецкова Д.И, Мустафин А. Г., 2018 г.

УДК 544.02:544.971

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 4- И 5-АМИНОСАЛИЦИЛОВЫХ КИСЛОТ С ОКИСЛЕННОЙ ФРАКЦИИ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА

Рамазанова З.Ф., Кутлугильдина Г.Г.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Для придания лекарственным формам пролонгирующих свойств представляется перспективным их нанесение на полимерные носители (яблочный, цитрусовый пектины, арабиногалактан, поливиниловый спирт и их окисленные фракции). Предполагается, что данный подход позволит также снизить токсичность используемых лекарственных средств. Известно, что 4- и 5-аминосалициловые кислоты (4-АСК и 5-АСК) обладают противотуберкулезным и противовоспалительным

(противоязвенным) действиями, соответственно. Однако данные соединения, как и большинство салицилатов, обладают токсичностью и побочными эффектами, что зачастую ограничивает их применение. В связи с этим, целью данного исследования явилось изучение взаимодействия 4- и 5-аминосалициловых кислот с окисленной фракции поливинилового спирта (ОФ ПВС).

Окисленную фракцию поливинилового спирта получали путем окисления ПВС пероксидом водорода по методике, описанной в [1]. Взаимодействие 4-АСК и 5-АСК с ОФ ПВС изучали в интервале температур 291-316 К спектрофотометрическим методом. С помощью метода молярных отношений было установлено, что состав обоих типов комплексов при различных температурах оставался равным 1 : 1, т. е. на одну карбоксильную группу ОФ ПВС приходилась одна молекула АСК.

Методом молярных отношений были рассчитаны константы устойчивости (K) образующихся комплексных соединений. Изучение зависимости $K = f(T)$ в интервале температур 291-316 К, близких к физиологическим, показало: устойчивость комплексов 4-АСК··ОФ ПВС и 5-АСК··ОФ ПВС с ростом температуры уменьшается. На основании полученных результатов были определены термодинамические параметры процессов комплексообразования, которые свидетельствуют об их самопроизвольности и экзотермичности.

Литература

1. Зимин Ю.С., Кутлугильдина Г.Г., Мустафин А.Г. Получение окисленных фракций поливинилового спирта заданной молекулярной массы // Журнал физической химии. 2016 Т. 90, № 10. С. 1512-1516.

© Рамазанова З.Ф., Кутлугильдина Г.Г., 2018 г.

УДК 544.421 : 542.978

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КИНЕТИЧЕСКОЙ КРИВОЙ ИНГИБИРОВАННОГО РАДИКАЛЬНО-ЦЕПНОГО ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ.

*Сафарова Д.И., Якупова Л. Р., Мурзагилова Э. И., Сафиуллин Р. Л.
Башкирский государственный университет. Инженерный факультет. г.
Уфа, Россия*

Специальные химические дисциплины, такие как термодинамика и кинетика, требуют математического анализа, и часто для решения

химической задачи исследователь должен обладать знанием математических методов обработки экспериментальных данных. В настоящей работе на примере ингибированного радикально-цепного окисления органического соединения показаны способы нахождения основных количественных параметров, свойственных для антирадикального ингибитора.

В нашей работе приводится пример математического анализа экспериментальной кинетической кривой, полученной в ходе инициированного радикально-цепного окисления 1,4-диоксана в присутствии производных урацила. Эти соединения пиримидинового ряда находят применение в качестве лекарственных препаратов, в частности, фторурацил обладает противоопухолевым и цитостатическим действием. Кроме того, обнаружено, что некоторые производные урацила являются эффективными ингибиторами радикально-цепного окисления. Основными количественными параметрами антирадикальной активности соединения являются константа скорости реакции пероксильного радикала с ингибитором и длительность индукционного периода.

Для определения константы скорости пероксильного радикала с молекулой ингибитора использованы: метод пересекающихся парабол (1) [1, 2], метод трансформации кинетической кривой (2) [3], полулогарифмический метод обработки кинетической кривой (3) [4, 5], по начальной скорости окисления (4) [4, 5]. Например, если ингибированное окисление идет с четко выраженным индукционным периодом, то удобно применить полулогарифмический метод обработки кинетической кривой в соответствии с уравнением:

$$\Delta[\text{O}_2] = -k_2(k_7)^{-1} \cdot \ln(1-t/\tau).$$

Важным параметром, характеризующим ингибитор, является стехиометрический коэффициент ингибирования: $f = \tau_{\text{ind}} \cdot W_i / [\text{InH}]$. Здесь τ_{ind} – период индукции, который является экспериментальной величиной. Для определения длины индукционного периода не всегда может быть применен метод касательных к кинетической кривой. В этом случае удобно воспользоваться интегральным методом. Индукционный период рассчитывается путем обработки кинетической кривой по формуле [6]:

$$\tau_{\text{ind}} = \int_0^{\infty} \left(1 - \left(\frac{w}{w_0} \right)^2 \right) dt$$

Литература

1. Денисов Е.Т. Новые эмпирические модели реакций радикального окисления. // Успехи химии. 1997. V. 66. № 10. P. 953-971.

2. Денисов Е.Т., Денисова Т.Г. Метод оценки способности ингибитора окисления акриловой кислоты. // Бутлеровские сообщения. 2011. V. 23. № 15. P. 1-10.
3. Денисов Е.Т., Харитонов В.В., Фёдорова В.В. Метод трансформации кинетических кривых как способ оценки эффективности ингибиторов окисления. // Кинетика и катализ. 1975. Т. 16, 2, стр. 332-340.
4. Денисов Е.Т., Азатян В.В. Ингибирование цепных реакций. Черноголовка, 1997. 266 с.
5. Цепалов В.Ф. Исследование синтетических и природных антиоксидантов *in vitro* и *in vivo*. Сб. науч.ст. М.: Наука, 1992. С. 16-26.
6. Плисс Е.М., Сафиуллин Р.Л., Злотский С.С. Ингибированное окисление непредельных соединений. Кинетика, механизм, связь структуры с реакционной способностью. *LAP Lambert Academic Publishing*. 2012 г.

©Сафарова.Д.И., 2018 г.

УДК 544-931.4+472.3

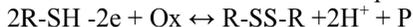
ИССЛЕДОВАНИЕ S-ТИОЛИРОВАНИЯ L-ЦИСТЕИНА В ПРИСУТСТВИИ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Низаметдинова Л.А.

Башкирский Государственный Университет, г. Уфа, Россия

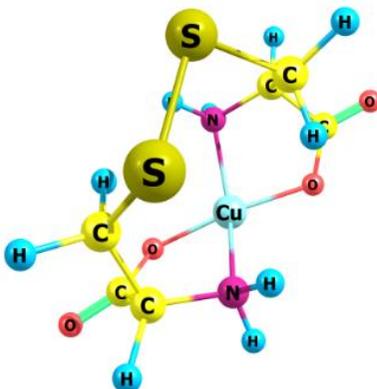
Известно, что окислительно-восстановительные процессы тиолов, протекающие с образованием дисульфидных связей $2R-SH \leftrightarrow R-SS-R$ играют важную роль в биологических системах [1]. Поэтому, выявление ключевых интермедиатов S-тиолирования, а также факторов, оказывающих влияние на смещение равновесия в данном процессе, представляет собой важную и актуальную задачу.

Так, обратимая окислительно-восстановительная реакция:



(Ox - окислитель, P - продукт восстановления) осуществляется в организме за счет различных эндогенных окислителей и важна для понимания процессов внутриклеточной сигнализации и окислительной модификации серосодержащих белков. Известно, что каталитическую функцию в данной реакции способны выполнять соединения Cu(II) за счет редокс-пары Cu(I)/Cu(II) [2].

В данной работе представлены результаты по изучению S-тиолирования L-цистеина в присутствии Ni(II), Co(II) и других переходных металлов.



По результатам исследования было установлено, что взаимодействие *L*-цистеина с соединениями переходных металлов определяется уровнем pH и природой аниона. Так, в присутствии SO_4^{2-} при $\text{pH} > 7$ равновесие в системе $2\text{R-SH} = \text{R-SS-R}$ смещается в сторону образования *L*-цистина. Появление в системе ионов Ni(II) также приводит к смещению равновесия в сторону образования дисульфида. В этом случае равновесие смещается вправо в большей степени, чем в присутствии соединений Cu(II).

С целью идентификации интермедиатов *S*-тиолирования было изучено взаимодействие Cu(II) с *L*-цистином в соотношении 1:1, которое приводит к образованию комплексного соединения $[\text{Cu}(\text{L-цистин})]$ с N,O-координацией лигандов, т.е. по бис-глициновому типу [3].

Литература

1. Jordan P. A., Gibbins J. M. // Antioxidants & redox signaling. 2006. 8. P. 3-4.
2. Smith R.C., Reed V.D., Hill W.E. // Phosphorus, Sulfur, and Silicon. 1994. Vol. 90. P. 147- 154.
3. Берестова Т.В., Низаметдинова Л.А., Носенко К.Н., Хамитов Э.М., Мустафин А.Г. // Вестник Башкирск. Ун-та. 2018. Т. 23. С. 641-646.

© Низаметдинова Л.А. 2018 г.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКЦИИ
ОКИСЛЕНИЯ ЭТИЛБЕНЗОЛА В ПРИСУТСТВИИ
ИНГИБИРУЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИИ**

Барлыбаева Г.З., Гарифуллина Г.Г.

Башкирский государственный университет, г. Уфа

Для разработки алгоритма и создания программы в качестве базового эксперимента были выбраны экспериментальные результаты по изучению ингибированного окисления добавками классических ингибиторов – α -нафтиламина и нитроксильного радикала на окисление этилбензола. Целью работы является решение прямой и обратной задачи в реакции окисления этилбензола в присутствии ингибиторов окисления. Окисление субстрата проводили при температуре 75°C в присутствии классического инициатора азодиизобутиронитрила (АИБН). За кинетикой реакции следили по поглощению кислорода на дифференциальной манометрической установке.

По программе «ХимКинОптима» решена прямая кинетическая задача для реакции ингибированного окисления этилбензола в присутствии α -нафтиламина и нитроксильного радикала. Элементарные константы скорости реакции уточнены путём решения обратной кинетической задачи. Сравнение расчетных значений концентрации кислорода с экспериментальными данными показало, что реализованные численные методы позволяют получать хорошие оценки констант скоростей. Следует отметить, что расчетные данные целиком и полностью совпали с экспериментальными данными.

Получены кинетические кривые для всех исходных веществ, промежуточных активных радикальных частиц и конечных молекулярных продуктов окисления этилбензола. Это и представляет большой практический интерес. Экспериментально кинетику промежуточных веществ очень сложно получить, так как их концентрации очень малы и меняются в широких пределах. Например, для пероксильного радикала этилбензола стационарная концентрация имеет порядок величины 10-11 моль/л.

В присутствии ингибирующей композиции нитроксильного радикала и α -нафтиламина проявляется эффект синергизма их совместного действия. Решением обратной кинетической задачи уточнены элементарные константы скорости реакции между радикалами, ведущими цепи окисления и молекулами ингибитора.

Литература

1. Денисов Е.Т., Азатын В.В. Ингибирование цепных реакций // Черноголовка, 1996, 268с.

©Барлыбаева Г.Г., Гарифуллина Г.Г., 2018 г

УДК 541.14:547.551.2

ЗАМЕЩЕННЫЕ ФУЛЛЕРЕНЫ – ИНГИБИТОРЫ ОКИСЛЕНИЯ ЭТИЛБЕНЗОЛА

Исмагилова Я.З., Г.Г. Гарифуллина

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Фуллерены – молекулярные соединения, относящиеся к классу аллотропных форм углерода. Фуллерены качественно превосходят все другие антиоксиданты благодаря принципиально иному механизму действия. Молекула фуллерена собирает на своей поверхности свободные радикалы, которые рекомбинируют. Присоединением функциональных групп по двойным связям фуллерена получают экзоэдральные фуллерены, внедрением атомов и даже целых кластеров внутрь углеродной сферы –эндоэдральные, а заменой одного атома углерода на атом другого химического элемента – гетерофуллерены. В настоящее время синтезировано множество производных фуллерена, обладающих обширным спектром активности: противоопухолевой, антивирусной, антимикробной, антиоксидантной, нейропротективной, фотодинамической, мембранотропной.

В данной работе исследовано влияние добавок замещенных фуллеренов на окисление этилбензола. Окисление этилбензола проводили при температуре 75°C в присутствии азодиизобутиронитрила–инициатора окисления. В качестве измерительного инструмента использовали универсальную манометрическую дифференциальную установку. Антиокислительная активность оценивалась по степени снижения начальной скорости поглощения кислорода при окислении субстрата. В отсутствии ингибирующих добавок кинетическая кривая поглощения кислорода этилбензола имеет линейный вид, т.е. порядок реакции по кислороду нулевой, скорость реакции не зависит от концентрации кислорода, следовательно, реакция протекает в кинетическом режиме.

Добавка в систему ингибитора приводит к снижению начальной скорости окисления этилбензола. Скорость поглощения кислорода этилбензолом зависит от концентрации добавленного фуллерена, что позволило вычислить эффективную константу скорости ингибирования, на величину которой влияет природа заместителей.

Вещество	АО1	АО2	АО3	АО4
$k_7 \cdot 10^4$, л/моль*с	4,42	0,28	2,72	6,21

© Исмагилова Я.З., Гарифуллина Г.Г 2018г.

**СИНЕРГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В РЕАКЦИИ
ИНИЦИИРОВАННОГО ОКИСЛЕНИЯ ЭТИЛБЕНЗОЛА
ДОБАВКАМИ НИТРОКСИЛЬНОГО РАДИКАЛА И α -
НАФТИЛАМИНА**

*Куракбаева Л.Д., к.х.н., доцент Гарифуллина Г.Г.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия*

Механизм действия распространённых антиоксидантов состоит в обрыве реакционных цепей: молекулы антиоксиданта взаимодействуют с активными радикалами с образованием малоактивных радикалов. Роль таких антиоксидантов состоит в уменьшении концентрации свободных радикалов в окисляющейся системе. [1] В практике торможения окислительных процессов большое значение имеет явление синергизма, состоящее во взаимном усилении эффективности действия антиоксидантов в их смеси. [2]

Антиокислительную активность оценивали по степени снижения начальной скорости поглощения кислорода при окислении модельного субстрата в его присутствии. В качестве измерительного инструмента использовали универсальную манометрическую дифференциальную установку (УМД). В качестве модельного субстрата окисления использовали этилбензол. Инициатор окисления азодиизобутиронитрил (АИБН), $C_6H_{12}N_4$, очищали перекристаллизацией из 96%-ого этилового спирта до достижения кинетической степени чистоты. В качестве ингибиторов были изучены: нитроксильный радикал 2,2,5,5-тетраметил-4-фенил-3-имидазолин-3-оксид-1-оксил ($NO\cdot$) и α -нафтиламин, который дважды перекристаллизовывали из диэтилового эфира.

В отсутствие ингибирующих добавок кинетическая кривая поглощения кислорода этилбензола имеет линейный вид. Реакция протекает в кинетическом режиме, порядок реакции по кислороду нулевой. Добавки как нитроксильного радикала, так и α -нафтиламина приводят к снижению скорости поглощения кислорода. Совместное введение соединений 2,2,5,5-тетраметил-4-фенил-3-имидазолин-3-оксид-1-оксила и α -нафтиламина в окисляющийся этилбензол приводит к экстремальному изменению скорости поглощения кислорода от состава добавленной ингибирующей композиции. При соотношении концентрации 1:1 наблюдается минимальное значение скорости поглощения кислорода. Таким образом, для системы нитроксильный радикал - α -нафтиламин проявляется синергизм совместного действия двух ингибиторов окисления.

Литература

1. Эмануэль Н.М., Денисов Е.Т., Майзус З.К., Цепные реакции окисления углеводов в жидкой фазе, Москва: "Наука", 1965, с. 99 – 116.
2. Денисов Е.Т., Азатян В.В., Ингибирование цепных реакций., Черноголовка: 266 с., 1997.

©Куракбаева Л.Д., Гарифуллина Г.Г., 2018 г.

УДК 541.14:547.551.2

НИТРОКСИЛЬНЫЕ РАДИКАЛЫ – ИНГИБИТОРЫ ОКИСЛЕНИЯ ЭТИЛБЕНЗОЛА.

Куракбаева Л.Д., Гарифуллина Г.Г.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Ингибиторы окисления (антиоксиданты) приобрели в современной химии большое значение. Они широко используются для стабилизации пластмасс и синтетических волокон, каучуков и смазочных материалов, углеводородного топлива, растворителей, полупродуктов органического синтеза и пищевых продуктов[1]. Важное место занимают реакции ингибиторов и образующихся из них радикалов. Уникальные химические свойства нитрокислых радикалов отражаются в их способности стабилизировать органические соединения как на уровне живых организмов, так и в реальных технологических процессах. Нитрокислые радикалы обладают противоопухолевой активностью и способны улучшать химиотерапевтические свойства применяемых в клинике цитостатиков[2].

Нами исследовано влияние 3-х нитрокислых радикалов на инициированное окисление этилбензола в кинетическом режиме окисления. При температуре 75°C изучены кинетические закономерности радикально-цепного окисления этилбензола кислородом воздуха в присутствии классического инициатора окисления – азодиизобутиронитрила (АИБН). По кинетическим кривым расходования кислорода вычисляли скорость процесса окисления модельного субстрата. Экспериментально установлено, что добавки нитрокислого радикала снижают скорость окисления этилбензола, чем больше концентрация добавок, тем больше эффект торможения процесса.

С целью количественного описания эффективности ингибиторов этого типа удобно пользоваться функцией, характеризующей эффективность действия ингибиторов – F. При введении ингибитора в окисляющийся углеводород ($w_1 = \text{const}$) цепной процесс замедляется из-за

более интенсивного обрыва цепей. Целесообразно поэтому характеризовать тормозящее действие ингибиторов такого типа отношением скоростей обрыва цепей на ингибиторе и без ингибитора. По значениям эффективности действия ингибиторов определили константу скорости ингибирования. Они находятся в пределах $(4,4 - 10,5) \cdot 10^3$ л/моль·с.

Соединения	1	2	3
fk7, л/моль·с	$5,1 \cdot 10^3$	$10,5 \cdot 10^3$	$4,4 \cdot 10^3$

Литература

1. Денисов Е.Т., Азатян В.В., Ингибирование цепных реакций., Черноголовка: 266 с., 1997.

2. Плисс Е., Сень В., Тихонов И., Нитроксильные радикалы в химических и биохимических процессах, LAP LAMBERT Academic Publishing Saarbrücken 2013

©Куракбаева Л.Д., Гарифуллина Г.Г., 2018 г.

УДК 541.14:547.551.2

ВЛИЯНИЕ ЗАМЕСТИТЕЛЕЙ НА ИНГИБИРУЮЩУЮ АКТИВНОСТЬ НИТРОКСИЛЬНЫХ РАДИКАЛОВ

И.И. Зайнуллин, Г.Г. Гарифуллина

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Нитроксильные радикалы являются органическими производными оксида азота, который играет важную роль во многих биохимических процессах в живых системах, и обладают уникальными химическими свойствами, которые отражаются в их способности стабилизировать органические соединения, как на уровне живых клеток, так и в реальных технологических процессах. В частности, примерами практического применения нитроксидов и их производных являются ингибирование радикально-цепного окисления низкомолекулярных и полимерных органических материалов, катализ селективного окисления в тонком органическом синтезе, предотвращение алопеции при радиотерапии опухолей мозга и т.д.

Нами было исследовано влияние заместителей на ингибирующую активность двух нитроксильных радикалов: 4-карбомоил-2,2,5,5-тетраметил-3-имидазолин-1-оксил и 2,2,5,5-тераметил-3-оксо-4-фенил-3-

имидазолин-1-оксил на жидкофазное окисление модельного субстрата окисления этилбензола. Окисление этилбензола проводили при температуре, равной 75°C в присутствии классического инициатора окисления – азодиизобутиронитрила. За кинетикой реакции следили по поглощению кислорода на дифференциальной манометрической установке. В отсутствие ингибитора кинетическая кривая поглощения кислорода имеет линейный вид, что является подтверждением наличия кинетического режима окисления модельного субстрата.

Введение в реакцию смесь исследуемых веществ приводит к снижению начальной скорости окисления этилбензола вследствие обрыва цепи на молекулах добавок, очевидным доказательством чего является изменение вида кинетических кривых поглощения кислорода. Определена зависимость между величинами скоростей поглощения кислорода и концентрацией исследованных нитроксильных радикалов. Данные зависимости спрямляются в координатах $F = f(\ln H)$, что позволило вычислить эффективную константу ингибирования. В результате сравнения полученных величин для нитроксидов было установлено, что 2,2,5,5-тетраметил-3-оксо-4-фенил-3-имидазолин-1-оксил проявляет ингибирующее действие в реакции окисления модельного субстрата в большей степени, чем второе соединение. Таким образом, природа заместителей влияет на ингибирующую активность нитроксильных радикалов.

© Зайнуллин И.И., Гарифуллина Г.Г. 2018 г.

УДК 544.51

ПЕРВЫЙ ПРИМЕР ДВОЙНОГО ПЕРЕНОСА ЭНЕРГИИ ЧЕРЕЗ НЕОРГАНИЧЕСКИЙ ПОСРЕДНИК – ДВУХВАЛЕНТНЫЙ ЕВРОПИЙ – С ОДНОВРЕМЕННЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ДВУХ ИОННЫХ ЭМИТТЕРОВ ХЛ

Якупова С.М.¹, Газеева Д.Р.¹, Галимов Д.И.¹, Булгаков Р.Г.²

¹Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

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

В настоящее время метод хемилюминесценции (ХЛ) находит широкое применение для изучения механизмов химических реакций, в аналитической химии, медицине и т.д. [1]. В качестве излучателей света ХЛ могут выступать как органические [1,2], так и неорганические вещества, в том числе ионы двух- [3,4] и трехвалентных лантанидов [1]. В свое время проф. Р.Ф. Васильевым и В.А. Беляковым [2] был обнаружен интересный эффект значительного усиления ХЛ в случае, когда передача энергии от

первично-возбужденного продукта реакции (кетона) на эмиттер ХЛ (ион Eu^{3+}) происходила не напрямую, а через органический посредник (нафталин). Примеров ХЛ, в которых бы в качестве такого усилителя-посредника выступал неорганический ион, в литературе до сих пор не было описано. В данной работе такой эффект «эстафетной» передачи энергии впервые продемонстрирован на примере двухвалентного иона европия Eu^{2+} .

Окисление диизобутилалюминийгидрида Bu_2AlH в ТГФ кислородом сопровождается фоновой ХЛ (ФХЛ) [4]. Эмиттер ФХЛ – триплетно-возбужденный изомаляный альдегид ${}^3\text{Me}_2\text{CHC(H)=O}^*$, излучающий в синей области спектра с $\lambda_{\text{max}} = 430 \pm 20$ нм. При загрузке в ТГФ твердого кристаллогидрата $\text{EuCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и добавлении избытка Bu_2AlH европий переходит в раствор и восстанавливается до Eu^{2+} [5]. Одновременно наблюдается яркая голубая ХЛ (ХЛ-Eu), видимая даже не вооруженным глазом и обусловленная излучением иона Eu^{2+*} с $\lambda_{\text{max}} = 465$ нм. Добавление в реакционный раствор при окислении Bu_2AlH кристаллогидратов $\text{TbCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Ru}(\text{bpy})_3\text{Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ также приводит к усилению ФХЛ (ХЛ-Tb и ХЛ-Ru соответственно). Спектры ХЛ-Tb и ХЛ-Ru содержат максимумы при 485, 542, 625 нм в случае $\text{TbCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и при 567 нм – $\text{Ru}(\text{bpy})_3\text{Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, характерные для излучения возбужденных катионов Tb^{3+*} и ${}^* \text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$. По сравнению с интенсивностью ФХЛ коэффициенты усиления ХЛ равны: 10⁷, 100 и 50 для ХЛ-Eu, ХЛ-Tb и ХЛ-Ru соответственно. Важно отметить, что в присутствии любого из трех ионов-люминофоров (Eu^{2+} , Tb^{3+} и $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$) увеличение интенсивности свечения происходит без изменения формы кинетической кривой относительно ФХЛ. Таким образом, все три иона можно характеризовать, как усилители ХЛ, а само усиление ХЛ отнести к молекулярно-ионному переносу энергии от молекул ${}^3\text{Me}_2\text{CHC(H)=O}^*$ на эти ионы с образованием их электронно-возбужденных состояний.

Значительно большее усиление интенсивности свечения ХЛ-Tb и ХЛ-Ru по сравнению с ФХЛ обнаружено при совместной загрузке $\text{EuCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и $\text{TbCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (ХЛ-Eu-Tb) или пары $\text{EuCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – $\text{Ru}(\text{bpy})_3\text{Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (ХЛ-Eu-Ru). Соответствующие коэффициенты усиления свечения в этих парах составили $1.2 \cdot 10^6$ и $4.2 \cdot 10^4$. Интересно, что спектры свечения при совместном нахождении в реакционном растворе двух ионов-люминофоров, проявляют люминесценцию обоих ионов. Так, спектр ХЛ-Eu-Tb содержит максимумы излучения как Eu^{2+*} (465 нм), так и Tb^{3+*} (485, 542, 584 нм). В случае ХЛ-Eu-Ru проявляются максимумы при 437 и 560-570 нм, характерные для Eu^{2+*} и $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+*}$. Причем, при наблюдении

парных ХЛ увеличение концентраций $TbCl_3 \cdot 6H_2O$ или $Ru(bpy)_3Cl_2 \cdot 6H_2O$ приводит к монотонному уменьшению интенсивности излучения Eu^{2+*} , что однозначно свидетельствует о передаче энергии от иона Eu^{2+*} на катионы Tb^{3+} и $Ru(bpy)_3^{2+}$.

Таким образом, нами обнаружено новое свойство двухвалентного европия Eu^{2+} – способность выступать в качестве эффективного иона-посредника при передаче энергии от первичного молекулярного эмиттера на ионный люминофор. Этот эффект является первым примером двойного переноса энергии через неорганический посредник (ион Eu^{2+}) и одновременного испускания двух ионных эмиттеров ХЛ.

Литература

1. A. Roda, Chemiluminescence and Bioluminescence: Past, Present and Future, Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2011.
2. Беляков, В.А., Васильев, Р.Ф., Межмолекулярный перенос энергии в хемилюминесцентной системе окисления органической веществ в растворе. В сб.: Молекулярная фотоника, Ленинград, Наука, 1979, с.70-78.
3. Bulgakov, R. G., Eliseeva, S. M., Galimov, D. I., J. Lumin., 2013, v. 136, pp. 95-99.
4. Ramil G. Bulgakov, Svetlana M. Eliseeva, Dim I. Galimov J. Lumin., 2016, 172, 71-82.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-33-00201 Мол_a

©Якупова С.М., Газеева Д.Р., Галимов Д.И., Булгаков Р.Г., 2018

УДК 541.14:547.551.2

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК СПИРТА НА ИНГИБИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА 8-ПФДА

Курмакаева Н.В., Сафарова И.В., Герчиков А.Я.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

N-2-этилгексил-N'-фенил-п-фенилендиамин (8-ПФДА) является уникальным антиоксидантом [1]. Целью данной работы является исследование эффективности антиокислительного действия антиоксиданта N-2-этилгексил-N'-фенил-п-фенилендиамин (8-ПФДА) в присутствии добавок спирта на примере модельной реакции инициированного окисления этилбензола.

Введение 8-ПФДА в окисляющиеся при 75°C этилбензол приводит к появлению периода индукции на кинетических кривых. 8-ПФДА

характеризуется наличием примеси 2-этилгексанола, который является одним из компонентов синтеза целевого продукта [2]. Для проверки возможного влияния примесей 2-этилгексанола были поставлены опыты, в которых при постоянной концентрации 8-ПФДА были введены добавки спирта разной концентрации.

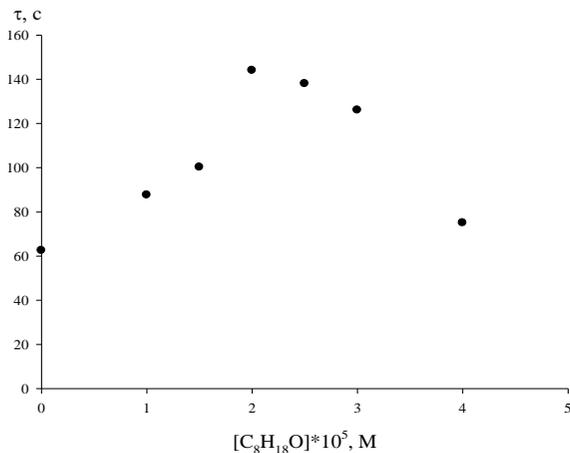


Рис.1. Зависимость периода индукции от введенной начальной концентрации спирта. $T = 348 K$, $V_i = 2.4 \cdot 10^{-7} M/c$, $[8-ПФДА] = 4 \cdot 10^{-5}$ моль/л

Литература

Кольцов Н.И., Ушмарин Н.Ф., Петров А.Е., Петрова Н.П., Петрова Н.Н., Верхунов С.М. Бутлеровские сообщения. Новантокс 8 ПФДА. 2010. Т. 21. № 9. С. 22-28.

Винокуров Ю.В., Кавун С.М., Кольцов Н.И. Разработка процесса получения *N*-2-этилгексил-*N'*-фенил-*n*-фенилендиамин на основе исследования особенностей его синтеза в лабораторных и промышленных условиях.

©Курмакаева Н.В., Сафарова И.В., Герчиков А.Я., 2018 г.

**ОЗОНИРОВАННОЕ ОКИСЛЕНИЕ УРАЦИЛА И ЕГО
ПРОИЗВОДНЫХ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ**А.А. Максютлова, Г.С. Исмоилова, Е.Д. Моисеева
Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Известно, что урацил и его производные (ПУ) относятся к пиримидиновым основаниям. Отдельные пиримидиновые основания входят в состав цепей РНК и ДНК. Считается, что активные формы кислорода (АФК) являются одними из главных причин окислительной деструкции пиримидиновых оснований и, как следствие, цепей РНК и ДНК. В настоящее время имеется много работ, посвященных изучению окислительной деструкции пиримидиновых оснований под действием таких окислителей, как АФК, а также окислителей, которые способны генерировать АФК. Необходимо отметить, что среди изученных окислителей практически не представлен такой окислитель как озон (имеется лишь единичная работа [1]).

Вследствие этого, цель настоящей работы – изучение кинетики озонированного окисления урацила и шести его производных методом УФ-спектроскопии. В ходе проведенных экспериментов был установлен диапазон рабочих концентраций ПУ (по закону Бугера-Ламберта-Бера), исследована кинетика реакции и температурная зависимость констант скоростей. Кинетику реакции изучали при равенстве начальных концентраций реагентов: $[ПУ]_0 = [O_3]_0 = C_0$. Анализ кинетических кривых изменения концентрации C показал, что они достаточно хорошо (с коэффициентом корреляции $r \geq 0.99$) линеаризуются в координатах уравнения реакции второго порядка:

$$1/C = 1/C_0 + k \cdot t,$$

где k – константа скорости реакции озона с ПУ. С учетом полученных нами данных (на 1 моль израсходованного ПУ приходится 1 моль поглощенного озона) кинетика изучаемой реакции описывается следующим кинетическим уравнением:

$$V = -dC/dt = k [ПУ][O_3].$$

Исследование температурной зависимости констант скоростей реакции озона с ПУ в интервале 285-309 К позволило рассчитать значения активационных параметров для ряда изученных урацилов.

Литература

1. Зимин Ю.С., Хайруллина Л.Р., Кутлугильдина Г.Г., Мустафин А.Г. // Журнал физической химии. – 2015. – Т. 89, № 12. – С. 1864-1866.

УДК 543.544

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИИ ПРОИЗВОДНЫХ 1,2,4-ТРИАЗОЛА И 1,2,4-ТРИАЗИНА

Карасева И.Н.

Самарский национальный исследовательский университет им.
академика С.П. Королева, г. Самара, Россия

Объектами нашего исследования явились производные 1,2,4-триазина и 1,2,4-триазола, обладающие противомикробной, противоопухолевой и другими видами биологической активности [1].

В работе было исследовано хроматографическое поведение производных 1,2,4-триазола и 1,2,4-триазина в условиях обращенно-фазовой жидкостной хроматографии (ОФ ВЭЖХ) при сорбции из водно-ацетонитрильных растворов на сорбентах различной химической природы. Изучено влияние строения данных сорбатов на хроматографическое удерживание. С этой целью квантовохимически рассчитаны физико-химические характеристики производных гетероциклов, определяющие удерживание в условиях ОФ ВЭЖХ (поляризуемость, объем, площадь поверхности, липофильность). Показана симбатность в изменении величин удерживания и указанных характеристик.

Рассмотрена зависимость фактора удерживания от концентрации ацетонитрила в элюенте в рамках моделей Хорвата, Снайдера-Сочевинского и Скотта-Кучеры. Показано, что в соответствии с этими моделями одна молекула сорбата вытесняет с поверхности сорбента от 1 до 4 молекул органического компонента. Установлено, что наиболее адекватно данные модели описывают удерживание производных 1,2,4-триазола и 1,2,4-триазина на октадецилсиликагеле (ОДС). Поскольку в целом удерживание производных на ОДС из водноацетонитрильного элюента соответствует указанным моделям, можно заключить, что в объемном растворе элюента такой хроматографической системы отсутствуют процессы, приводящие к образованию гомо- и гетероассоциатов молекул сорбатов и компонентов в подвижной фазе.

Отклонения от линейной зависимости между удерживанием и составом раствора в рамках данных моделей для сверхсшитого полистирола и пористого графитированного углерода обусловлены, вероятно, существованием специфических взаимодействий между молекулами сорбатов и поверхностью указанных сорбентов, не учитываемых в классических моделях.

Литература

1. Papadopoulou M.V., Bloomer W.D., Rosenzweig H.S. // *Bioorg. & Med. Chem.*, 2017, v. 25, pp. 6039–6048.

© Карасева И.Н., 2018 г.

УДК 549.517

СОРБЦИЯ ИОНОВ ХРОМА (VI) ЧАСТИЦАМИ ДИСПЕРГИРОВАННОГО ПЕРЛИТА

Мирхайдарова Э.Д., Гимашева Ф.Д., Ильясова Р.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Проблема загрязнения окружающей среды ионами тяжелых металлов, в частности, водной, является актуальной проблемой настоящего времени. Недостаточно очищенная от соединений тяжелых металлов вода может причинить вред здоровью вплоть до возникновения серьезных заболеваний печени, почек и т.д., поэтому перед использованием в хозяйственно-бытовых целях загрязненные сточные воды промышленных предприятий должны подвергнуться глубокой очистке.

Для очистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых металлов на стадиях глубокой очистки часто используется сорбция. Однако имеющиеся в настоящее время сорбенты недостаточно эффективны, процессы с их участием энергоемки и неэкономичны. Целью настоящей работы явилось изучение возможности использования перлита для очистки сточных вод от ионов хрома (VI), а также проведение сравнительного анализа степени дисперсности сорбента на уровень извлечения иона Cr (VI).

Перлит - природный материал, представляющий из себя вулканическую породу, в составе которого до 70-75% SiO₂; 12-14% Al₂O₃; 3-5% Na₂O, примерно столько же K₂O, до 1% Fe₂O₃, CaO, MgO; химически стоек. В РФ в большом количестве добывается на Урале и в Сибири. Диспергированный перлит получен механическим измельчением природного материала на центробежной мельнице Alpine Z-160. Размер частиц уменьшился интервально от [40-70] мкм до [15-35] мкм.

Установлены оптимальные условия сорбции ионов частицами высокодисперсного перлита: соотношение массы сорбента к объему водного раствора соли 1 г к 25 мл, время контакта фаз 5 минут, температура 20⁰С, pH процесса 5,2.

При этом полученные степени извлечения ионов хрома при концентрации иона 10⁻⁴ моль/л составили 99,7%. Полученные результаты свидетельствуют о высоких сорбционных свойствах диспергированного перлита по отношению к изученным ионам. Степень извлечения ионов хрома (VI) частицами исходного перлита составила около 10 %.

Таким образом, диспергирование перлита на центробежной мельнице увеличивает его сорбционные свойства почти в 10 раз при концентрации изученных ионов 10⁻⁴ моль/л.

© Мирхайдарова Э.Д., Гимашева Ф.Д., Ильясова Р.Р., 2018 г.

УДК 549.517

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ ИОНОВ ХРОМА (VI) ЧАСТИЦАМИ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО КАОЛИНА

Шагаргазина Г.В., Аккужина Р.И., Ильясова Р.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Любой технологический процесс оказывает влияние на окружающую среду, не всегда положительное. Отрицательное действие техногенных и других факторов может привести к нарушению равновесия в окружающей среде. К распространенным химическим загрязнителям относят ионы тяжелых металлов, в частности, ионы хрома (VI). Соединения (VI) накапливаются в организме живых существ, в результате приводя к нарушению биохимического равновесия и возникновению различных патологий.

В настоящее время для очистки сточных вод используют различные методы: механические, физические, биологические, физико-химические (флотация, коагуляция, сорбция и др.).

К физико-химическим методам относятся и сорбционные методы, которые широко применяют для глубокой очистки сточных вод.

Однако в этой области существует ряд известных проблем, например, недостаточная сорбционная емкость материалов, а также высокие энергозатраты на поддержание сорбционного процесса.

Настоящая работа посвящена изучению сорбционных свойств измельченного на центробежной мельнице каолина по отношению к ионам хрома (VI) из водного раствора с целью разработки эффективного сорбента для очистки сточных вод промышленных предприятий.

Диспергирование каолина на центробежной мельнице привело к уменьшению размера частиц от [30-60] мкм до [15-35] мкм.

Авторами установлены оптимальные условия проведения сорбции ионов хрома: температура - 20 °С; время установления сорбционного равновесия – 20 минут; рН процесса – 6,2; соотношение массы сорбента к объему водного раствора соли – 2 г на 25 мл раствора.

При установленных оптимальных условиях эксперимента получены степени извлечения - около 99 % при концентрации ионов хрома 10^{-4} моль/л. В отличие от вышеуказанных результатов степень извлечения ионов хрома (VI) частицами исходного каолина составила около 30%.

Таким образом, диспергированный на центробежной мельнице каолин обладает высокими сорбционными свойствами по отношению к ионам Cr (VI) и может быть рекомендован для очистки сточных вод от вышеуказанных ионов.

© Шагаргазина Г.В., Аккужина Р.И., Ильясова Р.Р., 2018 г.

УДК 577.1

**ВЛИЯНИЕ НИТРОПРУССИДА НАТРИЯ НА АКТИВНОСТЬ
АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ И СОДЕРЖАНИЕ
МАЛОНОВОГО ДИАЛЬДЕГИДА У ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ
*TRITICUMAESTIVUM*L.**

ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЦИНКА

Рахматуллина С.Р., Жильцова Е.Г.

Башкирский государственный университет, г. Уфа

С ростом антропогенного загрязнения проблема устойчивости высших растений является одной из приоритетных в современной биологии. Накоплено большое количество данных о значительном физиологическом и биохимическом эффекте, который оказывает на растения нитропруssid натрия. Показана защитная роль нитропруссид натрия при действии на растения некоторых форм абиотического стресса, в том числе тяжелых металлов (ТМ). Тяжелые металлы нарушают физиолого-биохимические процессы в клетках, являются сильными стресс-факторами и одними из главных природных токсикантов [Щербаков и др., 2013].

Влияние ТМ на растительный организм изучается в комплексе с регуляторами роста и протекторными веществами, в том числе и с нитропруssidом натрия (SNP), который активно воздействует на морфофизиологические и биохимические процессы в растениях.

Целью данной работы было изучение влияния экзогенного нитропруссид натрия на активность антиоксидантных ферментов и накопление малонового диальдегида у проростков пшеницы *Triticumaestivum*L. сорта Казахстанская 10, выращенных в норме и условиях воздействия тяжелого металла цинка.

Воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды (тяжелых металлов) приводит к развитию окислительного стресса. О степени окислительного стресса судят по накоплению малонового диальдегида (МДА) – продукта перекисного окисления липидов мембран. МДА – цитотоксический продукт перекисного окисления липидов, индикатор образования свободных радикалов и последующего повреждения тканей [Юан и др., 2009]. Окислительный стресс связан с накоплением активных форм кислорода и изменением активности антиоксидантных ферментов и других соединений со свойствами антиоксидантов. Для защиты от активных форм кислорода в растениях существует антиоксидантная система. В ходе работы установлено, что при действии SNP активность пероксидазы увеличивалась в побегах, а активность каталазы увеличивалась в корнях в 1,5 раза. Обработка

нитропруссидом натрия приводила к снижению содержания МДА в побегах и корнях на 24,75% и 48,8% соответственно.

Литература

1. Щербаков А.В., Рахматуллина С.Р., Чистякова-Мавлетова М.В., Усманов И.Ю. Изменчивость антиоксидантной активности Можжевельника казацкого в градиенте содержания ионов меди на Южном Урале // Вестник Башкирского университета. 2013. Т. 18. № 4. С. 1081 – 1084.

2. Юан К.Х., Ши Ж.К., Жао Ж., Жань Х., Ху К.С. Физиологический и протеомный анализ *Alternantheraphiloxeroides* в условиях цинкового стресса // Физиология растений. 2009. Т. 56. № 4. С. 546-554.

©Рахматуллина С.Р., Жильцова Е.Г., 2018 г.

УДК 45-05

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ АНИЛИНА И 2 – [(2Е) – 1 – МЕТИЛ – 2 – БУТЕН – 1 - ИЛ] АНИЛИНА

Шишкина А.Н, Шигапова А.Р., Саттарова А.Ф., Грибко Д.Э.,
Абъялилова А.Р.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Полианилин (ПАНИ) является одним из ведущих проводящих полимеров благодаря обнаружению его полупроводниковых свойств. Помимо этого, он устойчив к воздействию влаги и кислорода, а его мономер является дешевым. Среди его недостатков можно выделить плохую растворимость в типовых органических растворителях.

С целью решения данной проблемы были получены сополимеры на основе анилина (М1) и 2 – [(2Е) – 1 – метил – 2 – бутен – 1 - ил] анилина (М2) (Таблица 1).

Таблица 1

(Со)полимер	P1	S1	S2	S3	P2
Мольные соотношения М1:М2	4:0	3:1	1:1	1:3	0:4

Электрохимическое исследование всех полученных производных Р1 проводили путем снятия циклических вольтамперограмм (ЦВ), из которых можно получить окислительно-восстановительные параметры и на их основании рассчитать ширину запрещенной зоны (E_g).

Определение окислительно-восстановительных параметров полимера позволило рассчитать энергию низшей свободной молекулярной орбитали (НСМО) из первого потенциала восстановления (E_{red}^1) и

энергию высшей занятой молекулярной орбитали (ВЗМО) на основе первого потенциала окисления (E_{ox}^1) (табл.2). Разность энергетических уровней НСМО-ВЗМО позволила определить ширину запрещенной зоны исследуемых образцов.

Поскольку полупроводники отличаются от диэлектриков низким значением и малой шириной запрещенной зоны, то на основании данных, представленных в таблице 2, очевидно, что полученные материалы являются полупроводниками, так как ширина запрещенной зоны < 1 eV.

Таблица 2

№	E_{ox}^1, V	E_{red}^1, V	$E_{ВЗМО}, eV$	$E_{НСМО}, eV$	E_g, eV	G, nSm
P1	0.50	0.37	-5.30	-5.17	0.13	35.7×10^6
S1	0.57	0.38	-5.37	-5.19	0.18	200
S2	0.59	0.38	-5.38	-5.19	0.21	52.1
S3	0.62	0.28	-5.42	-5.07	0.36	46.7
P2	0.60	0.30	-5.40	-5.10	0.30	12.5

С увеличением содержания мономерных единиц замещенного анилина потенциал окисления повышается, а электропроводность уменьшается (табл. 2).

©Шишкина А.Н, Шигапова А.Р., Саттарова А.Ф., Грибко Д.Э.,
Абъялилова А.Р., 2018 г.

СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ХИМИИ»

УДК 159.9

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ НА АЛГОРИТМ «ЧАСТЬ ВЕЩЕСТВА РАЗЛОЖИЛОСЬ»

Гарифуллина Г.Г., Насретдинова Р.Н.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Следует отметить, что особую трудность вызывает у выпускников решение расчетных задач. В 2017 году расчетные задачи включали «изюминку – элемент» - часть вещества разложилось. В качестве примера предлагаем следующую задачу. «При нагревании нитрата серебра часть вещества разложилось. При этом образовался твердый остаток массой 88г. К этому остатку добавили 200г 20%ного раствора соляной кислоты.

При этом образовался раствор массой 205,3г с массовой долей кислоты 15,93%. Определить объем смеси газов, выделившихся в реакции разложения нитрата серебра». Выпускники без жалости разложили весь образец исходного нитрата серебра, по этой простой причине твердый остаток у них представляет только серебро, в то время как в твердом остатке находится еще часть не разложившегося нитрата серебра. На данный алгоритм были предложены системы по термическому разложению карбонатов, гидрокарбонатов, нитратов металлов. Задача на термическое разложение карбоната бария: «При нагревании карбоната бария часть вещества разложилось, при этом выделилось 4,48л газа. К образовавшемуся твердому остатку последовательно добавили 100мл воды и 200г 20%ного раствора сульфата натрия. Вычислить массовую долю гидроксида натрия в полученном растворе». По этой задаче масса твердого остатка складывается из массы образовавшегося оксида бария и неразложившегося карбоната бария.

В 2018 году расчетные задачи в вариантах КИМов по химии были предложены на тему «Электролиз водных растворов солей». Проблемы у выпускников возникли уже на стадии написания уравнения реакции электролиза водных растворов солей. Интересная часть этих задач тоже заключается в том, что электролиз водных растворов был проведен на разложение только определенной части исходной соли. Расчет глубины электролиза выпускники должны были вычислить по данным продуктов процесса электролиза. Множество ошибок наблюдается на стадии расчетов массы растворенного вещества и массы полученного раствора после проведения химических реакций. По-видимому, у выпускников нет четкого понимания данных понятий в каждом конкретном случае решения расчетной задачи.

© Гарифуллина Г.Г., Насретдинова Р.Н., 2018 г.

УДК 159.9

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА ПО ХИМИИ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН ЗА 2018 ГОД

Гарифуллина Г.Г., Насретдинова Р.Н.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В Республике Башкортостан во всех этапах проведения ЕГЭ-2018 по химии участвовали 3748 человек, из которых 3 545 - выпускники республиканских общеобразовательных организаций (школ, гимназий, лицеев) текущего года; 167 – выпускника прошлых лет и выпускники

учреждений профессионального образования, и 1 выпускник, не завершивший среднее (полное) образование. Средний балл, показанный первыми, равен 55,2 баллам, вторыми – 34,2 баллам, в среднем – 54,4 баллам. В прошлом году средний балл по республике был равен 56,6 баллов. Всего 535 выпускников школ, к сожалению, не смогли преодолеть минимальный порог в 36 баллов, что составляет 14,3% (в 2017 году – 12,7%). Процент «высокобалльных» работ (более 80 баллов) равен 5,4%. Шесть выпускников республики получили по химии 100 максимальных тестовых баллов.

В контрольно-измерительных материалах по химии в 2018 г. по сравнению с 2017 г. были приняты следующие изменения.

1. В части 1 работы изменен формат шести заданий базового уровня сложности с кратким ответом.

2. В части 2 добавлены 2 задания (30 и 31) в новой редакции, каждое из которых оценивается 2-мя первичными баллами.

3. Общее число заданий составляет 35 вместо 34 заданий в 2017г.

4. Задание под номером 35 на установление молекулярной формулы оценивается 3-мя первичными баллами (в 2017году – 4 балла).

5. За правильное выполнение всех 35 заданий можно было получить 60 первичных баллов, что равно 100 тестовым баллам.

Анализ выполнения заданий показывает, что по заданиям первой части низкий процент выполнения наблюдается по следующим заданиям: задания 7- 10, 16- 19, 21, 25 и 26. Из заданий на развернутый ответ самый низкий процент выполнения (в 9%) имеет 35 задание. Далее по сложности выполнения идут задания: 32 (выполнено по республике на все максимальные 4 первичных балла на 11,5%), 34 ((выполнено по республике на все максимальные 4 первичных балла на 11,7%), 33 ((выполнено по республике на все максимальные 5 первичных балла на 18,9%),

Особую трудность вызывает у выпускников решение расчетных задач. В 2018 году расчетные задачи шли на тему «Электролиз водных растворов солей». Проблемы у выпускников возникли уже на стадии написания уравнения реакции электролиза водных растворов солей. Множество ошибок на стадии расчетов массы растворенного вещества и массы полученного раствора после проведения химических реакций.

© Гарифуллина Г.Г., Насретдинова Р.Н., 2018 г.

УДК 372.854

НАСТАВНИЧЕСТВО В ОЛИМПИАДНОМ ДВИЖЕНИИ: ОПЫТ НАРОДНОГО УЧИТЕЛЯ РФ АГАДУЛЛИНОЙ ЛИЗЫ КИЯМОВНЫ

Гумеров Айнур Мансурович^{1,2}, Ягудин Асгат Султанович²

¹Республиканский инженерный лицей-интернат, г.Уфа, Россия

²Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа,
Россия

Новые социально-экономические условия развития России требуют значительного повышения качества подготовки кадрового потенциала страны на основе модернизации системы непрерывного образования.

В условиях динамичных изменений, роль наставничества все более возрастает, делая его современной формой эффективного обучения и всесторонней поддержки молодого специалиста без отрыва от работы.

В феврале 2018 года в г. Москве прошел первый всероссийский форум «Наставник». Организатором форума и конкурса «Лучшие практики наставничества» является Агентство стратегических инициатив. В рамках форума были подведены итоги первого Всероссийского конкурса наставничества с целью развёртывание движения наставничества и тиражирование практик наставничества и менторинга в Российской Федерации, повышение социального статуса наставника, признание роли, места в обществе и возможности его системного поощрения. После этого форума в России перезапустилось движение наставничества. Именно перезапустилось, так как в советское время это было распространенное явление, была целая система с конкурсами, наградами, в том числе на государственном уровне.

Наставник - это учитель в более широком понимании. Это мастер своего дела, практик, который готов передавать свои навыки, знания, делиться не только профессиональным, но и жизненным опытом. Опыт народного учителя РФ Агадуллиной Лизы Киямовны является ярким примером наставничества у нас в республике Башкортостан. За свою трудовую деятельность она подготовила более ста победителей и призеров олимпиад всероссийского и международного уровня. В Республиканском инженерном лицее-интернате Лиза Киямовна отработала более 20 лет. Сейчас в этом лицее дело ее жизни, работу с одаренными детьми, успешно продолжают ее ученики из числа бывших победителей олимпиад – это два учителя химии, один педагог дополнительного образования и шестеро студентов лаборантов.

Лиза Киямовна помогает молодым учителям не только в профессиональной области, но также помогает подопечным реализовывать себя, развивать личностные качества, коммуникативные умения, совершенствовать методологическую базу, развивать управленческие

умения. Опыт наставничества Агадуллиной Л.К. в олимпиадном движении является готовым к тиражированию успешной моделью работы с молодыми педагогами.

Литература

[1] Круглова И.В. Наставничество как условие профессионального становления молодого учителя: дис. ..канд. пед. наук : 13.00.08 Москва-2007 - 178 с.

©Гумеров А. М., Ягудин А. С., 2018 г.

УДК 546

ПОДГОТОВКА УЧАЩИХСЯ 9 КЛАССА К РЕШЕНИЮ ЗАДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ ОГЭ

Абсалямова Г.А., Ильясова Р.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Основной государственный экзамен (ОГЭ) – основной вид экзамена для выпускников 9 классов средней школы РФ. Учащиеся 9 классов сдают 2 обязательных экзамена (русский язык и математика) и 2 экзамена по предметам по добровольному выбору.

Подготовка к ОГЭ – ответственный процесс. И от того, насколько грамотно будет построен этот процесс, зависят результаты учащихся. От оценок учащихся зависит также авторитет учителя, подготовившего учеников к экзаменам.

Цель настоящей работы заключалась в поиске способов подготовки учащихся 9 класса к решению заданий ОГЭ, особенно заданий повышенной сложности, т.к. задания № 20-22 часто вызывают у учащихся затруднения. Работа с использованием вышеуказанных рекомендаций была проведена с учащимися ряда школ г. Уфы РБ. Особое внимание было уделено совершенствованию навыков по решению расчетных химических задач и выполнению практических заданий по темам общей химии.

Следует отметить, что качественное знание химии невозможно без интереса к данной области знаний, без внутренней мотивации к изучению предмета. Способы формирования такого интереса могут быть разные, в частности, внеклассные мероприятия на предметной неделе, проектная деятельность учащихся, выполнение химических экспериментов, включая занимательные опыты по химии, а также презентация возможностей химической науки для использования ее достижений в обычной жизни:

при покупке моющих средств, лекарств, строительных материалов, косметики и т.д. Для организации самостоятельной работы учеников можно использовать электронные пособия и ресурсы Интернета.

Как показали результаты, использование вышеуказанных подходов к подготовке учащихся к ОГЭ способствует повышению успеваемости по предмету, баллов по пробным вариантам ОГЭ в течение года, приводит к развитию самостоятельности учащихся (умению находить в интернете необходимые видео и фотоматериалы), совершенствуются экспериментальные навыки. Учащиеся уже не боятся заданий повышенной сложности и правильно распределяют свое время в зависимости от сложности заданий.

©Абсалямова Г.А., Ильясова Р.Р., 2018 г.

УДК 546

МЕТОДЫ РАБОТЫ КЛАССНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ С СЕМЬЕЙ ШКОЛЬНИКА

Азнабаева С.М., Ильясова Р.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время школа находится в процессе реформирования: меняются приоритеты содержания обучения и воспитания, получают развитие новые педагогические технологии, возникают образовательные учреждения нового типа, проводятся многочисленные педагогические эксперименты, в ходе которых школа стремится повернуться к учащемуся, создать условия для доброжелательных взаимоотношений между классным руководителем и родителями, между родителями и детьми.

Эффективность воспитания детей сильно зависит от того, насколько тесно взаимодействуют школа и семья. Ведущую роль в организации сотрудничества школы и семьи играют классные руководители, организующие систему отношений через разнообразные виды воспитывающей деятельности классного коллектива; создающие условия для индивидуального самовыражения каждого ребенка и развития каждой личности, сохранения неповторимости и раскрытия его потенциальных способностей, защиты интересов детства.

Цель настоящей работы заключалась в рассмотрении и оптимизации методов работы классного руководителя с родителями учеников.

Исследования проведены на базе МОБУ СОШ с. Абзаново Зианчуринского района республики Башкортостан.

Непосредственно перед проведением исследований была заполнена диагностическая карта с признаками качеств личности каждого ученика и успеваемость в четверти. С учетом успеваемости и психологических результатов был составлен план совместной работы учителя с родителями, в который были включены, в частности, организация родительских собраний: родителей совместно с детьми, только родителей, педагогический лекторий, «круглые столы» и т.д. На собрания приглашали специалистов по педагогике, психологии.

После окончания педагогического эксперимента была повторно заполнена диагностическая карта учащихся: успеваемость повысилась на $\approx 10\%$. По мнению учащихся и родителей, повышению успеваемости способствовал хороший микроклимат, дух товарищества и творчества, которым немало способствовали и родители детей.

Работа с родителями – неотъемлемая часть системы работы учителя, приносящая успех при ее систематичности и научно обоснованности.

©Азнабаева С. М., Ильясова Р.Р., 2018 г.

БИОЛОГИЯ

СЕКЦИЯ «ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ»

УДК 538.7

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА НА НЕЙРОНЫ ГИППОКАМПА КРЫС

Алпарова Э., Хорева А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Высокая каталитическая активность наночастиц (НЧ) TiO_2 может представлять биологическую опасность и потенциальную угрозу для здоровья человека. В последние годы получены убедительные данные о накоплении НЧ TiO_2 в различных структурах головного мозга крыс и мышей при разных способах введения, что свидетельствует о недостаточных изолирующих свойствах гематоэнцефалического барьера (ГЭБ) для токсических агентов экзо- и эндогенной природы [1,2]. Одним из возможных путей транслокации НЧ в головной мозг является обонятельный тракт, в качестве предполагаемого механизма которого рассматривается эндоцитоз частиц чувствительными нервными окончаниями эпителия дыхательных путей, и в частности системами обонятельного и тройничного нервов [3, 4]. Показано, что НЧ TiO_2 легко проникают в организм мышей при их вдыхании, после чего накапливаются в головном мозге и обнаруживаются преимущественно в гиппокампе, нейроны которого в большей степени по сравнению с клетками других регионов головного мозга чувствительны к действию различных неблагоприятных факторов [5-8]. Однако причины такой уязвимости к воздействию НЧ TiO_2 различных клеточных типов гиппокампа и механизмы его повреждения до конца не исследованы. В связи с вышесказанным, целью настоящего исследования явилось изучение нейротоксического действия наночастиц TiO_2 на ультрамикроскопические особенности гиппокампа крыс при интраназальном введении (10 мг/кг веса животного, рутильная форма, 40-60 нм) в течение 30 дней.

При электронно-микроскопическом изучении полей CA1 и CA3 гиппокампа контрольных крыс и у животных на фоне интраназального введения НЧ TiO_2 были получены данные, характеризующие ультраструктуру пирамидных нейронов. Обнаружено, что суммарный эффект воздействия НЧ TiO_2 - деструктивные изменения в гиппокампе крыс, подвергнутого воздействию изучаемого соединения. В нейронах отмечаются уменьшение содержания рибосом, ультраструктурные изменения митохондрий, заключающиеся в набухании и разрушении их

крист, расширение цистерн гранулярной ЭПС, появление вакуолей и значительное число липофусциновых гранул. В этих условиях определяются реактивные перестройки ядерного аппарата: инвагинации ядерной оболочки, расширенное перинуклеарное пространство. Таким образом, НЧ TiO_2 возможно оказывают нейротоксический эффект на нейроны гиппокампа крыс при интраназальном введении.

Литература

1. Yeh T.K., Chen J.K., Lin C.H., Yang M.H., Yang C.S., Chou F.I. et al. Kinetics and tissue distribution of neutron-activated zinc oxide nanoparticles and zinc nitrate in mice: effects of size and particulate nature// *Nanotechnology*. 2012. V. 23. № 8. P. 085102.
2. Cho W.S., Kang B.C., Lee J.K., Jeong J., Che J.H., Seok S.H. Comparative absorption, distribution, and excretion of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles after repeated oral administration// *Part Fibre Toxicol*. 2013. V. 10. № 9.
3. Yang Z., Liu Z.W., Allaker R. P., Reip P., Oxford J., Ahmad Z., Ren G. A review of nanoparticle functionality and toxicity on the central nervous system// *Journal of the Royal So*. 2010. V. 17. № 4. P. 411–422.
4. Smirnov A.V., SHmidt M.V., Menikov D.S., EHkova M.R., Tyurenkov I.N., Kurkin D.V., Volotova E.V. Peculiarities of structural changes in the hippocampal pyramidal layer of rats during gravitational action in the caudo-cranial vector, taking into account the expression of GFAP// *ZHurnal anatomii i gistopatologii*. 2017. V. 6. № 2. P. 75-82.
5. Tishkina A.O., Novikova M.R., Stepanichev M.YU., Levshina I.P., Pasikova N.V., Lazareva N.A., Mojseenok A.G., Gulyaeva N.V. Change in the expression of astroglia and microglia markers in the rat hippocampus when adapting to chronic stress. Effects of panthenol// *Nejrohimiya*. 2013. V. 30. №2. P. 158-167.
6. Шарафутдинова Л.А., Федорова А.М., Башкатов С.А., Синельников К.Н., Валиуллин В.В. Структурно-функциональная характеристика сперматогенного эпителия крыс в условиях воздействия наночастиц диоксида титана// *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2018. Т. 166. № 8. С. 241-245.
7. Шарафутдинова Л.А., Федорова А.М., Башкатов С.А., Синельников К.Н., Валиуллин В.В. Нейротоксические эффекты наночастиц диоксида титана// *Вестник Уральской медицинской академической науки*. 2018. Т. 15. № 1. С. 87-95.
8. Шарафутдинова Л.А., Хисматуллина З.Р., Даминов М.Р., Валиуллин В.В. Исследование эмбриотоксического действия

УДК612.822.3

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ МАГНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ КРЫС

Ахмадиев П.А., Терегулов И.И., Федорова А.М.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В физиологической активности клеток, тканей и органов особое место занимает электрическая составляющая. Электрические потенциалы показывают физико-химические следствия обмена веществ, сопровождающие все основные жизненные процессы, и поэтому являются универсальными, точными и надёжными показателями течения тех или иных процессов.

Целью данной работы явилось изучение спектральных характеристик электроэнцефалограммы головного мозга крыс линии Вистар на фоне интраназального введения наночастиц золь гидроксид магния (ПКК ПВП 5%+золь $Mg(OH)_2$) в дозе 50 мг/кг.

Исследование проводили на 20 половозрелых самцах крыс линии Вистар массой тела 210-365 г. При работе с крысами соблюдались международные принципы Хельсинкской декларации о гуманном отношении к животным (2000). В работе использован поли-N-винилпирролидон (ПВП) с М.м. = 12600 (ТУ 42-0345-4368-03) производства ЗАО «Вектон» (г. Санкт-Петербург). Растворитель – дистиллированная вода. Для получения полимер-коллоидных дисперсий (ПКД) на основе ПВП и золь $Mg(OH)_2$ к раствору ПВП различной концентрации добавляли золь гидроксида магния в объемном соотношении компонентов 1:1.

Сравнительный анализ спектров мощности электроэнцефалограммы на 30 день интраназального введения наночастиц золь гидроксид магния показало, что соотношение тета-ритма фронтальной коры головного мозга достоверно увеличивается ($53,66 \pm 1,78$) при сопоставлении с показателями фоновой группы ($19,92 \pm 2,26$), $p < 0,05$. В спектральной характеристике ритмов электроэнцефалограммы теменной области, наблюдается снижение дельта-ритма на 30 день эксперимента по сравнению с фоновой группой. К патологическим проявлениям на электроэнцефалограмме относится появление медленных ритмов: тета- и дельта. Появление медленноволновой активности обычно связывают с дистрофическими процессами, демиелинизирующими и дегенеративными

поражениями головного мозга. Обнаруженные нами увеличение соотношения тета-ритма во фронтальной коре электроэнцефалограммы, скорее всего, свидетельствует о развитии дегенеративных изменений в изучаемой области коры.

© Ахмадиев П.А., Терегулов И.И., Федорова А.М. , 2018 г.

УДК612.822.3

ВЛИЯНИЕ ГИПЕРФУНКЦИИ И ГИПОФУНКЦИИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС

Ахмадиев П.А., Федорова А.М.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Гормональные нарушения, имеющие различный патогенез, в организме человека могут привести к глубоким нарушениям биоэлектрической активности мозга, а значит и к нарушениям психофизиологической составляющей человека. Депрессивные и тревожные состояния, вызванные гипо- и гипетиреотическими состояниями, могут влиять на биоэлектрическую активность головного мозга.

Целью работы явилось: исследование влияния изменения уровня гормонов на характеристики электрической активности головного мозга неокортекса крыс линии Wistar.

Эксперимент проводился на 20 самцах половозрелых крыс линии Wistar, разделенных на 2 группы по типу вводимого препарата. Средняя масса крыс – 310 г, возраст – 6 месяцев. Крысы были выращены в стандартных условиях вивария кафедры физиологии и общей биологии БашГУ и содержались при световом дне 14 часов и свободном доступе к еде и воде.

Для создания модели гиперфункции и гипофункции щитовидной железы использовались лекарственные средства «Тироксин» («L-Тироксин 50 Берилин-Хеми» в дозе 50 мг/кг) и «Тирозол» («Тирозол®, Merck Serono», 5 мг/кг). Препараты вводились перорально в течение 21 дня, с помощью специально созданного для данного эксперимента шприца, предварительно смазанного глицерином.

На 22 день проводилась монополярная регистрация электроэнцефалограммы, с помощью 8-канального электроэнцефалографа «Нейрон-Спектр-1» («Нейрософт», Иваново) в частотном диапазоне от 1 до 32 Гц.

Данные спектральных и амплитудных значений ритмов теменной и фронтальной коры регистрировались и обрабатывались с помощью программы Нейрон.Спектр.NET («Нейрософт», Иваново).

Сравнение амплитудных показателей электроэнцефалограммы теменной коры при гипертиреозе с контрольными значениями показало, что при гипертиреозе амплитуда дельта-ритма достоверно выше. Оценка влияния гиподисфункции щитовидной железы на амплитудные характеристики фронтальной коры показало, что амплитуда дельта-ритма фронтальной коры ($158,33 \pm 20,95$) достоверно выше при гипертиреозе по сравнению с контрольными значениями ($100 \pm 5,1$). Сравнительная характеристика амплитуды тета- и высокочастотных ритмов электроэнцефалограммы фронтальной коры опытной группы (гипотиреоз) с аналогичными показателями контрольной группы не выявила достоверных различий.

Оценка влияния гипердисфункции и гиподисфункции щитовидной железы на спектральные характеристики теменной и фронтальной коры самцов крыс линии Wistar показало, достоверное увеличение процентного соотношения дельта-, альфа-ритмов теменной коры при гипертиреозе по сравнению с контрольными значениями; при гипотиреозе происходит достоверное увеличение процентного соотношения дельта- и тета-ритма фронтальной коры.

© Ахмадиев П.А., Федорова А.М., 2018 г.

УДК 616.4

ПРОБЛЕМА САХАРНОГО ДИАБЕТА В ЦИФРАХ

Булатова А.Ф.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

В XXI веке остро встала проблема сахарного диабета во всём мире. Прежде всего отметим, что сахарный диабет – это эндокринное заболевание, развивающееся из-за недостатка в организме гормона поджелудочной железы-инсулина, в результате этого увеличивается уровень глюкозы в крови. Это заболевание занимает третье место в мире среди причин ранней смертности, уступая первенство только сердечно-сосудистым и инфекционным заболеваниям. Диабет существенно сокращает продолжительность жизни больных – на 8-30 лет[2].

Основные типы диабета:

Сахарный диабет 1 типа раньше называли ювенильным диабетом. Обычно он вызван аутоиммунной реакцией, когда защитная система организма атакует клетки, производящие инсулин. Причина, по которой это происходит, всё ещё непонятна. Организм людей страдающих

диабетом 1 типа производит очень мало или вообще не производит инсулин[1]. Болезнь может поражать людей любого возраста, но обычно развивается у детей или молодых людей. Люди с этой формой диабета нуждаются в инъекциях инсулина каждый день, чтобы контролировать уровень глюкозы в крови. Если у людей с диабетом 1 типа нет доступа к инсулину, это приведет к летальному исходу.

Сахарный диабет 2 типа раньше называли инсулиннезависимым сахарным диабетом, и он составляет не менее 90% всех случаев сахарного диабета. Он характеризуется инсулинорезистентностью и относительной инсулиновой недостаточностью. Сахарный диабет 2 типа может возникнуть в любом возрасте[3]. Диабет 2 типа может оставаться незамеченным в течение многих лет, и диагноз часто ставится, когда появляется осложнение или делается обычный анализ крови или мочи.

Общие показатели, диабет и преддиабет

Распространенность: в 2015 году-30,3 млн. американцев, или 9,4% населения болели диабетом[5];

Примерно 1,25 миллиона американских детей и взрослых имеют диабет 1 типа;

Невыявленность: из 30,3 млн. взрослых людей страдающих диабетом, у 23,1 млн. был диагностирован, и у 7,2 млн. недиагностирован[6];

Распространенность у пожилых людей: доля американцев, страдающих сахарным диабетом в возрасте 65 лет и старше остается высоким- 12,0 млн. пенсионеров;

Преддиабет: в 2015 году 84,1 млн американцев в возрасте 18 лет и старше имели преддиабет[5];

Смерти: сахарный диабет остается на 7-й строчке среди причин смерти в Соединенных Штатах в 2015 году[4].

Диабет у молодежи

Примерно у 193 000 американцев в возрасте до 20 лет диагностировали диабет, это примерно 0,24% этого населения;

В 2011-2012 годах ежегодная заболеваемость диагностированных диабетом в юности оценивалась в 17,900 с сахарным диабетом 1 типа, 5,300 с сахарным диабетом 2 типа[5].

Диабет по расе / этнической принадлежности

Показатели диагностированного диабета у взрослых по расовому / этническому происхождению:

7,4% не испаноязычных белых;

8,0% американцев азиатского происхождения;

12.7% неиспаноязычных чернокожих;

15.1% коренные жители Аляски.

Смерти

Диабет был седьмой ведущей причиной смерти в Соединенных Штатах в 2015 году на основе свидетельств о смерти, в которых диабет был указан в качестве основной причины смерти.

Диабет может быть занижен как причина смерти. Исследования показали, что только около 35% до 40% людей с диабетом, которые умерли, имели диабет, указанный где-либо в свидетельстве о смерти, и около 10% до 15% имели его в списке в качестве основной причины смерти[5].

Стоимость диабета

\$327 млрд: общие затраты на диагностирование диабета в США в 2017 году;

\$237 млрд на прямые медицинские расходы;

Снижение производительности на 90 миллиардов долларов.

После корректировки с учетом возрастных и половых различий, средние медицинские расходы среди людей с диагностированным диабетом были в 2,3 раза выше, чем расходы в отсутствие диабета[6].

В 2017 году:

Примерно 425 миллионов взрослых (20-79 лет) живут с сахарным диабетом[6];

К 2045 году этот показатель вырастет до 629 млн.

Доля людей с сахарным диабетом 2 типа увеличивается в большинстве стран;

79% взрослых с диабетом живут в странах с низким и средним уровнем дохода;

У 212 миллионов людей сахарный диабет был недиагностирован;

Сахарный диабет причина 4 миллионов смертей;

Сахарный диабет нанес ущерб не менее 727 миллиардов долларов в США в 2017 году (12% от общего объема расходов на взрослых)[5];

Более 1,106,500 детей живут с сахарным диабетом 1 типа;

352 миллиона людей подвержены риску развития сахарного диабета 2 типа.

Литература

[1] Бокарев И.Н., Великов В.К., Шубина О.И.. Сахарный диабет. – М.: Медицинское информационное агентство, 2006. – 400 с.

[2] Питер Дж. Уоткинс. Сахарный диабет. – М.: Бином, 2006. – 136 с.

[3] Сью К.Мильхович, Барбара Данн-Лонг. Сахарный диабет. – М.: Мартин, 2011. – 224 с.

[4] Global Action Plan for the Prevention and Control of Noncommunicable diseases 2013-2020. World Health Organization, Geneva, 2013.\

[5] Данные Американской диабетической ассоциации (www.diabets.org).

[6] Данные Международной федерации диабета (www.idf.org).

© Булатова А.Ф., 2018 г.

УДК 612.62+616.8-00

ВЛИЯНИЕ ДЕФИЦИТА ПОЛОВЫХ ГОРМОНОВ НА КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСТРОГЛИИ МОЗГА КРЫС ЛИНИИ WAG/Rij

Денисова В.В., Файрушина А.И., Садртдинова И.И.,
Хисматуллина З.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Актуальность темы. Эпилепсия является достаточно распространенной хронической нейрогенной патологией, в регуляции которой важную роль играют половые стероиды. Мишенью для последних является зона полового диморфизма – переднее кортикальное ядро (СОа) миндалевидного комплекса (МК) мозга, имеющее специфические рецепторы к половым гормонам. Тканью, в первую очередь, специфически отвечающую на изменения патологического характера в нервной системе, является глия [4]. Наше внимание привлекла особая группа клеток данного типа ткани – астроциты, имеющие способность активно реагировать на нарушения в нервной ткани [2]. Изучение данных клеток особенно важно при исследовании механизмов возникновения эпилепсии, которая тесно связана с патологическим нарушением структур лимбической системы головного мозга, частью которой как раз и является переднее кортикальное ядро МК [1,4]. Целью настоящей работы стало изучение влияния дефицита половых гормонов на количество астроцитов в СОа МК мозга.

Материал и методы. Для проведения настоящего исследования нами были использованы модели абсансной эпилепсии – крысы инбредной линии WAG/Rij (n=12), которых мы разделили на две экспериментальные группы: «контроль» и «гонадэктомия». Гонадэктомию проводили по общепринятой методике [3], после чего была произведена декапитация животных и извлечение головного мозга для изготовления микропрепаратов исследуемой нами области МК - СОа. Далее изготавливались серийные срезы на микротоме Leica RM 2145 (Германия), которые окрашивались с помощью иммуногистостейнера Leica Microsystems BOND TM (Германия). Иммуногистохимическим методом мы выявляли содержание специфичного к глиальным клеткам маркера - кислого глиального фибриллярного белка (GFAP) на парафиновых срезах согласно протоколу, указанному производителем. Затем мы исследовали СОа МК мозга крыс линии WAG/Rij до и после гонадэктомии, используя световую микроскопию при увеличении x100 и x400, а с помощью специализированного программного обеспечения

PhotoM и TopView мы подсчитали количество астроцитов в СОа МК в обеих экспериментальных группах. Подсчет клеток астроглии проводили в поле зрения микроскопа МИКМЕД-5 (ЛОМО) с помощью камеры Levenhuk C510. Статистический анализ данных проводили в программе Statistica v.10.0.

Результаты исследования. Иммуногистохимическое выявление белков промежуточных филаментов, в частности глиального кислого фибриллярного белка - позволяет изучать дифференцировку астроцитов ЦНС млекопитающих. В ходе проведенного нами исследования нами было обнаружено, что клетки астроцитарной глии активно реагируют на низкий уровень половых стероидов. На препаратах после гонадэктомии визуализировались гипертрофия и пролиферация астроцитов, разрастания их отростков, а также резкое увеличение численности GFAP-позитивных клеточных элементов. Количественный анализ показал, что в контрольной группе число астроцитов равнялось $15,37 \pm 0,92$, после гонадэктомии стало $24,18 \pm 1,26$ ($p < 0,05$).

Таким образом, в настоящем исследовании нами было обнаружено увеличение численной плотности астроцитов в СОа при дефиците половых гормонов. На основе полученных нами результатов исследования можно констатировать, что состояние астроцитарной глии отражает динамику развития нервной ткани, а также может быть использовано для оценки уровня патологических изменений в неврологии.

Литература

1. Акмаев И.Г., Калимуллина Л.Б. Миндалевидный комплекс мозга: функциональная морфология и нейроэндокринология. - М.: Наука. 1993. 269 с.
2. Блинов, Д.В. Общность ряда нейробиологических процессов при расстройствах деятельности ЦНС / Д.В. Блинов // Эпилепсия и пароксизмальные состояния. – 2011. - №2. – С. 28-33.
3. Кабак Я.М. Практикум по эндокринологии. - М.: Изд-во МГУ. 1968. 275 с.
4. Рыжавский Б. Я. Развитие головного мозга: отдаленные последствия влияния некомфортных условий. – Изд. 3-е. – Хабаровск: Изд-во ДВГМУ, 2009. – 278 с.

© Денисова В.В., Файрушина А.И., Садртдинова И.И.,
Хисматуллина З.Р., 2018 г.

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОГО ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА НА ПАРАМЕТРЫ КРАСНОЙ КРОВИ

Зайнетдинова А.Т.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Наночастицы диоксида титана в настоящее время являются одним из наиболее распространенных наноматериалов, широко используемых в различных областях. Диоксид титана (TiO_2) используется в качестве добавки во многих потребительских товарах [1]. Оценка характера воздействия наночастиц TiO_2 на организм приобретает все большую актуальность в связи с их широким распространением в окружающей среде. Наиболее вероятные пути поступления наночастиц TiO_2 – через легкие, желудочно-кишечный тракт и кожу [2]. Установлено, что они способны вызывать воспалительные реакции в желудке, накапливаться в печени, приводить к повреждению селезенки, влиять на развитие опухолей в легких и т.д. Наиболее уязвимой системой, подвергающейся влиянию инородных частиц, является система крови. Ранее в исследованиях уже было выявлено токсичное влияние наночастиц диоксида титана на мембраны эритроцитов [3]. В связи с этим целью работы является изучение влияния наночастиц TiO_2 на морфологические показатели клеток красной крови.

Исследования проводились на крысах-самках линии Wistar, массой от 180 до 200 гр. Лабораторным животным в течение 30 дней в утренние часы однократно до приема пищи перорально вводили водный раствор наночастиц TiO_2 в дозе 50 мг/кг. Контрольная группа состояла из интактных животных. Гематологические показатели определяли с помощью автоматического ветеринарного гематологического анализатора Abacus Junion VET. Рассматривалась динамика морфологических показателей в контроле, на 15 и на 30 сутки эксперимента.

Результаты анализа количественных показателей красной крови показали, что на 15-е сутки воздействия наночастиц диоксида титана наблюдалось увеличение общего количества эритроцитов ($p < 0,05$) (табл. 1). Аналогичная динамика наблюдалась в отношении гемоглобина и гематокрита. Значительные изменения зафиксированы в отношении индивидуальных характеристик эритроцитов. На 15-е сутки введения наночастиц диоксида титана средний объем эритроцитов увеличился на 6,16 % по сравнению с контрольной группой. На 30-е сутки эксперимента тенденция к увеличению объема эритроцитов сохранилась, показатель увеличился на 7,51 % в сравнении с контролем. Параллельно происходило увеличение относительной ширины распределения

эритроцитов по объему. Анизоцитоз очевидно, обусловлен увеличением доли крупных эритроцитов.

Таблица 1

Динамика показателей красной крови при воздействии наночастиц диоксида титана

	Контроль	Опыт (15 день)	Опыт (30 день)
Общее количество эритроцитов ($10^{12}/л$)	7,51±0,23	8,56±0,39*	7,98±0,73
Содержание гемоглобина (г/л)	124,25±10,32	143,00±5,79*	140,33±9,98*
Гематокрит (%)	38,68±2,47	46,53±1,16*	44,19±4,05
Средний объем эритроцитов (фл)	51,62±0,50	54,80±0,94*	55,50±1,17*
Относительная ширина распределения эритроцитов по объёму (%)	15,92±0,38	17,48±0,76*	17,40±0,96*

* - статистически значимые отличия в отношении контроля ($p < 0,05$)

Таким образом, полученные показатели свидетельствуют о влиянии наночастиц диоксида титана на запуск компенсаторных механизмов в системе красной крови, предположительно затрагивая систему регуляции в красном костном мозге.

Литература

1. Абаева Л.Ф. Наночастицы и нанотехнологии в медицине сегодня и завтра /Шумский В.И., Петрицкая Е.Н., Рогаткин Д.А., Любченко П.Н. // Альманах клинической медицины. – 2010. – №22. – С. 10-16
2. Яушева Е.В. Оценка влияния наночастиц металлов на морфологические показатели периферической крови животных. / Мирошников С.А., Кван О.В. // ВЕСТНИК ОГУ. – 2013. – №12 (161). – С. 203– 207.
3. Зайнетдинова А.Т. Резистентность мембран эритроцитов крыс в условиях длительного воздействия наночастиц диоксида титана / Шамратова В.Г., Шарафутдинова Л.А. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. - №12-4 (66). – С. 18-20.

© Зайнетдинова А.Т., 2018 г.

УДК 538.7

ВЛИЯНИЕ 20-ГИДРОКСИЭКДИЗОНА НА РЕПРОДУКТИВНУЮ СИСТЕМУ САМЦОВ КРЫС ПРИ ПЕРОРАЛЬНОМ ВВЕДЕНИИ

Зарянова А.С., Адельгареева А.Ю.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия.

В настоящее время в мире вновь наблюдается тенденция к росту потребности в лекарственных растительных средствах, которые наряду с относительной безопасностью и возможностью длительного применения имеют достаточную эффективность и широту терапевтического действия. В связи с вышесказанным, представляют интерес растения, содержащие фитостероиды, оказывающие антиоксидантное, анаболическое и тонизирующее действие. Однако, их андрогенные свойства в настоящее время не изучены до конца. Одним из адекватных методов исследования изменений репродуктивной способности мужского организма при различных физиологических и патологических состояниях является количественная оценка морфометрических параметров семенников. Целью данной работы является исследование морфологических особенностей семенников крыс при пероральном введении раствора экдистена (20-гидроксиэкдистерона) в дозе 10 мг/кг массы тела животного в течение 30 дней. Для исследования были использованы 10 половозрелых самцов крыс линии Wistar, массой 120-155г. Животных опытной группы (n=5) выводили из эксперимента на 30-й день, в качестве наркоза был применен хлоралгидрат. Готовили парафиновые срезы семенников крыс интактной (n=5) и опытной групп животных, окрашенные гематоксилином эозином по стандартной методике. Микрофотографирование гистологических препаратов проводили с использованием микроскопа МИКМЕД - 5(ЛОМО) в приложении Levenhuk ToupView.

В результате проведенного исследования было показано, что в условиях перорального введения раствора экдистена (20-гидроксиэкдистерона) в дозе 10 мг/кг массы тела животного в течение 30 дней определяются увеличение толщины, диаметра сперматогенного эпителия, площади ядра клеток Лейдига. Выявленные различия указанных параметров по сравнению с аналогичными показателями контрольной группы животных оказались статистически значимыми ($p < 0,05$). Обнаруженные изменения в структурной организации семенников крыс возможно являются следствием усиления пролиферативной активности клеток сперматогенного эпителия и гормонпродуцирующей деятельности интерстициальных эндокриноцитов семенников крыс на фоне введения раствора экдистена.

Литература

1. Абубакиров, Н.К. Экдистероиды цветковых растений (Angiospermae) / Н.К. Абубакиров // Химия природ. соединений. – 1981. - №6. – С. 685-702.
 2. Новосельская, И.Л. Фитоэкдистероиды *Serratula coronata* L. / И.Л. Новосельская, М.Б. Горовиц, Н. К. Абубакиров // Химия природ. соединений.- 1981. - №5. - С.668-669.
 3. Ахрем, А.А. Экдистероиды: Химия и биологическая активность / А.А. Ахрем, Н.В. Ковганко. - Минск: Изд-во Наука и техника, 1989. - 327 с.
 4. Химическая модификация 20-гидроэкдизона и исследование мембранотроп-ных свойств его производных / Н.К. Политова [и др.] // Химия раст. сырья. - 2001. - №2. - С .69-81.
 5. Особенности морфофункциональных характеристик сперматозоидов у потомства самок крыс с экспериментальным поражением печени алкогольного генеза Асп. Д.С. Ласько, д.м.н., проф. Г.В. Брюхин, к.м.н., доц. М.Л. Сизоренко, асп. Е.А. Алымов
 6. Молнар Е. Общая сперматология. / Е.Молнар. Будапешт 1969. 393.с.
 7. Характеристика миграционной активности сперматозоидов потомства самок крыс с экспериментальным хроническим поражением печени. Текст научной статьи по специальности «Медицина и здравоохранение». Романов А.С.
 8. Репина Е.Н., Мойсенко Н.А., Иванкова Ж.Е. // Фундаментальные исследования. - 2004. - № 2. - С. 151-153.
 9. Исследование полового поведения и сперматогенеза у крыс-самцов с экспериментальным дефицитом магния. А. Ю. Гетманенко, Л. И. Бугаева, А. А. Спасов, С. А. Лебедева, Е. А. Кузубова, М. С. Мальцев.
- © Зарянова А.С., Адельгареева А.Ю., 2018 г.

УДК 538.7

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОСОВМЕСТИМОСТИ МАТЕРИАЛОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ СУКЦИНАМИД ХИТОЗАНА–ГЛИЦЕРИН

Миксонов Д.Н.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время актуальной является проблема создания на основе полимеров природного происхождения, например, хитозана и его производных, материалов медицинского назначения для ранозаживляющих покрытий, имплантируемых протезов, матриц для

тканевой инженерии и др. с заданным комплексом свойств. Основными требованиями к разрабатываемым защитным и матричным материалам являются стимулирование регенерации, размножения и дифференцировки клеток. Для того чтобы разрабатываемый материал мог использоваться в качестве матрикса, он должен иметь определенную структуру, которая позволит ему выполнять каркасную функцию, заполняя собой место дефекта. В этом случае, полимер-основа должен обладать определенными реологическими свойствами, характеризующими его как упруго-вязкое тело.

Цель работы – изучение системной реакции, биологической совместимости и динамики биорезорбируемости этих матриксов при имплантации лабораторным животным. Для исследования системной реакции организма и местной реакции тканей, а также биорезорбируемости пленочные матриксы СХТЗ (контроль) и СХТЗ с глицерином, размером 5×5 мм и толщиной 1 мм, были имплантированы в асептических условиях 20 половозрелым крысам-самцам линии Вистар (180–220 г), наркотизированным эфир-тиопенталовым наркозом. После механической депиляции кожу разрезали и тупым рассечением делали подкожный карман глубиной 1 см, в который вводили исследуемые пленки, ушивали подкожно-жировую клетчатку внутренними швами кетгутовыми нитями и накладывали кожные швы шелковой нитью. После операции раневую поверхность обрабатывали “Астрадез–ОП” в течение 3 сут, а на 5 сут снимали кожные швы. На 3, 7, 24 и 30 сут после имплантации пленок осуществляли забор крови для изучения системной реакции организма. Количество форменных элементов крови определяли на гематологическом анализаторе. После декапитации с соблюдением основных требований к эвтаназии, изложенных в Приложении № 4 к “Правилам проведения работ с использованием экспериментальных животных”, изучали местную тканевую реакцию. Имплантат вместе с достаточным количеством окружающей ткани извлекали на 14, 30 и 60 сут и фиксировали в 10%-ном формалине. Готовили парафиновые срезы толщиной 4–6 мкм (окраска гематоксилин-эозин) по стандартной методике. Микроскопические исследования проводили на микроскопах Leica DMD 108 (“Leica Microsystems”, Германия) с программным обеспечением управления настройками и захвата изображения AxioImager Z1, оснащенного фото-насадкой Progres C3 и программой анализа изображения Axiovision (“Carl Zeiss”, Германия). Оценивали степень фиброз/толщина фиброзной капсулы (в мкм) и воспаления (число и распределение таких клеток, как полиморфоядерные нейтрофилы, лимфоциты, плазматические клетки, эозинофилы, макрофаги и многоядерные клетки, характеризующие воспалительный процесс в срезах ткани), а также наличие некроза ткани. Определяли также

параметры остатков материала, включающие присутствие фрагментов и/или осколков деградируемого материала, их форму и локализацию.

В ходе макроскопического изучения было установлено, что в зоне имплантации у всех животных отсутствовали внешние признаки местной асептической воспалительной реакции. Явлений отторжения имплантов, расхождения швов и других негативных реакций не было выявлено, что указывало на их хорошую биосовместимость. При изучении микроскопических особенностей было обнаружено образование фиброзной капсулы на границе с матриксами. Однако при сравнении результатов имплантации изученных пленок оказалось, что воспалительная реакция тканей на контрольный материал (СХТЗ) была более выраженной по сравнению с реакцией на материалы на основе СХТЗ–глицерин. Так, количество нейтрофилов и лимфоцитов вокруг имплантата было выше. Полученные результаты свидетельствовали о том, что наиболее эффективно процесс биодegradации протекал у животных при имплантации матриксов, изготовленных на основе систем СХТЗ–глицерин, причем скорость их биорезорбции была значительно выше, чем у исходного СХТЗ. Полученные результаты позволили заключить, что материалы на основе систем СХТЗ–глицерин обладали лучшей биосовместимостью и не вызывали негативных реакций при имплантации животным, а следовательно пригодны для биомедицинского применения.

Литература

1. *Andreeva A.S., Fomenkov A.I., Islamov A.Kh., Kuklin A.I., Filippova O.E., Khokhlov A.R.* // Polym. Sci. Ser. A. 2005. V. 47. № 2. P. 194–201.
2. *Philippova O.E., Korchagina E.V.* // Polym. Sci. Ser. A. 2012. V. 54. № 7. P. 552–572.
3. *Grigorieva M. V.* // Biotechnology. 2011. V. 4. № 2. P. 9–23.
4. *Lan C., Niu G.C., Chang S.J. Yao C.-H., Kuo S.M.* // Biomed. Eng. Appl. Basis Commun. 2011. V. 23 № 1. P. 51–62.
5. *Bujang A., Adila S.N., Suyatma N.E.* // Biology, Environment and Chemistry IPCBEE. Materials of 4th International Conference. Singapore: IACSIT Press, 2013. V. 58. № 6. P. 27-31.
6. *Bazanova M.V., Shurshina A.S., Chernova V.V., Kulish E.I.* // Russ. J. Phys. Chem. B. 2016. V. 10. № 6. P. 1014–1021.
7. *Базунова М.В., Валиев Д.Р., Тухватуллин Р.Ф., Кулиш Е.И.* // Научно-технический вестник Поволжья. 2015. № 2. С. 30–32.
8. *Фомина В.И., Малинкина О.Н., Гегель Н.О., Абрамов А.Ю., Шиповская А.Б.* // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2015. Т. 15. № 1. С. 28–36.
9. *Шехтер А.Б., Серов В.В.* Воспаление. Руководство для врачей. / Ред. В.В. Серова, В.С. Паукова. М.: Медицина, 1995. С. 200–219.

10. Vasconcelos D.P., Fonseca A.C., Costa M., Amaral I.F., Barbosa M.A., Aguas A.P., Barbosa J.N. // *Biomaterials*. 2013. V. 34 № 38. P. 9952–9959.

11. Martins A.F., Borges N.C., Coutinho P.V., Lemes A.R., Silva A.S., Barbosa R.K., Paulo N.M. // *Acta Cir. Bras.* 2015. V. 30 № 10. P. 675–680.

© Миксонов Д.Н., 2018 г.

УДК 577

ДНК-МАРКЕРЫ ДЛЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ

Нигматуллина Н.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В качестве молекулярных маркеров при изучении растений используют различные повторяющиеся последовательности геномов. Среди тандемно организованных повторяющихся последовательностей наиболее полиморфными являются микросателлитные последовательности и ретротранспозоны (табл.1).

Таблица 1

Микросателлитные	Ретротранспозоны
AFLP-маркер	REMAP - маркер

AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) - анализ основан на селективной амплификации продуктов рестрикции ДНК. Так как продукты анализа разделяются в полиакриламидных гелях, этот метод имеет высокую разрешающую способность и может помочь выявить большее количество локусов, в том числе полиморфных, в сравнении с маркерами, анализируемыми в агарозных гелях. На разрешающую способность AFLP метода влияет система детекции фрагментов [1]. Метод использовался для проведения оценки вариации ДНК у растений *Arabidopsis thaliana*, регенерированных органогенезом из корней [2].

REMAP (Retrotransposon-Microsatellite Amplified Polymorphism) – полимеразная цепная реакция между праймером к фрагменту LTR-ретротранспозона и праймером из рядом расположенного, простого микросателлитного повтора (SSR-праймер). Позиция амплифицируемого фрагмента ретротранспозона «заякоривается» путем использования праймера к микросателлитному локусу [3].

Литература

1. Реунова Г. Д., Полиморфизм RAPD, ISSR и AFLP маркеров генома женьшеня настоящего *Panax Ginseng C.A. Meyer (Araliaceae)*. // Генетика, 2010. Т. 46. С. 1057–1066.

2. Polanco C., Ruiz M. AFLP analysis of somaclonal variation in arabidopsis thaliana regenerated plants. // Plant sci. 2002. V.162. P. 817–824

3. Kalendar R., Schulman A.H. IRAP and REMAP for retrotransposon-based genotyping and fingerprinting. // Nature Protoc. 2006. V. 1. P. 2478–2484.

© Нигматуллина Н.В., 2018 г.

УДК 577

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОТОКСИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА

Никитин Д. Е.

Башкирский Государственный Университет, г. Уфа, Россия

Динамичное развитие нанотехнологий привело к широкому производству и применению материалов, содержащих наноразмерные частицы [3]. Среди наноматериалов на сегодняшний день в наиболее крупных масштабах вырабатываются и используются наночастицы диоксида титана [4]. Быстрый рост числа публикаций о токсическом воздействии наночастиц TiO_2 подтверждает, тот факт, что существует высокий уровень научного интереса в отношении безопасности TiO_2 [4-5]. Опираясь на результаты проведенных ранее исследований, можно отметить потенциальное эмбрио-[1] и нейротоксические [2] эффекты наночастиц TiO_2 . Целью настоящего исследования являлось определение возможного нейротоксического действия наночастиц TiO_2 , вводимых в составе суспензии опытной группе крыс линии Wistar в количестве 10 мг/кг массы тела в течении 30 дней. По истечению срока введения препарата, крысы опытной и контрольной групп были выведены из эксперимента посредством декапитации. Были получены фронтальные парафиновые срезы мозга крыс контрольной и опытной групп, которые окрашивали по Ниссию и гематоксилином-эозином по стандартной методике. Исследование и визуализация препаратов проводилась с дальнейшей микрофотографией областей среза с использованием цифровой камеры Levenhuk C800 в программном обеспечении Levenhuk TourView. Изучены поля гиппокампа - CA1 и CA3. После визуализации был проведен морфометрический анализ, который позволил определить средние площадь ядра и перикариона нейронов, удельную плотность

клеток в исследуемых зонах гиппокампа мозга контрольной и опытной групп животных. Проведена статистическая обработка полученных данных. Результаты исследования показали существенные изменения морфометрических показателей гиппокампа крыс опытной и контрольной группы. Так, наблюдалось существенное уменьшение площади ядра, перикариона нейронов исследуемых полей гиппокампа, удельной плотности расположения клеток гиппокампа крыс опытной группы по отношению с аналогичными показателями контрольной группы животных, что свидетельствует о возможном нейротоксическом действии наночастиц диоксида титана.

Литература

1. Шарафутдинова Л.А., Хисматуллина З.Р., Даминов М.Р., Валиуллин В.В. Исследование эмбриотоксического действия наночастиц диоксида титана на крыс. Морфологические ведомости. 2017. Т. 25. № 3. С. 37-42
2. Шарафутдинова Л.А., Федорова А.М., Башкатов С.А., Синельников К.Н., Валиуллин В.В. Нейротоксические эффекты наночастиц диоксида титана. Вестник Уральской медицинской академической науки. 2018. Т. 15. № 1. С. 87-95.
3. Songo B., Liu J., Feng X., Wi L., Shao L. A review on potential neurotoxicity of titanium dioxide nanoparticles. *Nanoscale res Lett.* 2015; 10 (1):1042.
4. Syed N.S., Zahir S., Muzammal H., Muzaffar K. Hazardous Effects of Titanium Dioxide Nanoparticles in Ecosystem// *Bioinorganic Chemistry and Applications.* 2017. Article ID 4101735, 12 pagesdoi.org/10.1155/2017/4101735
5. Ze Y., Sheng L., Zhao X., Hong J., Ze X., et al. TiO₂ Nanoparticles Induced Hippocampal Neuroinflammation in Mice. *PLoS ONE.* 2014; 9 (3). doi: 10.1371/journal.pone.0092230

© Никитин Д. Е., 2018 г.

ОПЫТ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЧАЙНОГО ГРИБА НА НАСТОЕ ЧАГИ

Рахматуллин Ш.Р.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ) бактериального происхождения обладает рядом уникальных качеств, как, например, способность не расщепляться в тканях, что позволяет использовать ее для изготовления протезов сосудов, вживляемых в артерии. Известно использование бактериальной целлюлозы в качестве перевязочного материала для лечения открытых ран. При этом микрокристаллическая целлюлоза оказалась биологически совместимым материалом, хорошо сохраняющим форму, и продемонстрировала практически полное отсутствие реакции отторжения [1].

Combucha, или чайный гриб, представляет собой симбионт, образованный несколькими видами дрожжей (*Zygosaccharomyces sp.*, *Saccharomyces sp.*) и бактерий (*Acetobacter sp.*, *Gluconobacteroxydans*, *Bacterium gluconicum*, *Torula*, *Dekkera*, *Pichiasp.*). Этот симбиотический организм в последнее время находит широкое применение в качестве источника бактериальной целлюлозы [1,2].

Применение микрокристаллической целлюлозы имеет большой потенциал в медицине, что делает актуальной разработку технологии ее производства в промышленных масштабах [3]. В настоящее время все известные методики культивирования биомассы медузомицета основываются на использовании настоя черного чая и сахарозы [4]. Кроме того, использование пищевых продуктов делает производство микрокристаллической целлюлозы экономически невыгодным. В связи с этим важным является поиск более дешевых субстратов, в качестве одного из которых нами был предложен настой чаги.

С биологической точки зрения наросты чаги представляет собой бесплодную стадию развития трутового гриба *Inonotus obliquus*. В отдельные годы у нас в стране объем заготовок воздушно-сухой чаги составлял 300–500 т [5, 6]. Чага содержит широкий спектр различных БАВ: водорастворимые пигменты в большом количестве (20%); птерины (производные птеридина), наличием которых обуславливается цитостатическое действие чаги; полисахариды (6–8%); агарициновая гуминоподобная чаговая кислота (до 60%); органические кислоты - 0,5–1,3% (щавелевая, уксусная, муравьиная, ванилиновая, сиреневая, п-оксибензойная, 2 тритерпеновые кислоты— инонотовая и обликвиновая); липиды (ди- и триглицериды); стероидные вещества (стерины — эргостерол, тетрациклические тритерпены — ланостерол и инотодиол);

лигнин; клетчатка; свободные фенолы; флавоноиды; кумарин, пеллеоданин; целлюлоза; смолы; следы алкалоидов невяясненной структуры; зола (12,3%), богатая марганцем; другие микроэлементы в виде оксидов: медь, барий, цинк, железо, кремний, алюминий, кальций, магний, калий, натрий, причем калия в 5–6 раз больше, чем натрия [7]. В случае успеха выращивания чайного гриба на настое чаги мы к тому же получали бы напиток с ценными свойствами.

Для получения водного экстракта, согласно методике Государственной фармакопеи (ГФ XII), исходное сырье подвергали измельчению до диаметра частиц не более 2 мм. 10 г измельченного сырья помещали в колбу вместимостью 500 мл, добавляли 300 мл воды выдерживали при комнатной температуре 60 мин. Полученную суспензию кипятили с использованием обратного холодильника 120 мин. Далее полученный экстракт отделяли от шрота путем фильтрования, добавляли сахар для получения 5% концентрации, водное извлечение охлаждали до температуры 18–20 °С. Затем в данную среду помещали чайный гриб. В качестве контроля выступал чайный гриб, который выращивался на настое чая с добавлением сахара 5% концентрации.

В течение 4 недель мы измеряли изменение массы плодового тела чайного гриба, сравнивая контрольную и опытную группу. Прирост составил 31,1 г сырой массы. Культивирование чайного гриба на настое чаги дало прирост всего 5,1 г.

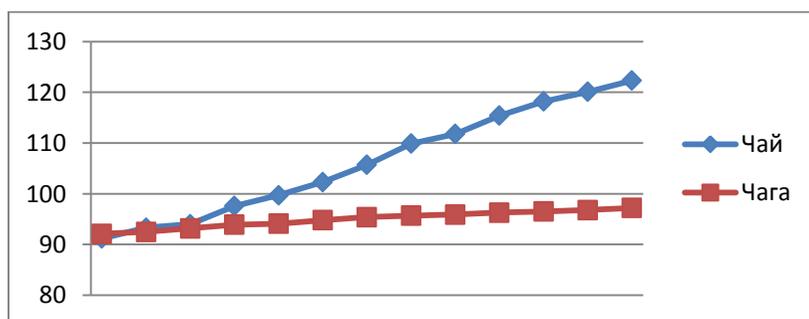


Рис. 1. Изменение сырой биомассы (г) чайного гриба при культивировании на настое чая и чаги в течение 26 дней.

Кроме того, внешне медузомицет начал терять механическую прочность, стал более рыхлым. В связи с этим мы провели микроскопическое исследование структуры опытного и контрольного гриба (рис. 2). Было приготовлено несколько микропрепаратов, которые были изучены с помощью микроскопа при увеличении в 10 и в 60 раз.

Окрашивание микроскопических препаратов грибов проводилось с помощью 1-2 капель раствора Люголя.

На фотографии гриба, растущего на настое чая, хорошо видны желтовато-коричневые клетки дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, бактерии родов *Acetobacter* и *Gluconobacter* и еле видные нити МКЦ (рис 2-1).

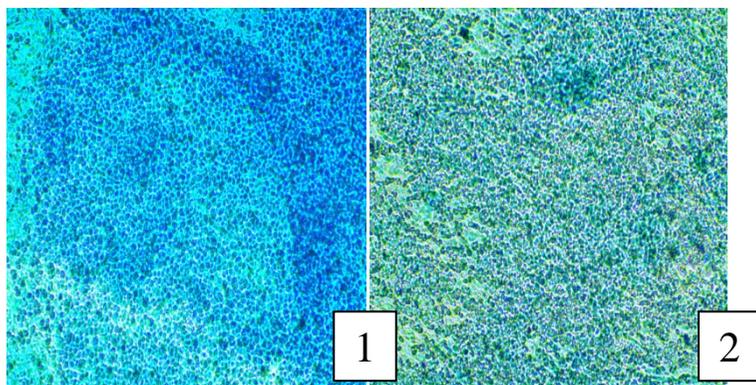


Рис. 2. Структура чайного гриба при выращивании на настое чая (1) и чаги (2).

При культивировании чайного гриба на настое чаги наблюдалось снижение количества дрожжевых клеток и образование пустот в теле гриба (рис. 2-2). Вероятно, одним из факторов подавления роста и развития гриба является наличие в настое чаги птеринов, обладающих цитостатическим действием [8].

На основании полученных результатов можно сделать вывод о невозможности использования чаги в качестве компонента питательной среды медузомицета.

Литература

1. <http://www.findpatent.ru/patent/252/2525142.html> // дата обращения 23.09.2018г.
2. Кунакова Р.В., Зайнуллин Р.А., Гаделева Х.К. Данилова О.А. Никитина А.А. Влияние условий культивирования чайного гриба (Combuchа) на его функциональные свойства.
3. Глинка Н.Л. Общая химия. — 22 изд., испр. — Ленинград: Химия, 1977. — 719 с
4. Jayabalan, Rasu (21 June 2014). "A Review on Kombucha Tea— Microbiology, Composition, Fermentation, Beneficial Effects, Toxicity, and

Tea Fungus". Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 13 (4): 538–550

5. Инструкция по сбору и сушке сырья чаги. — В сб.: Инструктивные материалы. Вып. 6. М., Изд. Всес. конъюнктурно-информ. бюро Минздрава СССР, 1969.

6. Мильберг Г. К., Якимов П. А. Чага и методы ее заготовки. М., Изд. Центросоюза, 1957.

7. http://www.provisor.com.ua/archive/2004/N16/art_16.php //дата обращения 22.09.2018г.

8. Хасанова С.Р., Куватова Н.Д., Аюпова Н.Г., Кудашкина Н.В., Гашимова Д.Т., Фархутдинов Р.Г. Фитотерапия при инфекционных заболеваниях. Сер. Библиотека практикующего врача. Уфа, 2010, Травы Башкирии, 80 с.

© Рахматуллин Ш.Р., 2018 г.

УДК 573.4

ВЛИЯНИЕ ФОСФАТИДИЛСЕРИНА НА ЦЕНТРАЛЬНУЮ НЕРВНУЮ СИСТЕМУ

Салаватова Э.Ш.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Фосфатидилсерин – это фосфолипид, содержащий фосфорную кислоту, жирную ненасыщенную кислоту, аминокислоту серин. Снабжает нервные клетки витаминами и биологически активными веществами, обеспечивает достаточную интенсивность метаболизма, располагается на внутренней оболочке клеточной мембраны [7].

Центральная нервная система влияет практически на все органы, на их развитие и здоровье. В строение центральной нервной системы входят и головной, и спинной мозг [5]. Под линзами микроскопа, можно увидеть множество нейронов с отростками - нервных клеток и волокон.

Возможность нервной клетки полноценно осуществлять свою функцию зависит от количества фосфатидилсерина, поступающего в организм с пищей или в виде биологических добавок [7].

Соединение не принимает активного участия в обеспечении энергией мозговых центров. Его основной целью является формирование полноценной структуры клеточной мембраны.

Исследования показали, что фосфатидилсерин улучшает память, концентрацию внимания, мышление, борется с усталостью и снижает восприимчивость к стрессу [3]. На мой взгляд таким способом он снижает потребность в стрессовых гормонах. Таким образом, он может ослабить увеличение, как кортизола, так и адренкортикотропина. Синтетические

препараты, используемые для искусственного снижения уровня кортизола, такие как цитадрен, вызывают сильное повышение адренокортикотропина для того, чтобы преодолеть эффекты этого препарата [5]. Конечно же, лучше не допускать этого негативного эффекта. Если уровень адренокортикотропина не увеличивается при приеме фосфатидилсерина, следовательно, фосфатидилсерин действует вне зависимости от адренокортикотропина - возможно, на уровне проопиомеланокортина, как синтетические андрогены. Это - отличная новость.

Из биологически активной добавки можно получить необходимое количество фосфатидилсерина, которую производят из соевого лецитина [7]. На сегодняшний день такой способ доставки нужного компонента нервных клеток считается наиболее рационально обоснованным.

Лецитин обеспечивает мозг холином, поддерживает постоянную концентрацию нейромедиатора ацетилхолина, от которого зависит течение эмоциональных и мнестических процессов. Источниками холина в питании являются куриные яйца, мясо, птица, зерновые хлопья. А так же для поддержания активной работы центральной нервной системы используют биологически активные добавки к пище на основе женьшеня, родиолы розовой, лимонника [7].

Фосфатидилсерин является одним из компонентов клеточных мембран. Наибольшие концентрации фосфатидилсерина наблюдаются в нервных клетках, что свидетельствует о важном значении этого фосфолипида для функционирования нервной системы [2]. И действительно, имеющиеся на сегодняшний день экспериментальные исследования свидетельствуют, что фосфатидилсерин, стимулирует синтез ацетилхолина и активизирует холинергические процессы в головном мозге.

Так же фосфатидилсерин не дает возможность разрушению клеток головного мозга. Поддерживает оптимальное число мозговых рецепторов, фактора роста нервной ткани, одного из важных регуляторов функционирования нервных клеток. Способствует активизации метаболизма глюкозы в головном мозге, повышает устойчивость нервных клеток и они становятся более устойчивыми к ишемическому поражению [1].

Исходя из вышесказанного, большинство эффектов фосфатидилсерина реализуется на уровне мембран нервных клеток, одним из главных фосфолипидных компонентов которых является фосфатидилсерин.

В организме фосфатидилсерин может синтезироваться сам, но, к примеру, в пожилом возрасте, может резко снизиться синтез

фосфатидилсерина [4]. Недосток можно корректировать за счет дополнительного потребления пищевого фосфатидилсерина и пищевых добавок, содержащих натуральный или модифицированный соевый фосфатидилсерин.

Дефицит фосфатидилсерина у людей пожилого возраста вызывает прогрессирующее церебральное атеросклероз, вследствие избыточного образованием низкомолекулярного холестерина. Мембрана нейронов становится непроницаемой для жизненно важных питательных веществ [6].

Даже у здорового человека на фоне нехватки фосфатидилсерина возникает ухудшение эмоционального состояния. В виде плаксивости, раздражительности из-за трудностей в переработке информации. Особенно ощутим дефицит при значительных умственных нагрузках.

У детей и подростков недостаток фосфолипидов приводит к затруднению формирования новых межнейронных связей. На мой взгляд, исходя, из этого появляются трудности в обучении, затруднения с усвоением информации и формированием логических связей. А у детей младшего возраста наоборот проявляется гиперактивность (двигательное возбуждение) с дефицитом внимания [1]. В связи с этим обучение становится неэффективным.

Следовательно, недостаток фосфолипидов затрудняет проведение и восприятие нервного импульса, что является важным звеном в патогенезе таких заболеваний:

1. рассеянный склероз;
2. полиневропатия;
3. депрессия;
4. болезнь Альцгеймера;
5. энцефалопатия;
6. болезнь Паркинсона;
7. астенические состояния [2].

Фосфатидилсерин, поступающий в нервную ткань с пищей или биологически активными добавками, оказывает следующее воздействие на организм:

1. улучшает трофические процессы в сером и белом веществе мозговой ткани;
2. способствует формированию новых межнейронных связей, благодаря чему хорошо усваивается новая информация;
3. активизируется работоспособность (умственная и физическая), уменьшается утомляемость;
4. стабилизирует все фазы сна, настроение.

На мой взгляд, фосфатидилсерин положительно влияет на процессы нервной системы: память, мышление. Стимулируются функции

познания, повышается стойкость мозга к нагрузкам. Фосфатидилсерин приводит в норму деление нервных клеток, нормализует кровоток, при этом синтез кортизола понижается. Благодаря воздействию натурального фосфолипида повышается концентрация глюкозы, удовлетворяя потребности головного мозга в энергии. Работая над улучшением психических процессов, фосфатидилсерин помогает организму бороться с синдромами астении - раздражительностью, апатией, усталостью.

Литература

1. A. Kato-Kataoka. Soybean-derived phosphatidylserine improves memory function of the elderly Japanese subjects with memory complaints. – 2010. – Vol.47, №3. – P. 246–255.
2. J. F. Chem. Phosphatidyl serine/ Bayer. - 1999. – vol.212, №1. – P.25.
3. Т.Н. Crook. Effects of phosphatidylserine in age-associated memory impairment / [et al.] // Neurology. – 1991. – Vol. 41, № 5. – P. 644–649.
4. А. Р. Лурия. Высшие корковые функции человека – М.:Изд-во МГУ, 2000, 280 с.
5. Б. А. Поттер. Активаторы мозга.;Трансперсональный институт., 2000, 200 с.
6. В. Н. Титов, Атеросклероз - проблема общей биологии: нарушение функции питания и эндоекологии., Российский кардиологический научно-производственный комплекс, 2009, с. 124-143.
7. Р. С. Аткинс. Биодобавки доктора Аткинса. Природная альтернатива лекарствам при лечении и профилактике болезней.;Поппури., 2012, 529 с.

© Салаватова Э.Ш., 2018 г.

УДК 573.4

АДАПТОГЕН РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ – РОДИОЛА РОЗОВАЯ (RHODIOLA ROSEA). ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Саматова Э.И.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Родиола розовая (*Rhodiola rosea*) – многолетнее травянистое растение семейства толстянковых (*Crassulaceae*), насчитывающего 22 вида. Род *Rhodiola* близок с родом *Sedum*. Предположительно род *Rhodiola* является ответвлением одного из видов *Sedum*.

История Родиолы розовой как отдельный вид берет свое начало в высокогорьях Южной Сибири, откуда растение распространилось как в

долготном направлении по горным массивам, так и к северу через хребты Приенисейской и Восточной Сибири до Арктики [11].

Имея широкий аркто-высокогорный ареал с разными условиями произрастания, Родиола розовая является полиморфным видом.

Произрастает в регионах с умеренным и холодным климатом: полярно-арктической области и высокогорном поясе, на древних моренах, альпийских и субальпийских лугах, в расщелинах по берегам ручьев, на каменистых и щебнистых склонах, в маховой и лишайниковых тундрах. Встречается и выше 2700 метров над ледниками. Северная Америка, Ирландия, Великобритания – регионы, где наиболее часто встречается Золотой корень. В России же Родиолу розовую можно найти на Алтае, Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, включая Сахалин и Камчатку [2, 14].

Благодаря своему составу, который включает в себя около 140 химических компонентов, Родиола розовая обладает широким спектром лечебных свойств. Вещества, находящиеся в растении в наибольшем количестве – фенолы, фенилкарбоновые кислоты, дубильные вещества, флавоноиды, антрахиноны, алкалоиды. В Тувинской народной медицине история ее применения насчитывает свыше 400 лет [1, 4, 5, 7].

Родиолу розовую по сравнению с другими растительными адаптогенами стали использовать в официальной медицине недавно. Так как местные жители называли это растение «золотой корень» его не могли идентифицировать как Родиолу розовую. К моменту ее обнаружения учеными Золотой корень уже имел применение: использовался как тонизирующий напиток, при метро- меноррагиях, диарее, для лечения горной болезни и кислородном голодании, лихорадки, головной боли, цинге, малярии. Из сока корня готовились дезинфицирующие средства для очистки и обработки ран. Настойки применялись при сердечнососудистых и желудочно-кишечных заболеваниях [15].

Изучение фармакологической активности родиолы показали, что по своим адаптогенным свойствам она не уступает женьшеню и элеутерококку, не смотря на то, что является сравнительно «молодым» адаптогеном.

Существует мнение, что препараты родиолы изменяют биоэлектрическую активность головного мозга в результате прямого влияния при участии

ретикулярной формации стволовой части головного мозга. Отмечено, что в малых дозах салидрозид обладает Н-холинопозитивным действием, а в больших – центральным М-холинонегативным действием [13, 10].

Высокая концентрация антиоксидантов и вещество салидрозид в корневищах растения повышают естественную способность организма противостоять токсинам, проявляют антибактериальную и противоопухолевую активность, что позволяет использовать родиолу при лечении некоторых видов рака и для восстановления после химиотерапии [8, 9].

По некоторым литературным данным применение родиолы розовой при онкологии ингибирует рост опухоли, повышает эффект химиотерапии, увеличивает лейкоциты в крови при лейкопении. Растительное средство особенно важно против метастазов и рецидивов опухоли. Родиола розовая (золотой корень) прекрасно сочетается с лекарствами – и с цитостатиками (циклофосфан, тиофосфамид), и с фторурацилом и фторафуром. В лечении онкобольных предпочтение родиоле перед другими адаптогенами необходимо в случаях, когда нужен быстрый, сильный эффект при выраженной астении.

На фоне адаптогенов можно снижать дозы лекарств. Это уникальное свойство нашло свое применение в терапии заболеваний сердца: Родиола розовая помогает регулировать сердцебиение и устранять аритмию, снижая тем самым шансы возникновения атеросклероза, инфарктов и инсультов.

Избыток стрессовых гормонов негативно влияет на организм и может привести к болезням сердца, гипертонии и критическому уровню калия. Родиола розовая широко применяется для восстановления эмоционального и физического здоровья, в том числе нормализации сексуальной функции как у сильного, так и у слабого полов. Препараты родиолы назначают мужчинам при эректильной дисфункции и преждевременном семяизвержении, а женщинам золотой корень помогает в период климакса, при бесплодии, маточных кровотечениях, нерегулярных месячных и молочнице [12].

Активное вещество салидрозид не только защищает эритроциты от окислительного стресса, но и участвует в снабжении клеток кислородом, а также стабилизирует азотистый обмен. Особенно это важно для пожилых людей, подверженных риску наступления деменции или болезни Альцгеймера. Регулярное употребление чая и сборов с родиолой розовой стимулирует работу мозга, улучшает память и способность к концентрации, является профилактикой нейродегенеративных расстройств [6].

Вопрос охраны родиолы розовой в нашей стране заслуживает серьезного внимания. Вид включен в “Красную книгу Российской Федерации”. Статус: Редкий вид с сокращающейся численностью. Категория 2. Это связано с периодом возобновления кустов родиолы, который длится 10 лет. Вид также находится в Красной Книге

Приморского Края. Здесь он ещё не на грани исчезновения, но степень риска его исчезновения в природе в недалёком будущем очень высока.

Охрана растений невозможна без сохранения условий их обитания. На территории распространения видов необходимо создание заповедников, заказников природы, а также запрещение сбора семян и сырья, лимитирование посещения мест произрастания редких видов растений туристами [16].

Существенную роль в сохранении богатств растительного мира играют ботанические сады, находящиеся в различных климатических зонах. В них проводится изучение редких и эндемичных видов, разрабатываются вопросы охраны и рациональных способов размножения, а также вопросы реинтродукции. В последние годы разрабатывается и находит все более широкое распространение, как за рубежом, так и в нашей стране новый метод вегетативного размножения родиолы — размножение методом культуры тканей.

Литература

[1] Белый В.А., Печников А.А., Кочева Л.С., Москалёв А.А., Карманов А.П. Лигнины Родиолы розовой и Серпухи венциносной: особенности химической структуры и антиоксидантные свойства. // Успехи геронтол. 2010. Т.23.№2. С.221-227.

[2] Горчаковский П.Л. Флора и растительность высокогорий Урала. – научн. тр. Свердл. ин-та биологии, 1966, №48, с.78-140

[3] Датиева Ф.С., Хетагурова Л.Г., Тагаева И.Р., Медоева Н.О., Борукаев Б. А. Комплексное изучение влияния фитоадаптогенов на макро- и микрогемодинамику, систему гемостаза и тромборезистентность сосудистой стенки в эксперименте // Владикавказский медико-биологический вестник. 2013. Т. 17. № 26. С. 18-27.

[4] Запесочная, Г.Г. Гликозиды коричневого спирта из корневищ / Г.Г. Запесочная, В.А. Куркин // Химия природ, соединений.- 1982. № 6.- С. 723-727.

[5] Запесочная, Г.Г. Флавоноиды и циннамилгликозиды корневищ *Rhodiola rosea* / Г.Г. Запесочная, В.А. Куркин // Всесоюз. симпозиум по фенольным соединениям (4; 1982; Ташкент): тез.докл. -Ташкент, 1982.- С. 32-33.

[6] Запесочная, Г.Г. Флавоноиды корневищ *Rhodiola rosea* / Г.Г. Запесочная, В.А. Куркин // Химия природ, соединений.- 1983. № 1.- С. 23-32.

[7] Захожий И. Химический состав подземных органов растений *Rhodiola rosea* L., культивируемых в среднетаежной подзоне Республики Коми// Вестник ИБ, 2009, №8, С.36-40.

[8] Краснов Е.А., Вейц Л.А. Исследование эфирного масла родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.) // В кн.: Стимуляторы центральной нервной системы. Томск, 1968. Вып. 2. С. 18–21.

[9] Марина Т.Ф., Алексеева Л.П. Влияние родозина и родиолозида на электроэнцефалограмму кроликов // В кн.: Стимуляторы центральной нервной системы. Томск, 1968. Вып. 2. С. 22–26

[10] Марина Т.Ф. Влияние препаратов родиолы розовой на условно-рефлекторную деятельность крыс // В кн.: Успехи в изучении природных и синтетических средств. – Томск, 1982. – С. 140–142.

[11] Положий А.В., Ревякина Н.В., Ким Е.Ф., Свиридова Т.П. Родиола розовая. Золотой корень. *Rhodiola rosea* L. – В кн.: Биология растений Сибири, нуждающихся в охране. Новосибирск, 1985, с.85-114

[12] Поликарпова М. Фитоэстрогены в лечении гинекологических заболеваний. Растения, содержащие фитоэстрогены: ортилия однобокая (боровая матка) и родиола холодная (красная щетка). // Bulletin of Medical Internet Conferences (ISSN 2224-6150), 2016. Volume 6. Issue 5.

[13] Э.Ф. Степанова, Баракат Ширзад, С.Б. Евсеева, Родиола розовая: состояние исследований и возможности создания космецевтических и дерматологических средств. Фармация и фармакология Т. 4 No 5, 2016

[14] Сузов Ю.П. Запасы *Rhodiola rosea* в горах Алтая и Западных Саян. – В кн.: Успехи изучения лекарст. растений Сибири. Томск 1973, с.8-10

[15] Уварова О.В., Боярских У.А., Куцев М.Г. История флоры // Turczaninowia 2009, №12 (3), С. 149-157.

[16] Хапилина О.Н., Купешев Ж.С., А.Н.Данилова, Р.Н.Календарь Сохранение биоразнообразия Родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.) // В сборнике: Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты) материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию отдела биотехнологии растений Никитского ботанического сада. 2016. С. 64-65.

© Саматова Э.И., 2018 г.

УДК 538.7

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА
ПРИ ИХ ПЕРОРАЛЬНОМ ВВЕДЕНИИ НА
МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ВИЛОЧКОВОЙ
ЖЕЛЕЗЫ КРЫС**

Синельников К., Харрасова Г. А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В данной работе с использованием классических морфологических подходов и специфичных маркеров: пролиферации - Ki-67, апоптоза - белка p53 и макрофагов - CD68, позволяющих адекватно идентифицировать не только сами клетки, но и их функциональное состояние, проведено исследование тимуса крыс после перорального введения (10 мг/кг массы тела животного, 28 дней) нанодисперсной формы TiO₂ (рутильная форма, 40-60 нм), полученной разведением порошка TiO₂ в дистиллированной воде. Агрегацию наночастиц предотвращали обработкой суспензии нанодисперсного TiO₂ в ультразвуковой ванне. Крысам контрольной группы перорально вводили дистиллированную воду в том же объеме. Серийные парафиновые срезы тимуса окрашивали гематоксилином-эозином, пикрофуксином по Ван-Гизону, проводили иммуногистохимическое окрашивание с использованием антител к Ki-67, CD68, p53.

Выявлены существенные изменения ткани вилочковой железы при воздействии НЧ TiO₂. В тимусе экспериментальных животных установлено уменьшение доли коркового вещества на 17,6%, отмечается значительное снижение плотности клеточной популяции за счет уменьшения количества тимоцитов. Иммуногистохимическое типирование позволило обнаружить, что в условиях воздействия НЧ TiO₂ наблюдается снижение числа Ki-67-позитивных клеток в корковом веществе дольки вилочковой железы, что говорит об угнетении процессов пролиферации в этих условиях. На фоне воздействия НЧ TiO₂ обнаружено увеличение на в 5,18 раз количества клеток, вступающих в апоптоз корковом веществе дольки тимуса опытной группы, о чем свидетельствуют результаты иммуногистохимического исследования экспрессии маркера апоптоза белка p53. Возможно, в качестве компенсаторного механизма происходит выраженное увеличение количества макрофагов, на что указывает повышение среднего числа CD68-иммунопозитивных клеток в корковом веществе тимуса опытной группы в 2,61, а в мозговом веществе – в 1,35 раз.

Обнаруженные морфофункциональные изменения тимуса при пероральном введении наночастиц TiO₂ свидетельствуют об их иммуносупрессивном действии.

Литература

1. Karimipour M., ZirakJavanmard M., Ahmadi A., Jafari A. Oral administration of titanium dioxide nanoparticle through ovarian tissue alterations impairs mice embryonic development.// J Reprod Biomed (Yazd). 2018;16(6):397-404.
2. Winkler H.C., Notter T., Meyer U., Naegeli H. Critical review of the safety assessment of titanium dioxide additives in food// J Nanobiotechnology. 2018; 16:51.
3. Hong F., Zhou Y., Zhou Y., Wang L. Immunotoxic effects of thymus in mice following exposure to nanoparticulate TiO₂// Environ Toxicol. 2017;32(10): 2234-2243.
4. Ngobili T.A., Daniele M.A. Nanoparticles and direct immunosuppression// Exp Biol Med (Maywood). 2016; 241 (10): 1064-73.
5. Кварацхелия А. Г., Ключкова С В., Никитюк Д. Б., Алексеева Н. Т. Морфологическая характеристика тимуса и селезенки при воздействии факторов различного происхождения// Журнал анатомии и гистопатологии. 2016; 5 (3):77-83.
6. Шарафутдинова Л.А., Федорова А.М., Башкатов С.А., Синельников К.Н., Валиуллин В.В. Структурно-функциональная характеристика сперматогенного эпителия крыс в условиях воздействия наночастиц диоксида титана.// Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2018. Т. 166. № 8. С. 241-245.
7. Шарафутдинова Л.А., Федорова А.М., Башкатов С.А., Синельников К.Н., Валиуллин В.В. Нейротоксические эффекты наночастиц диоксида титана.// Вестник Уральской медицинской академической науки. 2018. Т. 15. № 1. С. 87-95.
8. Шарафутдинова Л.А., Хисматуллина З.Р., Даминов М.Р., Валиуллин В.В. Исследование эмбриотоксического действия наночастиц диоксида титана на крыс.// Морфологические ведомости. 2017. Т. 25. № 3. С. 37-42

© Синельников К., Харрасова Г. А., 2018 г.

УДК 577

**ИММУНОГИСТОХИМИЧЕСКИЕ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ
ИЗМЕНЕНИЯ АСТРОЦИТОВ В МИНДАЛЕВИДНОМ
КОМПЛЕКСЕ МОЗГА ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОЛОВЫХ ГОРМОНОВ**

Файрушина А.И., Денисова В.В., Садртдинова И.И., Хисматуллина З.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

По литературным данным известно, что травмы, стресс и нервные патологии вызывают увеличение количества и размеров глиальных элементов нервной ткани [2; 3]. Астроцитарная глия – это важнейшая вспомогательная ткань нервной системы, клетки которой реактивно реагируют на любые изменения со стороны нейронов, как функциональные, так и патологические. Для выявления этих изменений, а также для диагностирования тяжести заболеваний и совершенствования способов дальнейшего лечения начал активно применяться такой высокоинформативный метод, как иммуногистохимия. При этом используются антигенные маркеры, в том числе глиальный кислый фибриллярный белок (GFAP). GFAP – это узкоспецифичный маркер цитолиза, некроза и апоптоза клеток нервной ткани, выделяемый исключительно астроцитами [1]. Целью нашего исследования стало изучение влияния уровня половых гормонов на иммуногистохимические и морфометрические характеристики астроцитов переднего кортикального ядра (СОа) миндалевидного комплекса (МК) мозга крыс.

Исследование было проведено на 24 самцах крыс линии WAG/Rij (генетическая модель абсанс-эпилепсии), разделенных на 3 группы. Контрольную группу составили ложнооперированные животные, 2-ую группу – орхидэктомированные крысы, 3-ей группе крыс спустя месяц после орхидэктомии внутривентриально вводили препарат «Омнадрен-250» в дозе 165 мг/кг. После умерщвления животных и взятия биологического материала иммуногистохимическим методом выявляли содержание GFAP. Для визуализации и морфометрии использовали световую микроскопию. Статистический анализ данных проводили в программе Statistica v.10.0.

Результаты нашего исследования показали, что уровень половых гормонов влияет на активность выделения астроцитами специфического глиального фибриллярного кислого белка (табл. 1). При экспериментально вызванном дефиците половых гормонов у самцов крыс линии WAG/Rij наблюдалась усиленная экспрессия GFAP, происходило изменение форм клеток и увеличение площади астроцитов до $518,97 \pm 20,03 \text{ мкм}^2$ ($p < 0,01$). После заместительной терапии гипертрофия тел и отростков уменьшилась, очертания астроцитов приняли более четкую форму,

реакция на GFAP менее выражена. Мы предполагаем, что заместительная терапия нивелирует указанные нарушения в клетках.

Таблица 1

Изменение площади астроцитов в СОа МК мозга при различных уровнях половых гормонов у самцов крыс ($M \pm m$)

Исследованная группа	Площадь астроцитов, $\mu\text{м}^2$ (n=38)
Контроль	$376,38 \pm 15,84$
Орхидэктомия	$518,97 \pm 20,03^*$
Заместительная терапия	$429,46 \pm 9,06^{\wedge}$

Примечания: n – количество подсчетов; * – значения достоверны при сравнении групп «контроль» и «гонадэктомия» ($p < 0,01$); \wedge – значения достоверны при сравнении групп «орхидэктомия» и «заместительная терапия» ($p < 0,01$).

Таким образом, иммуногистохимическое выявление GFAP в СОа МК мозга указывает на то, что астроцитарная глия активно реагирует на гормональный дисбаланс, изменяя при этом свои морфоструктурные характеристики.

Литература

1. Дюйзен И.В., Иванис В.А., Михайлов А.С., Менчинская Е.С., Манжуло И.В., Огурцова О.С. Исследование содержания нейрональных маркеров при некоторых инфекционных заболеваниях // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2015. – № 2. – С. 27-30
2. Садртдинова И.И. Морфофункциональные изменения в миндалевидном комплексе мозга крыс линии WAG/Rij под влиянием половых гормонов: дис. ... канд. биол. наук: 06.02.01 / Садртдинова Индира Илдаровна. – Уфа, 2015. – 196с.
3. Цуканова А.Ф., Монид М.В., Наумов Н.Г., Дробленков А.В. Ранние реактивные изменения астроцитов после травмы головного мозга // Журн.: Астраханский медицинский журнал. – 2013. – Т. 8, № 1. – С.288-291.

© Файрушина А.И., Денисова В.В., Садртдинова И.И., Хисматуллина З.Р., 2018 г.

**СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЛЕЗЕНКИ КРЫС НА
ФОНЕ ПЕРОРАЛЬНОГО ВВЕДЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА**

Хомутова К., Семенова Е.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Среди применяемых в настоящее время наноматериалов, широко используются наночастицы (НЧ) диоксида титана (TiO_2). Они обладают рядом потребительских достоинств, связанных с хорошей фотокаталитической активностью, высокой химической и термической стабильностью и относительно невысокой стоимостью. Однако быстрый рост числа публикаций о токсическом воздействии НЧ TiO_2 на различные органы и ткани [1-5] свидетельствует о высоком уровне интереса исследователей к биологической безопасности их использования. Это обусловлено в первую очередь тем, что последствия повреждения различных клеточных типов организма НЧ TiO_2 и причины такой уязвимости к их воздействию практически не исследованы.

Цель работы – изучение морфофункциональных изменений селезенки крыс при длительном пероральном воздействии НЧ TiO_2 . В данной работе с использованием классических морфологических подходов проведено исследование селезенки крыс после ежедневного перорального введения (10 мг/кг массы тела животного, 28 дней) НЧ TiO_2 (рутильная форма, 40-60 нм). Серийные парафиновые срезы селезенки окрашивали гематоксилином-эозином.

Морфометрический анализ ткани селезенки опытной группы животных выявил увеличение площади, занимаемой белой пульпой; возрастание общего количества лимфоидных узелков, среди которых значительно повышается доля первичных; снижение абсолютного числа клеток на единицу площади в зонах белой пульпы по сравнению с аналогичными показателями интактных животных. Заключение. При пероральном введении НЧ TiO_2 крысам происходят негативные изменения структурных характеристик селезенки, соответствующие ее иммунодепрессивному состоянию.

Литература

1. Songo B., Liu J., Feng X., Wi L., Shao L. A review on potential neurotoxicity of titanium dioxide nanoparticles. *Nanoscale res Lett.* 2015; 10(1): 1042.
2. Syed N.S., Zahir S., Muzammal H., Muzaffar K. Hazardous Effects of Titanium Dioxide Nanoparticles in Ecosystem. *Bioinorganic Chemistry and Applications.* 2017; doi.org/10.1155/2017/4101735.

3. Структурно-функциональная характеристика сперматогенного эпителия крыс в условиях воздействия наночастиц диоксида титана. Шарафутдинова Л.А., Федорова А.М., Башкатов С.А., Синельников К.Н., Валиуллин В.В. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2018. Т. 166. № 8. С. 241-245.
4. Нейротоксические эффекты наночастиц диоксида титана. Шарафутдинова Л.А., Федорова А.М., Башкатов С.А., Синельников К.Н., Валиуллин В.В. Вестник Уральской медицинской академической науки. 2018. Т. 15. № 1. С. 87-95.
5. Исследование эмбриотоксического действия наночастиц диоксида титана на крыс. Шарафутдинова Л.А., Хисматуллина З.Р., Даминов М.Р., Валиуллин В.В. Морфологические ведомости. 2017. Т. 25. № 3. С. 37-42

© Хомутова К., Семенова Е., 2018 г.

УДК 574.587

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО ФАУНЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЗАРΟΣЛЕЙ МАКРОФИТОВ ОЗЕРА КАНДРЫКУЛЬ

Шевченко А.М.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Кандрыкуль – второе по величине озеро в республике Башкортостан, является центральным объектом одноимённого природного парка и имеет большое рыбохозяйственное значение. Отбор проб осуществлялся нами по стандартной методике [2]. Идентификация видового состава и расчёт продукции беспозвоночных проводились с использованием имеющихся руководств и определителей [3,4].

В составе зарослевой фауны обнаружено 20 видов беспозвоночных, лидирующее положение занимали двусторчатый моллюск *Dreissena polymorpha* (775,00 экз/м², 7,23 г/м²), и бокоплав *Gammarus lacustris* (143,75 экз/м² и 0,500 г/м²). Общая численность беспозвоночных составила 1325,00 экз/м², а биомасса 8,93 г/м², причем доминирующий вид дает 58,5% суммарной численности и 81,00% биомассы. Суммарная продукция зарослевого биотопа составила 17,09 г/м². Сообщество зарослевых беспозвоночных значительно богаче видами, чем бентос озера. В зарослях макрофитов создаётся более благоприятный для гидробионтов газовый режим, что обуславливает концентрацию здесь видов, требовательных к содержанию кислорода [5].

Полученные результаты свидетельствуют о повышении численности гидробионтов на фоне снижения их биомассы в сравнении с

предыдущими годами исследований. По сравнению с данными прошлых лет, нами выявлено меньшее количество видов, что связано как с ухудшением экологического состояния озера, так, вероятно, и с меньшим количеством проб, отобранных нами.

Литература

1. Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 151 с.
2. Зимбалева Л.Н. Фитофильные беспозвоночные равнинных рек и водохранилищ. – Киев: Наукова думка, 1981. – 216 с.
3. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос) / под ред. Л.А. Кутиковой и Я.И. Старобогатова. – Л.: Гидрометиздат, 1977. – 477 с.
4. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 3. Паукообразные и низшие насекомые / под ред. С.Я. Цалолыхина. – СПб.: Наука, 1997. – 440 с.

© Шевченко А.М., 2018 г.

УДК 574.58 597.5

К ИЗУЧЕНИЮ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ВИДОВОГО СОСТАВА ИХТИОФАУНЫ ВЕРХОВЬЕВ БАССЕЙНА РЕКИ УРАЛ

Шевченко А.М.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Рыбы занимают верхние этажи экологической пирамиды в водных экосистемах и очень чутко реагируют на любые изменения экологической обстановки [2]. В современных условиях малые реки исключительно важное значение для воспроизводства ихтиофауны [1, 3].

Наше исследование посвящено ихтиофауне верховьев бассейна реки Урал. Всего на исследованной акватории обнаружено 14 видов рыб из 3-х семейств и 3-х отрядов. Видовое богатство рыб распределяется по исследованным точкам крайне неравномерно. Большинство исследованных точек крайне бедны видами. Практически на всех исследованных участках рек преобладают эврибионтные виды с высокой экологической пластичностью. Эти же виды занимают лидирующие позиции по распространённости. В целом ихтиофауна исследованных малых рек в значительной степени включает мелких, короткоцикловых, малоценных в рыбохозяйственном отношении рыб. В то же время нами нигде не были встречены такие обитатели чистых вод как, например, форель, хариус, налим. Наибольшее видовое разнообразие рыб обнаружено в реке Урал ниже г. Магнитогорска в связи с большим разнообразием условий обитания.

Выявленная картина свидетельствует о неблагоприятной экологической обстановке и наблюдается в малых реках Башкирского Зауралья уже в течение трёх-четырёх последних десятилетий [2]. Наблюдается не только нарушение ихтиофаунистического облика водных объектов, но и изменение их рыбохозяйственного значения (Дьяченко, 1995).

Литература

1. Бакланов М.А. Фауна и особенности рыб малых рек урбанизированных территорий Прикамья. Автореферат дисс. канд. биол. наук. – Пермь, 2002. – 18 с.
2. Дьяченко И.П. Рыбы и рыбные ресурсы Башкортостана: учебное пособие. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2013 – 152 с.
3. Соколов Л.И. Антропогенные изменения ихтиофауны рек Центральной России // Соросовский образовательный журнал, том 7, № 1, 2001. – С. 19-25.

© Шевченко А.М., 2018 г.

СЕКЦИЯ «МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ»

УДК 575.174:599.9

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СУБПОПУЛЯЦИИ МОРДВЫ-ЭРЗЯ ПО ДАННЫМ ОБ ИЗМЕНЧИВОСТИ Y- ХРОМОСОМЫ

Габидуллина Л.Р., Антонова О.А., Екомасова Н.В.,
Джаубермезов М.А., Хуснутдинова Э.К.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Крупнейшим финно-угорским народом Российской Федерации (РФ) является мордва (744,237 тыс. чел. в 2010 г.). В настоящее время населения мордвы дисперсно расселено по европейской части РФ, а также в регионах Поволжья, Приуралья, Сибири и Дальнего Востока, треть проживает в пределах титульной Республики Мордовия, остальная часть преимущественно в соседних регионах. Мордва-эрзя составляют большую часть всей мордвы, мордва-мокша – около трети. Несмотря на это национальный состав Республики Мордовия более представлен мокшанами, так как значительная часть эрзян проживают за границами титульного региона: в Пензенской, Ульяновской, Нижегородской, Самарской, Оренбургской областях, в республиках Татарстан и Башкортостан

Анализ диаллельных маркеров нерекombинирующей области Y-хромосомы был проведен по следующим 33 локусам: M9, M207, Page07, Z93, Z95, Z2125, Z2123, M558, M269, L23, M412, Z2105, M478, M231, Tat (M46), CTS10760, Z1936, B211, M20, M175, M346, M25, P303, M170, P37.2, 12f2, M172, M410, M12, YAP (M1), M35, M78, M130. В результате проведенного анализа диаллельных маркеров нерекombинирующей области Y-хромосомы в популяции мордвы нами были выявлены 15 гаплогрупп. Большая часть генофонда популяции мордвы-эрзя представлена двумя гаплогруппами - R1a-Page07 и N-M231, частоты встречаемости которых 53,3% и 23,7% соответственно.

© Габидуллина Л.Р., Антонова О.А., Екомасова Н.В.,
Джаубермезов М.А., Хуснутдинова Э.К., 2018 г.

УДК 612.62+616.8-00

УДК 575.174:599.9

ГАПЛОГРУППА R1A-Z2122 В ПОПУЛЯЦИИ БАЛКАРЦЕВ И КАРАЧАЕВЦЕВ ПО ДАННЫМ 23 Y-STR

Джаубермезов М.А., Екомасова Н.В., Литвинов С.С.,

Габидуллина Л.Р., Хуснутдинова Э.К.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Географические, исторические, этнологические, а так же культурные особенности территории Кавказа всегда вызывали особый интерес к изучению этого уникального региона. Повышенное внимание авторов было уделено тюркоязычным популяциям центральной части Северного Кавказа, а именно балкарцам и карачаевцам. В целом численность балкарцев и карачаевцев в России и зарубежных странах насчитывает около 460 тыс. человек. Большинство представителей этих народов компактно проживают в Карачаево-Черкесской и Кабардино-Балкарской республиках. Среди балкарцев выделяют 5 субэтнических групп (баксанцы, чегемцы, холамцы, безенгиевцы и малкарцы), заселяющих одноименные ущелья Центрального Кавказа.

В популяционно-генетических исследованиях в качестве молекулярно-генетических маркеров широко используются микросателлиты (STR - Short tandem repeats). Из-за высокой степени изменчивости и высокой степени аллельного полиморфизма, короткие тандемные повторы (STR) показывают недавние события в истории изучаемой популяции.

На секвенаторе Applied Biosystems 3730xl нами были проанализированы микросателлитные локусы (DYS19, DYS385, DYS389 I, DYS389 II, DYS390, DYS391, DYS392, DYS393, DYS437, DYS438, DYS439, DYS448, DYS456, DYS458, DYS481, DYS533, DYS549, DYS570, DYS576, DYS635, DYS643, YGATAH4) среди представителей гаплогруппы R1a-Z2122 из популяции балкарцев и карачаевцев. С частотой 2,4% данная гаплогруппа обнаружена в популяции карачаевцев и 3,4% в популяции балкарцев. Что интересно, в субэтнотипе чегем частота R1a-Z2122 составляет 6,8%, что является абсолютным максимумом для всех изученных народов Кавказа. Для углубленного изучения этой гаплогруппы произведено гаплотипирование по 23 Y-STR. Крайне скудные данные Y-STR с гаплотипами из популяций других регионов не позволили определить генетическую связь с иными регионами, но всё же выявляется довольно существенная вариабельность внутри нашей выборки.

© Джаубермезов М.А., Екомасова Н.В., Литвинов С.С., Габидуллина Л.Р., Хуснутдинова Э.К., 2018 г.

УДК 576.7

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕНИЯ МАГНЕТОСОМ

Максутова В.О.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время магнитотактические бактерии, которые продуцируют в ходе своей жизнедеятельности наноразмерные кристаллы магнетита или грейгита внутри клеток, находят все большее применение в различных областях науки, в том числе в биомедицине и биохимии. Впервые магнитотактические бактерии были обнаружены микробиологом Ричардом Блейкмором в 1975 году, при изучении под микроскопом образцов болотной грязи. Магнитотактические бактерии повсеместно присутствуют в водных экосистемах и могут перемещаться вдоль линий магнитного поля. Все они являются микроаэрофилами или анаэробами.

В зависимости от условий обитания магнитотактические бактерии классифицируют по форме кристаллов магнитных минералов: пресноводные виды *Magnetospirillum* продуцируют кубооктаэдрические кристаллы; *D. magneticus*, сульфат-редуцирующие магнитотактические бактерии, синтезируют удлинённые кристаллы магнетита; в морских условиях магнитотактические бактерии образуют вытянутые кубооктаэдрические магнетосомы; магнитотактические кокки синтезируют псевдогексагональные вытянутые призматические кристаллы; магнитотактические вибрионы – вытянутые кубооктаэдрические.

У магнитотактических бактерий есть маленькие органеллы – магнетосомы, содержащие магнитные кристаллы соединений железа размером в несколько нанометров. Они возникают в результате выпячивания внутренней мембраны клетки и образования пустых пузырьков – везикул. После образования везикул происходит процесс биоминерализации, при котором в них накапливается большое количество железа. Размер магнетосом составляет приблизительно 35-120 нм. Магнитные кристаллы в клетках магнитотактических бактерий могут находиться в трех разных формах: магнетита (Fe_3O_4); грейгита (Fe_3S_4) или чередования грейгита и пирита (FeS_2); чередования кристаллов магнетита и грейгита.

В настоящее время выявлено более 40 различных генов, которые кодируют белки, связанные со сложным механизмом синтеза магнетосом. Все гены, отвечающие за биоминерализацию магнетосом, собраны в одном месте в хромосоме – магнетосомном геномном острове. Магнетосомная мембрана содержит фосфолипидный бислой 3-4 нм

толщиной, образованный путем впячивания цитоплазматической мембраны клетки, а также специфические белки, отвечающие за синтез магнетосом. Формирование магнетосомной мембраны опережает зарождение кристаллов минерала. После того как сформировались магнетосомные везикулы, внутри них происходит накопление железа.

Существуют три теории транспорта железа к везикуле: железо входит в просвет везикулы из периплазмы диффузией или активным транспортом в тот момент, когда магнетосомная мембрана все еще находится в контакте с цитоплазматической мембраной клетки; перенос железа происходит с использованием общей (для всей клетки) системы переноса железа; железо переносится к везикуле, соединившись с органической молекулой.

После того как железо благополучно доставлено в магнетосомную везикулу, начинается стадия нуклеации или зарождения кристаллов, которая регулируется специфичными белками. Они располагаются на поверхности магнетосомной мембраны и внутри магнетосомной везикулы. Кристаллы в зрелых магнетосомах однородны и имеют узкое распределение по размеру и форме. Каждая магнетосома обладает магнитным моментом и представляет собой магнит с северным и южным полюсами. Магнитный момент магнетита в несколько раз больше, чем у грейгита. Бактерии укладывают кристаллы внутри себя в одну цепочку и закрепляют особым структурным белком, чтобы сделать один длинный магнит. Чем больше кристаллов, тем магнит сильнее и чувствительнее к магнитному полю. Магнетосомные цепи являются клеточными датчиками, улавливающими направление и градиенты магнитных полей.

Канадские ученые показали возможность использования магнитотактических бактерий *Magnetococcus marinus* для доставки лекарств вглубь гипоксических зон опухолей. У *M. marinus* имеются жгутики для активного передвижения в водной среде, сферическая форма и небольшой размер (1-2 мкм) позволяет им проникать в узкие (около 2 мкм) межклеточные пространства в опухоли. Исследователи с помощью антител прикрепили к внешней мембране *M. marinus* липосомы с противоопухолевым препаратом SN-38 внутри. Затем ввели бактерии лабораторным мышам в ткань около опухоли. Создав трехмерное магнитное поле, они с помощью специальной магнитной платформы направляли движение микроорганизмов, как можно ближе к опухоли. Бактерии детектировали градиент концентрации кислорода и устремлялись в сторону его наименьшей концентрации, то есть в центр опухоли. В результате больше половины бактерий доставили лекарство в пункт назначения. Этот метод позволил снизить риски рецидивов, уменьшить токсичность лечения, так как лекарства поступают непосредственно в опухолевые клетки.

Литература

- [1] Лубнина Н.В., Бычков А.Ю. Магнитотактические бактерии и биомагнетизм: критерии отбора образцов для национального банка-депозитария живых систем // Вестн. Моск. Ун-та. Геология. 2015. Сер. 4, № 4. С. 49-52.
- [2] Полякова М. Магнитотактические бактерии [Электронный ресурс] // Элементы. 2017. 8 сентября. URL: [http://elementy.ru/396/Magnitotakticheskie bakterii](http://elementy.ru/396/Magnitotakticheskie_bakterii) (дата обращения: 23.09.2018).
- [3] Алексеева Л., Козяева В. Живые магниты: применение бактериальных магнетосом. Обзор [Электронный ресурс] // Биомолекула. 2017. 8 ноября. URL: <https://biomolecula.ru/articles/zhivye-magnity-primenenie-bakterialnykh-magnetosom> (дата обращения: 23.09.2018).

© МаксUTOва В.О., 2018 г.

УДК 57.088

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТИБИОТИКОВ

МаксUTOва В.О.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время антибиотики нашли широкое применение в ветеринарии и медицине в качестве лечебно-профилактических средств. Помимо медицинских целей, антибиотики применяют и для улучшения качества и сохранности кормов, в процессе производства различных продуктов питания. Длительное использование в пищу продуктов животного происхождения, которые содержат следы антибиотиков, может вызывать неблагоприятные для здоровья последствия, способствовать появлению антибиотикорезистентности, развитию и распространению устойчивых штаммов бактерий. Воздействуя на организм сенсibiliзирующе, они повышают реактивную чувствительность клеток и тканей в виде аллергических и анафилактических реакций, дисбактериоза пищеварительного тракта. Поэтому необходима разработка новых методик определения остаточных количеств антибиотиков, позволяющих повысить уровень безопасности пищевой продукции.

Микробиологические методы анализа основаны на способности антибиотиков диффундировать в агаровую среду, которая содержит определенный вид бактерий с высокой чувствительностью к антибиотикам, и подавлять рост микроорганизмов, что приводит к

образованию прозрачных зон подавления роста, по диаметру которых устанавливается концентрация антибиотика. Спектроскопические методы анализа основаны на использовании различных свойств антибиотиков: появление или исчезновение характерных полос в УФ-видимой или ИК-областях спектра под воздействием различных реагентов, цветная реакция.

Хроматографические методы нашли более широкое применение при определении антибиотиков в пищевых продуктах. Наиболее эффективным при этом является метод ВЭЖХ с флуоресцентным или УФ-детектированием. Большое число работ посвящено определению антибиотиков тетрациклинового ряда, которые широко применяются в животноводстве.

Предложены методики определения левомицетина и тетрациклина в пищевых продуктах с многокомпонентными матрицами (липидно-белковой, липидно-углеводной). Методики предусматривают экстракцию антибиотиков различными растворителями, очистку экстрактов и концентрирование антибиотиков на природных сорбентах (активированных углях и алюмосиликатах) с последующим элюированием определяемых компонентов этанолом и анализом методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с УФ-детектированием.

Одним из перспективных направлений является создание биосенсорных технологий. Биосенсор – устройство, позволяющее детектировать и преобразовывать биологический сигнал в электрический. Состоит из двух основных частей: биологический элемент, чувствительный к определенным молекулам, и преобразователь сигнала. Одними из возможных средств экспрессной индикации веществ являются оптические биосенсоры. Принцип действия оптических биосенсоров основан на регистрации изменений оптических свойств измеряемой среды (оптической плотности, цвета, мутности, показателя преломления и других свойств) в результате присутствия биологического агента. Основным принцип электрохимических биосенсоров связан с их способностью обнаруживать определенные молекулы. Они в основном используются для обнаружения ДНК-связывающих лекарств, глюкозы и гибридной ДНК. В этом методе измеряемые электроны или ионы образуются или подавляются различными типами химических реакций. Из электрохимических методов для определения антибиотиков в биологических жидкостях и фармацевтических формах чаще всего применяются вольтамперометрия и потенциометрия. Различные варианты вольтамперометрии (циклическая, адсорбционная, инверсионная, дифференциальная импульсная) используются для определения основных групп антибиотиков. Метод катодной и анодной инверсионной

вольтамперометрии был предложен для определения бензилпенициллина и макролидных антибиотиков, пefлоксацина, стрептомицина и азитромицина.

Предложен метод определения антибиотиков тетрациклинового и β -лактаманного рядов, хинолонов с помощью lux-биосенсора на основе бактерий *E. coli*, содержащие гибридные плазмиды. Наличие антибиотиков в анализируемой пробе детектируется по интенсивности биолюминесценции. С помощью амперометрического иммуноферментного сенсора проведено определение гентамицина. Биочувствительная часть иммуноферментного сенсора включает совместно иммобилизованные фермент холинэстеразу и антитела против гентамицина. Также разработана методика определения аминогликозидных антибиотиков (гентамицин, канамицин, стрептомицин) в пищевых продуктах методом поляризационного флуоресцентного иммуноанализа (ПФИА).

Литература

- [1] Татарникова Н.А., Мауль О.Г. Антибиотики в пищевых продуктах // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. Т. 49, № 5. С. 208-211.
- [2] Спицын А.Н., Уткин Д.В., Германчук В.Г., Куклев В.Е. Оптические биосенсоры: современное состояние в индикации возбудителей инфекционных болезней // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2015. Т. 81, № 4. С. 51-57.
- [3] Воронежцева О.В., Еремин С.А., Ермолаева Т.Н. Определение аминогликозидных антибиотиков в пищевых продуктах методом поляризационного флуоресцентного иммуноанализа // Вестник ВГУ. 2009. №2. С. 11-17.
- [4] Бельтюкова С.В., Ливенцова Е.О. Методы определения антибиотиков в пищевых продуктах (Обзор) // Методы и объекты химического анализа. 2013. № 1. С. 4-13.
- [5] Котова В.Ю., Миронов А.С., Завильгельский Г.Б. Вклад активных форм кислорода в бактерицидное действие хинолонов – ингибиторов ДНК-гиразы // Молекулярная биология. 2014. Т. 48, № 6. С. 990–998.
- [6] Котова В.Ю., Миронов А.С., Завильгельский Г.Б. LUX-биосенсоры для детекции антибиотиков: вклад активных форм кислорода в бактерицидное действие антибиотиков // Химическая физика. 2015. Т. 34, № 6. С. 58-64.
- [7] Бутусов Л.А., Чудинова Г.К., Борулева Е.А., Кочнева М.В., Омельченко В.И., Шорыгина А.В., Аликберова Т.А. Возможности и перспективы биосенсорных технологий в анализе продуктов питания // Вестник РУДН. 2018. Т. 13, № 1. С. 70-77.

- [8] Кулапина Е.Г., Баринаова О.В., Кулапина О.И., Утц И.А., Снесарев С.В. Современные методы определения антибиотиков в биологических и лекарственных средах (обзор)// Антибиотики и химиотерапия. 2009. № 54. С. 53-60.
- [9] Соколова Л.И., Белюстова К.О., Привар Ю.О., Шапкин Н.П., Разов В.И. Определение антибиотиков (левомецетина и тетрациклина) в пищевых продуктах с различными матрицами // Техника и технология пищевых производств. 2015. Т. 38. № 3. С. 146-152.
- © МаксUTOва В.О., 2018 г.

УДК 575.174:599.9

**АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТ АЛЛЕЛЕЙ И ГЕНОТИПОВ
ВАРИАНТА *RS 4988235* ГЕНА *MCM6* В ПОПУЛЯЦИИ
КАРАЧАЕВЦЕВ**

Токарева Е.А., Бучнев Д.В., Екомасова Н.В., Джаубермезов М.А.,
Хуснутдинова Э.К.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Вариант *rs 4988235* находится в 13 интроне гена *MCM6*, входит в регуляторную область гена *LCT* и ассоциирован с изменением уровня экспрессии фермента лактазы (Enattah et al., 2002; Kuokkanen et al., 2003; Enattah et al., 2007; Liebert et al., 2017). Снижение экспрессии лактазы связывают с непереносимостью лактозы во взрослом возрасте, вследствие невозможности расщепления лактозы до глюкозы и галактозы. Генотип *C/C* варианта *rs 4988235* соответствует практически полному отсутствию лактазы (Enattah et al., 2002; Kuokkanen et al., 2003; Enattah et al., 2007; Liebert et al., 2017). Генотип *C/T* ассоциируется со снижением уровня лактазы, тем не менее, достаточным для нормальной дигестии (Enattah et al., 2007). Генотип *T/T* свидетельствует о высокой активности фермента (Enattah et al., 2007). На сегодняшний день уже опубликован ряд данных, касающихся распространения аллелей варианта *rs 4988235* в популяциях мира (Enattah et al., 2007; Liebert et al., 2017). Наибольшие частоты аллеля *T* и генотипа *T/T* встречаются в популяциях северной Европы: голландцев, шведов и датчан (Enattah et al., 2007; Liebert et al., 2017). Особый интерес вызывает распространение аллеля *T* в тюркских популяциях кочевников скотоводов, в рационе которых молочные продукты являются неотъемлемой частью на протяжении всей жизни. В частности нами была выбрана популяция карачаевцев, анализ распределения частот аллелей и генотипов варианта *rs 4988235* в которой ранее не проводился.

Карачаевцы – это тюркоязычный народ, проживающий в основном в горных и предгорных районах Карачаево-Черкесской республики. По данным переписи населения 2010 их численность в России составляет 218 тыс. человек. Представляют балкано-кавказский вариант европеоидной расы.

В результате проведенного нами исследования было выявлено, что генотип С/С в популяции карачаевцев встречается с частотой 75,2%, генотип С/Т с частотой 24,8%, в то время как генотип Т/Т в исследуемой нами выборке обнаружен не был. Таким образом, частота встречаемости аллеля С равна 87,6%, а аллеля Т – 12,4%.

© Токарева Е.А., Бучнев Д.В., Екомасова Н.В., Джаубермезов М.А., Хуснутдинова Э.К., 2018 г.

УДК 577.21:575.167

**ИССЛЕДОВАНИЕ АССОЦИИ АЛЛЕЛЬНЫХ
ВАРИАНТОВ *rs9619311* ГЕНА *ТИМП-3* С РИСКОМ РАЗВИТИЯ
РАКА ЖЕЛУДКА В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН**

Юсупова Л.Ф., Сунгатуллина Г.Э., Маркелов В.А., Нургалиева А.Х.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Во всем мире рак желудка (РЖ) занимает среди онкопатологий лидирующие позиции по заболеваемости и смертности. Известно, что злокачественные опухоли характеризуются инвазивным ростом и способностью к метастазированию. Деградация базальной мембраны и стромы – ключ, необходимый для начала этих процессов. Многие протеолитические ферменты способны лизировать отдельные компоненты экстраклеточного матрикса (ЭКМ) *in vitro*, однако разлагать все структуры ЭКМ могут только матриксные металлопротеиназы (ММП). Активность ММП может регулироваться взаимодействиями со специфическими ингибиторами тканевых металлопротеиназ (ТИМП), таким образом, ТИМП также способны участвовать в опухолевом росте.

Целью данной работы стал поиск ассоциаций аллельных вариантов *rs9619311* гена *ТИМП-3* с риском развития РЖ в нашей республике.

Материалом для исследования послужили образцы ДНК 296 пациентов с клинически установленным диагнозом «рак желудка» и 251 здорового донора. ДНК была выделена из лейкоцитов периферической крови методом фенольно-хлороформной экстракции. Генотипирование проводилось с помощью метода ПЦР-ПДРФ.

Сравнительный анализ распределения частот аллелей и генотипов *rs9619311* гена *ТИМП-3* среди больных РЖ и здоровых индивидов

показал, что у пациентов со 2, а также с 3 стадией развития РЖ чаще встречаются аллель *T* ($\chi^2=8,53$; $p=0,003$; $OR=2,05$ и $\chi^2=29,88$; $p<0,001$; $OR=2,27$, соответственно) и генотип *TT* ($\chi^2=8,33$; $p=0,004$; $OR=2,50$ и $\chi^2=28,28$; $p<0,001$; $OR=2,88$, соответственно) по сравнению с контрольной выборкой. Кроме того, ассоциативный анализ выявил, что аллель *T* ($\chi^2=21,52$; $p<0,001$; $OR=2,25$ и $\chi^2=24,77$; $p<0,001$; $OR=2,24$, соответственно) и генотип *TT* ($\chi^2=22,19$; $p<0,001$; $OR=2,92$ и $\chi^2=22,31$; $p<0,001$; $OR=2,73$, соответственно) являются маркерами повышенного риска развития РЖ как интестинального, так и диффузного типа.

Таким образом, показано, что полиморфный вариант *rs9619311* гена *ТИМП-3* может вносить вклад в структуру генетической предрасположенности населения нашей республики к развитию РЖ.

© Юсупова Л.Ф., Сунгатуллина Г.Э., Маркелов В.А., Нургалиева А.Х.,
2018 г.

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В БИОЛОГИИ»

УДК612.822.3

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ У КРЫС С АБСАНСНОЙ ЭПИЛЕПСИЕЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ УСЛОВНО-ПИЩЕВОГО РЕФЛЕКСА

Агзямова Г.Н.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Дофаминергическая система играет важную роль в запуске и контроле ряда поведенческих феноменов, и это состояние специфически связано с характеристиками определенных ритмов электроэнцефалограммы.

Целью исследования явилось изучение особенностей электрической активности фронтальной и теменной областей коры головного мозга крыс с абсансной эпилепсией при формировании условно-пищевого рефлекса.

Работа была выполнена на 5 белых крысах линии WAG/Rij (модель абсансной эпилепсии) и 5 крысах линии Wistar (неэпилептическая линия животных) массой 195-280 г. Условно-пищевой рефлекс у экспериментальных животных вырабатывался в условиях экспериментальной камеры (темно-светлая камера), состоящей из двух отсеков: стартового и рабочего, в котором располагалась кормушка с пищей с правой стороны. В первый день при выработке условно-пищевого рефлекса крыс помещали в темно-светлую камеру на 30 минут с целью адаптации и угашения ориентировочно-исследовательской активности. В последующие дни эксперимента крыс с пищевой депривацией помещали в стартовый отсек на пять минут. Через минуту после посадки крысы открывали дверцу стартового отсека. Звуковой сигнал частотой 200 Гц служил условным раздражителем. Условный раздражитель подавался течением десяти секунд с интервалом 0,5-1 мин. Регистрировалось время побежки экспериментального животного из стартового отсека до кормушки, число правильных (когда возвращался в стартовый отсек) и неправильных побегов (когда не возвращался в стартовый отсек). В качестве критерия выработки пищевого рефлекса выбиралось восемь правильных сочетаний из десяти предъявляемых. Регистрацию электроэнцефалограммы проводили при помощи компьютерного 8-канального электроэнцефалографа «Нейрософт нейрон-спектр 1».

Исследование амплитудных и спектральных характеристик электроэнцефалограммы фронтальной и теменной областей коры головного мозга у крыс линии WAG/Rij мозга показало:

а) максимальная амплитударитмов теменной коры ($107,40 \pm 7,53$) на десятый день формирования условно-пищевого рефлекса достоверно выше по сравнению с аналогичным параметром фоновой электроэнцефалограммы ($71,00 \pm 8,35$);

б) на десятый день формирования условно-пищевого рефлекса наблюдается понижение процентного соотношения тета-ритма теменной коры ($16,94 \pm 1,71$) по сравнению с фоновой электроэнцефалограммой ($27,32 \pm 4,40$) и повышение спектра мощности бета-ритма ($14,96 \pm 0,50$ и $10,40 \pm 0,87$; $p < 0,05$).

2. Относительная спектральная мощность дельта-ритма теменной коры у крыс линии Wistar достоверно ниже, а альфа-ритм, бета-ритм низкой частоты и высокой частот достоверно выше на десятый день формирования условно-пищевого рефлекса по сравнению с аналогичными параметрами фоновой электроэнцефалограммы.

3. Сравнительная характеристика относительной спектральной мощности крыс с абсансной эпилепсией и крыс линии Вистар показало, что медленные колебания (дельта-ритм) на электроэнцефалограмме фронтальной и теменной областей коры достоверно ниже у крыс линии WAG/Rij, а быстрые колебания (альфа-ритм, бета-ритм) достоверно выше на пятый и десятые дни формирования условно-пищевого рефлекса.

©Агзямова Г.Н., 2018 г.

УДК 612.621.31+612.825

ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ПРИ ДЕФИЦИТЕ ПОЛОВЫХ ГОРМОНОВ

Шарипова Л.М., Владимирова В.В., Садртдинова И.И.
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В последнее время весьма актуальной темой является исследование электроэнцефалографических особенностей функционального состояния мозга в зависимости от гормонального фона [2,3,5]. Репродуктивные стероиды оказывают влияние на электрическую активность нейронов, регулируя транскрипцию белков ионных каналов и рецепторов нейромедиаторов или модулируя активность ионных каналов через вторичные мембранные мессенджеры [6]. Целью настоящей работы стало проведение спектрального анализа электроэнцефалограммы (ЭЭГ) фронтальной области неокортекса мозга крыс до и после овариоэктомии.

Материал и методы исследования. Объектами исследования являлись самки крыс линии WAG/Rij ($n=12$). Овариоэктомию проводили по общепринятой методике [1]. Регистрация ЭЭГ проводилась из

фронтальной области неокортекса крыс с использованием игольчатых электродов на портативном электроэнцефалографе «Нейрон-Спектр-1». Воспользовались информативной и помехоустойчивой характеристикой – относительной спектральной плотностью (ОСП). Она представляет собой процентную долю спектральной плотности колебаний всего исследуемого частотного интервала. Статистическую обработку проводили в программе «Statistica v.8.0». Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования. В ходе проведенного спектрального анализа ЭЭГ, зарегистрированной во фронтальной области неокортекса, были получены следующие результаты, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

Средние показатели ОСП ритмов из фронтальной области у самок на ЭЭГ

Группы	Дельта- ритм, %	Тета-ритм, %	Альфа-ритм, %	Бета (нч)-ритм, %	Бета (вч)-ритм, %
Контрольная группа (диэструс)	39,98±5,67	19,40±2,58	15,50±2,48	12,32±3,44	12,80±3,63
После овариоэктомии	58,30±10,91*	14,40±2,45*	15,05±5,61	6,55±2,11*	5,70±1,48*

*- значения достоверны при $p < 0,05$ при сравнении I и II группы.

Спектральный анализ ЭЭГ показал, что после овариоэктомии происходят определенные изменения состава и мощности колебаний. Относительная спектральная плотность в дельта-диапазоне после овариоэктомии была достоверно выше, чем в контрольной группе. В тета - ритме наблюдалось снижение спектра мощности в группе овариоэктомизированных крыс. В альфа-диапазоне изменения не наблюдали. Изменения параметров дельта-ритма и, особенно, тета-ритма можно расценивать как маркеры влияния прогестерона и эстрогенов на нейроны неокортекса и других отделов мозга [4]. Выраженность в бета (нч)- и бета (вч)- ритмах уменьшается. Возможно, бета-ритмы преимущественно отражают состояние вегетативной нервной системы, в том числе ее симпатического отдела.

Итак, наши полученные результаты свидетельствуют о влиянии половых гормонов на характер электрической активности мозга, а именно на функциональное состояние нейронов неокортекса крыс линии WAG/Rij.

Литература

1. Кабак Я.М. Практикум по эндокринологии. - М.: Изд-во МГУ. - 1968. - 275 с.

2. Лекомцева, Е.В. Патогенетические механизмы участия гиппокампальной формации и стриарного комплекса при нарушениях центральной нейроэндокринной регуляции / Е.В. Лекомцева // Український медичний часопис. – 2006. – №2. – С. 57-64.
3. Садртдинова И.И., Хисматуллина З.Р. Стероидная регуляция нейронной возбудимости в переднем кортикальном ядре миндалевидного комплекса мозга у крыс линии WAG/Rij // Биомедицина. – 2014. – №2. – С. 64-72.
4. Ходырев Г.Н., Циркин В.И. Параметры основных ритмов ээг в фолликулярную и лютеиновую фазы менструального цикла // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2012. - № 6 (1). - С. 76–82.
5. Bazyan A.S. Neurochemical and Behavioral Features in Genetic Absence Epilepsy and in Induced Absence Seizures / A.S. Bazyan, G. van Luijtelaaar // Neurology. – 2013. – 48 p.
6. Tan, M. Effects of testosterone and clomiphene on spectral EEG and visual evoked response in a young man with posttraumatic epilepsy / M. Tan, U. Tan // Int. J. Neurosci. -2001. -Vol. 106, № 12. - P. 87–94.
© Шарипова Л.М., Владимирова В.В., Садртдинова И.И., 2018 г.

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОЛОГИИ»

УДК 577

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УЩЕРБА ЩУРКИ ЗОЛОТИСТОЙ (MEROPS APIASTER) НА ПЧЕЛОПАСЕКЕ

Асмеев Ю.А.

Башкирский Государственный Университет, г. Уфа, Россия

Золотистая шурка (*Merops apiaster*) является одним из вредителей пчеловодства. В работе её численность определялась способом абсолютного учёта заселённых нор в местах массового гнездования.

Для того, чтобы оценить ущерб, нанесённый пасекам шуркой, был использован введенный нами Индекс Пасечных Потерь (Индекс ПП, I), который связывает такие параметры, как размер колонии щурок и количество пчелосемей, погибших за лето. Одна шурка уничтожает за сезон около 10 тыс. пчёл. Количество летных пчел в ульях в начале сезона составляет около 60 тыс. Далее, учитывая среднее число яиц в кладке (около 6-7 шт.), получаем численность птиц в колонии в послегнездовой период – количество нор \times (2 взрослые птиц + 6 птенцов) [1].

Теперь подсчитываем, сколько пчёл в среднем за сезон уничтожает семья щурок – $10000 \times 8 = 80000$ шт., $80000 / 60000 = \frac{4}{3}$. Таким образом, семья щурок за сезон может привести к гибели 1,33 пчелосемьи. В итоге получаем такую формулу для индекса:

$$I = \frac{a}{1,33 \times b},$$

где b – кол-во заселённых нор в колонии щурок, a – кол-во пчелосемей, уничтоженных за лето. Значение ИПП близкое или равное 1 отражает тот факт, что, наиболее вероятно, все погибшие за лето пчелосемьи были уничтожены шуркой. При значениях I , больших единицы, существуют иные причины гибели пчелосемей, не связанные с наличием колоний щурки, например, болезни или паразиты. При $I < 1$ вероятно есть факторы, затрудняющие охоту на пчёл (такие как расположение пасеки внутри леса, удаленность от местообитаний щурки и др.). Такое значение получится также при наличии «отвлекающего» фактора - другие пасеки, которые размещены ближе к колонии щурки, чем исследуемая.

В работе был использован данный индекс и на его основе определен примерный ущерб щурки на пасеки.

Литература

[1] Пушкин С.В. Питание золотистой щурки//Пчеловодство. – 2007. №6. – с.32-33.

© Асмеев Ю.А., 2018 г.

УДК: 581.543: 634.31/34

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ

Билалова Э.Г.

ГБПОУ «Уфимский лесотехнический техникум», г. Уфа, Россия
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Самой северной точкой выращивания цитрусовых считается г. Уфа, где около 30 лет в условиях закрытого грунта в учебно-опытном хозяйстве ГБПОУ «Уфимский лесотехнический техникум» (Уфимском лимонарии) успешно ведутся работы по поддержанию коллекции, агротехнике выращивания и селекции цитрусовых культур [1,3]. Собран большой фактический материал по особенностям биологии и выращиванию в условиях закрытого грунта.

Цель работы: провести сравнительный анализ феноритмов сортов лимона при интродукции в условия закрытого грунта в г. Уфа.

При исследовании фенологических фаз цитрусовых была проведена статистическая обработка усредненных данных за многие годы. Обработаны данные феноритмов и длительность фенофаз сортов лимона в летний, осенний и весенне-зимние периоды в условиях закрытого грунта. Проанализированы показатели температуры воздуха, влажность в теплице, их влияние на длительность прохождения основных фенологических фаз развития лимонов.

Статистическая обработка исследуемых фенофаз изучаемых сортов цитрусовых культур проведена по Г.Н. Зайцеву [2]. Выявлены средние даты фенофаз при многолетних наблюдениях и отклонения от средних значений в разные годы.

В тепличных условиях выделены следующие фенологические фазы: бутонизация, цветение, плодоношение.

Полученные данные показывают, что при соблюдении оптимальных условий в закрытом грунте теплице в г. Уфа данные по фенологии лимонов могут отличаться от многих стандартных данных для этих культур в иных условиях выращивания.

Литература

1. Билалова Э.Г., Садыкова Ф.В., Ишмуратова М.М. Морфологические характеристики лимонов, выращиваемых в условиях закрытого грунта в г. Уфа // Экология и география растений и растительных сообществ: материалы IV Международной научной конф. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та; 2018. с. 80-83
2. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчётов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.; Наука, 1963. 256 с.
3. Садыкова Ф.В. Опыт выращивания лимонов в условиях Башкортостана. 2009. 64с.

© Билалова Э.Г., 2018 г.

СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ БИОЛОГИИ»

УДК 612.176.4

ВЛИЯНИЕ ПОЛА И ГЕНОТИПА СТУДЕНТОВ НА ТОЛЕРАНТНОСТЬ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ

Аюпова А.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одним из наиболее значимых полиморфизмов, ассоциированных с формированием физических качеств человека и адаптацией сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам является I/D полиморфизм гена ангиотензин-превращающего фермента (АПФ).

Методом дисперсионного двухфакторного анализа устанавливалось влияние фактора пола и полиморфных вариантов гена АПФ (с градациями 1-I/I, 2-I/D, 3-D/D) на показатель, характеризующий уровень физического состояния организма – процента снижения кардиореспираторного индекса (КРИС%) после выполняемой дозированной физической нагрузки.

Наследственный фактор отдельно и в сочетании с полом оказывает влияние на толерантность ССС к физическим нагрузкам ($p \leq 0,01$). Видно (рис. 1), что у девушек, в отличие от юношей, варианты ID полиморфизма гена АПФ значимо сказываются на величине КРИС %.

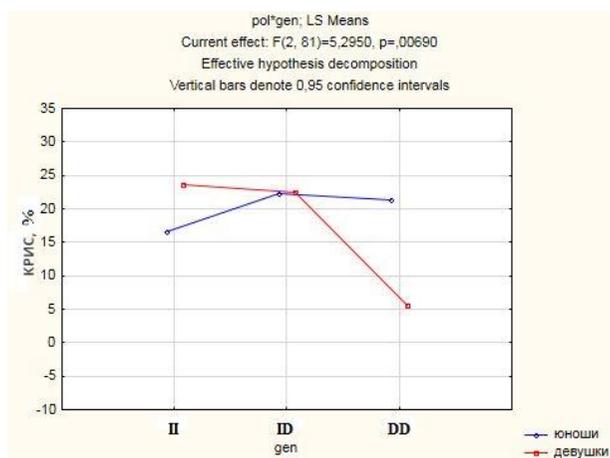


Рис.1. Совместное влияние пола и гена на толерантность к физической нагрузке (по данным дисперсионного анализа, $p=0,0069$).

У носителей аллели I гена АПФ показатели КРИС % имеют существенные гендерные отличия и находятся на уровне, который соответствует умеренной переносимости физической нагрузки (16-30%). Одновременно, у девушек с генотипом DD выявлен высокий уровень толерантности к физической нагрузке не только по сравнению с девушками других генотипов, но и с юношами с тем же генотипом (КРИС% составляют у девушек с генотипами II – $23,70 \pm 3,91$, ID – $22,26 \pm 1,67$, DD – $5,41 \pm 1,99$, соответственно, у юношей II – $16,07 \pm 2,84$, ID – $22,06 \pm 2,69$, DD – $21,34 \pm 2,63$), что говорит о достаточно высоком уровне адаптации сердечно-сосудистой системы к нагрузкам.

Таким образом, в проведенном исследовании продемонстрировано наличие половой специфики толерантности к физическим нагрузкам, которые контролируются геном АПФ.

Литература

1. Макарова Н.В. Статистический анализ медико-биологических данных с использованием пакетов статистических программ Statistica, SPSS, NCSS, SYSTAT : методическое пособие / Н.В. Макарова ; Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России – СПб.: Политехника-сервис, 2012. – 178 с.
2. Woods, D.R. The ACE I/D polymorphism and human physical performance / D.R. Woods, S.E. Humphries, H.E. Montgomery // Trends Endocrinol. Metab. – 2000. – 11. – P. 416 – 420.

© Аюпова А.Р., 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

СЕКЦИЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

Неклюдов Е.А. СПИНОВЫЙ НЕМАТИК СО СПИНОМ $S=3/2$ НА ТРЕУГОЛЬНОЙ РЕШЁТКЕ	5
Шарипов Р.А. О КАТАЛИЗЕ ДЕЙТЕРИЙ-ТРИТИЕВОГО НУКЛЕОСИНТЕЗА	6
Синицын Вл.Е., Овчинников А.С., Бострем И.Г., Проскурин И.В., Кишине Дж. СПИНОВЫЙ РЕЗОНАНС В СОЛИТОННОЙ РЕШЕТКЕ КОНЕЧНОГО РАЗМЕРА	7
Гумеров А.М., Кудрявцев Р.В., Салимов Р.К., Екомасов Е.Г. Антонов Г.И., Капитонов И.В. СОЛИТОННЫЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ СИНОС-ГОРДОНА В МОДЕЛИ С ПРОИЗВОЛЬНЫМ ЧИСЛОМ ПРИМЕСЕЙ, ВНЕШНЕЙ СИЛОЙ И ЗАТУХАНИЕМ	8
Терешенко А.А., Овчинников А.С., Синицын Вл.Е. ЭФФЕКТЫ МАГНИТОСТРИКЦИИ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ХИРАЛЬНЫХ ГЕЛИМАГНЕТИКОВ: МОДЕЛЬ ДВОЙНОГО СИНОС-ГОРДОНА	9
Осокин К.С., Леяков А.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗАМКНУТОЙ АКСИАЛЬНО-СИММЕТРИЧНОЙ НУЛЬ-СТРУНЫ	12
Плотникова А.Н., Соболев А.М. О ПОЛОЖЕНИИ ЗВЕЗД, ИОНИЗУЮЩИХ ТУМАННОСТИ, НА ИНФРАКРАСНЫХ ДИАГРАММАХ	13
Трушникова Е.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ, ОПИСЫВАЕМЫХ АНТИФЕРРОМАГНИТНОЙ МОДЕЛЬЮ ИЗИНГА	14
Лукманова Р.Ф., Камалова Д.Ю. ПАРАМЕТРЫ ЛИНЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ В СКАЛЯРНО-ТЕНЗОРНО-ВЕКТОРНОЙ ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ	15
Хайбуллина А.Р., Тулеганова Г.Ю. АНАЛИЗ СТАБИЛЬНОСТИ ТОНКОЙ ОБОЛОЧКИ КРОВОЙ НОРЫ В ТЕОРИИ $f(R)$ - ГРАВИТАЦИИ	16
Байбулова Г.Б., Тулеганова Г.Ю. ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЗАДЕРЖКИ СВЕТА В ПОЛЕ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ В МОДИФИЦИРОВАННОЙ ТЕОРИИ	17

ГРАВИТАЦИИ	
Давлетшина Н.Ю., Каримов Р.Х.	18
ЭФФЕКТ САНЬЯКА В ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ ЙОХАНСЕНА-ПСАЛТИСА	
Каримов Р.Х., Исмаилов Р.Н.	19
ПРОЦЕСС АККРЕЦИИ В РЕШЕНИЯХ ДЛЯ ЧЕРНЫХ ДЫР И ГОЛЫХ СИНГУЛЯРНОСТЕЙ	
Валиев Р.Р., Исмаилов Р.Н.	20
АНАЛИЗ СТАБИЛЬНОСТИ ТОНКОЙ ОБОЛОЧКИ КРОВОЙ НОРЫ В ТЕОРИИ $f(R)$ - ГРАВИТАЦИИ	
Степанов С.В., Антонов Г.И.	21
КОМБИНИРОВАННОЕ ВЛИЯНИЕ СПИН-ПОЛЯРИЗОВАННОГО ТОКА И ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ДИНАМИКУ И ТРАНСФОРМАЦИЮ СТРУКТУРЫ СВЯЗАННЫХ МАГНИТНЫХ ВИХРЕЙ	
Жармухаметов А.Р., Нугуманов А.Г., Юлдашева А.Р., Шарафуллин И.Ф.	22
МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ В СВЕРХРЕШЕТКАХ МУЛЬТИФЕРРОИКОВ	
Вахитов Р.М., Гареева З.В., Солонецкий Р.В., Мажитова Ф.А.	23
ВОЗНИКНОВЕНИЕ МИКРОМАГНИТНЫХ СТРУКТУР В НЕОДНОРОДНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ В ОДНООСНЫХ МУЛЬТИФЕРРОИКАХ	
Гареев Т.Т., Пятаков А.П.	24
ЭЛЕКТРОИНДУЦИРОВАННОЕ ЗАРОЖДЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ МАГНИТНЫХ ДОМЕНОВ В ПЛЕНКАХ ФЕРРИТОВ ГРАНАТОВ	
Балашова В.Н., Закирьянов Ф.К.	27
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ДВИЖЕНИЯ КИНКА МОЛЕКУЛЫ ДНК ПОД ВЛИЯНИЕМ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ	
Закирьянов Ф.К., Мельников В.Ю.	28
МОДЕЛЬ ПЕРЕНОСА ЗАРЯДА В МОЛЕКУЛЕ ДНК	
Каюмов И.Р., Гареева З.В., Звездин А.К.	29
ПРОСТРАНСТВЕННО - МОДУЛИРОВАННЫЕ СТРУКТУРЫ В ПЛЕНКАХ ФЕРРИТА ВИСМУТА	
Алиева М.Е., Мукашев К.М., Мурадов А.Д., Умаров Ф.Ф.	30
МОДЕЛЬ ВОЛНОВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ЧАСТИЦЫ И АНТИЧАСТИЦЫ	

**СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И
НАНОФИЗИКА»**

- Шарипов Т.И.** 34
АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ НАДМОЛЕКУЛЯРНОЙ
СТРУКТУРЫ АСФАЛЬТЕНОВ

СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

- Смирнова Д.А.** 36
АВТОИНТЕРКАЛИРОВАННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ
ГРАФЕНА
- Куржумбаев Д.Ж.** 37
АЛМАЗОПОДОБНАЯ ФАЗА НА ОСНОВЕ ГРАФЕНА L_{5-7}
- Генералов А.И.** 38
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КАРБИНОАЛМАЗНЫХ ФАЗ
- Хасанова А., Ишембетов Р.Х.** 39
ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ
 $Cs_{0.125}Cu_{1.875}S$
- Хазиева Г., Ишембетов Р.Х.** 40
ИССЛЕДОВАНИЕ ИОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ И
КОЭФФИЦИЕНТА ХИМИЧЕСКОЙ ДИФФУЗИИ
СУПЕРИОННЫХ ПРОВОДНИКОВ
 $Ag_xCu_{2-x}Te$ ($x=0.125$)
- Фахретдинов Т., Ишембетов Р.Х.** 41
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ДОБРОТНОСТЬ $Cs_{0.225}Cu_{1.775}S$
- Маркабаева Ф., Ишембетов Р.Х.** 42
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ $Ag_xCu_{2-x}Te$ ($x=0.075$;)
- Баишева А.Х., Насибуллин Р.С., Балапанов М.Х.** 43
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МОЛЕКУЛ КВЕРЦЕТИНА
МЕТОДОМ ЯМР
- Чуракова А.А.** 44
МИКРОСТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ
СПЛАВА Ti_{49,0}Ni_{51,0}, ПОЛУЧЕННОГО РКП С РАЗЛИЧНЫМ
ИСХОДНЫМ СОСТОЯНИЕМ
- Султанова Э.А., Чуракова А.А.** 45
ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ И
СВОЙСТВ СПЛАВА TiNi ПРИ МНОГОКРАТНЫХ ФАЗОВЫХ
ПРЕВРАЩЕНИЯХ
- Якшибаев Б.Р.** 46
К ОПРЕДЕЛЕНИЮ РЕЛАКСАЦИОННОЙ КОЭРЦИТИВНОЙ
СИЛЫ ТРУБНОЙ СТАЛИ

Якшибаев Б.Р., Мардамшин В.Р. К МАГНИТОМУ КОНТРОЛЮ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	48
Курбангулов А.Р., Нигматуллина Г.Р., Акманова Г.Р. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Ag_xCu_{2-x}Te$	49
Сафаргалиев Д.И., Биккулова Н.Н., Акманова Г.Р. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Ag_xCu_{2-x}Te$	50
Янбарисов А., Ишембетов Р.Х. ЭЛЕКТРОННЫЙ ЭФФЕКТ ПЕЛЬТЬЕ В $Cs_{0.1}Cu_{1.8}S$	52
Назарова М.А., Аминова Г.А., Бронская В.В., Мануйко Г.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛА ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ КОРРОЗИОННО-СТОЙКИХ СТАЛЕЙ	53
Давлетшина А.Д., Акманова Г.Р. ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРА ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ В ХАЛЬКОГЕНИДАХ МЕДИ И СЕРЕБРА ПРИ ЗАМЕЩЕНИИ В КАТИОННОЙ И АНИОННОЙ ПОДРЕШЕТКАХ	54
Атанов Б.И., Ситдигов О.Ш., Автократова Е.В., Латыпова О.Э., Маркушев М.В. ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ МИКРОСТРУКТУРЫ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1570С, ПОДВЕРГНУТОГО ВСЕСТОРОННЕЙ КОВКЕ И ПРОКАТКЕ	55
Бурдастых Ю.Л., Автократова Е.В., Крымский С.В., Ситдигов О.Ш., Маркушев М.В. ЭФФЕКТ ВТОРИЧНЫХ ФАЗ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ИНТЕНСИВНО ДЕФОРМИРОВАННЫХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ СКАНДИЕМ И ЦИРКОНИЕМ	56
Ильясов Р.Р., Автократова Е.В., Крымский С.В., Ситдигов О.Ш., Маркушев М.В. ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ГЕТЕРОГЕНИЗАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СПЛАВА Д16 ПРИ КРИОГЕННОЙ ПРОКАТКЕ	57
Хазгалиева А.А., Крымский С.В., Автократова Е.В., Ситдигов О.Ш., Маркушев М.В. ЭФФЕКТ ЦИРКОНИЯ НА МЕЖКРИСТАЛЛИТНУЮ КОРРОЗИЮ СИЛЬНОДЕФОРМИРОВАННОГО ДУРАЛЮМИНА	59
Пимоненко К.В., Таскаев С.В., Скоков К.П., Карпенков Д.Ю., Ховайло В.В., Батаев Д.С., Ульянов М.Н., Пелленен А.П.	60

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТЕРБИЯ И ДИСПРОЗИЯ	
Гаврилова М.А., Таскаев С.В., Скоков К.П., Карпенков Д.Ю., Ховайло В.В., Батаев Д.С., Ульянов М.Н., Пелленен А.П.	62
ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НЕОДИМА И САМАРИЯ	

СЕКЦИЯ «НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОЭЛЕКТРОНИКА»

Галияхметов Ф.Х., Рысаева Л.Х., Баимова Ю.А.	66
УГЛЕРОДНЫЕ АЭРОГЕЛИ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ И ИХ СТРУКТУРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ	
Клявлинка А.И., Галияхметов Ф.Х., Рысаева Л.Х., Баимова Ю.А.	67
МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕРОДНЫХ АЭРОГЕЛЕЙ	
Назарова З.И., Назаров А.Н., Орлов В.А., Прокопенко В.С.	68
О РОЛИ МАГНИТОУПРУГОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ФОРМИРОВАНИИ МАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ НАНОДИСКОВ	
Акимова М.А., Назырова Г.Р., Ефимова Ю. Ю., Давлетшина Л., Жилиев А.П.	69
МИКРОСТРУКТУРА И МИКРОТВЕРДОСТЬ ДИСКОВ МЕДИ И АЛЮМИНИЯ, СВАРЕННЫХ МЕТОДОМ КГД ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ	
Салихов Т.Р.	70
ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕНОСА ЗАРЯДА В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ПАНИ	
Рахматуллина Э.Р.	71
ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ КВАЗИДВУМЕРНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ГАЗ, НА ПРОВОДИМОСТЬ ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНКИ	
Рахматова Л.И., Юсупов А.Р.	73
ВЛИЯНИЕ АЦЕТОНА И ЭТИЛОВОГО СПИРТА НА ПРОВОДИМОСТЬ ПЛЕНОК ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА (ПДФ)	
Беленков М.Е.	74
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ L_{5-7} ГРАФЕНА	
Белекеев И.А.	75
РАСЧЕТ СТРУКТУРЫ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК, ИНКАПСУЛИРОВАННЫХ МОЛЕКУЛАМИ	
Сафина Л.Р., Баимова Ю.А.	76
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА МОРСА ДЛЯ	

МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НИКЕЛЬ-УГЛЕРОД Лихачева А.Р., Юсупов А.Р.	77
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ НА ПОДВИЖНОСТЬ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНКАХ	
Сафаргалин И.Н., Салихов Т.Р.	78
ТОНКИЕ ПЛЕНКИ ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ	
Муллагалиев И.Н., Сафаргалин И.Н.	79
ТОНКИЕ ПЛЕНКИ PANI и C60 В ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРАХ	
Муллагалиев И. Н., Сафаргалин И.Н.	80
ТОНКИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ПЛЕНКИ В ХИМИЧЕСКИХ СЕНСОРАХ	
Муллагалиев И.Н., Сафаргалин И.Н., Салихов Р.Б.	81
ОРГАНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ФОТОТРАНЗИСТОРОВ	
Гелецкая К.А.	82
МЕТОД НЕРАЗРУШИМОГО КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТОВ СТРУКТУРЫ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ	
Зайнитдинова А.А., Салихов Р.Б.	83
СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В «УМНЫХ ТЕПЛИЦАХ»	
Юдахина А.А., Хафизова Э.Д.	84
УСТАЛОСТНЫЕ СВОЙСТВА УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОГО АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ AL-CU-MG	
Даулетов Т.Н., Турсункулов Б.У., Абдрахманов В.Х.	85
РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА «УМНОГО БРАСЛЕТА» (LIVE PROTEST BRASLET)	
Габдрахманова Л.А., Альмухаметов Р.Ф.	87
ИЗУЧЕНИЕ ПРОФИЛЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ДИФРАКЦИОННЫХ ЛИНИЙ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КОБАЛЬТА	
Панкратьев Е.Ю., Хатымов Р.В.	88
ЭНЕРГИЯ РЕОРГАНИЗАЦИИ МОЛЕКУЛ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ	

СЕКЦИЯ «ПРОБЛЕМЫ РАДИОТЕХНИКИ И СВЯЗИ»

Лопатюк А.В., Грачева А.М.	90
ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОКАНАЛЬНОГО ИНТЕГРАЛЬНО- ОПТИЧЕСКОГО РАЗВЕТВИТЕЛЯ	
Ахметова А.Ш., Нурланбекова Ч.Н., Лопатюк А.В.	91

ПРОЕКТИРОВАНИЕ 40 ГИГАБИТНОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ НА УЧАСТКЕ УФА-ОРЕНБУРГ	
Гильманов А.А., Гоц С.С.	93
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМИССИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОКАТОДОВ ПРЯМОГО И КОСВЕННОГО НАКАЛА	
Хакимов Ф.А., Лопатюк А.В.	95
РЕАЛИЗАЦИЯ PON ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ПОСЕЛЕНИИ	
Вальшин А.М., Латипова А.Р.	97
ПОВЫШЕНИЕ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ГАЗОВОГО ЛАЗЕРА ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ НАКАЧКЕ	
Вальшин А.М., Пашкова Ю.А.	98
ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ИНДУКЦИОННАЯ НАКАЧКА ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ	
Вальшин А.М., Нигаматова Л.Н.	99
ИМПЕДАНС ПЛАЗМЫ ЛАМПЫ-ВСПЫШКИ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ НАКАЧКЕ	
Вальшин А.М., Хусаинова Ю.А.	101
ФАРАДЕЕВО ТЁМНОЕ ПРОСТРАНСТВО ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОМ ЗАЖИГАНИИ РАЗРЯДА ЛАМПЫ – ВСПЫШКИ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА	

СЕКЦИЯ «ГЕОФИЗИКА»

Бусканов В.И.	103
ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН АППАРАТУРОЙ «ГОРИЗОНТ»	
Галлямов М.А.	104
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В СТВОЛЕ СКВАЖИНЫ	
Безруков Н.В.	105
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПЛАСТА ПРИ РАБОТЕ СКВАЖИНЫ В РЕЖИМЕ ПОСТОЯННОЙ ДЕПРЕССИИ	
Абдульменова Л.Т.	106
ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЕРХНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	

СЕКЦИЯ «ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА»

- Питюк Ю.А., Абрамова О.А., Зарафутдинов И.А.** 109
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПУЗЫРЬКА НА
ПОВЕРХНОСТИ В СДВИГОВОМ ПОТОКЕ ВЯЗКОЙ
ЖИДКОСТИ
- Коновалова В.А.** 110
ТРАССЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ
- Фазылов Р.Р., Мугатабарова А.А.** 111
СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ИНГИБИТОРНОЙ ЗАЩИТЫ
ТРУБОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ
- Фахреева Р.Р., Зарафутдинов И.А., Питюк Ю.А.** 112
АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРИЗАБОЙНОЙ
ЗОНЕ ПЛАСТА ПРИ НАГНЕТАНИИ ХОЛОДНОЙ ЖИДКОСТИ
НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
- Хисамов А.А.** 113
МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЛИНЕЙНОГО ПРИТОКА ЖИДКОСТИ В
СКВАЖИНУ С ТРЕЩИНОЙ ГИДРОРАЗРЫВА
- Зарафутдинов И.А., Питюк Ю.А.** 115
ТРЕХМЕРНЫЙ МЕТОД ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ
РАСЧЕТА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПУЗЫРЬКА И ТВЕРДОЙ
ЧАСТИЦЫ
- Булатова А.З., Питюк Ю.А.** 116
ЧИСЛЕННОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДИНАМИКИ
ОДИНОЧНОГО СФЕРИЧЕСКОГО ПУЗЫРЬКА В ВОДЕ И
ГЛИЦЕРИНЕ
- Халиков И.И., Мугатабарова А.А.** 117
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЛОКНИСТО-ДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОМЫТЫХ
УЧАСТКОВ КОЛЛЕКТОРА
- Нигматуллина Г.Р., Ягафарова З.А., Курбангулов А.Р.** 118
ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОЙ ДИАГРАММЫ ТЕЛЛУРИДА
МЕДИ НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА
- Петров А.С., Ягафаров С.Р., Саиткулов Д.З.** 119
ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНИЗМ
ЧЕЛОВЕКА
- Мырзабекова А.М., Ягафарова З.А., Рахматуллина Л.Р.** 121
ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ И ПРЕВРАЩЕНИЯ
ЭНЕРГИИ
- Юлмухаметова Р.Р., Мусин А.А.** 122
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОЙ

НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ СО ВЗВЕШЕННЫМИ ЧАСТИЦАМИ В ТРЕЩИНЕ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА Зеленова М.А., Ахметов Ш.Р.	123
ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ЗАДАЧЕ О ТЕМПЕРАТУРНОМ ПОЛЕ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ Хабидуллин И.Л., Орлов К.А.	124
МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ФЛЮИДОВ В ПЛАСТЕ С ТРЕЩИНОЙ ГИДРОРАЗРЫВА КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ Байгузин Р.В., Коновалова С.И.	125
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СВЯЗНОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ ОТ ПЕСЧАНИСТОСТИ НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ Силантьева К.Е.	126
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В НЕОДНОРОДНОМ ПЛАСТЕ ПРИ НАЛИЧИИ ЛИНИИ РАЗЛОМА Ахметзянова Э.А.	127
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ПЛАСТА ПРИ ДОБЫЧЕ ВЫСОКОПАРАФИНИСТОЙ НЕФТИ	

СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ»

Никонова Л.А., Гостюхина Д.Ф., Хуснутдинов Л.З. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ НА УРОКАХ ГЕОГРАФИИ	128
Абдуллин А.У., Акманова Г.Р. КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД В ПРЕПОДАВАНИИ КУРСОВ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ	130
Абдуллин А.У., Акманова Г.Р. МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА КАК ИНСТРУМЕНТ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА В ПРЕПОДАВАНИИ КУРСОВ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ	132
Акманова Г.Р., Балапанов М.Х. ОРГАНИЗАЦИЯ ОЛИМПИАД ШКОЛЬНИКОВ НА БАЗЕ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА	133
Акманова Г.Р., Биккулова Н.Н. О РОЛИ СТУДЕНЧЕСКИХ ОЛИМПИАД В ОБУЧЕНИИ	134

МАТЕМАТИКА

СЕКЦИЯ «КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И ТЕОРИЯ ФУНКЦИЙ»

Абдикадиров С. М. ОБ АНАЛИТИЧЕСКОМ ПРОДОЛЖЕНИИ ТОНКО- АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ МНОГИХ КОМПЛЕКСНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ	135
Абузярова Н.Ф., Бурханова Э.Р. ОБ ОДНОМ УСЛОВИИ ОБРАТИМОСТИ ПО ЭРЕНПРАЙСУ	136
Акрамов Н. ИНТЕГРАЛЬНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ КОШИ НА $L_2(\mathcal{K}, \mu)$	137
Байгускаров Т.Ю., Хабибуллин Б.Н. ЛОГАРИФМ МОДУЛЯ ГОЛОМОРФНОЙ ФУНКЦИИ КАК МИНОРАНТА ДЛЯ СУБГАРМОНИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ	139
Белим С.В., Ларионов С.Б. АЛГОРИТМ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРУГИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ	139
Гулиева Ф.А. О ПОЛНОТЕ ДВОЙНОЙ СИСТЕМЫ СТЕПЕНЕЙ С ВЫРОЖДАЮЩИМИСЯ КОЭФФИЦИЕНТАМИ	141
Ибодуллаева Н.М. УСТРАНИМЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕПАРАТНО- СУБГАРМОНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ	142
Кужаев А.Ф. ОБ ОДНОЙ ТЕОРЕМЕ ТИПА ТЕОРЕМЫ КАРЛЬСОНА	143
Мурясов Р.Р. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СРЕДНИЕ ВЫПУКЛЫХ ФУНКЦИЙ	144
Рахимова А.И., Напалков В.В. О ЗАДАЧЕ ШАПИРО ДЛЯ ОБОБЩЕННОГО ОПЕРАТОРА ДАНКЛА	145
Розит А.П. СУБГАРМОНИЧЕСКИЕ ТЕСТОВЫЕ ФУНКЦИИ	146
Sadigova S., Mamedova N., Mamedova Z. BASES FROM GENERALIZED FABER POLYNOMIALS IN WEIGHTED SMIRNOV SPACES	147
Tamindarova N.R. SUBHARMONIC TEST FUNCTIONS AND THE DISTRIBUTION OF ZERO SETS OF HOLOMORPHIC FUNCTIONS	147

СЕКЦИЯ «ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ»

- Павленко В. А.** 149
КВАНТОВАНИЕ ОДНОЙ ГАМИЛЬТОНОВОЙ СИСТЕМЫ
КИМУРЫ
- Русанова М.И., Ершов А. А.** 150
АСИМПТОТИКА РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ
УРАВНЕНИЯ ЛАПЛАСА СО СМЕНОЙ ТИПА ГРАНИЧНОГО
УСЛОВИЯ НА ДВУХ МАЛЫХ УЧАСТКАХ
- Сираева Д.Т.** 151
ОБ ИНВАРИАНТНЫХ ПОДМОДЕЛЯХ РАНГА 2
КАНОНИЧЕСКОГО ВИДА
- Утяшев И.М.** 152
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОЛИНОМИАЛЬНОГО
ПОТЕНЦИАЛА В ЗАДАЧЕ ШТУРМА-ЛИУВИЛЛЯ
- Фатыхова А.И.** 153
НЕЛОКАЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ПРИЛОЖЕНИЯХ К
ЭВОЛЮЦИОННЫМ УРАВНЕНИЯМ
- Юмагулов М.Г., Ибрагимова Л.С., Мустафина И.Ж.** 154
ПРИБЛИЖЕННОЕ ПОСТРОЕНИЕ ГРАНИЦ ОБЛАСТЕЙ
УСТОЙЧИВОСТИ НЕАВТОНОМНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ
УРАВНЕНИЙ

СЕКЦИЯ «СПЕКТРАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОПЕРАТОРОВ»

- Валиуллина Л.Г., Ишкин Х.К.** 156
СПЕКТРАЛЬНЫЕ ПОРТРЕТЫ МОДЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ,
СВЯЗАННОЙ С ОПЕРАТОРОМ ОРРА – ЗОММЕРФЕЛЬДА, В
СЛУЧАЕ КУСОЧНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ
- Gilyazeva S. M.** 157
THE DEGENERATE BOUNDARY CONDITIONS FOR THE THIRD-
ORDER DIFFERENTIATION OPERATOR
- Марванов Р.И., Ишкин Х.К.** 158
ОБ АНАЛИТИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЯХ
НЕСАМОСOPЯЖЕННОГО АНГАРМОНИЧЕСКОГО
ОСЦИЛЛЯТОРА
- Шарипов Р. А.** 159
ОБ АППРОКСИМАЦИИ НЕСКОЛЬКИХ СОБСТВЕННЫХ
ЧИСЕЛ САМОСOPЯЖЕННОГО ПОЛУОГРАНИЧЕННОГО
ЛИНЕЙНОГО ОПЕРАТОРА В ГИЛЬБЕРТОВОМ
ПРОСТРАНСТВЕ

СЕКЦИЯ «МЕХАНИКА»

- Айтбаева А.А.** 161
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ЗАКРЕПЛЕНИЯ КОНЦА СТЕРЖНЯ ПО МИНИМАЛЬНОМУ ЧИСЛУ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ ЕГО КОЛЕБАНИЙ
- Зубайдуллина З.Р.** 162
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА И ПАРАМЕТРОВ ДЕФЕКТА СТЕРЖНЯ ПО СОБСТВЕННЫМ ЧАСТОТАМ ЕГО ПРОДОЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ
- Низамова А.Д.** 163
ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ЛАМИНАРНОГО ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ
- Хуснутдинова Г.А.** 164
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА И ПАРАМЕТРОВ ДЕФЕКТА СТЕРЖНЯ ПО СОБСТВЕННЫМ ЧАСТОТАМ ЕГО ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

- Андреев А. И., Жуков Е. А., Каминский А. В.** 165
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДОВОГО СОСТАВА ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПЛАСТИН ПРИ СОВПАДЕНИИ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ
- Крутова Ю.А., Ершов А.А.** 166
АСИМПТОТИКА МАГНЕТОСОПРОТИВЛЕНИЯ КРИСТАЛЛА ИЗОТРОПНОГО ПОЛУПРОВОДНИКА
- Адамова М.Е., Жуков Е.А., Каминский А.В., Тимошенко Т.В.** 167
К ВОПРОСУ ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ ВОЛН В АНИЗОТРОПНЫХ КРИСТАЛЛАХ
- Мартьянова Ю.В., Хакимов Р.С.** 168
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ТЕПЛА В СИСТЕМЕ ТРЕХ СТЕРЖНЕЙ

СЕКЦИЯ «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ»

- Бадиев М.К., Муртазаев А.К., Рамазанов М.К., Курбанова Д.Р., Муртазаев К.Ш., Мазагаева М.К.** 170
ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В МОДЕЛИ ИЗИНГА НА СЛОИСТОЙ ТРЕУГОЛЬНОЙ РЕШЕТКЕ

МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО	
Белевцов Н.С.	172
ДРОБНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ОБОБЩЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА	
Ершова А.А.	173
О ЗАДАЧЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФОНОННЫХ СПЕКТРОВ	
Курбанова Д.Р., Муртазаев А.К., Рамазанов М.К.	174
ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В МОДЕЛИ ИЗИНГА И ГЕЙЗЕНБЕРГА НА ОЦК РЕШЕТКЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО	
Муртазаев К.Ш., Муртазаев А.К., Рамазанов М.К.	176
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ФРУСТРИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ГЕЙЗЕНБЕРГА НА КУБИЧЕСКОЙ РЕШЕТКЕ	
Тааев Т. А., Хизриев К. Ш., Муртазаев А. К., Хизриев Ш. К., Курбайтаев А.Я., Исаева М.М.	178
МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТОТВЕРДОГО/МАГНИТОМЯГКОГО БИСЛОЯ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО	

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СТАТИСТИКА»

Ахметзянова Э.А.	181
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРЕВА ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ПЛАСТА ПРИ ДОБЫЧЕ ВЫСОКОПАРАФИНИСТОЙ НЕФТИ	
Ахметьянова А.И.	182
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БАЗИСА ГОМОДЕСМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНТАЛЬПИИ ОБРАЗОВАНИЯ	
Бабаев А.Б., Муртазаев А.К.	183
РАСЧЕТ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ДИСПЕРСИЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ И ВОСПРИИМЧИВОСТИ В НЕУПОРЯДОЧЕННОЙ МОДЕЛИ ИЗИНГА. РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	
Белим С.В., Вильховский Д. Э.	185
МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ СКРЫТОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ, ИСПОЛЗУЮЩЕЙ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД КОХА-ЖАО	
Боброва А.А.	187
МЕТОД ДЕРЕВЬЕВ ОТКАЗОВ В УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ РИСКАМИ	

Коновалова А.С., Куровская А.А., Бодряков В.Ю.	188
ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ НА ПРИМЕРЕ РАБОТЫ ОТДЕЛА ЛОЯЛЬНОСТИ	
Лукманов Р.А.	190
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ	
Магомедов М.А. Исрапов Э.Х.	191
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЯХ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО	
Муртазаев А.К., Магомедов М.А., Магомедова Л.К.	192
ПЛОТНОСТЬ СОСТОЯНИЙ И СТРУКТУРА ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ МОДЕЛИ ИЗИНГА НА РЕШЕТКЕ КАГОМЕ	
Синицкий А.И.	193
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ С ОБОСТРЕНИЕМ В НЕЛИНЕЙНОЙ ДРОБНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СУБДИФфуЗИИ С ИСТОЧНИКОМ	
Павленко В.А.	194
ОПИСАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА СУШКИ ЯЧМЕНЯ	
Шаяхметова З.А., Урманшина Л.И.	195
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ. Т-КРИТЕРИЙ СТЬЮДЕНТА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ НА КОНКРЕТНОМ ПРИМЕРЕ	

СЕКЦИЯ «ГРУППОВОЙ АНАЛИЗ»

Кадырова К. Р.	196
ИНВАРИАНТНЫЕ СИСТЕМЫ ТРЕХ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА ДЛЯ ШЕСТИМЕРНОЙ АЛГЕБРЫ ЛИ С ДВУМЯ ДВУМЕРНЫМИ ПОДАЛГЕБРАМИ	
Фокеева Н.О.	197
ИНТЕГРИРОВАНИЕ СИСТЕМ ДВУХ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА, ДОПУСКАЮЩИХ ШЕСТИМЕРНЫЕ АЛГЕБРЫ ЛИ С ТРЕХМЕРНОЙ ПОДАЛГЕБРОЙ	
Чунарёва М.П.	198
ПРИБЛИЖЕННЫЕ ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ ДРОБНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ	

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ»

- Вахитова З.Р.** 199
АНАЛИЗ ОПЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ХЕДЖИРОВАНИИ
ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ
- Зиннатуллин Ф.Ф.** 201
МОДЕЛЬ АКСЕЛЕРАТОРА В РЕШЕНИИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ
ЗАДАЧ
- Стрельникова А. С.** 202
ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ В
РЕШЕНИИ ЗАДАЧ С ЭКОНОМИЧЕСКИМ СОДЕРЖАНИЕМ

СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ»

- Аксенова О.В., Бодряков В.Ю.** 205
ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ РЕШЕНИЮ МОДЕЛЬНЫХ
МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ВОПЛОЩЕНИЕМ НА
РЕАЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ
- Белоногова А.А.** 207
О ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ
УНИВЕРСАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ
МАТЕМАТИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УКРУПНЕННЫХ
ДИДАКТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ
- Быков А.А., Бодряков В.Ю.** 209
РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ КАК СПОСОБ
МОТИВАЦИИ К ПРОФЕССИОНАЛЬНО
ОРИЕНТИРОВАННОМУ ИЗУЧЕНИЮ МАТЕМАТИКИ В
УЧРЕЖДЕНИЯХ СПО
- Кныш А.А.** 211
ПРИМЕР ОРГАНИЗАЦИИ ДЕЛОВОЙ ИГРЫ В ПРОЦЕССЕ
ИЗУЧЕНИЯ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ
- Коновалова А.С.** 213
ЗАДАЧА О ПОГОНЕ КАК ПРИМЕР РЕШЕНИЯ
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПРИ ПОМОЩИ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ
- Павленко В.А.** 214
ЭЛЕКТРОННО-ИНФОРМАЦИОННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
СРЕДА
- Семенова И.Н., Бодряков В.Ю.** 215
К ВОПРОСУ О ДИАГНОСТИКЕ СФОРМИРОВАННОСТИ
КОМПЕТЕНЦИЙ У БАКАЛАВРОВ, ОБУЧАВШИХСЯ ПО

НАПРАВЛЕНИЮ «44.03.01 – ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ», ПРОФИЛЬ: МАТЕМАТИКА

Юлдошев М.Н. 217
ФАКТОРЫ, АКТИВИЗИРУЮЩИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ
РАБОТУ

ХИМИЯ

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ХИМИЯ»

Никитина М.В., Бугаец Д.В., Зильберг Р.А., Вакулин И.В. 220
ТОЧНОСТЬ РАСЧЕТА RED/OX ПОТЕНЦИАЛОВ
ЗАМЕЩЕННЫХ ФЕНОЛОВ В ПОЛУЭМПИРИЧЕСКИХ
МЕТОДАХ AM1, RM1, RM7 И SAM1.

Бугаец Д.В., Зильберг Р.А., Вакулин И.В. 221
АППРОКСИМИРОВАНИЕ REDOX ПОТЕНЦИАЛОВ
ЗАМЕЩЕННЫХ БЕНЗОЛОВ ПО ЭНЕРГИЯМ ГРАНИЧНЫХ
ОРБИТАЛЕЙ, ВЫЧИСЛЕННЫХ В ПРИБЛИЖЕНИИ РСМ/RM1

Панкратьев Е.Ю., Хатымов Р.В. 222
ПРОЧНОСТЬ СВЯЗЕЙ Ar-H В МОЛЕКУЛАХ
ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ
УГЛЕВОДОРОДОВ

Бугаец Д.В., Зильберг Р.А., Вакулин И.В. 224
ТОЧНОСТЬ АППРОКСИМИРОВАНИЯ REDOX
ПОТЕНЦИАЛОВ ЗАМЕЩЕННЫХ АНИЛИНОВ ПО
ЭНЕРГИЯМ НОМО И LUMO, ВЫЧИСЛЕННЫХ В
ПРИБЛИЖЕНИИ РСМ/RM1

Бугаец Д.В., Зильберг Р.А., Вакулин И.В. 225
ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ АППРОКСИМИРОВАНИЯ
RED/OX ПОТЕНЦИАЛОВ ЗАМЕЩЕННЫХ ФЕНОЛОВ ПО
ЭНЕРГИЯМ ГРАНИЧНЫХ ОРБИТАЛЕЙ РАССЧИТАННЫХ В
ПРИБЛИЖЕНИИ РСМ/RM1.

Ву Тхи Нгок Ань 226
КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ
ТАУТОМЕРОВ АРИЛАЗОПИРАЗОЛОНОВ

Шарипов Р.А. 227
КРИТЕРИЙ КАЧЕСТВА ДЛЯ ТЕТРАЭДРИЧЕСКИХ
ТРИАНГУЛЯЦИЙ ПРИ РАСЧЁТЕ СПЕКТРА
МНОГОЧАСТИЧНОГО ОПЕРАТОРА ШРЁДИНГЕРА

Шаяхметова Р.Х. (БашГУ) REAXFF МОЛЕКУЛЯРНО- 228
ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО
КРЕКИНГА ИЗООКТАНА, ТЕТРАЛИНА И ДЕКАЛИНА

Грешняков В.А., МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ЛОНСДЕЙЛИТА	230
--	-----

СЕКЦИЯ «ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ»

Егорова К.Ю., Кузьмин М.В., Кольцов Н.И. ЭПОКСИДНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ АМИННЫХ ОТВЕРДИТЕЛЕЙ И ВОЛЛАСТАНИТА	232
Егоров Е.Н., Ушмарин Н.Ф., Кольцов Н.И. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВНА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ	234
Ефимов К.В., Ушмарин Н.Ф., Кольцов Н.И. ВЛИЯНИЕ ПРОДУКТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕТАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ТРИГЛИЦИДИЛОВОГО ЭФИРА ТРИМЕТИЛОЛПРОПАНА НА СВОЙСТВА РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ КОМБИНАЦИИ БУТАДИЕН- НИТРИЛЬНЫХ КАУЧУКОВ	236
Ефимовский Е.Г, Тимофеев И.В., Кольцов Н.И. ВЛИЯНИЕ СЭВИЛЕНОВ НА КИНЕТИКУ ВУЛКАНИЗАЦИИ РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ КОМБИНАЦИИ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНОГО И МЕТИЛСТИРОЛЬНОГО КАУЧУКОВ	238
Спиридонов И.С., Илларионова М.С., Кольцов Н.И. РАЗРАБОТКА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ ДЛЯ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЛУЧШЕННЫМИТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ	240
Лаврентьев О.А., Ефимовский Е.Г., Кольцов ВЛИЯНИЕ ПОЛЫХ МИКРОСФЕР НА РЕОМЕТРИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ КАУЧУКА БНКС-18АМН	242
Тахаутдинова А.В., Шиян Д.А., Терещенко К.А., Улитин Н.В., Колесов С.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ РАДИКАЛЬНО- КООРДИНАЦИОННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА В ПРИСУТСТВИИ ПЕРОКСИДА БЕНЗОИЛА И ТИТАНОЦЕНДИХЛОРИДА	244

- Терещенко К.А., Зиганшина А.С., Тахаутдинова А.В., Альметова Г.Ф., Улитин Н.В., Захаров В.П.** 246
МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ИОННО-КООРДИНАЦИОННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ИЗОПРЕНА В ПРИСУТСТВИИ НЕОДИМОВОЙ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
- Зиганшина А.С., Ганиев Г.М., Терещенко К.А., Улитин Н.В., Захаров В.П.** 248
МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ИОННО-КООРДИНАЦИОННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ 1,3-ДИЕНОВ В ПРИСУТСТВИИ ПОДГОТОВЛЕННОЙ В ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКАХ ТИТАНОВОЙ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
- К.Н. Носенко** 250
ИК ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПЛЕКСА ПЕКТИНА С Cu(II)
- Dmitricheva R.R., Bronskaya V.V., Manuiko G.V., Aminova G.A.** 252
MATHEMATICAL MODELING OF KINETICS OF THE PROCESS OF COPOLYMERIZATION OF IZOBUTYLENE AND ISOPRENE
- В.В. Плющев, Г.А. Аминова, В.В. Бронская, Г.В. Мануйко,** 254
МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ СОПОЛИМЕРИЗАЦИИ ЭТИЛЕНА И ПРОПИЛЕНА В РЕАКТОРЕ С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ
- Галиуллина Г.Ф., Сигаева Н.Н., Глазырин А.Б.** 255
ХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ СИНДИОТАКТИЧЕСКОГО 1,2-ПОЛИБУТАДИЕНА ФУЛЛЕРЕНОМ
- Галина А.Р., Шуршина А.С., Кулиш Е.И.,** 256
О НЕКОТОРЫХ ФАКТОРАХ ВЛИЯНИЯ НА КОНФОРМАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПОЛИСАХАРИДОВ С ЛЕКАРСТВЕННЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ
- Рашитова А.Р.,** 257
ОЦЕНКА ФОТООКИСЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА
- Хлобыстова Е.С.** 259
ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ СТРУКТУРЫ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА И СКЭПТ В ПРИСУТСТВИИ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ

Сыромясов А.О., Шуршина А.С., Галкин Д.В.	261
ДИФфуЗИЯ ЧАСТИЧНО СВЯЗАННОГО ВЕЩЕСТВА ИЗ ХИТОЗАНОВОЙ ПЛЕНКИ С ПОСТОЯННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ	
Туктамышева Р.Э., Ямансарова Э.Т., Зворыгина О.Б.	262
СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ ШЕЛУХИ ГРЕЧИХИ	
Лоскутов В.Г., Ямансарова Э. Т., Зворыгина О. Б.	264
СИНТЕЗ ДИАЛЬДЕГИДЦЕЛЛЮЛОЗЫ В УСЛОВИЯХ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ	
Вакульская А.А., Тимерханов А.Д.	266
МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ ДЕЭТЕРИФИЦИРОВАННЫЙ ПЕКТИН-САЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА	
Мустакимов Р.А.	267
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ПОЛИВИНОВЫЙ СПИРТ – ХИТОЗАН	
Бакирова Э.Р., Базунова М.В.	268
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА И СКЭПТ	
Зидиханова Л.Ф., Ибрагимова Р.Р., Шуршина А.С.	271
СОРБЦИОННЫЕ И ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ПЕКТИНА	
Зидиханова Л.Ф., Шуршина А.С.	272
ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ СМЕСИ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА И ХИТОЗАНА	
Г. М. Рафикова	273
ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ СТРУКТУРЫ ПЛЁНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ СУКЦИНАМИД ХИТОЗАНА- ГЛИЦЕРИН	
А.А. Базунова	275
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОДЕСТРУКЦИИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА, СКЭПТ И РИСОВОЙ ШЕЛУХИ	
Садритдинов А.Р., Хуснуллин А.Г, Лаздин Р.Ю., Захаров В.П.	277
О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ СРОКАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ПОЛИОЛЕФИНОВ	
Лаздин Р.Ю., Чернова В.В., Захаров В.П.	279
ПОЛУЧЕНИЕ ГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ РАСТВОРОВ	

СУКЦИНАМИДА ХИТОЗАНА В СМЕШАННОМ РАСТВОРИТЕЛЕ ВОДА-ГЛИЦЕРИН	
Лаздин Р.Ю., Горячева М.Д., Раупова А.Р., Кулиш Е.И.	279
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЦИКЛОВ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НА РЕОЛОГИЮ РАСПЛАВА	
Валиева Э.Ф., Чернова В.В.	280
ДЕСТРУКЦИЯ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГИАЛУРОНИДАЗЫ	
Васильева А.П., Чернова В.В.	281
ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ ДЕСТРУКЦИИ РАСТВОРОВ НАТРИЕВОЙ СОЛИ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ В СМЕШАННЫХ РАСТВОРИТЕЛЯХ	

СЕКЦИЯ «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Стреляев А.Д., Кривцова К.Б.	283
ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ОСЕДАНИЯ АССОЦИАТОВ АСФАЛЬТЕНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УГЛЕВОДОРОДНОГО СОСТАВА РАСТВОРИТЕЛЯ	
С.Г. Кострюков, П.С. Петров, А.А.И. Аль-Рубайе	285
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАМЕЩЕНИЯ ЭФИРОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ	
Громько Н.В., Кузеев И.Ф., Рафикова А.А., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф.	287
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ НОПОЛА	
Кузеев И.Ф., Громько Н.В., Латыпова Э.Р., Талипов Р.Ф.	288
ТРАНСФОРМАЦИИ А-ПИНЕНА В УСЛОВИЯХ РЕАКЦИИ ПРИНСА	
Рафикова А.А., Белкина Н.В., Латыпова Э.Р., Вакулин И.В., Талипов Р.Ф.	289
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СТАБИЛЬНОСТИ КОНФОРМЕРОВ (R)-4-МЕНТЕН-3-ОНА	
Г.Н. Сахабутдинова, Р.М. Султанова	290
ПОЛУЧЕНИЕ БЕНЗОФУРАНОВ НА ОСНОВЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ САЛИЦИЛОВОГО АЛЬДЕГИДА С ДИАЗОКАРБОНИЛЬНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ	
З.Р. Макаев, М.С. Мифтахов, Р.З. Биглова, Н.С. Востриков	292
УСТАНОВЛЕНИЕ СТРОЕНИЯ ДИАСТЕРЕОМЕРОВ БИС-ТИААДДУКТОВ МИХАЭЛЯ ИЗ РЕАКЦИИ МЕТИЛ(5-МЕТИЛИДЕН-4-ОКСОЦИКЛОПЕНТ-2-ЕН-1ИЛ)АЦЕТАТА С ЭТИЛМЕРКАПТАНОМ	

Зырянова П.И., Стреляев А.Д., Кривцова К.Б. ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКЦИЙ СМОЛИСТО- АСФАЛЬТЕНОВЫХ ВЕЩЕСТВ	293
Фаттахов А.Х., Мухаметдинов А.А., Талипов Р.Ф. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ПЕРЕГРУППИРОВКЕ КЛЯЙЗЕНА АЛЛИЛФЕНИЛОВОГО ЭФИРА	294
Югова А.А., Канчурина М.М., Талипов Р.Ф. РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СХЕМ СИНТЕЗА АМИНОХИНОЛА И ТРИХОМОНАЦИДА	296
Биглова Р.З. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕРЫ В ПРИСАДКАХ НА ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ СВОЙСТВА СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ	298
Валиев Р.И., Овчинников Г.А., Тухватшин В.С., Талипов Р.Ф. ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ 4,4- ДИМЕТИЛДИОКСАНА-1,3 ПО ПРИНСУ С УЧАСТИЕМ ТРЕТ- БУТАНОЛА	299
Г.Г. Хамитова, Р.И. Валиев, Г.А. Овчинников, В.С. Тухватшин, Р.Ф. Талипов КИНЕТИКА АДСОРБЦИИ ФОРМАЛЬДЕГИДА И 4,4- ДИМЕТИЛ-1,3-ДИОКСАНА ЦЕОЛИТАМИ В ПРИСУТСТВИИ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ	300

СЕКЦИЯ «АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Проворова Ю.Р., Зильберг Р.А., Яркаяева Ю.А., Дубровский Д.И. ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ТРИПТОФАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕКЛОУГЛЕРОДНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ α -, β - И γ -ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ	301
Дубровский Д.И., Зильберг Р.А., Кабирова Л.Р., Хаблетдинова А.И., Галиева К.А. ХИРАЛЬНЫЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ ПАСТОВОГО ЭЛЕКТРОДА, ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ТИРОЗИНА ПРИ ИХ СОВМЕСТНОМ ПРИСУТСТВИИ	303
Косихина Ю.К., Кабирова Л.Р., Проворова Ю.Р., Зильберг Р.А. ТРЕХЭЛЕКТРОДНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНОГО КОМПЛЕКСА ХИТОЗАНА И	304

ЦИКЛОДЕКСТРИНОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ	
Дубровский Д.И., Зильберг Р.А., Никонова Н.А., Прворова Ю.Р.	305
ИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ ПАСТОВОГО ЭЛЕКТРОДА, МОДИФИЦИРОВАННОГО СУПРАМОЛЕКУЛАМИ ЦИАНУРОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ТИРОЗИНА	
Дубровский Д.И., Зильберг Р.А., Кабирова Л.Р., Бугаец Д. В.	307
ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ ПАСТОВОГО ЭЛЕКТРОДА, МОДИФИЦИРОВАННОГО СУПРАМОЛЕКУЛАМИ ЦИАНУРОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ТИРОЗИНА	
Бурханова В.В., Дубровский Д.И., Кабирова Л.Р., Прворова Ю.Р., Зильберг Р.А.	308
ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ МЕТИОНИНА	
Терес Ю.Б., Дубровский Д.И., Прворова Ю.Р., Зильберг Р.А.	309
ХЕМОМЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ЭНАНТИОМЕРОВ МЕТИОНИНА	
Исламов Д.Р., Яркаева Ю.А., Хаблетдинова А.И., Зильберг Р.А.	310
ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦИСТЕИНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИАРИЛЕНФТАЛИДАМИ ЗОЛОТОГО ЭЛЕКТРОДА	
Кабирова Л.Р., Ганиева Л.Р., Хаблетдинова А.И., Зильберг Р.А.	311
РАСПОЗНАВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ АТЕНОЛОЛА С ПОМОЩЬЮ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ	
Ганиева Л.Р., Кабирова Л.Р., Дубровский Д.И., Зильберг Р.А.	312
ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ АТЕНОЛОЛА В БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ	
Хаблетдинова А.И., Кабирова Л.Р., Яркаева Ю.А., Зильберг Р.А.	314
НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ "УМНЫХ" ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЦИСТЕИН СОДЕРЖАЩИХ ПРЕПАРАТОВ	

Нгуен Ван Ань, Дейнека В.И.	315
УСТАНОВЛЕНИЕ КАЧЕСТВА МОЛОКА МЕТОДОМ ОФ- ВЭЖХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕКТОРНОЙ МОДЕЛИ	
Ягафарова С. Т., Ширяева Р. Н., Бадикова А. Д.	316
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО И МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА АСПО ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ	

СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Гизатов Р.Р.	318
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БИС- И РАЗНОЛИГАНДНЫХ КОМПЛЕКСОВ $Cu(II)$ С <i>L</i> - И <i>DL</i> -ФЕНИЛАЛАНИНОМ	
Мартынова Ю.З., Хайруллина В.Р., Сафарова И.В., Герчиков А.Я.	319
QSAR - МОДЕЛИРОВАНИЕ В РЯДУ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АРОМАТИЧЕСКИХ АМИНОВ И ФЕНОЛОВ	
Ю.З. Мартынова, В.Р. Хайруллина, А.Р. Гимадиева, А.Г. Мустафин	320
QSAR-МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНГИБИТОРОВ ТИМИДИНКИНАЗЫ ВИРУСА ПРОСТОГО ГЕРПЕСА ЧЕЛОВЕКА	
Ю.З. Мартынова, В.Р. Хайруллина, А.Р. Гимадиева, А.Г. Мустафин	321
КОЛИЧЕСТВЕННАЯ СВЯЗЬ «СТРУКТУРА- ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ» В РЯДУ НЕКОТОРЫХ МОНОЗАМЕЩЕННЫХ МЕТАНОФУЛЛЕРЕНОВ	
Мартынова Ю.З., Хайруллина В.Р., Мустафин А.Г.	322
QSAR - МОДЕЛИРОВАНИЕ В РЯДУ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 5-БЕНЗИЛУРАЦИЛА	
Файзрахманов И. С., Борисов И. М., Хайрудинов И.Р., Алехина И.Е., Клецкова Д.И.	324
КАТАЛИЗИРОВАННОЕ ПЕРОКСИДНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДА В ПРИСУТСТВИИ КИСЛОТ МОЛИБДЕНА И ВОЛЬФРАМА	
Файзрахманов И.С., Борисов И.М., Хайрудинов И.Р., Клецкова Д.И., Мустафин А.Г.	326
КИНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАТАЛИЗИРОВАННОГО ПЕРОКСИДНОГО ОКИСЛЕНИЯ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДА	
Рамазанова З.Ф., Кутлугильдина Г.Г.	327
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 4- И 5-АМИНОСАЛИЦИЛОВЫХ КИСЛОТ С ОКИСЛЕННОЙ ФРАКЦИИ ПОЛИВИНИЛОВОГО	

СПИРТА	
Сафарова Д. И., Якупова Л.Р., Мурзагулова Э. И., Сафиуллина Р. Л.	328
МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КИНЕТИЧЕСКОЙ КРИВОЙ ИНГИБИРОВАННОГО РАДИКАЛЬНО-ЦЕПНОГО ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ.	
Низаметдинова Л.А.	330
ИССЛЕДОВАНИЕ S-ТИОЛИРОВАНИЯ L-ЦИСТЕИНА В ПРИСУТСТВИИ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ	
Барлыбаева Г.З., Гарифуллина Г.Г.	332
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ ЭТИЛБЕНЗОЛА В ПРИСУТСТВИИ ИНГИБИРУЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИИ	
Гайнуллина А.Э., Г.Г. Гарифуллина,	333
ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ЗАМЕЩЕННЫХ ФУЛЛЕРЕНОВ НА ИНИЦИИРОВАННОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЭТИЛБЕНЗОЛА	
Исмагилова Я.З., Г.Г. Гарифуллина,	334
ЗАМЕЩЕННЫЕ ФУЛЛЕРЕНЫ – ИНГИБИТОРЫ ОКИСЛЕНИЯ ЭТИЛБЕНЗОЛА	
Куракбаева Л.Д., к.х.н., доцент Гарифуллина Г.Г.	335
СИНЕРГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В РЕАКЦИИ ИНИЦИИРОВАННОГО ОКИСЛЕНИЯ ЭТИЛБЕНЗОЛА ДОБАВКАМИ НИТРОКСИЛЬНОГО РАДИКАЛА И α -НАФТИЛАМИНА	
Куракбаева Л. Д., Гарифуллина Г.Г.	336
НИТРОКСИЛЬНЫЕ РАДИКАЛЫ- ИНГИБИТОРЫ ОКИСЛЕНИЯ ЭТИЛБЕНЗОЛА	
И.И. Зайнуллин, Г.Г. Гарифуллина	337
ВЛИЯНИЕ ЗАМЕСТИТЕЛЕЙ НА ИНГИБИРУЮЩУЮ АКТИВНОСТЬ НИТРОКСИЛЬНЫХ РАДИКАЛОВ	
Якупова С.М., Газеева Д.Р., Галимов Д.И., Булгаков Р.Г.	338
ПЕРВЫЙ ПРИМЕР ДВОЙНОГО ПЕРЕНОСА ЭНЕРГИИ ЧЕРЕЗ НЕОРГАНИЧЕСКИЙ ПОСРЕДНИК – ДВУХВАЛЕНТНЫЙ ЕВРОПИЙ – С ОДНОВРЕМЕННЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ДВУХ ИОННЫХ ЭМИТТЕРОВ ХЛ	
Курмакаева Н.В., Сафарова И.В., Герчиков А. Я.	340
ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК СПИРТА НА ИНГИБИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА 8-ПФДА	
А.А. Максютова, Г.С. Исмоилова, Е.Д. Моисеева	342
ОЗОНИРОВАННОЕ ОКИСЛЕНИЕ УРАЦИЛА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ	
Карасева И.Н.	343

- ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИИ
ПРОИЗВОДНЫХ 1,2,4-ТРИАЗОЛА И 1,2,4-ТРИАЗИНА
Мирхайдарова Э.Д., Гимашева Ф.Д., Ильясова Р.Р. 344
СОРБЦИЯ ИОНОВ ХРОМА (VI) ЧАСТИЦАМИ
ДИСПЕРГИРОВАННОГО ПЕРЛИТА
Шагаргазина Г.В., Аккужина Р.И., Ильясова Р.Р. 345
ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ ИОНОВ ХРОМА (VI) ЧАСТИЦАМИ
ИЗМЕЛЬЧЕННОГО КАОЛИНА
Рахматуллина С. Р., Жильцова Е. Г., 346
ВЛИЯНИЕ НИТРОПРУССИДА НАТРИЯ НА АКТИВНОСТЬ
АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ И СОДЕРЖАНИЕ
МАЛОНОВОГО ДИАЛЬДЕГИДА У ПРОРОСТКОВ
ПШЕНИЦЫ TRITICUMAESTIVUML. ПОД ДЕЙСТВИЕМ
ЦИНКА
Шишкина А.Н, Шигапова А.Р., Сатгарова А.Ф., Грибко Д.Э., 347
Абъялилова А.Р.
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОПОЛИМЕРОВ НА
ОСНОВЕ АНИЛИНА И 2 – [(2E) – 1 – МЕТИЛ – 2 – БУТЕН – 1 -
ИЛ] АНИЛИНА

СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ХИМИИ»

- Гарифуллина Г.Г., Насретдинова Р.Н.** 348
МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ НА АЛГОРИТМ
«ЧАСТЬ ВЕЩЕСТВА РАЗЛОЖИЛОСЬ»
Гарифуллина Г.Г., Насретдинова Р.Н. 349
АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ЭКЗАМЕНА ПО ХИМИИ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН
ЗА 2018 ГОД
Гумеров А.М., Ягудин А.С. 351
НАСТАВНИЧЕСТВО В ОЛИМПИАДНОМ ДВИЖЕНИИ:
ОПЫТ НАРОДНОГО УЧИТЕЛЯ РФ АГАДУЛЛИНОЙ ЛИЗЫ
КИЯМОВНЫ
Абсалямова Г.А., Ильясова Р.Р. 352
ПОДГОТОВКА УЧАЩИХСЯ 9 КЛАССА К РЕШЕНИЮ
ЗАДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ ОГЭ
Азнабаева С.М., Ильясова Р.Р. 353
МЕТОДЫ РАБОТЫ КЛАССНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ С
СЕМЬЕЙ ШКОЛЬНИКА

БИОЛОГИЯ

СЕКЦИЯ «ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ»

- Алпарова Э., Хорева А.**
ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА НА НЕЙРОНЫ ГИППОКАМПА КРЫС 355
- Ахмадиев П.А., Терегулов И.И., Федорова А.М.**
ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ МАГНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ КРЫС 357
- Ахмадиев П.А., Федорова А.М.**
ВЛИЯНИЕ ГИПЕРФУНКЦИИ И ГИПОФУНКЦИИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС 358
- Булатова А.Ф.**
ПРОБЛЕМА САХАРНОГО ДИАБЕТА В ЦИФРАХ 359
- Денисова В.В., Файрушина А.И., Садртдинова И.И., Хисматуллина З.Р.**
ВЛИЯНИЕ ДЕФИЦИТА ПОЛОВЫХ ГОРМОНОВ НА КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСТРОГЛИИ МОЗГА КРЫС ЛИНИИ WAG/RIJ 362
- Зайнетдинова А.Т.**
ОЦЕНКА ТОКСИЧНОГО ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА НА ПАРАМЕТРЫ КРАСНОЙ КРОВИ 364
- Зарянова А.С., Адельгареева А.Ю.**
ВЛИЯНИЕ 20-ГИДРОКСИЭКДИЗОНА НА РЕПРОДУКТИВНУЮ СИСТЕМУ САМЦОВ КРЫС ПРИ ПЕРОРАЛЬНОМ ВВЕДЕНИИ 366
- Миксонов Д.Н.**
ИССЛЕДОВАНИЕ БИОСОВМЕСТИМОСТИ МАТЕРИАЛОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ СУКЦИНАМИД ХИТОЗАНА–ГЛИЦЕРИН 367
- Нигматуллина Н.В.**
ДНК-МАРКЕРЫ ДЛЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ 370
- Никитин Д. Е.**
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОТОКСИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА 371
- Рахматуллин Ш.Р.**
ОПЫТ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЧАЙНОГО ГРИБА НА НАСТОЕ ЧАГИ 373
- Салаватова Э.Ш.**
ВЛИЯНИЕ ФОСФАТИДИЛСЕРИНА НА ЦЕНТРАЛЬНУЮ 376

НЕРВНУЮ СИСТЕМУ

Саматова Э.И.

АДАПТОГЕН РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ – РОДИОЛА РОЗОВАЯ (RHODIOLA ROSEA). ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ 379

Синельников К., Харрасова Г. А.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА ПРИ ИХ ПЕРОРАЛЬНОМ ВВЕДЕНИИ НА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ВИЛОЧКОВОЙ ЖЕЛЕЗЫ КРЫС 384

Файрушина А.И., Денисова В.В., Садртдинова И.И., Хисматуллина З.Р.

ИММУНОГИСТОХИМИЧЕСКИЕ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АСТРОЦИТОВ В МИНДАЛЕВИДНОМ КОМПЛЕКСЕ МОЗГА ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОЛОВЫХ ГОРМОНОВ 386

Хомутова К., Семенова Е.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЛЕЗЕНКИ КРЫС НА ФОНЕ ПЕРОРАЛЬНОГО ВВЕДЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА 388

Шевченко А.М.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО ФАУНЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЗАРОСЛЕЙ МАКРОФИТОВ ОЗЕРА КАНДРЫКУЛЬ 389

Шевченко А.М.

К ИЗУЧЕНИЮ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ВИДОВОГО СОСТАВА ИХТИОФАУНЫ ВЕРХОВЬЕВ БАССЕЙНА РЕКИ УРАЛ 390

СЕКЦИЯ «МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ»

Габидуллина Л.Р., Антонова О.А., Екомасова Н.В., Джаубермезов М.А., Хуснутдинова Э.К.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СУБПОПУЛЯЦИИ МОРДВЫ-ЭРЗЯ ПО ДАННЫМ ОБ ИЗМЕНЧИВОСТИ Y-ХРОМОСОМЫ 392

Джаубермезов М.А., Екомасова Н.В., Литвинов С.С., Габидуллина Л.Р., Хуснутдинова Э.К.

ГАПЛОГРУППА R1A-Z2122 В ПОПУЛЯЦИИ БАЛКАРЦЕВ И КАРАЧАЕВЦЕВ ПО ДАННЫМ 23 Y-STR 393

Максутова В.О.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕНИЯ МАГНЕТОСОМ 394

Максутова В.О.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТИБИОТИКОВ 396

- Токарева Е.А., Бучнев Д.В., Екомасова Н.В., Джаубермезов М.А., Хуснутдинова Э.К.**
 АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТ АЛЛЕЛЕЙ И ГЕНОТИПОВ ВАРИАНТА RS 4988235 ГЕНА MCM6 В ПОПУЛЯЦИИ КАРАЧАЕВЦЕВ 398
- Юсупова Л.Ф., Сунгатуллина Г.Э., Маркелов В.А., Нургалиева А.Х.**
 ИССЛЕДОВАНИЕ АССОЦИАЦИИ АЛЛЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ rs9619311 ГЕНА ТИМП-3 С РИСКОМ РАЗВИТИЯ РАКА ЖЕЛУДКА В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН 400

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В БИОЛОГИИ»

- Агзямова Г.Н.**
 СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ У КРЫС С АБСАНСНОЙ ЭПИЛЕПСИЕЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ УСЛОВНО-ПИЩЕВОГО РЕФЛЕКСА 402
- Шарипова Л.М., Владимирова В.В., Садртдинова И.И.**
 ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ПРИ ДЕФИЦИТЕ ПОЛОВЫХ ГОРМОНОВ 403

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОЛОГИИ»

- Асмеев Ю.А.**
 МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УЩЕРБА ЩУРКИ ЗОЛОТИСТОЙ (MEROPS APIASTER) НА ПЧЕЛОПАСЕКЕ 406
- Билалова Э.Г.**
 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ 407

СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ БИОЛОГИИ»

- Аюпова А.Р.**
 ВЛИЯНИЕ ПОЛА И ГЕНОТИПА СТУДЕНТОВ НА ТОЛЕРАНТНОСТЬ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ 409

Научное издание

**ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА
И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ**

**Тезисы докладов
X Международной школы-конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых,
посвященной 100-летию первого декана
математического факультета БашГУ
Зигандара Иргалеевича Биглова**

**16 – 20 октября 2018 г.
г. Уфа**

*Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 021319 от 05.01.99 г.*

Подписано в печать 31.10.2018 г. Формат 60x84/16.
Усл. печ.л. 25,3. Уч.-изд.л. 26,4.
Тираж 300 экз. Изд. № 164. Заказ 420.

*Редакционно-издательский центр
Башкирского государственного университета
450076, РБ, г. Уфа, ул. ЗакиВалиди, 32.*

*Отпечатано на множительном участке
Башкирского государственного университета
450076, РБ, г. Уфа, ул. ЗакиВалиди, 32.*

