

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. АКМУЛЛЫ  
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ С ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ ЦЕНТРОМ УНЦ РАН  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ МЕТАЛЛОВ РАН  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МОЛЕКУЛ И КРИСТАЛЛОВ УНЦ РАН  
ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ УНЦ РАН  
ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМИИ И КАТАЛИЗА РАН  
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ АН РБ  
ИНСТИТУТ БИОХИМИИ И ГЕНЕТИКИ УНЦ РАН**

# **ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ**

**Тезисы докладов  
IX Международной школы-конференции  
для студентов, аспирантов и молодых ученых**

**3 - 7 октября 2016 г.  
г. Уфа**

**У ф а  
РИЦ БашГУ  
2016**

УДК 51+53  
ББК 22.1+22.3  
Ф94

*Сборник издан при финансовой поддержке РФФИ  
(проект № 16-31-10240\_мол\_г)  
и за счет внебюджетных средств БашГУ*

***Редакционная коллегия:***

доктор физико-математических наук, профессор **Б.Н. Хабибуллин**  
(ответственный редактор);  
доктор физико-математических наук, профессор **Е.Г. Екомасов**  
(ответственный редактор);  
доктор химических наук, профессор **Р.М. Ахметханов**  
(ответственный редактор);  
кандидат химических наук, доцент **В.В. Чернова**;  
кандидат биологических наук, доцент **В.О. Цветков**;  
старший преподаватель **Л.А. Габдрахманова**;  
аспирант **А.М. Юрьева**

**Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании:** тезисы докладов IX Международной школы-конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых 468 с.

ISBN 978-5-7477-4176-8

В сборнике помещены тезисы докладов участников IX Международной школы-конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых «Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании».

Тезисы докладов воспроизводятся с представленных авторами оригиналов.

УДК 51+53  
ББК 22.1+22.3

ISBN 978-5-7477-4176-8

© БашГУ, 2016

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

**Abstracts  
of IX International school-conference  
for students, graduate students and young scientists**

**3 – 7 October 2016  
Ufa**

**U f a  
BSU Publishing center  
2016**

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 № 16-31-10240)  
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**  
(*Executive editor*);

Doctor of Chemical Sciences, Professor **R.M. Ahmethanov**  
(*Executive editor*);

Candidate of Chemical Sciences, assistant professor **V.V. Chernova**;

Candidate of Biology Sciences, assistant professor **V.O. Tsvetkov**;

Senior Lecturer **L.A. Gabdrakhmanova**;

post-graduate student **A.M. Yurieva**

Fundamental mathematics and its applications in Natural sciences: Book  
of Abstracts of the IX International school-conference for students, post-  
graduate students, and young scientists / exec. ed. B.N. Khabibullin, E.G.  
Ekomasov. - Ufa: BSU Publishing center, 2016. - 468 p.

ISBN 978-5-7477-4176-8

The collection contains abstracts of participants of the IX International  
school-conference for students, post-graduates, and young scientists  
«Fundamental mathematics and its applications in Natural sciences».

Abstracts are reproduced from originals provided by the authors.

UDC 51+53  
BBK 22.1+22.3

ISBN 978-5-7477-4176-8

© BSU, 2016

## ФИЗИКА

### СЕКЦИЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

#### ИССЛЕДОВАНИЕ КРИВЫХ ВРАЩЕНИЯ ГАЛАКТИК В ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ КРотовых НОР

Тулганова Г.Ю., Лукманов А.Р.

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

Кротовые норы являются объектами исследований в области теоретической физики. Уравнения гравитационного поля Эйнштейна предсказывают кротовые норы, а наблюдательные данные не исключают их существования. Они подобны туннелю, связывающему две удаленные области пространства-времени или различные вселенные. Подробно кротовые норы были изучены в работах [1-2].

Недавние исследования Рахамана и др. [3-4] подтвердили, что существование кротовых нор возможно во внешней области галактик. Для поддержания открытой кротовой норы необходимо нарушение одного или нескольких энергетических условия в горловине кротовой норы, в частности, слабого энергетического условия  $\rho > 0$  и (или) изотропного энергетического условия  $\rho + p_r \geq 0$  (где  $\rho$  – плотность энергии материи и  $p_r$  – радиальное давление), и выполнение условия  $\Phi'(b) \neq 0$ . В данных работах проанализированы свойства областей галактического гало, из которых следует, что пространство-время галактического гало допускает характеристики, необходимые для существования кротовой норы. Плоские кривые вращения пробных частиц в отдаленных областях гало галактик, таких как нейтральные молекулы водорода, подтверждены различными наблюдениями. Ньютоновская физика или Общая теория относительности предсказывают Кеплеровское падение кривых вращения с увеличением расстояния. Однако наблюдения демонстрируют плоские кривые вращения с увеличением расстояния во внешних областях гало. Исходя из этого, необходимо допустить существование темной (т.е. не взаимодействующей электромагнитно) материи. Чтобы проверить метод, предложенный Рахаманом и др., мы взяли за основу, часто используемую модель для галактического гало – Псевдо-Изотермический профиль плотности темной материи 
$$\rho(r) = \frac{\rho_0}{1 + (r/r_c)^2},$$
 где  $\rho_0$  обозначает

конечную центральную плотность и  $r_c$  радиус ядра [5,6]. Распределение

массы нарушает нулевое энергетическое условие  $\rho + p_r \geq 0$ . В данной работе мы рассматриваем кротовую нору, обусловленную профилем плотности галактической темной материи. Решая уравнения поля, определили структуру галактического пространства-времени на расстоянии  $r$  от радиуса ядра  $r_c$ . Из геодезического уравнения пространства-времени получили формулу для скоростей вращения  $v^\phi$  облаков нейтрального водорода во внешних областях в следующем виде:

$$v^\phi = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{r^2 \left[ 8\pi \left( -\frac{\rho_0}{1 + (r/r_c)^2} - ar^{-n} \right) + \frac{r_c - 2\rho_0(\pi - 4)\pi c^3 + 8\rho_0\pi c^2 [r - r_c \text{Arctg}(r/r_c)]}{r^3} \right]}{1 - \frac{r_c - 2\rho_0(\pi - 4)\pi c^3 + 8\rho_0\pi c^2 [r - r_c \text{Arctg}(r/r_c)]}{r}}}$$

Так как до сих пор не существует неоспоримых данных о кривых вращения в ядре галактик (до 9 КПК) рассмотрим только центральную и внешнюю области галактик. Полученные теоретические значения хорошо соответствуют наблюдаемым значениям в диапазоне от 9 до 100 КПК. Таким образом, мы получили подтверждение жизнеспособности нового метода, предложенного Раханом и др. [3-4].

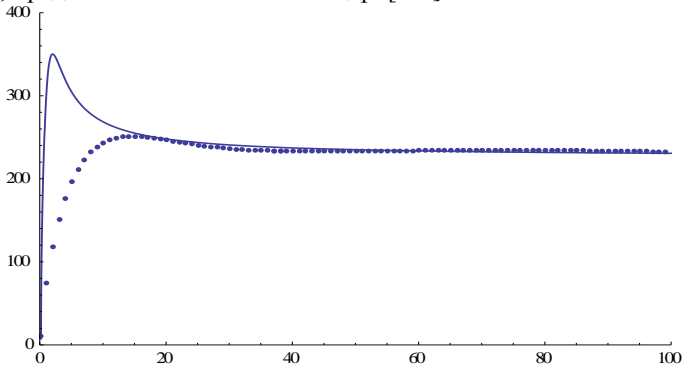


Рис. 1. Сравнение наблюдаемых кривых вращений (пунктирная линия) и теоретических предсказаний (сплошная линия). Горизонтальная и вертикальная линии расстояние  $r$  в КПК и скорость вращения  $v^\phi$  в км/сек соответственно

### Литература

1. Morris M.S., Thorne K.S. Wormholes in spacetime and their use for interstellar travel: A tool for teaching general relativity // Am. J. Phys., 1988, pp. 56 – 395.
2. Bhattacharya A., Nigmatzyanov I., Izmailov R., Nandi K.K. Brans-Dicke Wormhole Revisited // Class.Quant.Grav., 2009, 26:235017.

3. Rahaman F. et al. Could wormholes form in dark matter galactic halos? // *Astrophys. Space Sci.*, 2016, pp. 361 – 37.
4. Rahaman F. et al. Study of galactic rotation curves in wormhole spacetime // *Astrophys. Space Sci.*, 2016, pp. 361 – 90.
5. Begeman K.G., Broeils A.H., Sanders R.H. Extended rotation curves of spiral galaxies: Dark haloes and modified dynamics // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 1991, pp. 249 – 523.
6. Potapov A., Izmailov R., Mikolaychuk O., Mikolaychuk N., Ghosh Mithun, Nandi K.K. Constraint on dark matter central density in the Eddington inspired Born-Infeld (EiBI) gravity with input from Weyl gravity // *JCAP.*, 2015, 07, 018.

© Тулеганова Г.Ю., Лукманов А.Р., 2016 г.

УДК 537.622.4

## **МЕЖСЛОЙНОЕ ОБМЕННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ И МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ДВУХСЛОЙНОЙ ФЕРРОМАГНИТНОЙ ПЛЕНКЕ**

Мажитова Ф.А.<sup>1</sup>, Гареева З.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup>ИФМК УНЦ РАН, г. Уфа, Россия

В настоящее время магнитоэлектрические материалы активно исследуются, благодаря уникальным свойствам, нашедшим широкое практическое применение в устройствах спинтроники, магнитной памяти и сенсорной технике [1]. Исследования на протяжении многих лет показывают, что магнитоэлектрический эффект может реализоваться в мультиферроидных материалах, в многослойных структурах, а так же в области магнитной неоднородности. В данной работе проведено исследование неоднородного магнитоэлектрического эффекта в двухслойной ферромагнитной структуре с ферро- и антиферромагнитным межслойным взаимодействием спинов. Теоретически исследованы особенности электрической поляризации, возникающей в окрестности границы раздела ферромагнитных слоев с разным характером наведенной одноосной анизотропии, при изменении физических параметров двухслойной ферромагнитной структуры и учете комбинированной магнитной анизотропии, а так же возможности управления электрической поляризацией под действием магнитного поля.

Проведенные исследования показывают что, в окрестности магнитной неоднородности в двухслойной ферромагнитной структуре

возникает электрическая поляризация. Характер изменения поляризации в магнитном поле зависит от межслойного обмена, магнитной анизотропии слоев – кубической и наведенной одноосной магнитной анизотропии. Исследованы особенности электрической поляризации в зависимости от величины и направления приложенного магнитного поля. Вид магнитной неоднородности и связанная с ней электрическая поляризация существенно зависят от параметров системы и характера взаимодействия спинов в окрестности границы раздела сред. Следует отметить, что пороговые магнитные поля, уничтожающие электрическую поляризацию на порядок различаются для пленок с антиферромагнитным (60 кЭ) и ферромагнитным (2.5 кЭ) упорядочением спинов на границе раздела сред.

### Литература

1. C.-W. Nan, Bichurin M. I., Dong S. , Viehland D., and Srinivasan G. Multiferroic magnetoelectric composites: historical perspective, status, and future directions // Journal of Applied Physics, 2008, vol. 103, no. 3, Article ID 031101.

© Мажитова Ф.А, Гареева З.В., 2016 г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ АККРЕЦИОННЫХ ДИСКОВ В ТЕОРИИ “МИРА НА БРАНЕ”

Шаяхметов А.А., Измаилов Р.Н., Гильманова Р.Д.  
Башкирский государственный педагогический университет  
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Теория аккреционных дисков имеет чрезвычайно широкую область применения в астрофизике - она используется при изучении ярких источников излучения в широком диапазоне спектра в нашей Галактике, центральных ярких областей других активных галактик, протозвезд и зарождающихся планетных систем, релятивистских струй от компактных объектов, самых ярких источников во Вселенной - гамма-всплесков и так далее [1]. Первая реалистичная модель аккреционных дисков вокруг черных дыр была сформулирована в работе Шакуры и Сюняева [2]. Торн и Пейдж сделали релятивистский анализ структуры аккреционного диска вокруг черной дыры. Они предположили, что центральная плоскость диска совпадает с экваториальной плоскостью черной дыры. Это предположение подразумевает, что метрические коэффициенты  $g_{tt}$ ,  $g_{t\phi}$ ,  $g_{rr}$ ,  $g_{\theta\theta}$  и  $g_{\phi\phi}$  зависят только от радиальной координаты  $r$ .



Выражение для потока энергии релятивистского аккреционного диска имеет вид:

$$F(r) = -\frac{\dot{M}_0}{4\pi\sqrt{-g}} \frac{U_r}{(\tilde{E} - \Omega\tilde{L})^2} \int_{r_{ms}}^r (\tilde{E} - \Omega\tilde{L}) \tilde{L}_r dr \quad (1)$$

где  $\dot{M}_0$  скорость аккреции,  $\Omega$  - угловая скорость, а  $\tilde{E}$  и  $\tilde{L}$  удельная энергия и угловой момент, соответственно. Нижний предел интегрирования  $r_{ms}$  соответствует положению внутренней устойчивой круговой орбиты [3,4].

Угловая скорость  $\Omega$ , удельная энергии  $\tilde{E}$ , и угловой момент  $\tilde{L}$  частиц, движущихся по круговым орбитам, определяются по формулам [5]:

$$\Omega = \frac{d\phi}{dt} = \frac{-g_{\phi\phi,r} + \sqrt{(-g_{t\phi,r})^2 - g_{tt,r}g_{\phi\phi,r}}}{g_{\phi\phi,r}} \quad (2)$$

$$\tilde{E} = -\frac{g_{tt} + g_{t\phi}\Omega}{\sqrt{-g_{tt} - 2g_{t\phi}\Omega - g_{\phi\phi}\Omega^2}} \quad (3)$$

$$\tilde{L} = -\frac{g_{t\phi} + g_{\phi\phi}\Omega}{\sqrt{-g_{tt} - 2g_{t\phi}\Omega - g_{\phi\phi}\Omega^2}} \quad (4)$$

Выражение для температуры аккреционного диска можно получить, используя закон Стефана-Больцмана:

$$F(r) = \sigma T^4(r) \quad (5)$$

Исследование проведено для метрики, полученной Германи, Мартенсом, Касаджо[5], а также Фабри и Маззакурати [6] в теории “мира на бране”. Исследование гравитационного линзирования решения было проведено в [7]:

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2m}{r}\right) dt^2 + \frac{1 - 3m/2r}{(1 - 2m/r)(1 - r_0/r)} dr^2 + r^2 d\Omega^2 \quad (6)$$

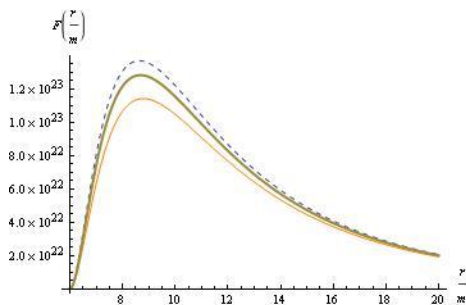


Рис. 1. Поток энергии как функция от радиальной координаты для различных значений параметра  $r_b$

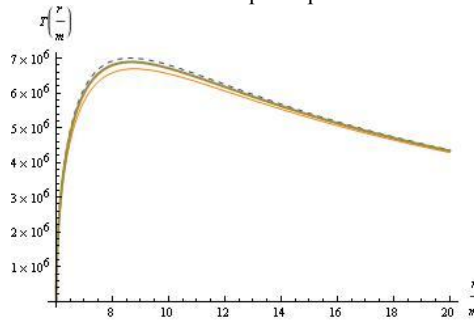


Рис. 2. Распределение температуры аккреционного диска для различных значений параметра  $r_b$

Данная метрика интересна тем, что в зависимости от выбора параметра  $r_b$  данная она может описывать симметричную кротовую нору или черную дыру, а при  $r_b = 3m/2$  переходит к решению Шварцшильда.

На графиках толстой линии соответствует решение Шварцшильда, штриховая и тонкая линия показывают поток энергии и распределение температура, когда метрика (6) описывает черную дыру и кротовую нору соответственно. Из последнего графика видно, что аккреционный диск вокруг черной дыры имеет более высокую температуру.

### Литература

1. Шакура Н.И., Липунова Г. В., Маланчев К. Л., Аккреционные процессы в астрофизике, Физматлит, Москва, 2015 , с.416.
2. Shakura N. I., Sunyaev R. A., Black holes in binary systems. Observational appearance. // Astronomy and Astrophysics, 1973, v. 24, p. 337 – 355.
3. Page D. N., Thorne K. S., Disk-Accretion onto a Black Hole. Time-Averaged Structure of Accretion Disk. // Astrophys. J., 1974, v. 191, pp. 499-506.
4. Harko T., Kovaks Z., Lobo F., Electromagnetic signatures of thin accretion disks in wormhole geometries. // Phys. Rev. D, 2009, v. 79, pp. 064001.
5. Casadio R., Fabbri A., Mazzacurati L., New black holes in the brane world? // Phys. Rev. D, 2002, 65, pp. 084040.
6. Germani C., Maartens R., Stars in the braneworld // Phys. Rev. D, 2001, 64, pp. 124010.

7. Nandi K.K., Zhang Y., Zakharov A. Gravitational lensing by wormholes // Phys. Rev. D, 2006, v. 74, pp. 024020.

© Шаяхметов А.А., Измаилов Р.Н., Гильманова Р.Д. 2016 г.

УДК 537.6

## РЕЗОНАНСНАЯ ДИНАМИКА СОЛИТОННОЙ РЕШЕТКИ В ОДНООСНОМ ГЕЛИМАГНЕТИКЕ

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

<sup>1</sup> Институт естественных наук и математики, УрФУ, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Graduate School of Arts and Sciences, The Open University of Japan, Japan

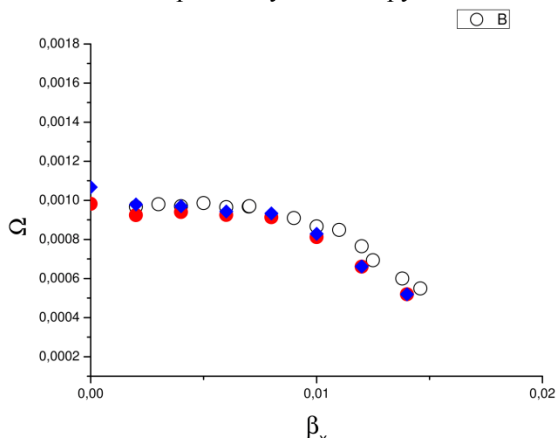
В последние годы наблюдается устойчивый интерес к киральным магнитным системам, в которых антисимметричный обмен Дзялошинского-Мория приводит к появлению геликоидального магнитного порядка с фиксированным направлением вращения моментов (киральностью). Этот интерес вызван, в основном, возможностью наблюдения стабильных магнитных топологических структур в этих системах, среди которых можно выделить спиральный гелимагнитный порядок, деформируемый внешним магнитным полем в состояние так называемой магнитной солитонной решетки [1].

Хорошо известно, что резонансные явления играют фундаментальную роль в изучении свойств динамических систем различной природы. В работе рассматривается спиновая динамика кристаллической солитонной решетки в одномерной магнитной цепочке, между узлами которой действует гайзенберговской обменное взаимодействие и антисимметричный обмен Дзялошинского-Мория. Вектор Дзялошинского направлен вдоль оси цепочки, стационарное магнитное поле, формирующее солитонную решетку, направлено перпендикулярно ей.

$$\hat{H} = -J \sum_p \mathbf{S}_p \mathbf{S}_{p+1} + D \sum_p [\mathbf{S}_p \times \mathbf{S}_{p+1}]_z - g\mu_B H \sum_p S_p^x$$

Реальная доменная структура образцов, где киральность меняется на противоположную от домена к домену, моделируется дополнительным магнитным полем  $\mathbf{V}_{\text{end}}$ , действующим на магнитные моменты спинов крайних узлов цепочки. Данное слагаемое формирует так называемые «не жесткие» граничные условия.

Проведено численное моделирование поведения рассматриваемой системы в осциллирующем магнитном поле, направленном вдоль киральной оси. Рассматривалась цепочка длиной 411 узлов (10 периодов спирали в нулевом поперечном поле), использовались значения обменного интеграла и вектора Дзялошинского, характерные для Cr1/3 NbS2. Для определения собственной частоты колебаний солитонной решетки использовался метод биений [2]. Полученные из численных расчетов значения собственной частоты колебаний солитонной решетки отмечены на рис.1 пустыми кружками. Ход зависимости частоты



резонанса от величины поперечного магнитного поля качественно совпадает с экспериментальными данными, полученными на тонких пленках Cr1/3 NbS2.

Также был проведен аналитический расчет собственной частоты стоячих волн в солитонной решетке. Полученные в результате расчета значения

собственной частоты очень хорошо совпадают с теми, которые дает численный расчет. Кроме того, аналитический расчет дает для определения собственной частоты трансцендентное уравнение, которое имеет два близких решения (синие ромбы и красные кружки на рис. 1). Этот результат также находится в согласии с экспериментальными данными, где была обнаружена тонкая структура резонансных линий.

*Работа выполнена при поддержке при поддержке Министерства образования и науки РФ, Грант № МК-6230.2016.2*

### Литература

1. E. Dzyaloshinskii, Sov. Phys. JETP 19, 960 (1964); 20, 665 (1965).
2. J. Kishine, I. Proskurin, I. G. Bostrem, A. S. Ovchinnikov, Vl. E. Sinitsyn // Phys. Rev. B 93, 054403 (2016).

© Синицын Вл.Е., Овчинников А.С., Бострем И.Г.,  
Проскурин И.В., Кишине Дж., 2016 г.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ КИНК-ПРИМЕСНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В МОДЕЛИ СИНУС-ГОРДОНА**

Кудрявцев Р.В., Гумеров А.М., Абакумова Н.Н., Васильева Ю.С.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Уравнение синус-Гордона (УСГ) является одним из уравнений, имеющих солитонные решения. Солитоны модифицированного УСГ (МУСГ) моделируют различные локализованные динамические возбуждения физических систем [1], например: движение дислокаций в кристаллах, динамику доменных границ в магнетиках, процессы в джозефсоновских сверхпроводящих контактах, движение локальных конформационных возмущений вдоль молекулы ДНК и др. Кинки представляют собой пример топологических солитонов, соединяющих между собой два различных стационарных состояния системы [1]. Взаимодействие кинков МУСГ, движущихся по инерции, с точечными примесями может приводить к возбуждению «примесной» моды и к таким резонансным эффектам, как отражение кинка от притягивающего потенциала. Для изучения резонансной динамики кинков была разработана программа, реализующая высокую точность численного решения МУСГ. Для случая одной и двух одинаковых примесей были численно найдены все возможные сценарии кинк-примесных взаимодействий при различных параметрах системы [2-3].

С помощью метода коллективных переменных [1-3] с учетом внешней силы и неоднородной диссипации нами были получены уравнения движения для центра кинка и амплитуды примесной моды в случае одной и двух точечных примесей. Построенная аналитически динамическая система качественно описывает результаты исследованных численно кинк-примесных взаимодействий.

### **Литература**

1. Ed. by J. Cuevas-Maraver, P.G. Kevrekidis, and F. Williams, *The Sine-Gordon Model and Its Applications: From Pendula and Josephson Junctions to Gravity and High-energy Physics*, Springer, 2014, 263 p.
2. Гумеров А. М., Екомасов Е. Г., Закирьянов Ф. К., Кудрявцев Р. В. // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2014. Т. 54. № 3. С. 481–495.
3. Екомасов Е.Г., Гумеров А.М., Кудрявцев Р.В. // Письма в ЖЭТФ, 2015, т.101, вып.12, с.935-939.

© Кудрявцев Р.В., Гумеров А.М., Абакумова Н.Н.,  
Васильева Ю.С., 2016 г.

## ДИНАМИКА КИНКА В ДИСКРЕТНОЙ МОДЕЛИ МОЛЕКУЛЫ ДНК

Землиханов Р.Р., Закирьянов Ф.К.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Модели динамики ДНК можно разделить на две основные группы: 1) РВ-модели, в которых открытое состояние молекулы ДНК описывается смещением азотистых оснований в перпендикулярном направлении оси ДНК и 2) Y-модели, в которых открытое состояние описывается вращением азотистых оснований вокруг сахаро-фосфатного остова [1]. Ни одна из рассматриваемых групп моделей не имеет решающих преимуществ перед другой. В то же время любую модель из каждой группы можно модифицировать с целью учёта неоднородности, диссипации или внешней среды. В данной работе нами исследована модификация Y-модели, позволяющая учесть неоднородность молекулы ДНК по основаниям.

Показано, что в такой модели возможно возникновение открытого состояния, описываемого кинком (рис. 1). Показано, что с течением времени кинк замедляется и останавливается, происходит пиннинг кинка. Потерю энергии кинком при движении можно объяснить необходимостью преодоления потенциала Пайерлса-Набарро. Показано также, что с увеличением начальной координаты кинка монотонно уменьшается как время движения кинка до остановки, так и пройденный кинком путь (рис. 2).

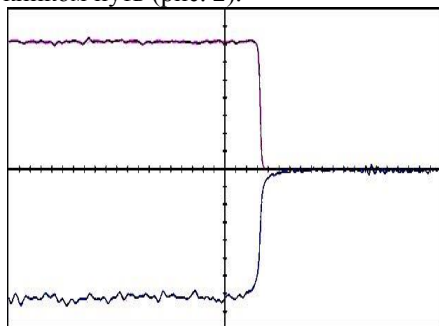


Рис. 1. Форма кинков в двух комплементарных цепочках ДНК

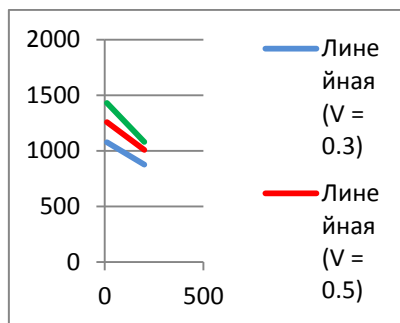


Рис. 2. Зависимости времени прохождения кинка до остановки от начальной координаты

### Литература

1. Якушевич Л.В. Нелинейная физика ДНК. – М.:Ижевск: НИЦ «РХД». 2007. – 252с.

© Землиханов Р.Р., Закирьянов Ф.К., 2016 г.

## НЕЛИНЕЙНЫЕ ЛОКАЛИЗОВАННЫЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ В ДИСКРЕТНОЙ МОДЕЛИ МОЛЕКУЛЫ ДНК

Мельников В.Ю., Закирьянов Ф.К.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Целью исследования является моделирование процесса миграции конформационного возмущения вдоль молекулы ДНК. В данной работе используется Y-модель молекулы ДНК [1]. Для решения системы дифференциальных уравнений движения использован метод Рунге-Кутты четвёртого порядка.

В начальный момент времени форма кинка имеет вид как показано на рисунке 1а. В последующие моменты времени форма кинка принимает вид как на рис. 1б,в,г. Видно, что в определённый момент времени по причине неоднородности ДНК солитон останавливается и начинает двигаться назад, затем еще через некоторое время опять останавливается и начинает двигаться вперед, и так далее. Происходит пиннинг кинка – его «захват». Амплитуда колебаний кинка со временем постепенно уменьшается.

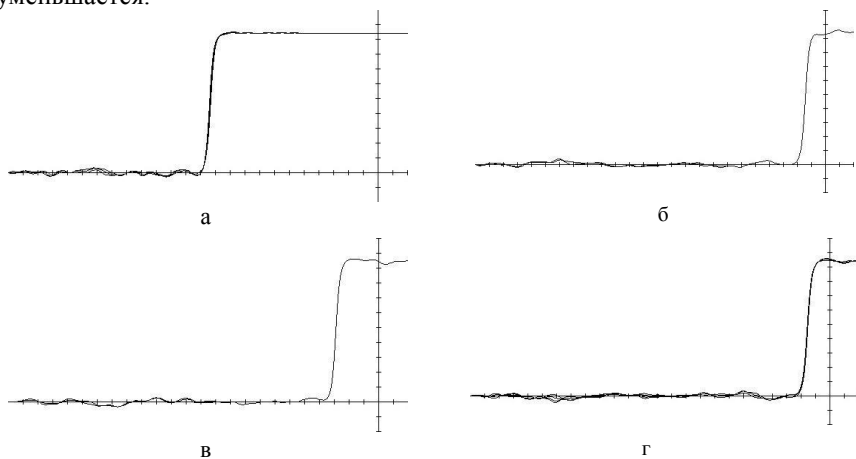


Рис. 1. Форма кинка а)  $t = 5$  у.е., б)  $t = 10$  у.е., в)  $t = 12$  у.е., г)  $t = 14$  у.е.

### Литература

1. Якушевич Л.В. Нелинейная физика ДНК. – М.:Ижевск: НИЦ «РХД». 2007. – 252с.

## АНАЛИЗ СТАБИЛЬНОСТИ ШВАРЦШИЛЬД – ФАНТОМНОЙ КРОТОВОЙ НОРЫ

Каримов Р.Х., Измаилов Р.Н.

Башкирский государственный педагогический университет

им. М.Акумуллы, г. Уфа, Россия

Одним из возможных объяснений ускоренного расширения Вселенной является «темная энергия», уравнение состояния которой имеет вид фантомной материи  $\omega = p/\rho < -1$ , следовательно, нарушает нулевое энергетическое условие. Фантомная материя является основным элементом поддержания проходимых кротовых нор [2, 3]. В данной работе рассматривается вопрос стабильности тонкой оболочки, полученной при сшивке асимптотически плоских пространств-времен по критическому радиусу  $a_b$  [1]. Внутренняя область представляет собой фантомную кротовую нору с неограниченной функцией массы, внешняя - область Шварцшильда. Область между ними тонкая оболочка экзотической материи.

Рассмотрим два статических сферически симметричных пространства-времени по двум сторонам тонкой оболочки в виде:

$$ds_{\pm}^2 = -e^{2\Phi_{\pm}(r_{\pm})} \left[ 1 - \frac{b_{\pm}(r_{\pm})}{r_{\pm}} \right] dt_{\pm}^2 + \left[ 1 - \frac{b_{\pm}(r_{\pm})}{r_{\pm}} \right]^{-1} dr_{\pm}^2 + r_{\pm}^2 d\Omega_{\pm}^2, \quad (1)$$

где  $b_{\pm}(r_{\pm})$  – функция формы,  $\Phi_{\pm}(r_{\pm})$  – функция красного смещения и  $d\Omega_{\pm}^2 = d\theta_{\pm}^2 + \sin^2\theta_{\pm} d\varphi_{\pm}^2$ .

Фантомная кротовая нора с изотропическим давлением имеет вид:

$$ds_-^2 = -(r/r_b)^{2\omega(3-\alpha)/(1+\omega)} dt^2 + \frac{dr^2}{1-(r/r_b)^{\alpha-1}} + r^2 d\Omega^2, \quad (2)$$

где  $r_b$  – минимальный радиус горловины кротовой норы, параметр  $\alpha$  определен в промежутке  $0 < \alpha < 1$  и  $\omega = -1/\alpha$  [2]. Из (1) и (2) найдем функцию формы и функцию красного смещения

$$b_-(r) = r_b \left( \frac{r}{r_b} \right)^{\alpha}, \quad \Phi_-(r) = \frac{\omega(3-\alpha)}{1+\omega} \ln \left[ \frac{r}{r_b} \right] - \frac{1}{2} \ln \left[ 1 - \left( \frac{r}{r_b} \right)^{\alpha-1} \right]. \quad (3)$$

Из метрики пространства времени Шварцшильда находим

$$b_+(r) = 2M, \quad \Phi_+(r) = 0. \quad (4)$$

Согласно [1], получим неравенства, описывающие стабильность тонкой оболочки вблизи критического радиуса  $r = a_b > 2M$ , по которому, возникают линейные сферические возмущения, возникающие из ограничений по массе



$$m_s''(a_b) \geq \frac{1}{4a_b^3} \left\{ \frac{[b_+(a_b) - a_b b'_+(a_b)]^2}{[1 - b_+(a_b)/a_b]^{3/2}} + \frac{[b_-(a_b) - a_b b'_-(a_b)]^2}{[1 - b_-(a_b)/a_b]^{3/2}} \right\} + \frac{1}{2} \left\{ \frac{b_+''(a_b)}{[1 - b_+(a_b)/a_b]^{1/2}} + \frac{b_-''(a_b)}{[1 - b_-(a_b)/a_b]^{1/2}} \right\} \quad (5)$$

Аналогичным способом [2] проведем анализ стабильности и по силе, при  $\Phi_+(a_b) \geq 0$ . Из уравнений (3), (4) и неравенства (5) получим ограничение по массе  $m_s''(a_b) \geq f(x, y)$ , где  $x = M/a_b$  и  $y = r_b/M$ . Используя (3), (4), получим ограничение по силе  $8a_b^3 [4\pi \Xi(a) a] |_{a_b} \leq g(x, y)$ .

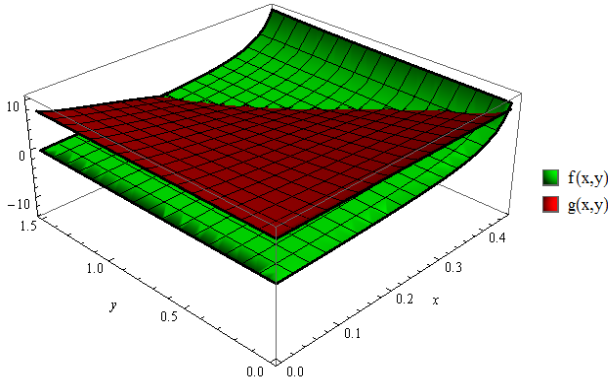


Рис. 1. Область стабильности ограничения по массе и силе для тонкой оболочки Шварцшильда - кротовой норы с изотропическим давлением ( $\alpha = 1/2$ ,  $\omega = -2$ ), где  $x = M/a_b$ ,  $y = r_b/M$ ,  $x \in [0; 0,45]$  и  $y \in [0; 1,5]$

На рисунке изображены поверхности  $f(x, y)$  и  $g(x, y)$ , которые определяют эффект массы и силы тонкой оболочки. Область, заключенная между поверхностями  $f(x, y)$  и  $g(x, y)$ , является стабильной.

### Литература

1. 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.
2. Lobo, F.S.N. Phantom energy traversable wormholes // Phys. Rev. D, 2005, v. 71, pp. 084011.
3. Khaybullina A., Akhtaryanova G., Mingazova R., Saha D., Izmailov R., Stability of the thin-shell schwarzschild-ellis wormhole // Int J Theor Phys, 2014, v. 53, iss. 5, pp. 1590-1600.

© Каримов Р.Х., Измаилов Р.Н. 2016 г.

## ПРИЛИВНЫЕ СИЛЫ ВБЛИЗИ ГОРИЗОНТА СОБЫТИЙ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ ХЭЙВОРДА

Султанов И.Ф., Измаилов Р.Н.

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

Приливные силы – силы, возникающие в телах, свободно движущихся в неоднородном силовом поле. В самом общем случае приливные силы представляют собой силы, вызывающие эффекты, проявляющиеся при воздействии неоднородного силового поля на протяжённый объект, независимо от того, какое движение он совершает и чем это поле вызвано. В работе исследуются приливные силы вблизи горизонта событий для черной дыры Хейворда [1].

Рассмотрим статичную сферически-симметричную физическую метрику в обозначениях Горовица и Росса [2]:

$$ds^2 = -\frac{f(r)}{g(r)} dt^2 + \frac{dr^2}{f(r)} + R^2(r) d\Omega^2, \quad (1)$$

где  $d\Omega^2 = d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2$ .

Как известно, кривизна полностью характеризуется компонентами тензора Римана в ортонормированной системе. Выражение для ненулевого компонента кривизны  $R_{\hat{t}\hat{r}\hat{t}\hat{r}}$  имеет вид

$$R_{\hat{t}\hat{r}\hat{t}\hat{r}} = -\frac{1}{2R} [2R''(E^2 G - F) + R'(E^2 G' - F')], \quad (2)$$

где штрихи означают производные по  $r$ . Теперь отметим, что сохранный энергия  $E$  может быть разложена следующим образом:

$$E^2 = \frac{F}{G} + \frac{v^2}{1-v^2} \frac{F}{G} = E_s^2 + E_{sx}^2$$

Первое слагаемое представляет величину  $E^2$  в неподвижной системе координат ( $E_s^2$ ), второе слагаемое представляет увеличение  $E_s^2$  из-за геодезического движения. Таким образом, мы можем записать  $R_{\hat{t}\hat{r}\hat{t}\hat{r}}$  следующим образом:

$$R_{\theta\theta\theta\theta} = -\frac{1}{R} \left[ \frac{R'}{2} (E_S^2 G' - F') \right] - \frac{1}{R} \left( R'' G + \frac{R'G'}{2} \right) E_{\theta x}^2 = R_{\theta\theta\theta\theta}^{(S)} + R_{\theta\theta\theta\theta}^{(\theta x)}. \quad (3)$$

Рассмотрим статическую сферически симметричную метрику черной дыры Хэйворда [1]:

$$ds^2 = - \left( 1 - \frac{2mr^2}{r^3 + 2l^2 m} \right) dt^2 + \left( 1 - \frac{2mr^2}{r^3 + 2l^2 m} \right)^{-1} dr^2 + r^2 d\Omega^2, \quad (4)$$

где  $l$  и  $m$  положительно определенные константы. Отметим, что при  $l = 0$  метрика сводится к решению Шварцшильда, при  $m = 0$  метрика сводится к асимптотической плоскости.

Используя (1) и (3) находим

$$F = 1 - \frac{2mr^2}{r^3 + 2l^2 m},$$

$$G = 1,$$

$$R = r.$$

Подставим выше полученные равенства в (3) и получим

$$R_{\theta\theta\theta\theta}^{(\theta x)} = 0, \quad R_{\theta\theta\theta\theta}^{(S)} = \frac{mr^2(r^3 - 4l^2 m)}{(r^3 + 2l^2 m)^2} \quad (3.39)$$

Рассмотрим случай, когда наблюдатель приближается к горизонту событий черной дыры, т.е. при  $r \rightarrow r_b$ :

$$\lim_{r \rightarrow r_b} R_{\theta\theta\theta\theta}^{(S)} = \frac{mr_b^2(r_b^3 - 4l^2 m)}{(r_b^3 + 2l^2 m)^2}. \quad (3.40)$$

В случае, когда  $r_b \rightarrow 0$ , в пределе мы получаем  $R_{\theta\theta\theta\theta}^{(S)} = 0$ . Это означает, что приливные силы в геодезической системе не расходятся, т.е. компоненты кривизны в движущейся системе остаются конечными при приближении к горизонту.

### Литература

1. Horowitz G.T., Ross S.F. Naked Black Holes // Phys. Rev. D, 1997, v. 56, 2180-2187.
2. Hayward S.A. Formation and Evaporation of Nonsingular Black Holes // Phys. Rev. Lett., 2006, v. 96, pp. 031103.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СОЛИТОНОВ УРАВНЕНИЯ СИНУС-ГОРДОНА С УЧЕТОМ ВНЕШНЕЙ СИЛЫ И ЗАТУХАНИЯ

Васильева Ю.С., Абакумова Н.Н., Кудрявцев Р.В.,  
Гумеров А.М., Муртазин Р.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время, при исследованиях нелинейных волновых процессов наблюдается огромный прогресс, который характеризуется рядом фундаментальных достижений. Одним из таких достижений является прогресс в изучении динамики солитонов — уединенных частицеподобных устойчивых волн, способных распространяться с постоянной скоростью и упруго взаимодействовать с себе подобными волнами. Специальные решения, способные описывать поведение подобных волн, были открыты для ряда нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных, часто называемых также «солитонными» уравнениями, одним из самых известных представителей которых является уравнение синус-Гордона (УСГ), которое часто используется при построении моделей в самых разнообразных областях естествознания [1-3]: геологии, молекулярной биологии, физике, космологии и т. д. В теоретической физике подобное уравнение применяется, например, для описания нелинейной динамики доменных границ в ферромагнетиках (ФМ) и слабых ферромагнетиках (СФМ). Но создание различных теоретических моделей, приводит к необходимости модифицировать УСГ, вводя, например, переменные коэффициенты, внешнюю силу и затухание. В данной работе показано, что затухание и внешняя сила противодействуют возникновению резонансного отражения доменных границ от притягивающего тонкого слоя, впрочем вызывающая его причина — резонансный обмен энергией между локализованными волнами по-прежнему имеет место быть.

### Литература

1. Ферро- и антиферромагнитодинамика. Нелинейные колебания, волны и солитоны / М. А. Шамсутдинов, В. Н. Назаров, И. Ю. Ломакина [и др.]. - М. : Наука, 2009. — 368 с.
2. Якушевич, Л. В. Нелинейная физика ДНК / Л. В. Якушевич. - М. : Институт компьютерных исследований; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2007. — 252 с.
3. Браун, О. М. Модель Френкеля-Конторовой: Концепции, методы, приложения / О. М. Браун, Ю. С. Кившарь. - М. : Физматлит, 2008. - 519 с.

© Васильева Ю.С., Абакумова Н.Н., Кудрявцев Р.В.,  
Гумеров А.М., Муртазин Р.Р., 2016 г.

## МАГНИТНЫЕ СКИРМИОНЫ – НОВЫЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ В МАГНЕТИКАХ

Галимова Ю.Ф.<sup>1</sup>, Гареева З.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет

<sup>2</sup>ИФМК УНЦ РАН, г. Уфа, Россия

Магнитные скирмионы - наноразмерные объекты, привлекающие в последнее годы внимание исследователей. В первую очередь это связано с перспективами развития спинтроники и устройств, предназначенных для сверхплотного хранения информации, магнитной памяти нового поколения, в которых в качестве активных функциональных элементов могут выступать скирмионы. Скирмионы – это разновидность 2D солитонов [1], являющихся микромагнитными объектами с нетривиальной топологией, что представляет несомненный интерес для фундаментальных исследований.

Магнитные скирмионы, несмотря на наноразмеры (диаметр скирмиона составляет 10 – 100 нм), являются сложными микромагнитными системами, состоящими из  $\sim 10^6$  спинов, за формирование и устойчивость которых отвечают различные физические механизмы. Скирмионы выступают в качестве перспективных элементов технологий, связанных с развитием устройств магнитной памяти, записи и считыванием информации. Это связано с набором управляемых параметров (поляриность, киральность, топологический заряд), наноразмерами, реакцией скирмионов на внешние воздействия.

Скирмионные состояния в магнетиках были предсказаны теоретиками задолго до появления первых экспериментальных работ. Аналитические решения появились в 1968 г.; модели магнитных вихрей разработаны в работах [2, 3]. Первые эксперименты по наблюдению скирмионных состояний датируются 2009 г. - статья Мюлбауэра в журнале Science, в которой сообщалось о наблюдении решетки магнитных вихрей в кристаллах MnSi [4]. Развитие современных технологий по созданию тонких пленок, слоистых структур, экспериментальных методов (магнитной нейтронографии, Лоренцевской микроскопии, атомной силовой микроскопии) позволили обнаружить скирмионные образования в традиционных магнитных материалах и новых магнетиках. Современные технологии позволяют конструировать новые материалы: скирмионные кристаллы, а также среды с локализованными вихревыми состояниями.

### Литература

1. Косевич, Иванов, Ковалев, Нелинейные волны намагниченности
2. A.A.Belavin and A.M. Polyakov, *JETP Lett.* 22, 245 (1975).

3. A. N. Bogdanov and D. A. Yablonskii, Sov. Phys. JETP **68**, 101 (1989).
4. S. Muhlbauer, et al. Science 323, 915 (2009).

© Галимова Ю.Ф., Гареева З.В., 2016 г.

УДК 530.182.1

## **ДВИЖЕНИЕ КИНКА ДНК ВО ВНЕШНЕМ ПЕРЕМЕННОМ ПОЛЕ**

Балашова В.Н., Закирьянов Ф.К.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Конформационная подвижность является одним из важнейших свойств, присущих молекуле ДНК. Среди разнообразных внутренних движений молекулы особую роль играют вращательные движения и вызываемый ими крутильный (или торсионный) момент, который значительное число исследователей рассматривают в качестве механического регулятора во многих биологических процессах, включая процессы транскрипции и репликации [1]. Существующие на сегодняшний день экспериментальные методики не дают возможности проводить измерения торсионного момента непосредственно в биологических процессах, в которых участвует молекула ДНК. Это приводит к необходимости привлечь теоретические методы.

Влияние периодического торсионного момента на движение кинка ДНК было исследовано методами математического моделирования. Для математического описания вращательной динамики ДНК было использовано модифицированное уравнение синус-Гордона. Для его решения был использован комбинированный подход, включающий применение приближенного аналитического метода Мак-Лафина и Скотта и численных методов. Найдены временные зависимости скорости, координаты, размера и энергии кинка при разных значениях параметров внешнего периодического торсионного момента. Показано, что изменяя эти параметры, включая и выключая внешнее воздействие, можно регулировать скорость и направление движения кинка.

### **Литература**

1. Forth S., Sheinin M.Y., Inman J., Wang M.D. Torque measurement at the single-molecule level. Annu. Rev. Biophys. 2013. V. 42. P. 583–604.

© Балашова В.Н., Закирьянов Ф.К., 2016 г.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МАГНИТНЫХ ВИХРЕЙ В  
ПРОВОДЯЩИХ МАГНИТНЫХ НАНОСТОЛБИКАХ**

Степанов С.В., Екомасов А.Е., Ганеев А.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Магнитные наностолбчатые структуры, содержащие в себе вихрь как основное состояние, с недавних пор привлекают к себе большое внимание благодаря возможности их практического применения, в частности, в магнитной памяти или наноразмерных спин-токовых генераторах, излучающих в ГГц-диапазоне, которые планируется использовать в телекоммуникационных приложениях. В настоящее время большой интерес привлекает спин-трансферный наногенератор (СТНГ) СВЧ, который отличается значительной выходной мощностью, небольшой шириной и относительно большим спектром частот, даже без приложения внешнего магнитного поля. Например, исследуется влияние поляризованного электрического тока и магнитного поля на динамику магнитных вихрей, находящихся в двух магнитных слоях, входящих в состав наностолбчатой спин-вентильной структуры.

В работе исследуется СТНГ, состоящий из трёх слоёв (пермаллоевый (Pу) 4 нм/Cu - 10 нм/Pу -15 нм) кругового сечения среднего - 200 и малого - 120 нм диаметров. Намагниченности обоих магнитных слоев находятся в вихревом состоянии. Рассматривается случай, когда два магнитных слоя взаимодействуют через поля размагничивания и спин-поляризованный ток и, при этом, система находится во внешнем магнитном поле, перпендикулярном плоскости слоев. С помощью программного пакета SpinPM проведено численное моделирование связанной вихревой динамики. Найдены частоты стационарных колебаний вихрей. Изучены процессы динамической трансформации структуры магнитных вихрей (переключение полярности вихревого кора) для различных значений токов и внешнего магнитного поля. Моделирование показало, что динамический, и статический сценарии переключения наблюдаются при различных значениях поля/тока. Проведено сравнение известных экспериментальных и численных результатов [1].

*Работа поддержана грантом РФФИ, проект 16-32-00381.*

**Литература**

1. N. Locatelli et al, Appl. Phys. Lett. 98, 062501 (2013).

© Степанов С.В., Екомасов А.Е., Ганеев А.А., 2016 г.

## ДИНАМИКА СПИН-ОРБИТАЛЬНОГО ЭКСИТОНА В $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$ С УЧЕТОМ ХУНДОВСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Дикушина Е.А.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

В данной работе исследуется  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$  – недавно открытый моттовский диэлектрик, который в ранее проводимых исследованиях рассматривается без учета хундовского взаимодействия [1, 2].

В экспериментальных спектрах  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$  наблюдается беззарядовая квазичастица – спин-орбитальный экситон. Распространение спин-орбитального экситона в системе без учета правила Хунда затухает из-за нарушения локального магнитного порядка. Тем не менее, в электронной структуре иона с переносом заряда вклад хундовского взаимодействия сравним со спин-орбитальным и не может быть опущен. Благодаря хундовскому взаимодействию появляется новый тип переноса, который делает возможным перенос экситона в  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$  без нарушения магнитного порядка ионов окружения.

Эффективный гамильтониан, выведенный из гамильтониана Хаббарда для двухузельной системы, предполагает наряду с обычным переносом перенос экситона с изменением спинового состояния. Такой перенос возможен только с учетом хундовского взаимодействия. Он приводит к новому типу взаимодействий, при которых состояния магнитной системы не искажаются и перенос возбуждения становится выгодным.

Целью работы является рассмотрение совместного действия переносов обоих типов – с изменением спинового состояния ионов и без изменения – и изучение их вкладов в распространение спин-орбитального возбуждения в  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$ . Для исследования используется компьютерное моделирование, в основе которого лежит метод высокотемпературного разложения Stochastic Series Expansion [3] с изменениями, необходимыми для учета хундовского взаимодействия.

### Литература

1. Kim B. J., Jin H., Moon S. J. Novel  $J_{\text{eff}} = 1/2$  Mott State Induced by Relativistic Spin-Orbit Coupling in  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$  // Phys.Rev.Lett. 101(7) (2008).
2. Kim J., Daghofer A. H., Said A. H. Excitonic Quasiparticles in a Spin-Orbit Mott Insulator // Nature Communications. 3 (1) (2014).
3. Sandvik A. W., Kurkijarvi J. Quantum Monte Carlo simulation method for spin systems // Phys.Rev.B. 43, 5950-5961 (1991).

© Дикушина Е.А., 2016 г.



УДК 530.182

## **ВОЗБУЖДЕНИЕ ДИСКРЕТНЫХ БРИЗЕРОВ В МОДЕЛИ ДНК ПЕЙРАРА-БИШОПА**

Фахретдинов М.И., Закирьянов Ф.К.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время существует большое число работ посвящённых исследованию нелинейной динамики молекулы ДНК [1]. Считается, что нелинейные локализованные колебания оснований ДНК – дискретные бризеры могут играть важную роль в процессе функционирования молекулы, однако достаточно мало уделяется причинам возникновения этих возбуждений. Интересным механизмом возбуждения дискретных бризеров является нелинейная супратрансмиссия [2,3] – воздействие на систему внешней периодической силы с частотой, не принадлежащей спектру её малоамплитудных колебаний. В нашей работе рассматривается возбуждение дискретных бризеров в Пейрара-Бишопа модели ДНК с помощью данного механизма.

### **Литература**

1. Peyrard M. Nonlinear dynamics and statistical physics of DNA //Nonlinearity. – 2004. – Т. 17. – №. 2. – С. R1.
2. Дмитриев С. В. и др. Дискретные бризеры в кристаллах //Успехи физических наук. – 2016. – Т. 186. – №. 5. – С. 471-488.
3. Geniet F., Leon J. Energy transmission in the forbidden band gap of a nonlinear chain // Physical review letters. – 2002. – V. 89. – №. 13. – P. 134102.

© Фахретдинов М.И., Закирьянов Ф.К., 2016 г.

УДК 523.11

## **ПАРАМЕТРЫ ГРАВИТАЦИОННОГО ЛИНЗИРОВАНИЯ КРОВОЙ НОРОЙ ЭЛЛИСА В ПРЕДЕЛЕ СЛАБОГО ПОЛЯ**

Янбеков А.А., Измаилов Р.Н.

Международный центр астрофизики им. Я.Б. Зельдовича,  
Башкирский государственный педагогический университет  
им. М. Акмуллы, г. Уфа, Россия

Гравитационное линзирование, на сегодняшний день, является одним из самых мощных методов исследования астрофизических объектов. Считается, что в центре практически каждой галактики находится

сверхмассивный объект, с массой от миллионов до миллиардов Солнечных масс. Последние измерения аккреции в рентгеновском диапазоне галактики NGC1365 однозначно указывают на наличие в ее центре сверхмассивного объекта [1]. В работе рассчитаны характеристики линзирования в пределе слабого поля, получаемые линзой, в роли которой выступает кротовая нора Эллиса [2, 3].

Решение для статичной сферически симметричной кротовой норы Эллиса имеет следующий вид:

$$d\tau^2 = A(r)dt^2 - B(r)dr^2 - C(r)(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2), \quad (1)$$

где

$$A(r) = \exp\left[2\varepsilon + 4\gamma \tan^{-1}(r/B)\right], \quad (2)$$

$$B(r) = \left(1 + \frac{B^2}{r^2}\right)^2 \exp\left[2\zeta - 4\gamma \tan^{-1}(r/B)\right], \quad (3)$$

$$C(r) = r^2 B(r), \quad (4)$$

$$\phi(r) = 4\lambda \tan^{-1}(r/B), \quad (5)$$

Применив формализм Киитона и Питерса [4] для расчета пост-пост-ньютоновских параметров гравитационного линзирования, мы определяем следующие параметры: положение изображения, увеличение, общее увеличение, центральное положение, задержку по времени, что позволит различать тип астрофизического объекта.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ № 16-32-00323 мол\_а.

### Литература

1. Risaliti, G. Astrophysics: Cosmic lens reveals spinning black hole // Nature, 2013, v. 452, pp. 449–451.
2. Ellis, H.G. Ether flow through a drainhole: A particle model in general relativity // J. Math. Phys., 1973, v.14, pp. 104 - 118.
3. Bronnikov, K. A. Scalar-tensor theory and scalar charge // Acta Phys. Pol. B, 1973, v.4, pp. 251–266.
4. Keeton C. R., Petters A. O. Formalism for Testing Theories of Gravity Using Lensing by Compact Objects. I: Static, Spherically Symmetric Case // Phys. Rev. D, 2006, v. 73, 104032-104051.

© Янбеков А.А., Измаилов Р.Н. 2016 г.

**АНАЛИЗ И УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА  
ДОЗНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ  
ОНКОБОЛЬНЫХ**

Шайхутдинова А.Ф.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия.

Лучевая терапия — клиническая дисциплина. Это наука о применении ионизирующих излучений для лечения болезней. Ионизирующими называют все те излучения, которые при взаимодействии со средой, в том числе и с тканями живого организма.

Применение лучевого лечения выдвигает ряд специфических задач. Важнейшей из них является оптимальное распределение энергии излучения в организме больного.

Чтобы правильно пользоваться ионизирующим излучением в лечебных целях, радиолог должен точно знать величину и распределение энергии, поглощаемой во всех частях тела больного и особенно в очаге поражения и окружающих его тканях и органах. Ведь биологическое действие оказывает лишь та часть энергии, которая поглотилась в объекте.

Для оценки поглощенных доз излучения создано большое количество приборов и приспособлений, разработаны специальные методы измерений и расчета доз [1,2]. Только после составления дозиметрического плана можно приступить к облучению больного.

Основное правило лучевой терапии: максимальная концентрация энергии излучения в патологическом очаге при минимальном облучении окружающих тканей.

Этой цели можно добиться путем правильного выбора в каждом конкретном случае источника излучения, коллимирующих устройств, а также точной наводки пучка излучения на очаг. Однако существуют факторы, не связанные с количеством и качеством излучения, но сильно влияющие на дозное распределение в тканях и требующие его коррекции.

Первым таким фактором является неправильная форма облучаемой части тела. Стандартные карты изодоз описывают дозное распределение в тканях для случаев перпендикулярного падения пучка излучения на плоскую поверхность.

Однако на практике поверхность тела редко бывает плоской, а пучок излучения направляют под разными углами к ней. Все это вносит искажения в расчетное распределение дозы в облучаемом объекте. Сходную роль выполняют клиновидные фильтры. Нередко, особенно при облучении опухолей в области головы и шеи, возникают условия, когда

возможно переоблучение тканей, не требующих значительного лучевого воздействия.

Применение свинцовых клиновидных фильтров позволяет получить дозное поле с определенным наклоном доз к оси пучков излучения. При этом распределение энергии излучения значительно улучшается, достигается концентрация дозы в области верхнечелюстной пазухи с резким снижением облучения соседних тканей.

Лучевая терапия является одним из ведущих методов в лечении больных со злокачественными новообразованиями. Вместе с тем лечение больных, особенно онкологических, является всегда комплексным.

Поэтому радиологи работают в тесном контакте с онкологами, хирургами, химиотерапевтами и другими специалистами.

В данной работе обобщается опыт расчета доз при лучевой терапии в Республиканском клиническом онкологическом диспансере г.Уфы. В нашей группе расчет доз проводится для лучевой терапии на различных стадиях онкологических заболеваний органов и систем человека. При лечении применяются компьютерные методики расчета доз и планирование лучевой терапии в системе 2D и 3D. В один день обеспечивается подготовка расчетных данных для терапии примерно 5-10 человек в разных системах планирований и производится лечение на аппарате около 20-35 больных в день.

Практика показывает, что успех лечения при правильном диагнозе во многом зависит от корректности планирования лучевой терапии, учета индивидуальных особенностей физиологии больных и использования технических приспособлений, позволяющих обеспечить оптимальное дозное распределение при облучении.

### **Литература**

1. Рудерман А. И., Вайнберг М. Ш., Жолкиер К. И. Дистанционная гамма-терапия злокачественных опухолей, - М.: Медицина, 1977 - 240 с.
2. Ярмоненко С. П., Вайнсон А. А., Календо Г. С., Рапман Ю. И. Биологические основы лучевой терапии опухолей. - М.: Медицина. 1976. - 272 с.

© Шайхутдинова А.Ф., 2016 г.

## ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ И КРИТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В МАГНИТНЫХ НАНОПЛЁНКАХ

Нигматуллина Э.Р., Юлдашева А.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время достигнуты значительные прогрессы в области фазовых переходов. Их исследования являются наиболее интересными в разных областях современной науки [1].

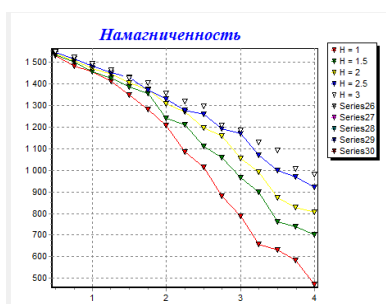
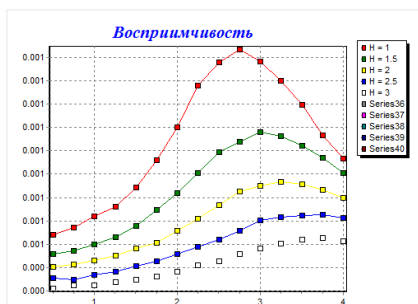
В исследовательской работе описываются фазовые переходы на основе микроскопической модели вещества и представляют большие вычислительные трудности ввиду сложной структуры реальных веществ и разного рода взаимодействия между спинами. В работе проводятся расчеты термодинамических параметров для исследования фазовых переходов. Для этого был применен метод Монте – Карло, а именно алгоритм Метрополиса. Для моделирования магнитной подсистемы использовали модель Гейзенберга в приближении ближайших взаимодействующих соседей. Для этого мы использовали гамильтониан:

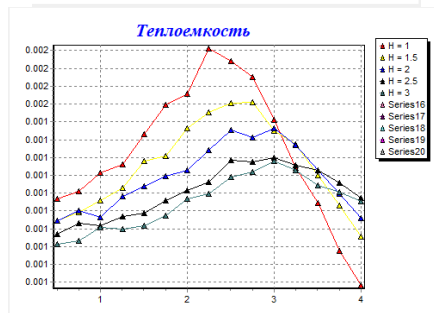
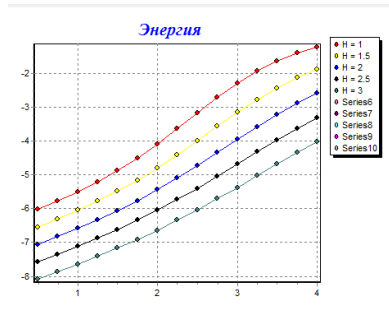
$$H = -\frac{1}{2} J \sum_{i,j} (S_i^x S_j^x + S_i^y S_j^y + S_i^z S_j^z) \quad (1)$$

где  $J$ - обменное взаимодействие;  $S_i$  – единичный вектор  $i$ -го узла;

$S_j$  – единичный вектор  $j$ -го узла.

Затем были определены полевые и температурные зависимости восприимчивости, намагниченности, энергии, теплоемкости для магнитной наноплётки.





### Литература

1. C.W. Nan, et al., J. Appl. Phys., 103 (3) (2008), p. 031101

© Нигматуллина Э.Р., Юлдашева А.Р., 2016 г.

УДК 537.611.44

### ОСОБЕННОСТИ ОДНОРОДНЫХ И НЕОДНОРОДНЫХ МАГНИТНЫХ СОСТОЯНИЙ В (210) – ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПЛЕНКЕ ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ

Вахитов Р.М., Юмагузин А.Р., Исхакова Р.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Синтезированные около 30 лет назад феррит-гранатовые пленки с ориентацией (210) зарекомендовали себя при ближайшем рассмотрении как перспективные многофункциональные материалы, которые могут быть использованы и в устройствах магнитной записи [1], и в высокочувствительных датчиках для визуализации малых неоднородных

полей [2] и т.д. В частности, после обнаружения в этих пленках гигантского магнитоэлектрического эффекта (МЭ) [3] при комнатных температурах о них заговорили как о магнитоэлектрических материалах. Кроме того в последующих исследованиях в них был открыт новый сильный МЭ эффект, который заключался в смещении доменных границ (ДГ) под действием внешнего электрического поля. Интересной особенностью наблюдаемого эффекта явилось его зависимость от ориентации пленки: в (210) –ориентированных пленках МЭ эффект проявился наиболее сильно. В литературе было высказано два возможных механизма для объяснения наблюдаемому явлению: первый - это МЭ, механизм которого обусловлен наличием неоднородного магнитоэлектрического взаимодействия в этих материалах [3], второй - условиями проведения эксперимента и особенностями ориентационной фазовой диаграммы изучаемой пленки. Таким образом, из сказанного следует, что для объяснения результатов [4], необходимо провести анализ однородных и неоднородных магнитных состояний возможных в пленке типа (011) ферритов-гранатов, т.к. подобные исследования в них до сих пор не проводились.

В данной работе рассмотрена ориентационная фазовая диаграмма пленки типа (210) ферритов-гранатов, на основе которой изучены возможные в них ДГ различной топологии. В частности, установлено, что ДГ в исследуемых материалах, как правило, имеют неблоховскую структуру, т.е. с выходом вектора намагниченности из плоскости ДГ. В этом случае реализуется флексомагнитоэлектрический механизм индуцирования зарядов в ДГ [3].

### Литература

1. В.В. Рандошкин и др. *Письма в ЖТФ* **15**, 42 (1989).
2. S. Tkachuk et. all. *J. of Appl. Phys.* **105**, 07A524 (2009).
3. A.P. Pyatakov et. all. *Phys. Usp.* **58**, 981 (2015).
4. A.S. Logginov et. all. *Appl. Phys. Lett.* **93**, 182510 (2008).
5. A.F. Kabychenkov, F.V. Lisovskii, E.G. Mansvetova [\*JETP Lett.\* \*\*97\*\*, 265 \(2013\).](#)

© Вахитов Р.М., Юмагузин А.Р., Исакова Р.Р., 2016 г.

**ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ НА ПРОЦЕССЫ  
ЗАРОДЫШЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ СПФП В ПЛАСТИНЕ (011)  
ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ**

Вахитов Р.М., Галинурова Р.Ф., Солонецкий Р.В.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одним из актуальных вопросов в магнетизме, сформулированным еще около 50 лет назад ак. Гинзбургом В.Л. [1], является проблема построения теории фазовых переходов в реальных кристаллах. В частности, в магнетизме такого рода задачей является изучение влияния ограниченности образца и наличия в нем дефектов на процессы спиновой переориентации магнитных материалов. Исследования показывают, что на некоторых видах дефектов (типа «потенциальная яма») зарождаются магнитные неоднородности с распределением намагниченности  $\mathbf{M}$ , соответствующим 0- градусным доменным границам ( $0^\circ\text{ДГ}$ )[2]. Они бывают двух типов: малоамплитудные и высокоамплитудные, и различаются характеристиками  $0^\circ\text{ДГ}$  такими как энергия, ширина и амплитуда (максимальный угол отклонения вектора  $\mathbf{M}$ ). Они обладают рядом интересных свойств, которые могут сказаться на различных явлениях, имеющих место в магнетиках, в том числе и на спин-переориентационных фазовых переходах (СПФП) в них.

В данной работе численно исследовались структура и устойчивость двух типов  $0^\circ\text{ДГ}$ , возникающих на дефектах типа «потенциальная яма» (011)-ориентированных пленках ферритов-гранатов энергия такого магнетика бралась с учетом обменной энергии, наведенной вдоль оси (011) одноосной и кубической анизотропией, а также с учетом наличия дефектов и размагничивающих полей, обусловленных конечностью пластины. В основу численного решения был положен метод прямого численного интегрирования уравнений Эйлера-Лагранжа, соответствующих минимуму энергии рассматриваемого образца. Из анализа численных результатов следует, что каждый тип магнитных неоднородностей вносит свой вклад в процессы зародышеобразования при СПФП I и II родов, определяемый областью устойчивости этих неоднородностей относительно материальных параметров.

**Литература**

1. Гинзбург В.Л. УФН, 1981, т.134, с.469-517
2. Вахитов Р.М., Магадеев Е.Б. ФММ, 2014, т. 115, №9, с.906-912

© Вахитов Р.М., Галинурова Р.Ф., Солонецкий Р.В., 2016 г.



УДК 539.2

## ТРЕХМЕРНЫЕ ДИСКРЕТНЫЕ БРИЗЕРЫ В ГЦК РЕШЁТКЕ Ni ИССЛЕДУЕМЫЕ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

Баязитов А.М.<sup>1</sup>, Дмитриев С.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup>ИПСМ РАН, г. Уфа

Последнее десятилетие активно изучаются дискретные бризеры (ДБ) в реальных кристаллах [1]. При этом самым распространённым методом компьютерного моделирования таких динамических объектов является метод классической молекулярной динамики. До сих пор в реальных кристаллах были изучены только квазиодномерные дискретные бризеры, локализованные в одном атомном ряду. В данной работе проведено моделирование дискретных бризеров с радиальным убыванием амплитуд в соответствие со сферически-симметричной функцией Гаусса, максимум которой совпадает с центром ДБ. В ГЦК решётке Ni центр бризера совпадает с центром элементарной ячейки кристалла. Для разных амплитуд бризера найдены начальные профили смещений атомов, рассчитаны частоты и времена жизни. Полученные динамические объекты обладают жестким типом нелинейности и являются долго живущими (порядка 50 периодов колебаний атомов ядра ДБ)

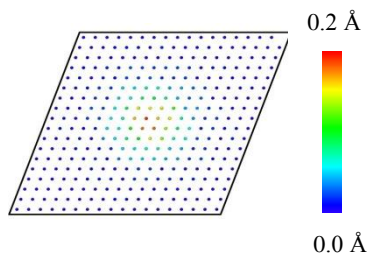


Рис. 1. Фрагмент ГЦК структуры Ni. Цветом отмечены разные начальные амплитуды смещений атомов из своих положений равновесия

### Литература

1. С. В. Дмитриев, Е. А. Корзникова, Ю. А. Баимова, М. Г. Веларде, “Дискретные бризеры в кристаллах”, УФН, 186:5 (2016), 471–488 с.

© Баязитов А.М., Дмитриев С.В., 2016 г.

## СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОФИЗИКА»

УДК 53.086; 53.083.9

### ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ОДИНОЧНОЙ ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЫ В $\text{YFeO}_3$ , ДВИЖУЩЕЙСЯ В ПОСТОЯННОМ ПОЛЕ

Комина Ольга Юрьевна, Жуков Евгений Александрович

Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия

Исследовалось влияние постоянного магнитного поля на скорость ДГ в пластине  $\text{YFeO}_3$  размером  $2 \times 2 \text{ мм}^2$  и толщиной около  $100 \text{ мкм}$ , вырезанный перпендикулярно оптической оси. Для создания внешнего поля использовался постоянный магнит.

Были получены зависимости амплитуды скорости движения ДГ  $V_m$  от амплитуды продвигающего синусоидального магнитного поля  $H_m$  с частотой  $f = 1 \text{ МГц}$  в присутствии постоянного, направленного параллельно плоскости образца вдоль движения ДГ, и под углом  $\approx 50^\circ$  к кристаллу, близким к направлению оптической оси (рис. 1). На рис. 2 представлены зависимости  $V_m$  от частоты  $f$  продвигающего поля с амплитудой  $H_m = 48 \text{ Э}$ .

Здесь введены обозначения:  $\blacklozenge$  - без постоянного поля, постоянное магнитное поле  $H = 18 \text{ Э}$  приложено  $\bullet$  - под углом и  $\blacktriangle$  - параллельно плоскости образца.

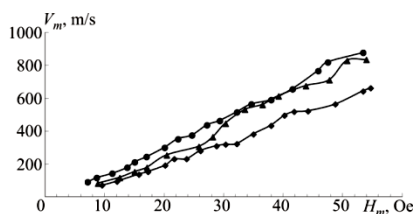


Рис. 1. Зависимость  $V_m(H_m)$

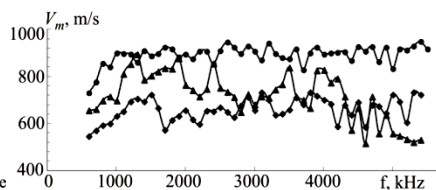


Рис. 2. Зависимость  $V_m(f)$

Из рис. 1 видно, что значение амплитуды скорости линейно возрастает при увеличении величины амплитуды продвигающего поля, характер зависимости  $V_m(H_m)$  не меняется при приложении постоянного поля.

Экспериментально обнаружено, что постоянное магнитное поле увеличивает значение амплитуды скорости движения ДГ в ортоферрите иттрия и стабилизирует ДГ.

1. Кузьменко А.П., Адамова М.Е., Жуков Е.А., Каминский А.В., Комина О.Ю., Щербаков Ю.И. Динамика доменных границ в борате

железа и ортоферрите иттрия в переменных и постоянных магнитных полях // В сборнике: Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов труды XI Международной конференции. – Курск. – 2014. – С. 282-286.

© Комина О.Ю., Жуков Е.А., 2016 г.

УДК 537.622:537.326

## **ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ ПРИ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЯХ ПЛАСТИНЫ БОРАТА ЖЕЛЕЗА**

Адамова М.Е., Жуков Е.А., Каминский А.В.

Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия

Эффект возбуждения колебаний доменных границ (ДГ) упругой волной в слабом ферромагнетике борате железа  $\text{FeVO}_3$  [1] позволяет предложить модель магнитоэлектрического (МЭ) композита, состоящего из пьезоэлемента и  $\text{FeVO}_3$  в качестве ферромагнитной фазы. Дополнительный эффект стабилизации на доменную структуру может оказывать постоянное магнитное поле, ориентированное перпендикулярно магнитным моментам доменов.

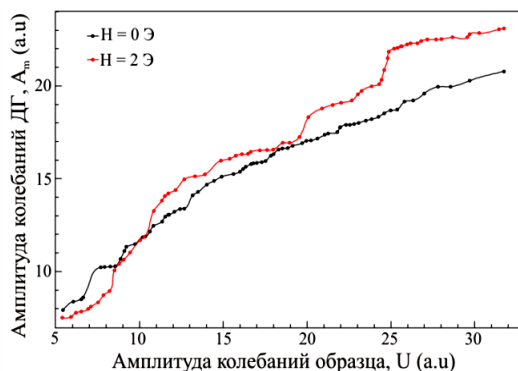


Рис. 1. Влияние внешнего магнитного поля  $H$  на зависимости  $A_m(U)$

На рис. 1 показаны зависимости амплитуды колебания ДГ  $A_m$  в кристалле  $\text{FeVO}_3$  от амплитуды изгибных колебаний образца  $U$  на резонансной частоте изгибных колебаний 49.2 кГц в отсутствие внешнего магнитного поля и с магнитным полем  $H$ , приложенным перпендикулярно

базисной плоскости образца Приложенное поле не изменяет конфигурацию доменной структуры, однако влияет на динамику ДГ.

Эффект изменения намагниченности кристалла, когда процесс перемагничивания происходит за счет взаимодействия с пьезоэлектрическим элементом, можно рассматривать как обратный магнитоэлектрический эффект.

### **Литература**

1. Zhukov E.A., Adamova M.E., Kaminsky A.V., Kuz'menko A.P., Zhukova V.I. Interaction of Lamb waves with domain walls in an iron borate plate //Journal of Nano- and Electronic Physics. – 2015. –V. 7. – No 4. – Part 2. – P. 04092-1 – 04092-4.

© Адамова М.Е., Жуков Е.А., Каминский А.В., 2016 г.

УДК 681.5.04:681.58

## **СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ НА ПЕШЕХОДНОМ ПЕРЕХОДЕ**

Биктимеров А.А., Космылин Д.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В России ежегодно совершается около 70 тысяч наездов на пешеходов: каждое четвертое дорожно-транспортное происшествие (ДТП) (с пострадавшими) – это наезд на пешехода. В крупных городах до половины всех ДТП – наезды на пешеходов, из них на пешеходных переходах в городах происходит каждый ТРЕТИЙ наезд на пешехода, в том числе по вине водителей - в 86% случаев.

В последние несколько лет, в результате ДТП погибло от 8,7 до 10 тысяч пешеходов, около 9 тысяч пешеходов в год становятся инвалидами. И данная статистика продолжает расти, так как количество транспортных средств увеличивается [1].

Все существующие меры, направленные на обеспечения безопасности пешеходов и водителей на пешеходном переходе, являются только предостережением, и направлены на соблюдение пешеходов и водителей правил дорожного движения (ПДД). Но статистика показывает, что не все объекты движения соблюдают ПДД. В связи с этим необходимо принципиально новое решение для обеспечения безопасности пешеходов и водителей на пешеходном переходе.

Нами была разработана система автоматического регулирования движения на пешеходном переходе, суть которого заключается в двух

устройствах: приемное и передающее. Передающее устройство (1), со встроенным датчиком движения, устанавливается на пешеходном переходе. Оно определяет присутствие человека на пешеходном переходе и передает сигнал на приемное устройство. Приемное устройство устанавливается в автомобиле и необходимо для предупреждения водителя о присутствии человека на пешеходном переходе, предупреждение приходит за 150 метров, и если водитель не реагирует, то блок приема(который находится в автомобиле) за 100 метров отправляет сигнал электронному блоку управления двигателя. Тем самым сбрасывает обороты двигателя. После начинается торможения автомобиля двигателем. Тем самым предотвращая ДТП с пешеходом.

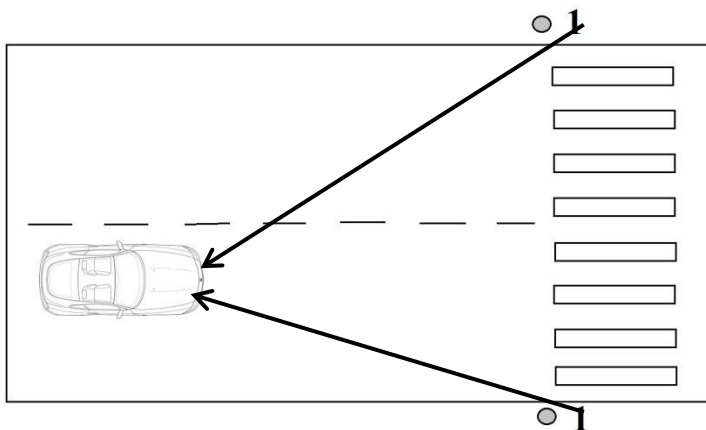


Рис. 1. Схема работы системы автоматического регулирования движения на пешеходном переходе

## Литература

1. <http://www.gibdd.ru/>

© Биктимеров А.А., Космылин Д.В., 2016 г.

## СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

УДК 620.179.14

### УСТРОЙСТВО РАЗМАГНИЧИВАНИЯ ЛОКАЛЬНОГО УЧАСТКА СТАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

Якшибаев Булат Робертович

Физико-технический институт БашГУ, г. Уфа, Россия

После диагностики магистральных стальных трубопроводов внутритрубными магнитными снарядами-дефектоскопами, металл стальных труб приобретает значительную остаточную намагниченность. Она оказывает негативное влияние на качество проведения сварочных работ при ремонте и строительстве стальных трубопроводов [1]. Для снижения остаточной намагниченности стальных трубопроводов применяются внутритрубные размагничивающие устройства и устройства локального размагничивания металла. Внутритрубные размагничивающие устройства являются весьма громоздкими и дорогостоящими, что ограничивает их широкое применение. Однако и существующие устройства локального размагничивания стального трубопровода имеют значительный вес и габаритные размеры, что также затрудняет их применение в полевых условиях работы.

Исследования металла остаточной намагниченной стальной трубы показали, что для конструкционных сталей, которые применяются в трубопроводах, напряженность магнитного поля в металле составляет около 25-30 А/см, то есть является сравнительно небольшой величиной [2]. Это обстоятельство позволяет создать малогабаритное устройство для снижения остаточной намагниченности металла около стыка стальных труб.

Снижение величины поля остаточной намагниченности внутри стыка труб достигается путем компенсации величины остаточного магнитного поля в металле внешним магнитным полем П-образного компенсатора, изготовленного из постоянных магнитов на основе редкоземельных металлов, имеющих высокую энергию. Величина магнитного поля П-образного компенсатора меняется за счет изменения расстояния между магнитными полюсами, при этом величина поля остаточной намагниченности внутри стыка стальных труб контролируется магнитометром, входящим в комплект устройства локального размагничивания.

Результаты полевых испытаний устройства размагничивания локального участка стального трубопровода, полученные при ремонте аварийного участка магистрального газопровода, показали его работоспособность и эффективность.

## Литература

1. Загидулин Р.В., Якшибаев Б.Р., Загидулин Т.Р. Исследование и расчет устройства внутритрубного размагничивания стального трубопровода (УВР). Часть 1 – Контроль. Диагностика, 2009, №12, с.8-12.
2. Загидулин Р.В., Мужичкий В.Ф. Оценка величины остаточного магнитного поля внутри трубопровода после контроля магнитным дефектоскопом. - Дефектоскопия, 2003, №7, с. 65-69.

© Якшибаев Б.Р., 2016 г.

УДК 620.179.14

### **ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МАГНИТНОГО КОНТРОЛЯ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Осипов Кирилл Олегович

Физико-технический институт БашГУ, г.Уфа, Россия

В современных системах мониторинга технических сооружений применяются преобразователи различных типов, измеренные сигналы с которых анализируются в масштабе реального времени.

Для контроля деформации металла используются тензометрические преобразователи, для выявления развивающихся дефектов сплошности - акустические преобразователи. Применение этих преобразователей имеет особенности: тензометрические преобразователи реагируют лишь на действующие механические напряжения и не отражают величину остаточных напряжений металла; акустические преобразователи эффективны лишь при непосредственной близости к ним области с дефектами сплошности.

Магнитный контроль напряженно-деформированного состояния (НДС) металла с помощью индикаторов механического напряжения металла ИН-01м, ИН-02 сканирующего типа позволяет устанавливать величину суммарного механического напряжения металла  $\sigma$  в области расположения тензометрических преобразователей и произвести их градуировку:

$$\sigma = \begin{cases} E \varepsilon, \text{ при } \sigma \leq \sigma_T \\ K \varepsilon, \text{ при } \sigma > \sigma_T \end{cases}.$$

Это позволяет ввести в системе мониторинга пороговые уровни для механических напряжений металла для оценки в автоматическом режиме технического состояния объекта контроля.

В результате магнитного контроля НДС металла устанавливаются месторасположение и размеры потенциально опасных областей, где могут происходить зарождение и рост дефектов сплошности металла. Расположение акустических преобразователей в непосредственной близости этих областей металла позволяет повысить уровень сигналов акустической эмиссии от дефектов сплошности, а также повысить эффективность акустико-эмиссионного контроля объекта за счет применения оптимального количества акустических преобразователей [1]. При отсутствии априорной информации о потенциально опасных областях на объекте контроля, равномерное расположение акустических преобразователей приводит к избыточности их количества и к существенному удорожанию контроля.

### **Литература**

[1] Осипов К.О. К повышению надежности акустико-эмиссионного контроля металлоконструкций. - Научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых-физиков, г. Уфа, 27 апреля 2016 г. Уфа: РИЦ БашГУ.

© Осипов К.О., 2016 г.

УДК 620.179.14

## **МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ**

Аминев Айрат Фаритович

Физико-технический институт БашГУ, г.Уфа, Россия

Бурильные трубы различного назначения (для горизонтального направленного бурения, для выработки вертикальных скважин) в процессе эксплуатации испытывают воздействие значительных механических нагрузок, связанных с наличием крутящих моментов, деформациями при изгибах и т.д.

В связи с этим бурильные трубы в основном изготавливают из прочных сталей и подвергают их термической обработке, при которой предел текучести металла принимает весьма высокие значения, приближающиеся к пределу прочности металла. Это приводит к тому, что бурильная труба приобретает способность выдерживать весьма большие



касательные механические напряжения и практически работает в упругой области деформации металла.

Однако из-за малости (или отсутствия) области пластической деформации металла, в случае накопления значительных остаточных механических напряжений, или наличия дефектов сплошности металла, бурильная труба разрушается по механизму хрупкого излома, для которого характерно сравнительно короткое время процесса разрушения.

Исследования показали, что в бурильных трубах, имеющих длительные сроки эксплуатации, накапливаются значительные остаточные механические напряжения, расположенные преимущественно около ниппеля и муфтовых соединений труб. Часто в этих областях бурильных труб могут отсутствовать значительные дефекты сплошности металла, выявляемые техническими средствами дефектоскопии. Однако эксплуатация таких бурильных труб, как показывает практика, связана с большим риском их аварийного (внезапного) разрушения в процессе бурения скважины.

Магнитный контроль напряженно-деформированного состояния (НДС) металла партии бурильных труб для горизонтального направленного бурения с помощью индикатора механического напряжения металла ИН-02 показал, что только в 15% бурильных труб имеется минимальный уровень остаточных механических напряжений, и они могут эксплуатироваться без риска разрушения металла. При этом около 42% бурильных труб практически исчерпали ресурс работоспособности - в них величина остаточных механических напряжений металла превысила величину предела текучести.

Таким образом, магнитный контроль НДС металла бурильных труб позволил исключить из эксплуатации потенциально опасные трубы со значительным уровнем накопленных повреждений металла и существенно снизить риск возникновения аварийной ситуации при бурении скважин.

© Аминев А.Ф., 2016 г.

УДК 538.9

## **ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛИТИТАНАТА КАЛИЯ С РАСТВОРАМИ СОЛЕЙ ХРОМА**

Хайрзаманова Э.Э.<sup>1</sup>, Шиндров А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

<sup>2</sup>Саратовский государственный технический университет  
им. Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия

В настоящее время существует множество различных композитных материалов, широко применяемых в технике. Материалы с высокой

диэлектрической проницаемостью рассматриваются как перспективные материалы для создания конденсаторов, а материалы с высокой проводимостью как электродные материалы.

Целью данной работы было исследование фазового состава формирующейся структуры полититаната калия, модифицированного в растворе  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  при различных значениях водородного показателя (рН), определение электрофизических характеристик (диэлектрической проницаемости и проводимости).

Исследование фазового состава образцов проводилось методом рентгенофазового анализа ( $\text{CuK}_\alpha$  излучения) с применением программного обеспечения «EVA» и картотеки PDF-2. Количественный анализ исходных образцов проводился на спектрометре QUANTX EDXRF Spectrometer. Определение электрофизических характеристик проводилось методом импедансной спектроскопии на переменном токе в диапазоне частот  $10^{-2}$ - $10^6$  Гц с амплитудой сигнала 100 мВ с помощью импедансметра Novocontrol Alpha.

Сравнительный анализ фазового состава и электрофизических характеристик образцов термообработанных при 500 °С и 900 °С показал, что диэлектрическая проницаемость и проводимость уменьшаются с увеличением количества фаз.

После термообработки при 900 °С в образце с рН=5 образуется ~ 59 %  $\text{TiO}_2$  модификации рутил (рН=3, 7 ~ 9,5%). При этом для данного образца наблюдается максимальная проводимость  $5 \cdot 10^{-8}$  См/см и диэлектрическая проницаемость  $1,5 \cdot 10^6$  по сравнению с остальными образцами, обработанными при этой же температуре.

Также прослеживается зависимость образования  $\text{TiO}_2$  модификации рутил от количественного содержания калия в исходных образцах. А именно, чем меньше калия, тем больше образуется рутила в конечных продуктах.

Таким образом, модифицирование полититаната калия солью нитрата хрома при различных значениях водородного показателя (рН) и количественного содержания хрома позволяет получать продукты с различным фазовым составом и структурой, которые, в свою очередь, влияют на их электрофизические свойства.

© Хайрзаманова Э.Э., Шиндров А.А., 2016 г.

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ**

Доценко К.Д., Абрамова М.М., Караваева М.В., Еникеев Н.А.  
Уфимский государственный авиационный технический университет  
г.Уфа, Россия

Малоуглеродистые аустенитные стали относятся к неупрочняемым термической обработкой. Поэтому формирование ультрамелкозернистой структуры с высокой плотностью границ зерен методами интенсивной пластической деформации имеет хорошие перспективы для повышения прочности аустенитных сталей благодаря одновременному действию нескольких упрочняющих механизмов: зернограницного и дислокационного[1]. При изучении изменения микроструктуры различных сплавов было показано, что замена монотонного нагружения на существенно немонотонное позволяет активировать новые системы скольжения и тем самым интенсифицировать процесс измельчения структуры и упрочнения. Осуществить немонотонный процесс нагружения можно последовательной обработкой заготовок разными технологическими методами. В качестве схем обработки в данной работе применяли последовательное выполнение равноканального углового прессования (РКУП) с последующей прокаткой.

Комбинированное нагружение по схеме «РКУП и прокатка» приводит к формированию однородной ультрамелкозернистой ячеисто-зеренной микроструктуры с высокой плотностью границ зерен и высокой долей двойниковой структуры. В результате значительно меняется механическое поведение стали при растяжении. Появляется зуб текучести, которому соответствует верхний предел текучести 1925 МПа, а также площадка текучести. Предел текучести составил 1700 МПа. При этом сохраняется достаточно высокий уровень пластичности: равномерное удлинение на уровне 11 %, общее относительное удлинение – 18 %. Повышение прочностных характеристик достигается в результате действия нескольких механизмов упрочнения: зернограницного, дислокационного, а также двойникования.

Авторы выражают благодарность за поддержку Министерству науки и образования РФ в рамках контракта №14.583.21.0012 (УИИ:RFMEFI58315X0012).

### **Литература**

1. Valiev R.Z., Enikeev N.A., Langdon T.G. Towards superstrength of nanostructured metals and alloys, produced by SPD. Kovove Mater. 49, 2011, pp. 1-9.

© Доценко К. Д., Абрамова М.М., Караваева М.В., Еникеев Н.А., 2016 г.

**СПОСОБ ОБЕССЕРИВАНИЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА**

Космылин Д.В., Канафин И.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Современные требования к экологии с одной стороны и возможность использования всего ресурса двигателя с другой, предъявляют жесткие требования к качеству дизельного топлива и в первую очередь к содержанию в нем соединений серы. Очистка дизельного топлива одна из сложнейших проблем для технологий переработки нефти.

Нефтеперерабатывающая промышленность в настоящее время использует химические и физико-химические методы [1]. Но у всех используемых методов очистки дизельного топлива от серы имеется ряд существенных недостатков.

Как известно, энергия разрыва связи между атомами углерода (С-С) и атомами углерод водорода (С-Н) значительно больше, чем у атомов углерода и серы (С-SH) [2]. Это позволяет разрушить межмолекулярную связь только С-SH без заметной деструкции сырья.

Нами предложен способ разрушения межмолекулярной связи с помощью ударно-волнового воздействия. Суть метода заключается в том, что при прохождении импульсного тока через электроды, погруженные в проводящую жидкость, происходит пробой. При прохождении разряда образуется кавитационная полость и происходит первый гидравлический удар. Далее полость смыкается также с большой скоростью, создавая второй гидравлический удар. Таким образом в реакторе формируется кратковременное высокое давление и температура. Все эти процессы вызывают синергетический эффект, который приводит к разрушению межмолекулярных связей.

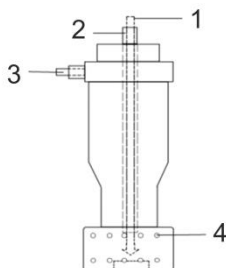


Рис.1 Схема реактора для стационарной обработки дизельного топлива.  
(1 – положительный электрод; 2 – изоляция электрода; 3 – подвод отрицательного потенциала; 4 – микропла.)

Для проверки теоретических заключений, нами была разработана и изготовлена экспериментальная установка для стационарной обработки дизельного топлива, состоящая из двух основных узлов: генератор импульсов, реактор для стационарной обработки дизельного топлива (Рис.1).

Для проведения экспериментов использовалось дизельное топливо «ГОСТ-305» с содержанием серы 0,2%. Анализ дизельного топлива после обработки проводился в специализированных лабораториях УГНТУ, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты экспериментов.

	Содержание серы, %
До обработки	0,2
После обработки	0,142

### Литература

1. Бардик Д.Л., Леффлер У.Л. «Нефтехимия», //Пер. с англ. - М.: ЗАО "Олимп-Бизнес", 2001.
2. Ахметов С.А. «Технология глубокой переработки нефти и газа» //Учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем, 2002. - 672 с.

© Космылин Д.В., Канафин И.В., 2016 г.

УДК 538.911

## **СВЕРХПЛАСТИЧНОСТЬ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Д16 ПОДВЕРГНУТОГО ПРОКАТКЕ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ЖИДКОГО АЗОТА**

Ильясов Р.Р.<sup>1</sup>, Мухаметдинова О.Э.<sup>1</sup>, Крымский С.В.<sup>1</sup>, Автократова Е.В.<sup>1</sup>,  
Ситдииков О.Ш.<sup>1</sup>, Михайловская А.В.<sup>2</sup>, Котов А.Д.<sup>2</sup>, Маркушев М.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский технологический университет  
«МИСиС», Москва, Россия

Исследовали влияние криогенной прокатки, предварительной и последующей термообработки на структуру и сверхпластичность (СП) алюминиевого сплава Д16 стандартного химического состава.

С целью варьирования степенью исходной гетерогенности структуры сплава, горячепрессованный пруток закаливали в воду с температуры 505 °С и затем отжигали при 350 и 400 °С в течение 5 и 20 ч. Последующую

прокатку проводили в изотермических условиях при температуре жидкого азота до суммарной степени деформации  $\varepsilon \sim 2$ . Параметры СП определяли в условиях одноосного растяжения в интервале температур 350-500 °С и скоростей деформации  $10^{-4}$ - $10^{-2}$  с<sup>-1</sup>. Перед испытаниями часть прокатанных образцов подвергли высокоскоростному нагреву и кратковременному отжигу при температуре закалки в селитряной ванне.

Электронно-микроскопический анализ методами ПЭМ и СЭМ показал более однородное распределение дефектов кристаллического строения и большую долю сформировавшихся при прокатке наноразмерных кристаллитов в предварительно гетерогенизированных состояниях. Причем, последняя заметно увеличивалась с ростом температуры и длительности отжига. Несмотря на явную разницу в структуре, сплав во всех исследованных состояниях демонстрировал незначительные удлинения, не превышавшие 120 %.

Пост-деформационный отжиг образцов в селитряной ванне активизировал статическую рекристаллизацию и формировал более стабильную мелкозернистую структуру, что кардинально сказалось на поведении сплава. Так предварительно гетерогенизированный при 400 °С сплав показал удлинения более 550 % при 500 °С и скорости деформации  $10^{-3}$  с<sup>-1</sup>. Обнаружено, что оптимум СП для остальных состояний, в том числе и предварительно закаленного сплава, отмечался при той же температуре, но при на порядок меньших скоростях.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-38-20654 мол\_а\_вед.*

© Ильясов Р.Р., Мухаметдинова О.Э., Крымский С.В.,  
Автокротова Е.В., Ситдииков О.Ш.,  
Михайловская А.В., Котов А.Д., Маркушев М.В., 2016 г.

УДК 539.2

## **СПИРАЛЬНАЯ «РАСПЛАВЛЕННАЯ» ДИСКЛИНАЦИЯ В ХИРАЛЬНЫХ НЖК КАПЛЯХ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ СИММЕТРИИ**

Скалдин О.А., Тимиров Ю.И., Басырова Е.Р.

ИФМК УНЦ РАН, г. Уфа, Россия

Одной из актуальных задач в области конденсированных сред является исследование образования и устойчивости дефектов упорядоченности. Особое внимание привлекают жидкие кристаллы (ЖК), которые богаты многообразием неоднородных структур, содержащие

топологические дефекты. Их высокая чувствительность к внешним условиям, позволяет наблюдать экспериментально все новые комбинации структур.

В данной работе экспериментально исследуется новая структурная особенность трехмерной конфигурации упругого поля в хиральном нематическом ЖК цилиндрической симметрии при нормальных граничных условиях, соответствующая спиральной «расплавленной» дисклинации (Рис. 1).

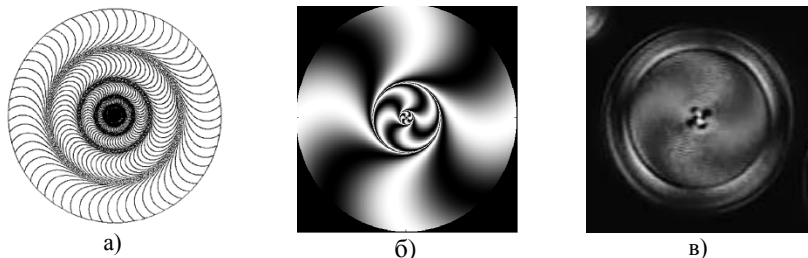


Рис.1. Спиральная «расплавленная» дисклинация в цилиндрическом капилляре закрученного НЖЖК: а) схематическое распределение поля директора, б) рассчитанная оптическая картина, в) экспериментальная оптическая картина

В работе [1] такая конфигурация теоретически была установлена и предсказана возможность ее существования. Данная структура (рис.1, а) представляет собой систему вложенных друг в друга цилиндрических поверхностей, при переходе через которые директор меняет направление на противоположное. На рис.1, б приведена рассчитанная численная оптическая картина для НЖЖК с двумя цилиндрическими поверхностями. Экспериментально данная структура получена во вложенных цилиндрических каплях хиральных НЖЖК с шагом спирали  $P = 25$  мкм и толщиной слоя  $d \approx 25$  мкм (рис.1, в).

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 14-02-97014 р\_поволжье\_a и стипендии президента РФ СП-183.2016.1.*

### Литература

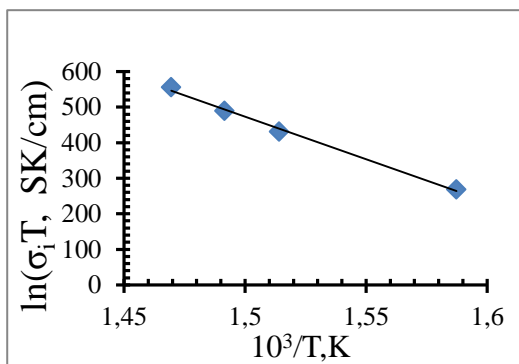
1. V.K.Pershin and I.I.Klebanov. Crystallography Rep., V.45, №2, p.307-309 (2000).

© Скалдин О.А., Тимиров Ю.И., Басырова Е.Р., 2016 г.

**ИОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ТВЕРДОГО РАСТВОРА  $\text{Na}_{0.2}\text{Cu}_{1.87}\text{S}$** Мурзабаева Ф.<sup>1</sup>, Ишембетов Р.Х.<sup>1</sup>, Кутербекоев К.А.<sup>2</sup><sup>1</sup>Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,

г. Астана, Казахстан

В суперионных проводниках ионная проводимость имеет порядок  $10^{-1} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$  при комнатной температуре, что близко к проводимости концентрированных растворов жидких электролитов. Халькогениды меди обладают одновременно с рекордно высокой для твердых тел катионной проводимостью ( $4 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ) высокой электронной проводимостью и интересными полупроводниковыми свойствами[1]. В исследовании суперионных проводников в последние годы были достигнуты большие успехи. Однако влияние размеров зерен на электронную и ионную проводимость изучено слабо. Обзор как



отечественной, так и зарубежной (доступной нам) литературы по данной тематике показывает, что обычно исследовались образцы с размерами зерен порядка 50-100 мкм в лучшем случае до нескольких микрон, т.е. область меньше микрона оставалась не изученной.

В работе исследована зависимость ионной проводимости от температуры и влияние легирования натрием на ионную проводимость. На рис. приведен график ионной проводимости сплава  $\text{Na}_{0.2}\text{Cu}_{1.87}\text{S}$ .

**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.

© Мурзабаева Ф., Ишембетов Р.Х., Кутербекоев К.А., 2016 г.



УДК 536

## ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ $K_xCu_{2-x}S$ ( $x=0.15;0.2$ );

<sup>1</sup>Ишембетов Р.Х., <sup>2</sup>Кубенова М.М.

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,

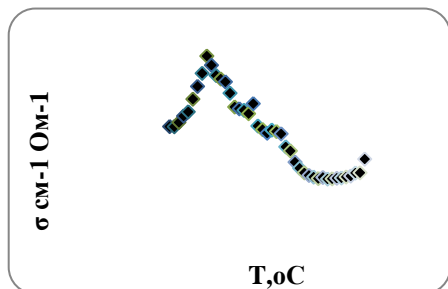
г. Астана, Казахстан

Обзор литературы показал, что электропроводность тройных халькогенидов меди изучена слабо или недостаточно полно [1]. В работе использовался метод измерения парциальной электронной проводимости, предложенный японским исследователем Йокотой в 60-х годах прошлого века (см., например, [2,3]). Существенным предположением, лежащим в основе применимости метода, является допущение о постоянстве химического потенциала катионов при протекании электронного тока через смешанный электронно-ионный проводник типа  $Cu_2S$  в ячейке

$C/Cu_2S/C$

Исследуемые материалы имеют смешанную электронно-ионную проводимость. Однако число переноса ионов обычно не превышает нескольких процентов, и определяющим

механизмом электропроводности является электронный перенос. В работе исследовано влияние легирования калием на электрофизические свойства сплава



### Литература

1. Полупроводниковые халькогениды и сплавы на их основе / Под. ред. Н.Х. Абрикосова. - М.: Наука, 1975. - 219 с.
2. Yokota. On the Theory of Mixed Conduction with Special Reference to the Conduction in Silver Sulfide Group Semiconductors // J. Phys. Soc. Japan. 1961. V.16, N 11. P.2213 - 2220.
3. Чеботин В.Н., Перфильев М.В. Электрохимия твердых электролитов. М.: Химия. 1978. 312 с.

© Ишембетов Р.Х., Кубенова М.М., 2016 г.

УДК 536

## ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ $\text{Na}_x\text{Cu}_{2-x}\text{S}$ ( $x=0.05;0.1;0.15;0.2$ ).

<sup>1</sup>Ширав И., <sup>1</sup>Ишембетов Р.Х., <sup>2</sup>Кутербеков К.А..

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,  
г. Астана, Казахстан

Изучаемый образец относится к смешанным электронно-ионным проводникам. В работе исследована зависимость парциальной электронной проводимости от температуры, состава и уровня Ферми.

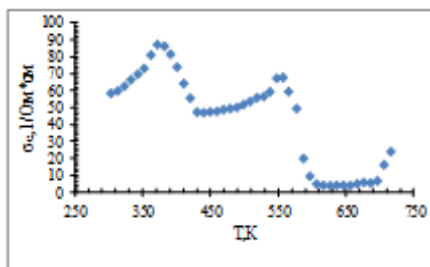


Рис.1. Температурная зависимость

На рис. 1 показаны температурные зависимости электронной проводимости одного из исследуемых образцов. Обращает внимание, что при температурах около 280°С, 370К, 430К, 560К, 700К характер электронной проводимости меняется: от металлического характера проводимости к

полупроводниковой зависимости электронной проводимости. Возможно, это связано с фазовыми переходами.

### 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.

© Ширав И., Ишембетов Р.Х., Кутербеков К.А., 2016 г.

**ВЛИЯНИЕ ГОМОГЕНИЗАЦИИ НА ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЗЕРЕН  
АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1570С ПРИ  
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ВСЕСТОРОННЕЙ  
ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ КОВКЕ**

Мухаметдинова О.Э., Автократова Е.В., Ситдииков О.Ш., Маркушев М.В.  
*Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа, Россия*

Методами просвечивающей и растровой электронной микроскопии исследовали особенности трансформации структуры и измельчения зерен при всесторонней изотермической ковке (ВИК) предварительно гомогенизированного по различным режимам слитка алюминиевого сплава 1570С (Al-5,0Mg-0,2Mn-0,2Sc-0,08Zr). ВИК проводили при температуре 450 °С до суммарной степени деформации  $\epsilon = 4,2$  (за проход 0,7) и скорости деформации  $10^{-2} \text{ с}^{-1}$ . С целью изменения параметров вторичных выделений алюминидов переходных металлов -  $\text{Al}_3(\text{Sc}, \text{Zr})$ , перед ВИК заготовки из слитка подвергли одно- и двух ступенчатому гомогенизирующему отжигу. В результате были получены структурные состояния с близким размером зерна  $\sim 25$  мкм, но с различным диаметром алюминидов, варьировавшимся в диапазоне 5-50 нм, и их плотностью.

Обнаружено, что при ВИК всех исходных состояний сплава имела место динамическая рекристаллизация, приводившая к формированию мелкозернистой структуры. При этом параметры частиц оказали заметное влияние на параметры и однородность получаемой зеренной структуры. А именно, в сплаве с более мелкими частицами и с большей их плотностью формировалась структура с меньшим размером новых зерен, но меньшей долей высокоугловых границ и меньшим средним углом разориентировки деформационно-индуцированных границ.

Обсуждены механизмы трансформации структуры, а также роль дисперсных частиц и их параметров в интенсификации процессов рекристаллизации, и в стабилизации формирующейся мелкозернистой структуры. Сделан вывод о важности контроля параметров выделений алюминидов переходных металлов в обработках сложнoleгированных алюминиевых сплавов, целью которых является эффективное получение деформированных мелкозернистых заготовок и полуфабрикатов.

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

© Мухаметдинова О.Э., Автократова Е.В., Ситдииков О.Ш.,  
Маркушев М.В., 2016 г.

**ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕРМО-ЭДС  $\text{Na}_x\text{Cu}_{2-x}\text{S}$  ( $x=0.05;0.1;0.15;0.2$ ).**<sup>1</sup>Алтыншина Г., <sup>1</sup>Ишембетов Р.Х., <sup>2</sup>Кубенова М.М.<sup>1</sup>Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,

г. Астана, Казахстан

В работе исследована зависимость электронной термо-эдс от температуры составов  $\text{Na}_x\text{Cu}_{2-x}\text{S}$  ( $x=0.05;0.1;0.15;0.2$ ).

Образцы для исследований были получены в лаборатории физико-технического института БашГУ и подвергнуты химическому анализу на электронном микроскопе ИПСМ РАН.

На рис. 1 приведены результаты измерений температурной зависимости электронной термо-эдс. составов  $\text{Na}_x\text{Cu}_{2-x}\text{S}$  ( $x=0.05;0.1;0.15;0.2$ ). Знак коэффициента  $\alpha$  положителен для всех образцов, что с учетом правила выбора знака для полупроводниковых соединений соответствует движению электронных дырок с горячего конца образца на холодный.

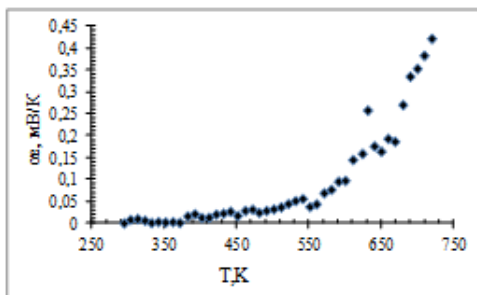


Рис. 1. Температурная зависимость коэффициента электронной термо-ЭДС  $\text{Na}_{0,1}\text{Cu}_{1,9}\text{S}$ .

Изменения происходящие в районе температур 370,450, 650К возможно связаны с фазовыми превращениями. В [1] приводятся данные о том что  $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{Cu}_2\text{Se}$  тоже имеют фазовые превращения вблизи этих температур.

**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.

© Алтыншина Г., Ишембетов Р.Х., Кубенова М.М., 2016 г.

## РЕНТГЕНОВСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ КОБАЛЬТЕ

Габдрахманова Л.А., Альмухаметов Р.Ф.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В работе приведены результаты исследований релаксационных процессов в нанокристаллическом кобальте по уширению рентгеновских дифракционных линий. Показано, что на зависимостях ширины дифракционных линий от температуры отжига наблюдаются две характерные области, соответствующие возврату и рекристаллизации. В каждой из этих областей ширина рентгеновских линий в зависимости от температуры отжига описывается функцией Аррениуса. Для температурной зависимости ширины рентгеновских линий в области возврата получено выражение

$$\ln |\Delta W_e| = \ln(2A\sqrt{ng}\theta\Delta t) - \frac{Q_e}{RT}.$$

Здесь  $\Delta W_e$  - изменение ширины рентгеновской линии при отжиге за время  $\Delta t$ ,  $T$  - температура отжига,  $\theta$  - угол дифракции,  $n$  - плотность дислокаций,  $Q_e$  - энергия активации,  $A$  - константа. Для области рекристаллизации получено аналогичное выражение

$$\ln(\Delta W_L) = \ln\left(\frac{\lambda RTd}{D_0\Delta t\Delta F \cos \theta}\right) + \frac{Q_L}{R} \cdot \frac{1}{T},$$

где  $\Delta F$  - разность свободных энергий деформированной и рекристаллизованной областей,  $d$  - длина одиночного скачка атома при диффузии, равная примерно межатомному расстоянию в металле.  $D_0$  - постоянная,  $\lambda$  - длина волны рентгеновского излучения. В этих выражениях первый логарифмический член в правой части меняется слабо при отжиге. Поэтому зависимости  $\ln(\Delta W) = f(1/T)$  в основном должны описываться вторым членом и представлять собой прямые. Полученные результаты подтверждены экспериментальными исследованиями. Используя полученные выражения и экспериментальные данные, определены энергии активации диффузии. Для области возврата энергия активации сравнима с энергией активации поверхностной диффузии, для области рекристаллизации - меньше энергии активации самодиффузии кобальта, что по нашему мнению связано с высокой дефектностью образцов.

© Альмухаметов Р.Ф., Габдрахманова Л.А., 2016 г.

УДК 537.6

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ  
МОДЕЛИ МАГНИТОТВЕРДОГО/МАГНИТОМЯГКОГО БИСЛОЯ  
МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО**

Тааев Т.А.<sup>1</sup>, Хизриев К.Ш.<sup>1,2</sup>, Муртазаев А.К.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт физики им. Х.И. Амирханова ДагНЦ РАН

г. Махачкала, Россия

<sup>2</sup>Дагестанский государственный университет, г. Махачкала, Россия

Магнитотвердые материалы применяют для производства постоянных магнитов. Они являются источниками постоянных магнитных полей, используемых в различной аппаратуре в электро- и радиотехнике, автоматике, приборостроении, электронике, в устройствах электромагнитной записи и т.д.

Показателем качества магнитотвердых материалов является максимальная величина энергетического произведения  $(BH)_{max}$ . Показатель  $(BH)_{max}$  увеличивается как с ростом коэрцитивного поля  $H_c$ , так и с увеличением намагниченности насыщения  $M_s$ . Максимум соответствует идеальной квадратной петле гистерезиса. Движимые этим ограничением, усилия исследователей на сегодняшний день направлены на разработку новых материалов с высокими значениями анизотропии  $K$ , намагниченности насыщения  $M_s$  и температуры Кюри  $T_c$ .

Для исследования процессов перемагничивания модели магнитотвердого/магнитомягкого бислоя была использована модель [1], обобщающая стандартную ХУ-модель. Гамильтониан модели был представлен в виде:

$$H = -\frac{1}{2} \sum_{i,j} J(S_i^x S_j^x + S_i^y S_j^y) - \sum_i K(S_i^x)^2 - g\mu \sum_i \vec{H}_0 \vec{S}_i \quad (1)$$

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,  $\mu$  – 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. По осям  $x$  и  $y$  линейные размеры системы были фиксированы ( $L_x=L_y=100$ ), а по оси  $z$  – принимали значения равные 50, 75, 100, то есть рассматривались

модели при отсутствии магнитомягкого слоя ( $L_z=50$ ), при толщине магнитомягкого слоя равной 25 ( $L_z=75$ ) и 50 ( $L_z=100$ ) атомных слоев, соответственно.

В рамках данной модели были получены полевые зависимости общей намагниченности, поперечной и продольной составляющих общей намагниченности как для системы в целом, так и для магнитотвердого и магнитомягкого слоев по отдельности. Также в ходе численного эксперимента мы вели наблюдение за углами поворотов векторов намагниченности монослоев, с помощью которых получали детальную картину образования одномерной гетерофазной спиновой пружины.

На рис. 1 показаны петли гистерезиса общей намагниченности для трех систем  $L_z = 50, 75$  и  $100$ . Наличие магнитомягкого слоя значительно меняет форму петель гистерезиса [2]. Это связано с тем, что магнитомягкий слой изотропный, и магнитные моменты под действием поля начинают вращаться, как в стенке Блоха. Происходит формирование в магнитотвердом/магнитомягком бислое одномерной гетерофазной спиновой пружины.

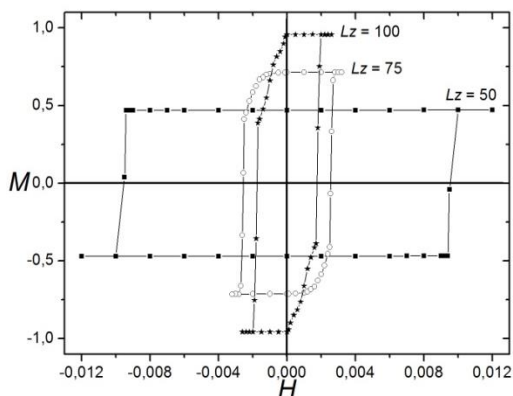


Рис. 1. Петли гистерезиса общей намагниченности для  $L_z = 50, 75$  и  $100$

### Литература

1. Т. А. Тааев, К. Ш. Хизриев, А. К. Муртазаев, Термодинамические свойства модели магнитотвердого/магнитомягкого бислоя // ЖЭТФ 149(5), 1022–1029 (2016).
2. E. E. Fullerton, J. S. Jiang, M. Grimsditch, et. al., Exchange-spring behavior in epitaxial hard/soft magnetic bilayers // Phys. Rev. B 58, 12193–12200 (1998).

© Тааев Т.А., Хизриев К.Ш., Муртазаев А.К., 2016 г.

**СТРУКТУРНЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ ГРАФАНОВОДОРОДНЫХ СЛОЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Беленкова Т.Е., Чернов В.М.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Графановодородные слоевые соединения, называемые также графаном, получают в результате присоединения к графеновому слою атомов водорода. Теоретически возможность существования таких соединений была предсказана в 2007 году, экспериментально графановодородные слои впервые были синтезированы в 2009 году. Графан, в отличие от графена, является диэлектриком. Он устойчив относительно десорбции водорода при нормальных условиях, и поэтому может использоваться в нанoeлектронных устройствах работающих при комнатной температуре. Вероятно, должны существовать структурные разновидности графановодородных слоев с отличающимися свойствами. В данной работе изучена структура и электронные свойства основных полиморфных разновидностей графановодородных слоев.

Как показал теоретический анализ – существует всего пять различных способов присоединения неуглеродных атомов с двух сторон графенового слоя, так чтобы позиции всех углеродных атомов в графановом слое оказались кристаллографически эквивалентными. Различных структурных разновидностей графановых слоев с неэквивалентными позициями углеродных атомов может быть больше, однако термодинамически устойчивыми должны быть в первую очередь слои с эквивалентными позициями атомов. Теоретически построенные графановодородные слои пяти основных разновидностей были подвергнуты геометрической оптимизации методами теории функционала плотности (DFT) в градиентном приближении (GGA).

В результате выполненных расчетов установлена возможность устойчивого существования всех изученных полиморфных разновидностей графана. Численные значения энергии сублимации графановодородных слоев варьирующихся в диапазоне от 11.33 до 11.48 эВ/ат на  $3.57 \div 3.72$  эВ превышают значение удельной энергии сублимации слоя гексагонального графена. Расчеты зонной структуры и плотности электронных состояний графановых соединений указывают на то, что их электронные свойства должны отличаться друг от друга незначительно и все графановодородные слои должны плохо проводить электрический ток (ширины запрещенных зон от 5.50 до 5.65 эВ). Локальная карбонизация и получение графеновых дорожек на диэлектрическом графановом слое, в результате чего могут быть



получены наноэлектронные устройства, возможна для графановодородных слоев любого из пяти основных структурных типов.

© Беленкова Т.Е., Чернов В.М., 2016 г.

УДК 538.911

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ФТОРОГРАФЕНОВОГО МАТЕРИАЛА**

Беленков М.Е., Чернов В.М.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Фторографеном называют графеновый слой, к которому в результате взаимодействия с фтором с обеих сторон присоединились атомы фтора. Модифицируя графеновые слои путем присоединения к ним атомов водорода, фтора или гидроксильных групп можно изготавливать элементы наноэлектронных устройств – диоды, транзисторы, и др. Фторографеновые слои являются диэлектриками и за счет локальной карбонизации на их поверхности возможно формирование графеновых дорожек обладающих полупроводниковыми или металлическими свойствами. В данной работе выполнены рентгеноструктурные исследования образцов фторографена, а также выполнены модельные расчеты для интерпретации полученных экспериментальных результатов.

Фторографен был получен в результате взаимодействия высокоупорядоченного пиролитического графита с содержанием углерода 99,4 % с размером частиц порядка 10 мкм с фтором. Газообразный фтор вводился на начальном этапе при температуре 115°C. Реакция проводилась в течение 48 часов при температуре 600°C и давлении фтора в 1 атмосферу. Рентгеноструктурный анализ фторографена был выполнен на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3 (Cu  $K_{\alpha}$  излучение). При расчетах средних размеров областей когерентного рассеяния в качестве эталона использовался поликристаллический кремний. Модельные расчеты структуры были выполнены молекулярно-механическим методом ММ+.

В результате выполненных исследований установлено, что на рентгенограммах фторографена наблюдается пять дифракционных максимумов. Наиболее интенсивные пики характеризуют упорядочение слоевой атомной структуры и упаковку фторографеновых слоев в стопки. Кристаллическая структура может быть отнесена к гексагональной сингонии. В элементарной ячейке кристаллов фторографена содержится два атома углерода и два атома фтора. Расстояния между слоями

фторографена в кристаллах составляет 0.53 нм. Слои в кристаллах сдвинуты друг относительно друга случайным образом, так как интенсивность дифракционных максимумов  $hkl$ , у которых все индексы Миллера отличны от нуля, невелика и существенно меньше ожидаемой по теоретическим оценкам для случая упорядоченной структуры сдвигов. Анизотропия размеров кристаллитов, обусловленная их слоевой структурой, не обнаружена. Средние размеры областей когерентного рассеяния в изученных образцах составляют 5 нм как в плоскости слоев, так и в перпендикулярном плоскостям направлении.

© Беленков М.Е., Чернов В.М., 2016 г.

УДК 538.911

## СТРУКТУРА УГЛЕРОДНОЙ ФАЗЫ, ПОЛУЧАЮЩЕЙСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Тиньгаев М.И., Беленков Е.А.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Алмазоподобные фазы с трехмерной жесткосвязанной кристаллической структурой получают в результате высокотемпературной обработки ( $\sim 1200^\circ\text{C}$ ) при высоких давлениях ( $\sim 13$  ГПа) графитоподобных углеродных материалов. Если температуры и давления более низкие, то может образовываться ряд промежуточных прозрачных фаз, в которых, по-видимому, произошел переход части атомов в  $sp^3$  гибридизованное состояние, а другая часть атомов осталась в исходном  $sp^2$  гибридизованном состоянии. При снятии давления структура этих фаз трансформируется в исходную графитовую. Возможно ли получение устойчивых при нормальных условиях гибридных фаз и какова их структура и свойства остается до сих пор неясным. Поэтому в данной работе изучена гибридная фаза, получающаяся при частичной полимеризации жгута однослойных углеродных нанотрубок (6,0).

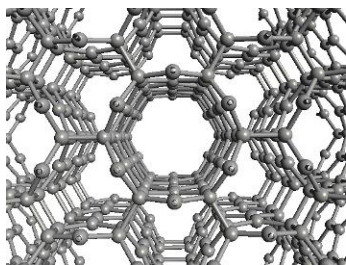


Рис. 1. Структура гибридной  $sp^2+sp^3$  углеродной фазы

Исходный жгут для шивки имел гексагональную структуру. Модельная полимеризация нанотрубок осуществлялась за счет

образования межатомных связей каждым вторым атомом на поверхности нанотрубок [1]. Первичная структура частично сшитого жгута нанотрубок подвергалась геометрической оптимизации методом теории функционала плотности в градиентном приближении (DFT-GGA). На рисунке изображена структура, полученная в результате этих расчетов. Элементарная ячейка фазы относится к гексагональной сингонии, в ячейке содержится 24 атома. Энергия сублимации составляет 7.28 эВ/ат, что примерно на 6% меньше энергии сублимации графита. Тем не менее, эта фаза может быть устойчивой при нормальных условиях. Расчет зонной структуры фазы и плотностей электронных состояний позволил определить ширину запрещенной зоны, которая составляет 0.75 эВ.

### Литература

1. Е.А. Беленков, М.И. Тиньгаев Структура новых  $sp^2+sp^3$  гибридных углеродных фаз, получаемых совмещением (n,n) однослойных углеродных нанотрубок // Письма о материалах, **5(1)**, 2015, с. 15-19.

© Тиньгаев М.И., Беленков Е.А., 2016 г.

УДК 538.7

## УГЛЕРОДНЫЕ СЛОЕВЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ ИЗ АТОМОВ В ДВУХ- И ЧЕТЫРЕХКООРДИНИРОВАННЫХ СОСТОЯНИЯХ

Бухалов А.В., Беленков Е.А.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Углеродные соединения могут быть сформированы из атомов в двух-, трех- или четырехкоординированных состояниях. Координация атомов в соединениях определяет  $sp$ ,  $sp^2$  или  $sp^3$  гибридизацию электронных орбиталей атомов и как следствие свойства образующихся соединений. Кроме углеродных материалов состоящих из атомов с одинаковой гибридизацией электронных орбиталей (например, карбина, графита или алмаза), возможно существование гибридных углеродных материалов, состоящих из атомов в состояниях с различной координацией и гибридизацией. Карбино-алмазные гибридные соединения состоят из углеродных атомов в двух- и четырехкоординированных состояниях, т.е. состояниях  $sp+sp^3$  гибридизации. Такие соединения представляют интерес, так как за счет изменения отношения атомов в различных гибридизированных состояниях можно управлять их свойствами. В данной работе были изучены все возможные  $sp+sp^3$  углеродные соединения со слоевой структурой.

Структура слоевых  $sp+sp^3$  соединений модельно получалась из графеновых слоев в результате замены межатомных связей фрагментами карбиновых цепочек. В качестве основы для построения были использованы графеновые слои четырех основных разновидностей, полученные при сшивке пар графеновых слоев  $L_6$ ,  $L_{4-8}$ ,  $L_{3-12}$ ,  $L_{3-6-12}$ . Фрагменты карбиновых цепочек брали длиной в два, четыре или шесть атомов. Геометрическая оптимизация модельно построенных структур была выполнена методом молекулярной механики ММ+.

В результате выполненных исследований установлена возможность существования сорока четырех 44 гибридных слоевых  $sp+sp^3$  наноструктур. Карбино-алмазные соединения имеют четыре структурных разновидности, получающиеся в результате замены различного числа межатомных связей у каждого четырехкоординированного атома. Структурный тип  $\delta$  получается при замене одной связи,  $\gamma$  - двух,  $\beta$  - трёх и  $\alpha$  - четырёх. Карбиновые цепочки в таких соединениях могут содержать только чётное число атомов, причём чередование связей в цепочках подобно полииновым цепочкам. Важное отличие структуры таких слоёв от структуры графеновых слоёв заключается в том, что толщина слоя в поперечном сечении более одного атома. Расчеты энергий сублимации слоевых соединений что максимальные значения этого параметра наблюдаются для слоёв  $\delta$  структурной разновидности, которая должна быть наиболее устойчивой при нормальных условиях.

© Бухалов А.В., Беленков Е.А., 2016 г.

УДК 538.911

## **СТРУКТУРНЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ ГРАФЕНА, ПОЛУЧАЮЩИЕСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ СШИВКИ КАРБИНОВЫХ ЦЕПОЧЕК**

Коченгин А.Е., Беленков Е.А.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Задача получения материалов с требуемыми для практических приложений свойствами решается, как правило, за счет изменения их химического состава. Однако в случае углеродных материалов значительной вариации свойств можно добиться за счет формирования различных полиморфных разновидностей, состоящих из углеродных атомов с различной гибридизацией электронных орбиталей. Ранее нами была доказана возможность существования четырех основных

структурных разновидностей графена, состоящих из атомов в кристаллографически эквивалентных позициях. Вероятно, возможно существование других полиморфов графена, состоящих из атомов в двух-, трех- и т.д. кристаллографических позициях. В данной работе разработана модельная схема получения структуры различных полиморфов графена, с ее помощью получен ряд новых графеновых полиморфов, а также выполнены расчеты их структуры и свойств.

Получить новые полиморфы графена можно в результате сшивки карбиновых цепочек. При помощи этой модельной схемы были построены семнадцать структурных разновидностей графеновых слоев из которых четыре новых структуры из атомов в двух кристаллографически различных состояниях и одиннадцати полиморфов из атомов в трех состояниях. Теоретический анализ показал, что при увеличении периода сшивки более двенадцати атомов невозможно получить графеновые слои, состоящие из атомов менее чем в четырех различных кристаллографических состояниях.

Расчет структуры новых полиморфов графена был выполнен методами теории функционала плотности в графитном приближении. В результате расчетов установлено, что кристаллическая решетка одного из этих слоев – гексагональная, еще одного – квадратная, семь слоев имеют прямоугольные решетки и еще восемь косоугольные. Число атомов в элементарных ячейках графеновых слоев изменяется от 2 до 12. Удельная разностная энергия  $\Delta E_{total}$ , вычисленная для негексагональных полиморфов относительно графена  $L_6$  варьируется в диапазоне от 0.3 до 1.55 эВ/ат., а энергия сублимации  $E_{sub}$  – в диапазоне 6.25 до 7.48 эВ/ат. Для большинства слоев, изученных в данной работе, плотность электронных состояний на уровне энергии Ферми отлично от нуля. Для семи слоев ширина запрещенной зоны отлична от нуля и варьируется в диапазоне от 0.13 до 0.59 эВ. Синтезировать новые полиморфы графена, по-видимому, возможно в результате полимеризации молекулярных соединений.

© Коченгин А.Е., Беленков Е.А., 2016 г.

**СТРУКТУРА УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ОСНОВЕ  
ГРАФЕНОВОГО СЛОЯ L<sub>5-7</sub>**

Шаповалова К.Э., Беленков Е.А.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Модельно углеродные нанотрубки (УНТ) могут быть получены в результате сворачивания узких лент, вырезанных из графеновых слоев. Реальный механизм формирования структуры углеродных нанотрубок другой, тем не менее модельный подход позволяет классифицировать углеродные нанотрубки и объяснить возможность варьирования их свойств от полупроводниковых до металлических. Поверхность углеродных нанотрубок синтезированных к настоящему времени состоит из атомов углерода, которые располагаются на поверхности нанотрубок в вершинах шестиугольников, т.е. эти нанотрубки сформированы на основе гексагонального графена. В данной работе изучены углеродные нанотрубки на основе графенового слоя L<sub>5-7</sub>.

Расчеты геометрически оптимизированной структуры углеродных нанотрубок были выполнены методом молекулярной механики ММ+. В качестве исходных слоев для построения УНТ был взят графеновый слой L<sub>5-7</sub>, атомы на поверхности которого располагаются в вершинах пяти- и семиугольников. Слои были двух структурных разновидностей. Из этих слоев вырезались ленты различной ширины и с различной ориентацией углерод-углеродных связей относительно их оси, затем в результате сворачивания этих лент и сшивки по краям получалась исходная структура УНТ для последующей геометрической оптимизации. После геометрической оптимизации полуэмпирическим квантово-механическим методом РМЗ рассчитывалась энергия связей, приходящаяся на один атом.

В результате выполненных модельных исследований была рассчитана структура 18 различных углеродных нанотрубок, на основе графеновых слоев L<sub>5-7</sub> двух структурных разновидностей. Нанотрубки были с зигзагообразной, креслообразной и хиральной структурой. Структура УНТ оказалась цилиндрической (все атомы составляющих эти нанотрубки располагались на гладких цилиндрических поверхностях составляющих стенки нанотрубок). Однако при увеличении диаметра нанотрубок цилиндрическая структура нарушалась за счет сближения соседних стенок, так что в сечении нанотрубка становилась не круглой, а овальной. Энергия сублимации углеродных нанотрубок зависит от их диаметра – чем больше диаметр, тем больше величина энергии сублимации.

© Шаповалова К.Э., Беленков Е.А., 2016 г.

**СТРУКТУРА И СВОЙСТВА 3D-ГРАФИТОВОЙ ФАЗЫ,  
ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ АЛМАЗОПОДОБНОЙ ФАЗЫ СА4**

Смирнов К.В., Беленков Е.А.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Углеродные соединения, состоящие из трехкоординированных атомов, но имеющих не слоевую, а трехмерную жесткосвязанную структуру называются 3D- графитами. Материалы с такой структурой должны обладать высокими прочностными свойствами и могут найти широкое применение в качестве конструкционных материалов. 3D-графитовые фазы в настоящее время исследуются теоретически и экспериментально пока не синтезированы. Модельно структура 3D-графитовых фаз может быть получена либо при сшивке структур, состоящих из двухкоординированных атомов, либо при частичной деструкции соединений из четырехкоординированных атомов. В данной работе вторым способом модельно построена новая 3D-фаза, для которой рассчитана структура и ряд свойств.

Новая 3D-графитовая фаза была получена из алмазоподобной фазы СА4 в результате удаления у каждого углеродного атома по одной ковалентной связи из четырех связей которые каждый атом образует с соседними атомами. Кластер фазы СА4 для которого была выполнена эта операция содержал 256 атомов углерода и 96 атомов водорода. Геометрическая оптимизация структуры 3D-графитовой фазы была выполнена методом молекулярной механики ММ+.

Модельное разрезание связей в исходном кластере с алмазоподобной структурой СА4 было выполнено различными способами. В результате установлено, что при удалении у каждого одной связи могут получаться фуллереноподобные кластеры не связанные между собой ковалентными связями (так называемые фуллериты, состоящие из молекул  $C_8$ ), а также 3D-графитовые фазы. При частичном разрезании межатомных связей в алмазоподобной фазе СА4 и дальнейшей геометрической оптимизации была найдена структура новой 3D-графитовой фазы. Для этой фазы была найдена элементарная ячейка и измерены длины межатомных связей и углы между ними. Элементарная ячейка новой 3D-графитовой фазы содержит 26 атомов и относится к триклинной сингонии. Структура этой фазы находится в сильно напряженном состоянии по сравнению со структурой плоского графенового слоя – характеризующие напряжения параметры Def и Str составляют для нее: Def = 50,249 ° и 0,37003 Å. Синтез этой фазы, вероятно, возможен в результате частичной полимеризации фуллерита, состоящего из фуллеренов  $C_{24}$ .

© Смирнов К.В., Беленков Е.А. 2016 г.

**СОЕДИНЕНИЯ ДВУХСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК  
НА ОСНОВЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ**

Согрина Е.Э., Беленков Е.А.

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Свойства однослойных углеродных трубок могут изменяться от полупроводниковых до металлических в зависимости от их хиральности и диаметра. Однако проводящие свойства многослойной нанотрубки есть комбинация свойств однослойных нанотрубок ее составляющих. Возможно ли получение многослойных нанотрубок и их соединений, на основе которых возможно создание наноразмерных диодов и транзисторов остается не достаточно изученным, поэтому в данной работе были выполнены модельные исследования многослойных нанотрубок и их соединений на основе топологических дефектов 5-7.

Расчеты были для креслообразных, зигзагообразных и хиральных двухслойных углеродных нанотрубок методом молекулярной механики ММ+. Сначала строились локтевые соединения пар однослойных нанотрубок на основе топологического дефекта 5-7. Затем полученная структура из трубок меньшего диаметра помещалась внутрь соединения пары нанотрубок большего диаметра, и далее производилась геометрическая оптимизация этой структуры. В результате данной модельной операции были получены 18 различных соединений двухслойных нанотрубок на основе топологических дефектов 5-7.

В результате выполненных исследований было установлено, что возможно формирование соединений между двухслойными нанотрубками всех возможных типов проводимости: металл-металл, полупроводник-металл и полупроводник-полупроводник. Это не очевидный результат, так как ранее для соединений на основе дефекта 4-8 было уставовлена возможность формирования соединений только металл-металл или полупроводник –полупроводник. При этом хиральность соединяющихся трубок так же может быть различной. Кроме того, обнаружено, что вложение нанотрубок с точки зрения критерия межплоскостного расстояния может иметь место не только для УНТ одинаковой хиральности, как предполагалось ранее. Так возможна, например, двухслойная структура (13,13)/(12,3) или (8,4)/(2,0). Топологические дефекты 5-7 за счет которых происходит формирование соединений нанотрубок могут образовываться только в процессе роста нанотрубок, добавить парный дефекты такого типа в уже образовавшуюся углеродную нанотрубку невозможно.



## ИЗМЕРЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОГЕНЕРАЦИИ В ОРГАНИЧЕСКИХ ФОТОПРОВОДНИКАХ НА ПРИМЕРЕ ПОЛИ-3- ГЕКСИЛТИОФЕНА (РЗНТ)

Янов Д.Ф.

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

Применение органических материалов в электронике, одно из перспективных направлений. Наиболее распространенными примерами таких материалов являются  $\pi$ -сопряженные полимеры, на основе которых создаются светоизлучающие диоды и солнечные элементы. Для повышения эффективности солнечных элементов используются композиты на основе полимеров с разным типом проводимости.

В работе анализируются результаты изучения процессов фотогенерации носителей заряда в тонких пленках РЗНТ сенсibilизированный порфиринами металлов. Таким образом, основной целью работы является изучение процессов фотогенерации носителей заряда в тонких пленках РЗНТ сенсibilизированный порфиринами металлов. Эффективность фотогенерации носителей заряда оценивали на основании результатов измерений кинетики фототока. Объектом исследования служил известный полимерный полупроводник поли- 3-гексилтиофен (РЗНТ). В качестве сенсibilизирующей добавки были выбраны порфирины металлов Zn, Co, Ni, Pd. Образцом для сравнения служила донорно-акцепторная композиция из РЗНТ и производного фуллерена РСВМ.

Установлено, что молекул порфирина оказывают разное влияние на величину подвижности носителей заряда в РЗНТ. Так значения подвижности носителей заряда в образцах РЗНТ с порфирином Zn и порфирином Co слабо отличаются от подвижности в исходном полимере. В то же время, в образцах РЗНТ с порфирином Ni подвижность уменьшается, а в образцах полимера с порфирином Pd увеличивается в несколько раз. Интерпретация полученных данных основана на предположении о разной роли молекул порифиринов в полимере: либо в качестве дополнительных транспортных центров, либо - глубоких ловушек носителей заряда.

### Литература

1. **Kim, J. Y.**, Efficient Tandem Polymer Solar Cells Fabricated by All-Solution Processing/ Kim, J. Y, Lee, K.; Coates, N. E.; Moses, D.; Nguyen, T.-Q.; Dante, M.; Heeger, A.// J. Science -2007, Vol. 317, P. 222.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ВОЗДУХА НА  
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ  
ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА**

Никитина Д.В.

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

В работе [2] было показано, что подвижность дырок, измеренная на воздухе, ниже в 1,5 раза, чем подвижность, измеренная в инертной среде. Вывод, который приводят авторы статьи, основывается на том, что присутствие молекул кислорода может оказывать сильное влияние на электронные свойства полимеров. Под действием кислорода во многих известных органических материалах с электронно-донорным свойством образуются продукты окисления, исполняющие роль ловушек [1] и понижающие подвижность носителей заряда

Для более детального исследования электрофизических параметров пленок полидифениленфталата в рамках данной работы были проведены измерения ВАХ экспериментальных структур на воздухе и в вакууме.

Полученные результаты измерений ВАХ для исследуемой структуры М-П-ПМ (Al-ПДФ-Sr) показали, что инертный газ (Ar) не оказывает влияния на электропроводность ПДФ. В тоже время, повышение концентрации кислорода, оказывает сильное воздействие на свойства пленок ПДФ. Установлено, что за ~ 60 минут нахождения образца в вакууме, удается понизить концентрацию кислорода в полимерной пленке. Это проявляется в увеличении тока протекающего через образец. Эксперименты в рамках данной работы, были проведены с учетом теоретических квантово-химических расчетов, в рамках которых было показано, что основной вклад в электропроводность тонких полимерных пленок ПДФ вносит кислород.

**Литература**

1. Nicolai, H. T. Kuik, M. G. Wetzelaer, A. H. de Boer B., Campbell C., Risko, C. Brédas J. L. and Blom, P.W. M. // Unification of trap-limited electron transport in semiconducting polymers. 2012 г.
2. Юсупов А.Р., Влияние атмосферы на транспорт дырок в пленках полидифениленфталата [Текст] / А.Р. Юсупов, А.Р. Тамеев, А.Н.Лачинов, В.С. Любцов, А.В. Ванников // Москва: Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН. – Уфа: БГПУ им. М. Акмуллы. – Письма в ЖТФ, Т. 38, № 24. – 2012.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИВЫХ ПЕРЕХОДНОГО ТОКА В МЕТОДЕ CELIV

Рахматова Л.И.

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

За последние десятилетия появилось множество электронных и оптоэлектронных устройств, работа которых основана на использовании полупроводниковых материалов. Чтобы определить область применения таких материалов необходимо изучить их свойства. В связи с этим была поставлена задача смоделировать кривые переходного тока (для метода CELIV) в полупроводниковых структурах и сравнить их с результатами экспериментальных работ.

Метод CELIV[1] (вытягивание носителей заряда линейно увеличивающимся напряжением) активно применяется для оценки параметров носителей заряда в различных материалах. В отличие от широко распространенного времяпролетного метода, метод CELIV может быть использован в относительно токопроводящих материалах, т.к. для линейно увеличивающегося напряжения нет большого начального всплеска тока смещения который, как правило, затрудняет измерение малых переходных процессов заряда в проводящих материалах.

Простота и универсальность позволяет применять его в различных областях и условиях измерения. Как правило, методом CELIV изучают переходные процессы, связанные с вытягиванием равновесных носителей. Переходный ток описывается следующей системой уравнений:

$$j(t) = A\varepsilon\varepsilon_0 + \frac{q\sigma\mu A t}{d} \left( 1 - \frac{\mu A t}{2d} \right), t < \sqrt{\frac{2d}{\mu A}} = t_r$$

$$j(t) = A\varepsilon\varepsilon_0, t > t_r$$

В данной работе моделирование переходного тока осуществлялось в среде MatLab R2015a, в которой был проведен анализ зависимости переменного тока от напряжения и подвижности носителей заряда. Согласно результатам моделирования установлено, что при увеличении значения напряжения и подвижности носителей заряда время достижения максимального тока (также время пролета) уменьшается.

### Литература

1. Jucka G. Charge transport in  $\pi$ -conjugated polymers from extraction current transients / Physical Review B, 62, R16235 (2000).

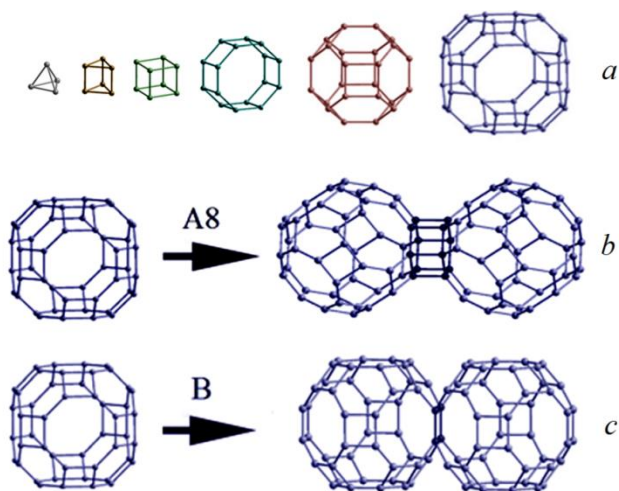
© Рахматова Л.И., 2016 г.

## КОНСТАНТЫ УПРУГОСТИ УГЛЕРОДНЫХ АЛМАЗОПОДОБНЫХ ФАЗ

Рысаева Л.Х., Баимова Ю.А.

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

Углеродные алмазоподобные фазы (УАФ) – это фазы, состоящие из углеродных атомов, в которых каждый атом, как в алмазной структуре, образует четыре  $\sigma$ -связи с соседними атомами. Методом молекулярно-динамического моделирования изучены трехмерные углеродные алмазоподобные фазы состоящие из  $sp^3$  гибридизированных атомов, полученные сшивкой каркасов фуллереноподобных молекул.



**Рис. 1** Равновесные структуры из углеродных алмазоподобных молекул

Для восьми кубических и одной гексагональной алмазоподобных фаз на основе фуллереноподобных молекул четырех типов найдены равновесные конфигурации и рассчитаны упругие константы.

### Литература

1. В.А. Грешняков, Е.А. Беленков, В.М. Березин. Кристаллическая структура и свойства углеродных алмазоподобных фаз // Челябинск: ЮУрГУ, 2012 – 150с.

## ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ ПОЛИСУЛЬФОНА

Абдрахманов Н.И.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Ароматический полисульфон, применяемый для создания проводниковых, резистивных и диэлектрических паст, характеризуется высокой термостойкостью. Заметная деструкция наступает при температуре 430°C. Но термостойкость полисульфона зависит от содержания низкомолекулярных примесей. С целью изучения характера влияния этих примесей на термостабильность полисульфона были получены дериватограммы композитов на основе полисульфона и различных минеральных наполнителей – С, Sn, Ni, Al, Ag, Cu, а также оксидов SiO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cu<sub>2</sub>O.

Из анализа полученных данных следует, что термостабильность полисульфона понижается при наполнении его Sn и Cu. Влияние на термостабильность С, Ni, Al, SiO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, не отмечено. Можно сделать вывод, что металлы с переменной валентностью усиливают термодеструкцию полимера. Аналогичное влияние оказывают окислы, в которых металл проявляет минимальную степень окисления (SnO<sub>2</sub>, Cu<sub>2</sub>O), которые при нагревании переходят в высшие окислы. [1].

### Литература

1. В.М. Ягодкин, Н.И. Абдрахманов, А.В. Васильев / Всесоюзная конференция «Фундаментальные проблемы современной науки о полимерах»: Тезисы докладов, - Ленинград, - 1990. – С.25.
2. М. Ламперт, П. Марк Инжекционные токи в твердых телах: Пер.с англ. – М. : Мир, 1973, - С.416.

© Абдрахманов Н.И., 2016 г.

## МОДИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ АРОМАТИЧЕСКОГО ПОЛИСУЛЬФОНА

Абдрахманов Н.И, Салихов Р.Б.,Тавлыкаев Р.Ф.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

С целью изучения изменений электронной структуры полиэфирсульфона (ПЭС) были введены в матрицу полимера ацетилацетонат железа с последующим термическим распадом. Термический распад ацетилацетоната железа изучен методом дифференциального термического анализа в интервале температур 20°С-500°С. Полученные данные показывают, что продукты термического разложения ацетилацетоната железа содержат продукты  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Методами дифф. термического анализа и накоплению гель-фракции изучен процесс образования композиции на основе ПЭС[1].

Из экспериментальных данных следует, что термостойкость композита увеличивается, выше температуры стеклования(230°С) происходят процессы структурирования полимера, концентрация узлов структурирования ПЭС определяется концентрацией ионов железа и температурой термообработки. При температуре термообработки выше 265°С концентрация узлов равна концентрации ионов металла. Среднее расстояние между узлами сетки при концентрации наполнителя 5 масс.% составляет  $\approx 1$  нм. Из изменения дисперсионных параметров и поляризуемости следует, что произведение  $a \cdot N_{ар.уд} = 0,4$  т.е. делокализация носителей.

### Литература

1. В.М. Ягодкин, Н.И. Абдрахманов, А.В. Васильев / Всесоюзная конференция «Фундаментальные проблемы современной науки о полимерах»: Тезисы докладов, - Ленинград, - 1990. – С.25.
2. М. Ламперт, П. Марк Инжекционные токи в твердых телах: Пер.с англ. – М. : Мир, 1973, - С.416

© Абдрахманов Н.И, Салихов Р.Б.,Тавлыкаев Р.Ф., 2016 г.

## ВЛИЯНИЕ РАСЩЕПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНОВ С РАЗНОЙ ОРИЕНТАЦИЕЙ СПИНА НА УРОВНЕ ФЕРМИ НА ЭФФЕКТ ЭЛЕКТРОННОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ

Якупов Л.Ф., Лачинов А.Н.

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

В данной работе представлены результаты исследования влияния антиферромагнитного материала (хром) на эффект электронного переключения, индуцированного одноосным механическим давлением.

В качестве объекта исследования был выбран полимер класса несопряженных карбовых полимеров – полидифениленфталид. Экспериментальный образец представлял собой структуру типа Сг/ПДФ/Al (верхний электрод – прижимной). Проводились измерения зависимости тока в цепи от падения напряжения на образце при разных значениях приложенного одноосного механического давления (рис. 1).

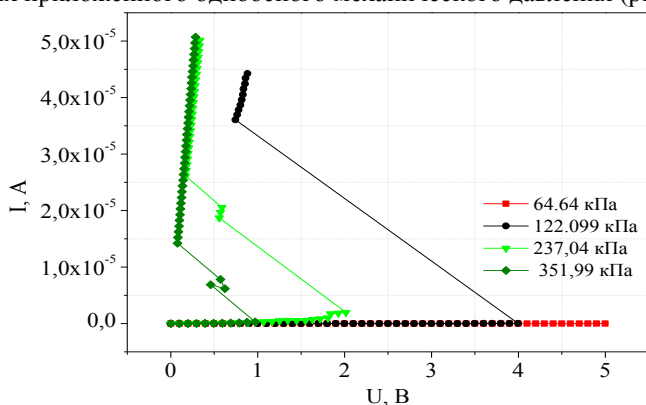


Рис. 1: ВАХ образца при разных значениях приложенного давления

На графике при давлении 237 и 352 кПа наблюдается два порога переключения. Предположительно, это связано с расщеплением энергии электронов с разной ориентацией спина на уровне Ферми (эффект Рашбы). По мере прохождения квазиуровня Ферми полимера через каждый энергетический уровень хрома, наблюдается резкое увеличение тока [1].

### Литература

1. Поуп М. Электронные процессы в органических кристаллах // Мир, 1985, 539 с.

© Якупов Л.Ф., 2016 г.

## **ИЗЛУЧАТЕЛЬНАЯ РЕКОМБИНАЦИЯ ЭКСИТОНОВ В ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНКЕ С КВАНТОВОЙ ЯМОЙ**

Лежнев С.К., Лачинов А.Н.

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

В докладе представлены результаты исследования излучательной рекомбинации экситонов в структуре полупроводник-полимер-металл с целью выявления роли квантовой ямы (КЯ) с квазидвумерным электронным газом (Q2DEG) встроенной в структуру полимерного слоя.

В качестве объекта исследования был выбран полимер класса полиарилеифталидов (ПАФ) - полидифениленфталид (ПДФ) [1]. В качестве полупроводника слой смеси оксидов In и Sn (ITO) на стекле, металла - алюминий. Слой Q2DEG создавался по специальной методике на границе раздела двух полимерных слоев нанометровой толщины. Излучательная рекомбинация контролировалась оптическими методами с помощью фотоэлектронных умножителей. Электрофизические характеристики измерялись по стандартной методике исследования вольт-амперных характеристик. В используемой конфигурации электродов полупроводник должен инжектировать дырки (ITO – полупроводник p-типа), Al – электроны.

В результате проведенных исследований было установлено, что в структуре с КЯ наблюдается излучательная рекомбинация экситонов. Наличие КЯ приводит к существенному увеличению квантовой эффективности ЭЛ. При этом регистрируется экстремальная зависимость интенсивности рекомбинации от положения КЯ в объеме пленке. Установлено, что максимум интенсивности соответствует совпадению положения КЯ и фронта рекомбинации.

В докладе обсуждается практические следствия обнаруженного явления применительно к задачам электролюминесцентных светоизлучающих приборов.

### **Литература**

1. Золотухин М.Г., Ковардаков В.А., Салазкин С.Н., Рафиков С.Р., Некоторые закономерности синтеза полиарилеифталидов гомополиконденсацией п - (3 - хлоро - 3 - фталидил)- бифенилена// Высокомолек. соед. 26а, 1212 (1984).

© Лежнев С.К., Лачинов А.Н., 2016 г.



## СОЗДАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА GW INSTEK LCR78105G

Минченкин А.С., Таюпов М.М.

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

В настоящее время идет бурное развитие систем измерений, анализа сигналов, мониторинга и управления технологическими операциями с использованием компьютерных технологий.

В среде программирования LabVIEW можно написать свою собственную программу. Далее с помощью драйверов можно подключить различные измерительные приборы к компьютеру и при помощи программы появляется возможность управления устройством [1].

Таким образом, основной целью работы является создание программы в среде программирования LabVIEW на основе прибора GW Instek LCR78105G для проведения измерений характеристик.

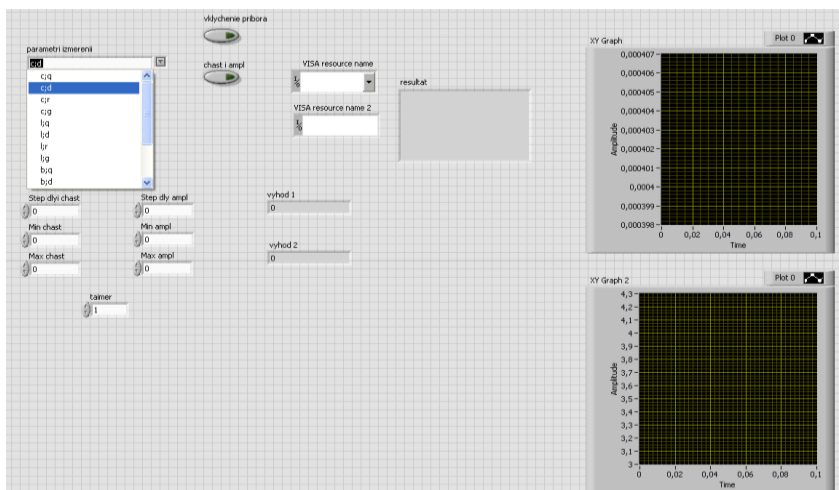


Рис. 1. Лицевая панель программы

Эта программа (рис.1) для измерителя LCR-8000G серии LCR, который предназначена для измерения комплексного сопротивления на переменном токе ( $R$ ,  $X$ ,  $Z$ ), сопротивления постоянному току ( $\quad$ ), емкости, проводимости ( $B$ ,  $Y$ ,  $G$ ), тангенса угла потерь, индуктивности,

добротности с испытательным частотой до 10 МГц. С помощью ней дистанционно на ПК можно задать параметры измерения и использовать ее в дальнейших измерениях.

В ходе проведения измерения были получены вольт-фарадные характеристики структуры, которые не противоречат справочным данным. Это позволяет сказать, что программа для измерителя импеданса работоспособна и дает правильные результаты.

### Литература

1. Тревис Дж. LabVIEW для всех / Джеффри Тревис: Пер. с англ. Клушин Н. А. // М.: ДМК Пресс; Прибор Комплект, 2005. – 544 с.; ил. – ISBN 5-94074-257-2.

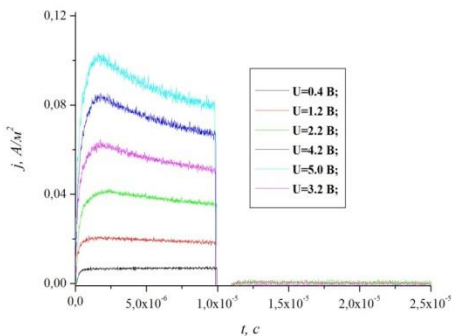
© Минченкин А.С., Таюпов М.М., 2016 г.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА CELIV ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОДВИЖНОСТИ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДОВ

Фазылов А.И, Киан М., Юсупов А.Р.

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

Применение различных методов оценки подвижности носителей заряда, позволяет выявить сложные процессы и явления, оказывающие существенное влияние на перенос носителей заряда. В рамках данной работы рассматривается метод экстракция носителей заряда линейно увеличивающимся напряжением CELIV [1,2], который активно используется для изучения переноса носителей заряда в органических материалах.



Целью работы является изучение влияния электрического поля на подвижность носителей заряда в пленках полидифениленфталида (ПДФ). В качестве экспериментальных образцов использовались структуры ИТО (оксид индия олова) – ПДФ – Al. Напряженность электрического поля

определяется по формуле  $E = A \cdot t_{max}/d$ , где  $A$  – скорость нарастания напряжения,  $t_{max}$  – время соответствующее максимуму тока экстракции,  $d$  – толщина полимерной пленки.

Согласно результатам, полученным на экспериментальных структурах, установлено, что с увеличением электрического поля, оценки уменьшаются, что согласно методике свидетельствует о влиянии инъекции носителей заряда. Как правило, такое поведение объясняется артефактами, возникающими вследствие уменьшения электрического поля внутри экспериментального образца.

В докладе обсуждаются результаты, полученные в данной работе, а также возможная их интерпретация.

### Литература

1. Juska G., Arlauskas K., and Viliunas M., Extraction Current Transients: New Method of Study of Charge Transport in Microcrystalline Silicon, Phys. Rev. Letts., 2000, 84 4946.
2. Juška G., Arlauskas K., Viliunas M., Genevicius K., Osterbacka R., and Stubb H., Charge transport in p -conjugated polymers from extraction current transients, Phys. Rev. B 62, 2000, p. 16235-16238.

© Фазылов А.И, Киан М., Юсупов А.Р., 2016 г.

## МЕТОД СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ ФОСФАТА КАЛЬЦИЯ ИЗ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ РАСТВОРОВ

Латыпов Р.Н., Мусавирова Л.Р., Массалимов И.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Материалы на основе наночастиц фосфата кальция играют важную роль в жизнедеятельности позвоночных, являясь строительным материалом для зубов и костей. Фосфаты кальция широко используются в медицинских целях, особенно в стоматологии и протезировании. Наночастицы фосфата кальция нетоксичны, биосовместимы при имплантации в кость, что положительно сказывается на остеоинтеграции. Наночастицы фосфата кальция могут использоваться как средства доставки лекарственных препаратов в частности для лечения заболеваний сосудов, таких как атеросклероз и стеноз кровеносных сосудов.

В данной работе предлагается простой в исполнении и универсальный метод химического осаждения наночастиц фосфатов щелочноземельных металлов из растворов полисульфидов путем смешивания кислотой. Причем, предлагаемый метод позволяет сразу

получить в одном процессе два вида наночастиц - серы и фосфатов щелочноземельных металлов. Для осуществления процесса химического осаждения фосфата кальция были использованы водные растворы соответствующих полисульфидов состава  $MeS_x$ , полученные методом, предложенным в [1].

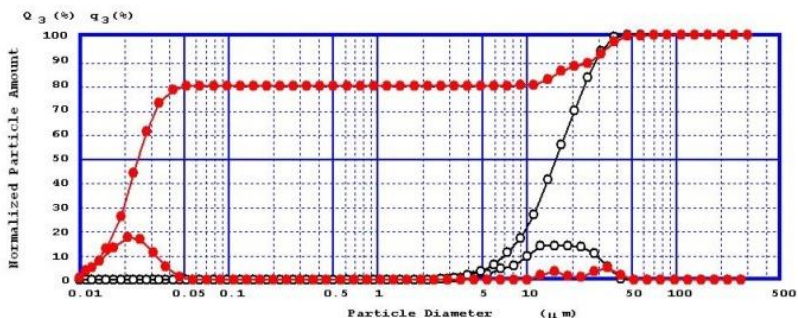


Рис. 1. Интегральные и дифференциальные распределения частиц фосфата кальция, полученные из полисульфидов путем смешивания с фосфорной кислотой, наблюдаемые сразу после образования частиц (кривая ●), после первого укрупнения (кривая ○)

В результате исследований установлена возможность одновременного химического осаждения двух типов наночастиц: серы и фосфата кальция из растворов полисульфидов путем смешивания с кислотой и дальнейшего их разделения удалением одного из них из раствора. Выявлено, что во всех случаях осаждения фосфатов образуются первичные частицы со средним размером 25 нм, которые затем образуют агрегаты со средним размером 18 мкм в диапазоне от 5 до 50 мкм.

Полученные результаты указывают на возможность создания простого в реализации, универсального с применением доступных и недорогих химических реагентов метода осаждения наночастиц фосфатов щелочноземельных металлов из растворов полисульфидов, пригодных для применения в медицине и в качестве средств защиты растений.

### Литература

1. Массалимов И.А., Шайнурова А.Р., Хусаинов А.Н., Мустафин А.Г. Получение наночастиц серы из водного раствора полисульфида калия. Журнал прикладной химии, 2012, т.85, №11, С. 1944-1949.

© Латыпов Р.Н., 2016 г.

## ЭФФЕКТ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО МАГНЕТОСОПРОТИВЛЕНИЯ НА ГРАНИЦЕ ДВУХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

Таюпов М.М., Обухов И.В.

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

Одной из главных проблем, связанных с переходом современной микроэлектроники на производство приборов, основанных на органических полимерах, является низкая временная стабильность и низкая подвижность заряда в полимерах, по сравнению с неорганическими полупроводниками. В работе [1], показано, что на границе раздела двух диэлектрических пленок возможно формирование двумерного слоя, обладающего повышенной, по сравнению с объемом пленок, электропроводностью. Поэтому это направление исследований является достаточно перспективным.

Сразу же, после открытия этого эффекта, возникли споры насчет физической природы транспорта носителей на такого рода интерфейсах. Анализ колебаний Шубникова-де Гааза в магнетосопротивлении в работе [2] указал на трехмерный характер электронного газа. В то же время в работе [3], после измерения спектров, потерь электронами энергии (EELS), сделанные с использованием растрового электронного микроскопа (РЭМ), был сделан вывод, что носители были ограничены слоем примерно 2 нм толщиной, находящемся вблизи границы раздела диэлектриков. Это значит, что при данной длине их экранирования Томаса-Ферми мы имеем дело с двумерным электронным газом.

Целью данной работы является доказательство того, что в высокопроводящем слое на границе двух органических полимеров [4], в исследуемом образце присутствует компонента двумерного электронного газа.

Объектом данного исследования послужил полимер класса сополиариленэфирсульфонов под кодовым названием МИР-33, синтезированный в УНЦ РАН. Он является широкозонным органическим диэлектриком ( $\Delta E_z = 4$  эВ).

Экспериментальная структура представляла собой два нанесенный друг на друга слоя полимера (100 нм и 800 нм, соответственно), между которыми были напылены медные электроды. Таким образом, на границе формировался проводящий слой длиной в 30 мкм. На электроды подавался постоянный электрический ток различного напряжения, и проводились измерения различных электрофизических характеристик.

С помощью неодимого магнита с магнитной индукцией 0,4 Тл было так же изучено влияние постоянного магнитного поля на проводимость интерфейса.

Как показал эксперимент, в структуре обнаружен магниторезистивный эффект, с отрицательным коэффициентом магнетосопротивления ( $\alpha = -8\%$ ). Механизм данного магниторезистивного эффекта, можно объяснить, используя так называемую модель квазиклассического отрицательного магнетосопротивления двумерного электронного газа при рассеянии на короткодействующем и дальнедействующем потенциалах, которая ранее использовалась для объяснения данного явления в узких квантовых ямах с AlAs/GaAs [5,6].

Таким образом можно утверждать, что возникновение высокопроводящего слоя на границе двух полимерных диэлектриков связано с созданием на ней квантовой ямы. Это достигается путем переориентации на их интерфейсе флуореновых групп.

### Литература

1. Alves H. Metallic conduction at organic charge-transfer interfaces. // Alves H., Molinari A., Xie H. // *Nature Materials*. - 2008. - V.7. - P.574-580.
2. G. Herranz High Mobility in LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures: Origin, Dimensionality, and Perspectives// G. Herranz, M. Basletic, M. Bibes, C. Carrétero, E. Tafra, E. Jacquet, K. Bouzehouane, C. Deranlot, A. Hamzić, J-M. Broto, A. Barthélémy, and A. Fert.// *Phys. Rev. Lett.*- 2007.- V.98.- P. 216803.
3. Ohtomo A. A high-mobility electron gas at the LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> heterointerface. // Ohtomo A., Hwang H.Y.// *Nature*. - 2004. - V.427. - P.423-426.
4. Гадиев Р.М., Корнилов В.М., Салихов Р.Б., Юсупов А.Р., Рахмеев Р.Г., Лачинов А.Н. Аномально высокая проводимость вдоль интерфейса двух полимерных диэлектриков. // *Письма в ЖЭТФ*. - 2009. - Т.90. - В.11. - С.821-825.
5. D. Mirlin Quasiclassical Negative Magnetoresistance of a 2D Electron Gas: Interplay of Strong Scatterers and Smooth Disorder// A. D. Mirlin, D. G. Polyakov, F. Evers, P. Wolfle.// *Phys. Rev. Lett.*-2001-V.87-P.51-54.
6. Askerov B.M., Figarova S.R., Huseynov H.I., Figarov V.R., "Magnetoresistance in Quasi-Two-Dimensional Electron Gas At Scattering on Impurity Ions", *Phys. Status Solidi B-Basic Solid State Phys.*, 251:6 (2014), 1197–1201.

© Таюпов М.М., Обухов И.В., 2016 г.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЗМА ПРОВОДИМОСТИ, ПОЛУЧЕННОГО ПРИ ПРИЛОЖЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ К СЛОЮ ПОЛИМЕРА**

Обухов И.В., Таюпов М.М.

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

Одной из отличительных особенностей пленок полидифениленфталидов, является то, что в них наблюдаются эффекты переключения из диэлектрического в высокородводящее состояние (ВПС). Данные эффекты могут быть реализованы различными внешними воздействиями, такими как, магнитное поле, электрическое поле, давление, вариация граничных условий и температура. Несмотря на то, что данные эффекты обнаружены и изучаются с конца 80-х годов прошлого века, до сих пор нет общепринятой модели возникновения ВПС в этих материалах. Согласно одной из предложенных модели возникновения ВПС, образуется канал проводимости по которому происходит перенос заряда. В то же время экспериментальных доказательств нет. Известно, что механизм переноса заряда можно установить измеряя шумовые характеристики тока, в частности дробовой шум. Исследование механизмов проводимости в полимерах с широкой запрещенной зоной актуально и востребовано.

Целью данной работы является исследование дробового шума в полидифениленфталиде при различных состояниях проводимости пленки. Объектом исследования в настоящей работе являлся полидифениленфталид (ПДФ).

Отличительной особенностью данного полимера является тот факт, что в нем возможно реализовать два устойчивых состояния. В первом из них этот материал относится к диэлектрикам с шириной запрещенной зоны  $E_g=4.3$  эВ. Если на тонкую пленку полимера оказать внешние воздействие (давление, электрическое поле и др.), то он переходит во второе состояние, которое характеризуется большой проводимостью.

Образец был помещен в низкотемпературную высоковакуумную установку Janis, где был получен высокий вакуум  $3.4 \cdot 10^{-6}$  мбар. Откачка рабочей камеры производилась при помощи турбомолекулярного насоса МС-60. После достижения требуемого значения вакуума, производилось охлаждение до низких температур  $T=6.3$  К. при проведении экспериментов к образцу прикладывалось положительное смещение с помощью источника питания PSS-3203 с интервалом  $U=0.01 \dots 0.05 \dots 0.1$  В. Измерения проводились с интервалом в  $20^\circ$  до комнатной температуры (300 К), регулировка и поддержка температуры обеспечивалась с

помощью термоконтроллера. Полученный сигнал снимался с помощью осциллографа и обрабатывался на персональном компьютере.

В ходе проведения эксперимента было получено соотношение представленное на рисунке 1.

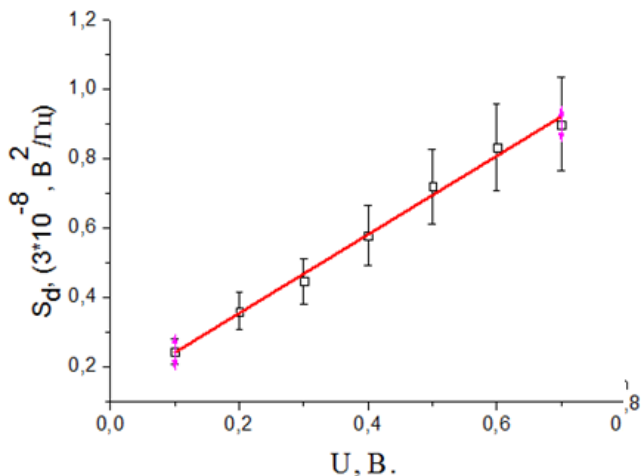


Рис.1 Зависимость спектральной плотности от напряжения при  $T=6.3$  К

Измерения зависимости спектральной плотности от приложенного напряжения показали, что экспериментальные точки аппроксимируются прямой линией с наклоном равным 1.12. Известно, что спектральная плотность дробового шума определяется из известного уравнения Шотки  $S = 2eFI$  где F-фактор Фано. Как видно из этого уравнения фактор Фано будет определяться отношением спектральной плотности к  $2eI$ . Таким образом, в наших экспериментах, в структуре медь-полимер-медь он равен  $F=1.12$

Такой показатель фактора Фано свидетельствует о том, что данным экспериментальном образце реализуется туннельный барьер.

### Литература

1. Лачинов, А. Н., Механизмы переноса заряда в тонких полимерных пленках//Лачинов А. Н., Салихов Р. Б., Бунаков А. А., // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена:- 2005.
2. STOLL H. Analysis of resistance fluctuations independent of thermal voltage noise. [Text]/H.Stoll: 1990, P.185–187.



# АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕР-МЕТАЛЛ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ ИНЖЕКЦИОННЫХ ТОКОВ

Таюпов М.М., Обухов И.В.

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

Еще в конце 80-ых годов прошлого века было показано, что в тонких пленках полиарилефталидов наблюдаются переходы из диэлектрического состояния в высокопроводящее (ВПС), индуцированные такими относительно слабыми внешними физическими воздействиями, как одноосное механическое давление, электрическое поле, температура или бомбардировка электронным пучком [1]. Особенность этого явления заключается в том, что высокопроводящее состояние обладает температурной зависимостью проводимости, типичной для металлов.

В работе [2] было выдвинуто предположение о существенной роли инжекционного механизма возникновения ВПС. Поэтому на современном этапе все структуры на основе полиарилефталидов рассматриваются в рамках инжекционной модели проводимости Ламперта-Шиллинга.

Целью данной работы является показать на примере вольт-амперных характеристик структуры металл-полимер-металл, анализ электрофизических свойств полимера с помощью модели инжекционных токов.

На рисунке 1 представлена типичная вольт-амперная характеристик структуры металл-полимер-металл.

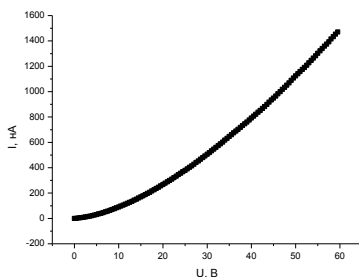


Рис. 1: ВАХ структуры металл-полимер-металл

Чтобы оценить подвижность и концентрацию основных носителей заряда в рамках инжекционной модели проводимости, необходимо построить вольт-амперную характеристику в логарифмических координатах

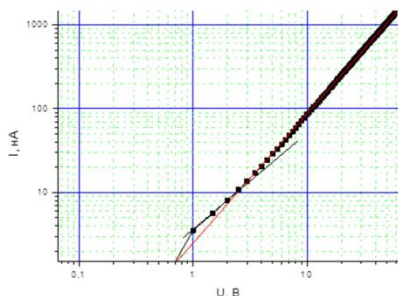


Рис.2: ВАХ в логарифмических координатах

После аппроксимации отдельных участков ВАХ, с помощью графического построения, можно выделить две области, соответствующие разным коэффициентам наклона кривых  $n=1.2$  и  $b=1.8$ .

В этом случае, первый участок ВАХ с  $n=1.2$ , будет соответствовать линейному, а второй  $b=1.8$  с сверхлинейному законам проводимости. Найдя с помощью графического построения точку перехода ВАХ от одного закона к другому, можно определить, так называемое напряжение перехода  $U_n$ . Зная его значение, с помощью формул 1 и 2, легко определить значения проводимости носителей заряда и их концентрации.

$$n_0 = \varepsilon \varepsilon_0 U_n / eL^2 \quad (1)$$

где,  $n_0$  – равновесная концентрация носителей заряда,  $e$  – заряд электрона,  $U_n$  – напряжение соответствующее точке перехода,  $L$  – расстояние между электродами,  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды,  $\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная.

$$\mu = JL^3 / \varepsilon \varepsilon_0 U_n^2 \quad (2)$$

где,  $\mu$  – максимальная подвижность носителей заряда,  $J$  – плотность тока протекающего через образец,  $U_n$  – напряжение соответствующее точке перехода,  $L$  – расстояние между электродами,  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды,  $\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная.

#### Литература

1. Лачинов А.Н., Жеребов А.Ю., Корнилов В.М. Высокопроводящее состояние в тонких пленках полимеров. // ЖЭТФ. – 1992. – Т.102. – С.187–193.
2. Лачинов А.Н., Жеребов А.Ю., Корнилов В.М. Аномальная электронная неустойчивость полимеров при одноосном давлении. // Письма в ЖЭТФ. – 1990. – Т.52. – В.2. – С.742–745.

**ВЛИЯНИЕ ОКИСЛЕНИЯ ПЛЕНОЧНОГО ПОКРЫТИЯ  
ВОЛЬФРАМОВОГО ОСТРИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОЭМИССИОННОГО КАТОДА**

Шаяхметов Р.У., Юмагузин Ю.М., Янбеков Э.М.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В работе были проведены измерения эмиссионных токов из вольфрамовых моноострий трех типов: чистое вольфрамовое острие, острие с тонкой магниевой пленкой на поверхности острия и остри с окисленной тонкой магниевой пленкой на поверхности.

Первые измерения проводились на чистом вольфрамовом острие в вакуумной камере на базе универсальной сверхвысоковакуумной установки (УСУ-4). Полученные эмиссионные токи были ожидаемо невысокими, значения эмиссионного тока колебались в диапазоне 80-100 нА при напряжении 3 кВ на аноде.

Следующим шагом было получение эмиссионных токов из эмиттера, покрытого тонкой магниевой пленкой. Данные измерений показали куда больший результат, нежели те, что были получены при измерениях эмиссионных токов из чистого вольфрамового эмиттера.

Третьим этапом было исследование вольфрамового острия с окисленной тонкой пленкой магния на его поверхности. Заготовкой для будущего острия служила вольфрамовая проволока с сечением 0,3 мм. После крепления проволоки на дужку, а затем дужки на держатель (при помощи точечной сварки), образец был подвергнут электрохимическому травлению, до получения максимально острого кончика.

Нанесение тонкой пленки магния на поверхность готового вольфрамового острия было достигнуто путем термического напыления магния в вакуумной камере на базе вакуумного универсального поста (ВУП-4). В дальнейшем, при н. у. острие нагревалось до температуры ~550 °С в течение нескольких секунд.

Таким образом, был получен катод структуры W-MgO. Необходимо отметить то, что значение эмиссионного тока достаточно сильно выросло. Значение тока ~300 нА было зафиксировано уже при 3 кВ. Такой результат говорит о значительном сокращении ширины запрещенной зоны. Эмиссия протекала достаточно стабильно на протяжении всего цикла измерений. Покрытие острия пленкой MgO позволило повысить эмиссионный ток, а также улучшить его стабильность при более высоких напряжениях.

© Шаяхметов Р.У., Юмагузин Ю.М., Янбеков Э.М., 2016 г.

## ТОНКИЕ ПЛЕНКИ PANI В ДАТЧИКАХ АММИАКА

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

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Наибольшее распространение получили химические датчики с органическими сорбентами на основе полимерных пленок [1-2] и с неорганическими сорбентами на оксидах металлов. Приборы для измерения концентрации аммиака востребованы в производствах, где рабочая среда имеет нестабильную концентрацию аммиака. Основное направление исследований направлено на поиск новых чувствительных к аммиаку веществ.

Окислительно-восстановительные и кислотно-основные переходы между формами полианилина (PANI), а также быстрое и обратимое установление равновесия позволяют конструировать на базе полимера различные типы сенсоров [3].

При изготовлении датчиков на стеклянную подложку методом термического распыления в вакуумной камере напылялись алюминиевые контакты с зазором 200 мкм. В область зазора в вакуумной камере из ячейки Кнудсена осаждалась тонкая пленка PANI. Толщина полученной пленки достигала 3 мкм.

Была измерена зависимость тока через пленочный образец от времени пребывания в атмосферной среде с парами аммиака. Полученные экспериментальные кривые имеют приближенно линейный вид. Крутизна характеристик в полученных нами пленочных структурах составляет величину порядка 0.17 нА/с. К достоинствам полученных абсорбционных датчиков NH<sub>3</sub> на основе пленок PANI следует отнести малый гистерезис.

Результаты проведенных исследований показали, что тонкие пленки PANI являются перспективным материалом для химических сенсоров по обнаружению паров аммиака в атмосфере.

### Литература

1. 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.
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. 2005. Т. 32. № 1-3. С. 13-20.
1. 3. Шишов М. А. Самоорганизующиеся слои полианилина и их применение в электронике // Молодой ученый. 2012. №11. С. 4-13.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДИМОСТИ ТОНКИХ ПЛЕНОК ПРОИЗВОДНЫХ PANI

Муллагалиев И.Н., Сафаргалин И.Н.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Полимерная электроника – это современное направление науки и технологии, связанное с созданием электронных устройств, базовыми элементами которых являются органические тонкопленочные (полевые) транзисторы, солнечных батарей и сенсоров [1]. Для применения в электронике пленки полимеров должны обладать хорошими транспортными свойствами [2-3].

В данной работе изучены электрофизические характеристики пленок растворимых форм полианилина (PANI) четырех видов. Исследуемая полимерная пленка наносилась на зазор между алюминиевыми контактами на стеклянной подложке. Были исследованы зависимости проводимости пленки  $G$  от температуры  $T$  в интервале 300-450К. По графику зависимости логарифма проводимости от температуры была рассчитана ширина запрещенной зоны образца. Для полученных пленок разных видов PANI ширина запрещенной зоны составила величину: 1,61; 1,85; 1,88 и 1,45 эВ.

На основе полученных результатов были построены зависимости  $\ln(I/T^2)$  от  $1000/T$  при различных напряжениях на образце. Подтвердилось предположение, что при высоких температурах в качестве основной составляющей тока выступает ток, связанный с термоэлектронной эмиссией Шоттки носителей заряда через границу металлического контакта с полимерной пленкой. По графикам была рассчитаны величины барьеров Шоттки на указанной границе, которые соответственно имели значения: 0,67; 0,65; 0,62 и 0,76 эВ для разных видов PANI.

### 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. Салихов Р.Б., Лачинов А.Н., Бунаков А.А. Перенос заряда в тонких полимерных пленках полиарилеифталидов, Физика твердого тела. 2007. Т. 49. № 1. С. 179-182.
3. Бунаков А.А., Лачинов А.Н., Салихов Р.Б. Исследование вольт-амперных характеристик тонких пленок полидифениленфталида Журнал технической физики. 2003. Т. 73. № 5. С. 104-108.

## СТАБИЛИЗАЦИЯ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ СЕРЫ ОСАЖДЕННЫХ ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА ПОЛИСУЛЬФИДА АММОНИЯ

Хамитов С.У., Хусаинов А.Н., Массалимов, И.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время в литературе известны работы [1,2], в которых химическим осаждением из полисульфидов щелочных и щелочноземельных металлов получают частицы серы в широком диапазоне размеров, в том числе и наночастицы. Но практически отсутствует информация о получении частиц серы с использованием неметаллов. Существует способ [3] выделения наночастиц с использованием сероводорода, но проведение этой работы связано с определенными сложностями выполнения эксперимента. Особый интерес представляет способ получения полисульфида с использованием водного раствора аммиака.

В данной работе полисульфид аммония был получен реакцией серы и в водном растворе аммиака при температуре 100С. В данной работе представлен результат выделения частиц серы из водного раствора полисульфида аммония.

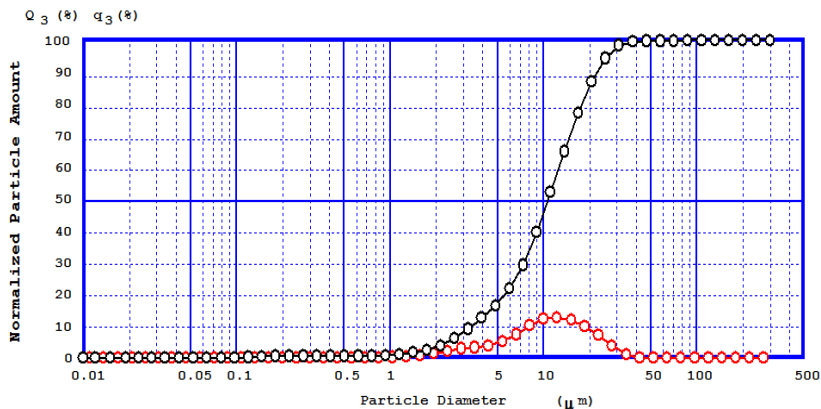


Рис. 1. интегральное (кривая  $\circ$ ) и дифференциальное (кривая  $\bullet$ ) распределение частиц серы полученной из полисульфида аммония

На рис. 1 приведено интегральное и дифференциальное распределение частиц серы находящиеся в диапазоне от 1 до 40 мкм. Данные значения были получены с использованием лазерного анализатора Shimadzu SALD – 7101. Из рис. 1 видно, что размеры частиц

серы лежат в области от 1 до 50 мкм со средним размером частиц равным 12 мкм. Частицы серы указанного размера применимы в качестве действующего вещества в различных препаратах для медицины и сельского хозяйства.

Полученные результаты показали на возможность получения частиц из полисульфида аммония в кислой среде. Данные соединения открывают новые возможности применения в медицине и в сельском хозяйстве, так как в составе отсутствуют ионы металлов, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на живые организмы. В тоже время присутствующий в препарате азот в составе иона аммония может усваиваться растениями и благоприятствовать их росту.

### Литература

1. Массалимов И.А., Шайнурова А.Р., Хусаинов А.Н., Мустафин А.Г. Получение наночастиц серы из водного раствора полисульфида калия. // Журнал прикладной химии. - 2012. - Т.85. №11. - С. 1944-1949.
2. Массалимов И.А., Хусаинов А.Н., Зайнитдинова Р.М., Мусавирова Л.Р., Зарипова Л.Р., Мустафин А.Г. Химическое осаждение наночастиц серы из водных растворов. // Журнал прикладной химии. - 2014. - Т.87. №6. - С. 705 -713.
3. Deshpande A.S., Khomane R.B., Vaidya B.K. et al. Sulfur Nanoparticles Synthesis and Characterization from H<sub>2</sub>S Gas Using novel biodegradable iron Chelates in W/O microemulsion Nanoscale Res. 2008. N 3. P. 221–229.

© Хамитов С.У., 2016 г.

## СЕКЦИЯ «ПРОБЛЕМЫ РАДИОТЕХНИКИ И СВЯЗИ»

УДК 621.391.63

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ DWDM

Салимгареев Р.Р., Лопатюк А.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Объемы потребляемого трафика постоянно растут. Перед операторами связи встает вопрос о модернизации существующих транспортных сетей. Пропускную способность волоконно-оптических сетей можно увеличить двумя основными способами: повысив уровень STM-сигнала или внедрив технологию плотного волнового мультиплексирования (Dense Wavelength Division Multiplexing - DWDM). Эта технология подразумевает спектральное разделение полосы пропускания волокна на несколько оптических каналов. В данной работе смоделирована 4-х канальная линия связи с применением EDFA усилителей со скоростью передачи данных, соответствующей уровню синхронной цифровой иерархии STM-16.

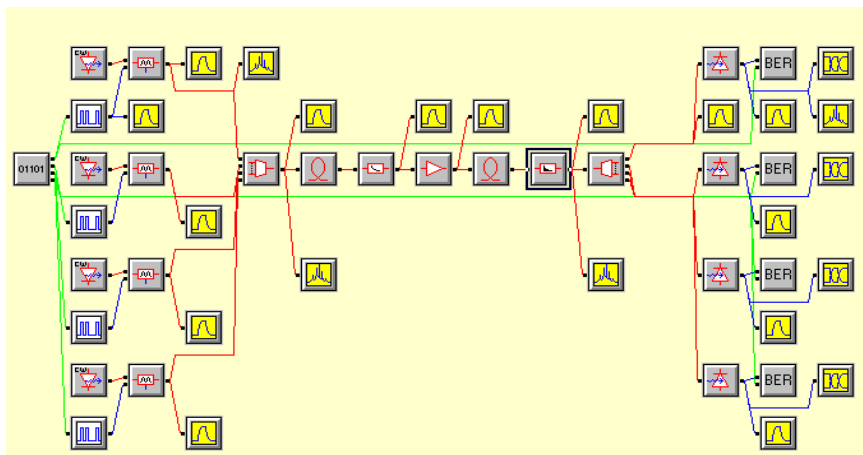


Рис.1 Модель ВОЛП со спектральным разделением каналов, разработанная в системе автоматического проектирования LinkSim

Четыре оптических сигнала на разных длинах волн, соответствующих частотному плану, поступают в оптический мультиплексор. После первого участка оптического волокна ставится EDFA усилитель для



компенсации потерь. Качество принятого сигнала можно оценить при помощи глаз-диаграммы и BER-тестера.

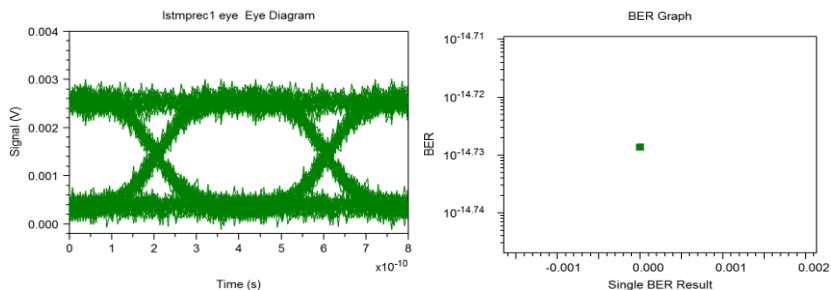


Рис.2. а) Глаз-диаграмма выходного сигнала б) показание BER-тестера

По данным рис.2. видно, что качество сигнала хорошее, коэффициент битовой ошибки(BER) ниже предельно допустимого значения.

Рассмотрим как повлияет на линию связи мощность излучения источника и скорость передачи данных.

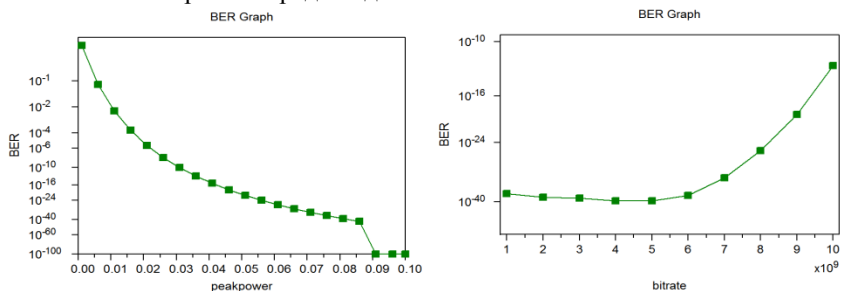


Рис. 3. Зависимость показания BER тестера от мощности излучателя (а) и от скорости передачи данных (б)

Требуемое качество передачи достигается при мощности излучения источника 35 мВт. По полученным результатам рис.3б можем сказать, что и при скорости передачи данных, соответствующей уровню STM-64, достигается приемлемое значение коэффициента битовой ошибки для линии связи.

### Литература

1. Сагитов Р. Г., Лопатюк А. В. Лабораторные работы по спецпрактикуму «Оптические системы передачи». – Уфа: РИО БашГУ, 2002
2. Дмитриев. А. Л. Оптические системы передачи информации. - СПб: СПбГУИТМО, 2007. - 96 с.

© Салимгареев Р.Р., Лопатюк А.В., 2016 г.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ СОЛИТОННОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ

<sup>1</sup>Лопатюк А.В., <sup>2</sup>Маркушева А.М.

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет

<sup>2</sup>Уфимский государственный авиационно-технический университет  
г. Уфа, Россия

Данная работа позволяет ознакомиться с высокоскоростной солитонной ВОЛС на примере ее моделирования в компьютерной программе САПР LinkSim.

LinkSim представляет оптическую систему связи как связанный набор блоков, каждый из которых является компонентом или подсистемой в системе связи. В LinkSim используется блочно-ориентированный метод моделирования, который позволяет спроектировать практическую любую ВОЛС.

Солитон – структурно устойчивая, уединенная волна, распространяющаяся в нелинейной диспергирующей среде. Солитон – это импульс, который не изменяет своей формы по мере того, как он распространяется по волокну. Нелинейности волокна противодействуют накоплению дисперсии при распространении импульса по волокну. Оптический солитон является результатом баланса между дисперсией групповых скоростей (ДГС) и фазовой самомодуляцией (ФСМ).

Так как ВОЛС (рис. 1.) работает в солитонном режиме, необходимости в использовании ретрансляторов нет, однако из-за достаточно дальнего расстояния (1000 км) в работе используются оптические усилители. То есть линия подлежит восстановлению по энергетическому потенциалу, поэтому необходимо определить расстояние между каскадами усиления, это расстояние определяет скорость передачи, и обычно  $L$  изменяется как  $B^{-2}$ . Расчеты многокаскадного усиления показывают, что распространение солитонов на большие расстояния становится неустойчивым при  $L \lesssim 8 \cdot z_0$ , где  $z_0$  – период солитона. На практике следует ограничить  $L$  до величин  $L \lesssim 6 \cdot z_0$ .

Рассчитаем требуемые параметры:

Период солитона:

$$z_0 = \frac{\pi}{2} L_D = \frac{\pi T_0^2}{2 |\beta_2|} \quad (1)$$

где  $T_0$  – ширина импульса на уровне  $1/e$ ;

$\beta_2$  – дисперсия групповых скоростей.

Подставим данные: 
$$z_0 = \frac{3,14 \cdot 100 \text{ пс}^2}{2 \cdot 7,7 \frac{\text{пс}^2}{\text{км}}} = 20,4 \text{ км} \quad (2)$$

Расстояние между усилителями:  

$$L \approx 6 \cdot 20,4 \text{ км} \approx 122,3 \text{ км} \quad (3)$$

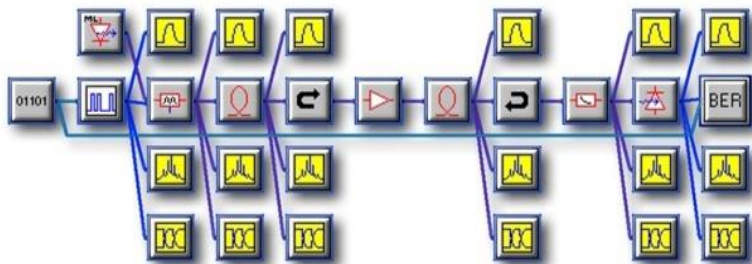


Рис. 1. Модель ВОЛП в компьютерной программе LinkSim

Результаты моделирования, полученные LinkSim, включают графики формы сигнала и глаз-диаграммы в любой точке внутри оптической линии связи, а так же графики частоты передачи ошибочных битов при различных параметрах внутри линии связи.

Характеристики сигналов в узловых точках системы:

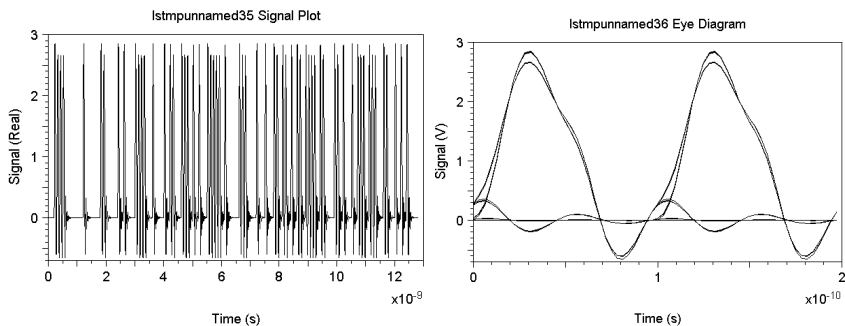


Рис. 2. Осциллограмма электрического сигнала на выходе сигнал-генератора (слева) и его глаз-диаграмма (справа)

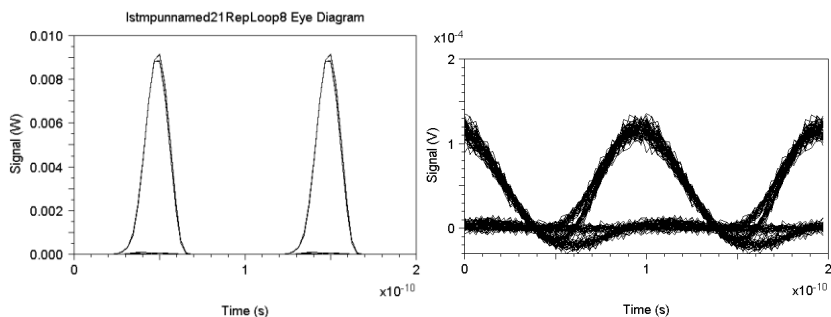


Рис. 3. Глаз-диаграмма сигнала с выхода последнего усилительного участка (слева) и глаз-диаграмма сигнала на выходе ФП (справа)

© Лопатюк А.В., Маркушева А.М., 2016 г.

УДК 621.314.1

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ 4 ГИГАБИТНОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ НА УЧАСТКЕ УФА-НЕФТЕКАМСК**

Магзумьянова Л.Ф., Лопатюк А.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Целью данной работы является проектирование оптоволоконной линии связи исходя из заданных параметров:

Оптическая мощность источника излучения: 15 мВт;

Тип волоконного световода: NZDSF 8  $\lambda$ ;

Скорость передачи информации: 4000 Мбит/с;

Длина волны источника излучения: 1526-1565 нм;

Протяженность участка Уфа-Нефтекамск: 220 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.

В ходе работы было выбрано волокно марки True Wave. В данном волокне применяется специальный профиль показателя преломления в

сердцевине, благодаря чему достигается низкое затухание и малая ненулевая дисперсия в рабочем диапазоне EDFA. Кроме того, оно обладает очень низкой и стабильной дисперсией поляризованной моды (Polarization Mode Dispersion, PMD).

Максимальное затухание на длине волны 1550 нм составляет 0,22...0,25 дБ/км. В диапазоне 1525...1575 нм оно не превышает 0,27...0,3 дБ/км. Затухание при пике поглощения ОК (1383±3нм) не превышает 1,0 дБ/км. При скручивании кабеля затухание ОК на волне 1550 нм увеличивается: на 1 виток диаметром 32 мм приращение затухания не превышает 0,5 дБ; на 100 витков диаметром 75 мм - не более 0,05 дБ.

Хроматическая дисперсия в диапазоне 1530...1565 нм составляет: минимальная – 0,8 пс/нм\*км, максимальная – 4,6 пс/нм\*км. Максимальное значение коэффициента дисперсии поляризованной моды при 1550 нм не превышает 0,5 пс/ нм\*км, а типичное значение - не более < 0,1 пс/ нм\*км. Диаметр медового поля на длине волны 1550 нм составляет 8,4+0,6 мкм. Длина волны отсечки не превышает 1260 нм.

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

$P_{им}$  - уровень мощности излучателя (в дБ м) относительно уровня мощности  $P_0 = 1 мВт$ ;

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

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

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

Подставляя все найденные значения в формулу для расчета длины участка получаем  $L_{\Sigma} = 61,35$  км.

*Расчет дисперсии*:  $\sigma = (\sigma_{меж}^2 - \sigma_{xp}^2)^{1/2}$ .

Так как в одномодовых световодах межмодовая дисперсия отсутствует, то уширение импульса определяется хроматической дисперсией:  $\sigma_{xp} = \sigma_{в} + \sigma_{mat} = \Delta\lambda * L[W(\lambda) + M(\lambda)]$ , 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:

$\lambda 1 = 1542,94$ нм,	$\lambda 2 = 1543,78$ нм,	$\lambda 3 = 1544,56$ нм,	$\lambda 4 = 1545,37$ нм,
$\lambda 5 = 1546,18$ нм,	$\lambda 6 = 1546,93$ нм,	$\lambda 7 = 1547,76$ нм,	$\lambda 8 = 1548,51$ нм.

Определим дисперсию для выбранных длин волн:  
 $D(\lambda) = (\lambda - \lambda_0) \cdot S_0$

$D_1(1542,94) = 1,93$  пс/км·нм;  $D_2(1543,78) = 2,00$  пс/км·нм;  $D_3(1544,56) = 2,07$  пс/км·нм;  $D_4(1545,37) = 2,15$  пс/км·нм;  $D_5(1546,18) = 2,22$  пс/км·нм;  $D_6(1546,93) = 2,3$  пс/км·нм;  $D_7(1547,76) = 2,37$  пс/км·нм;  $D_8(1548,51) = 2,44$  пс/км·нм

Минимальная и максимальная дисперсии соответственно равны 1,93 пс/км·нм и 2,44 пс/км·нм.

Рассчитаем длину регенерационного участка по дисперсии из выражения:

$$L_D \leq \frac{0,25}{\sigma_y * B} = 128 \text{ км.}$$

В данной работе мы рассчитали энергетическую длину участка, которая составляет 61,35 км и регенерационного участка, составляющего 128 км. Соответственно для участка Уфа-Нефтекамск при прокладке ОК необходимо установить 4 усилителя и 1 компенсатор для оптимальной передачи сигнала.

### Литература

1. Лопатюк А. В. Оптические направляющие среды и пассивные компоненты ВОЛС: Учебное пособие/ А.В. Лопатюк. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2012. –104 с.

© Магзумьянова Л.Ф., Лопатюк А.В., 2016 г.

УДК 621.391.63

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ НА УЧАСТКЕ С. ИСЯНГУЛОВО - С. ИДЕЛЬБАКОВО**

Исакаева Ю.И., Лопатюк А.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Целью данной работы является модернизация волоконно-оптической системы передачи между характеризуемыми пунктами.

В настоящее время телекоммуникационная индустрия претерпевает беспрецедентные изменения, что является следствием бурного развития Internet технологий и разнообразных сетевых приложений. Поэтому одним из основных требований, предъявляемых к транспортным сетям для передачи данных, является возможность быстрого увеличения их пропускной способности в соответствии с ростом объемов трафика.

Существующая на рассматриваемом участке система Marconi ONS 1240 обеспечивает скорость цифрового потока 622,08 Мбит/с, что

соответствует уровню STM-4. Для обеспечения возможного увеличения трафика выбираем систему передачи уровня STM-16.

Общая протяженность участка 87 км.

Для реализации проекта выбираем мультиплексоры семейства ONS-15454 производства фирмы Cisco. Эти мультиплексоры имеют возможность масштабирования до уровня STM-64.

Расчёт энергетической длины регенерационного участка на ЭКУ:

$$l_{py} = \frac{\mathcal{E} - A_p \cdot n_p + A_n}{\alpha + \frac{A_n}{l_c}} ;$$
$$l_{py} = \frac{34 - 6 - 0,5 \cdot 2 + 0,1}{0,22 + \frac{0,1}{4}} = 110,61 \text{ км.}$$

Расчёт длины регенерационного участка с учётом энергетического запаса системы показывает, что не требуется установка дополнительных оптических усилителей, т.к длина участка составляет 87 км.

Расчёт дисперсионной длины регенерационного участка :

$$l_{py} = \frac{0,25}{0,9 \cdot 10^{-12} \cdot 2488,32 \cdot 10^6} = 113,46 \text{ км,}$$

По расчётам длина регенерационного участка с учётом дисперсии превышает длину трассы, поэтому отсутствует необходимость установки компенсаторов дисперсии.

Отсюда, следует, что участки с.Исянгулово – с.Идельбаково модернизации ВОСП укладываются в границы по энергетическим и по дисперсионным характеристикам.

### Литература

1. Лопатюк А. В. «Оптические направляющие среды и пассивные компоненты ВОЛС»: Учебное пособие/ Уфа: РИЦ БашГУ, 2011.- 104с.

© Исакаева Ю.И., Лопатюк А.В, 2016 г.

УДК 621.391.63

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ НА УЧАСТКЕ С. МРАКОВО - С. ПОДГОРНОЕ**

Идельбакова Р.В., Лопатюк А.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Оптическое волокно в настоящее время считается самой совершенной физической средой для передачи информации, а также самой перспективной средой для передачи больших потоков информации на значительные расстояния.

Целью данного проекта является создание современной телекоммуникационной сети в интересах населения, организация качественной связи для передачи информации различного вида между селами Мраково – Подгорное, в том числе для транзитных информационных потоков.

Реализация проекта обеспечит население и производственную сферу села Мраково и Подгорное необходимым количеством качественных цифровых каналов. Для этого необходимо проложить оптическую линию связи от районного центра Мракова до села Подгорное.

Транспортная сеть связи построена на оборудовании синхронной цифровой иерархии уровня STM-16. В работе сделан выбор транспортной сети и цифрового оборудования – мультиплексора Cisco ONS 15454 MSPP и маршрутизатора Cisco 7606. Этот мультиплексор имеет возможность масштабирования до уровня STM-64. Маршрутизаторы серии Cisco 7606 обеспечивают производительность на уровне нескольких Гбит/с в расчете на слот, выпускаются в различных форм-факторах и поддерживают улучшенные модули оптических интерфейсов для предоставления высокопроизводительных услуг. Село Мраково входит в кольцо SDH и DWDM системы. Для выделения необходимого трафика в с.Мраково установлен маршрутизатор Cisco 7606.

В результате анализа проектируемого участка был выбран маршрут прохождения трассы кабеля непосредственно вдоль автомобильной дороги, связывающий оконечные пункты проектируемой линии. Этот маршрут является оптимальным, поскольку предлагает минимальное количество пересечений кабельной магистрали с реками, озерами и прочими преградами. Общая протяженность данного участка составляет 30 км.

По расстоянию между узлами коммутации и скорости передачи наиболее предпочтительно стандартное одномодовое волокно SMF-28e фирмы Corning Inc со ступенчатым показателем преломления на длину волны 1310 нм.



В качестве направляющей системы выбран волоконно-оптический кабель Российского производства компании Москабель-Fujikura, кабель волоконно-оптический с одномодовым волокном типа ОМЗКГЦ-10-01-0,36-6-(4,0). Этот кабель по своим техническим характеристикам наиболее подходит для строительства данной магистрали.

Расчёт длины регенерационного участка:

$$L_{PV} = \frac{\alpha - \alpha_3 - A_p \cdot n_p + A_H}{\alpha + \frac{A_H}{l_c}} = \frac{18 - 4 - 0,5 \cdot 2 + 0,1}{0,36 + \frac{0,1}{6}} = 34,8 \text{ км}$$

По данному расчету можно сделать вывод о том, что на данном участке не требуется установка дополнительных оптических усилителей, так как длина участка составляет 30 км.

Расчет максимальной длины регенерационного участка с учетом дисперсионных свойств волокна:

$$L_{PV \max \sigma} = \frac{0,25}{\sigma \cdot B'} = \frac{0,25}{0,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2488,32 \cdot 10^6} = 118 \text{ км}$$

По расчетам длина РУ с учетом дисперсии превышает длины трассы, поэтому отсутствует необходимость установки компенсаторов дисперсии.

Таким образом, видно, что участке с.Мраково – с.Подгорное проектируемой ВОЛС укладываются в границы и по энергетическим и по дисперсионным характеристикам.

В данном проекте разработана высокоскоростная волоконно-оптическая линия связи между населёнными пунктами с.Мраково – с.Подгорное с использованием SDH оборудования уровня STM-16 производства фирмы «Cisco» - ONS 15454. В результате выполненной работы выбрана оптимальная трасса прокладки оптического кабеля (ОК), система передачи и тип ОК. Проектом предусмотрено использовать оптический кабель типа ОМЗКГЦ производства компании Москабель-Fujikura.

### Литература

1. Лопатюк А. В. Оптические направляющие среды и пассивные компоненты ВОЛС: Учебное пособие/ А.В. Лопатюк. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2011. –104 с.

© Идельбакова Р.В., Лопатюк А.В., 2016 г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕ-НЕ ЛАЗЕРА ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ НАКАЧКЕ

Борисова Р.В., Вальшин А.М.

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 3 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 однослойную 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 3 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.

## СЕКЦИЯ «ГЕОФИЗИКА»

УДК 532.5; 536.255

### ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ТЕМПЕРАТУРНОМ ВЛИЯНИИ СТВОЛА СКВАЖИНЫ

Исламов Д.Ф.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

При измерении нестационарной температуры в стволе скважины методами обычной термометрии неизбежно влияние теплообменных процессов в стволе самой скважины. Это особенно важно при регистрации переходных процессов для малых времен, прошедших после начала добычи или изменения дебита скважины и при малых удельных притоках из пласта. Датчик температуры регистрирует температуру жидкости в стволе скважины, которая при измерении в интервале притока является результатом смешения поступающей из пласта жидкости с жидкостью в стволе скважины.

В данной работе предлагается модель температурного влияния ствола скважины для самого нижнего пласта.

#### Математическая постановка задачи:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + v(z) \frac{\partial T}{\partial z} = q^* (T_f - T) + \frac{2\alpha}{c\rho R} (T_f - T) + \eta \frac{\partial p}{\partial t} \quad (1)$$

Начальная температура в скважине на кровле пласта:

$$T|_{t=0} = T_0 \quad (2)$$

Скорость на подошве пласта:

$$v|_{z=0} = 0 \quad (3)$$

$$v(z) = \frac{Q}{\pi R^2 h} z \quad (4)$$

$$q^* = \frac{Q}{\pi R^2 h} \quad (5)$$

Модель может использоваться в симуляторах для расчета температурного поля в добывающих и нагнетательных скважинах.

© Исламов Д.Ф., 2016 г.

## **ФАЦИАЛЬНАЯ ТИПИЗАЦИЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФЕС ПОРД С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ И ОЦЕНКИ ИХ СВОЙСТВ**

Уразаева А.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время, ввиду падения добычи разрабатываемых уникальных залежей наибольший интерес вызывают сложно-построенные объекты, состоящие из различных фациальных отложений, примером которого является нефтеносный комплекс X месторождения. Данный объект представляет интерес, так как в его толщах накоплено большое количество углеводородов.

Традиционный метод петрофизического моделирования предусматривает интегрированный подход, который не учитывает неоднородности по структуре порового пространства, что в итоге может привести к пропускам большого количества проницаемых, но низкопористых коллекторов.

В связи с этим, целью автора является построение петрофизических моделей для одного стратиграфического уровня традиционным способом и последующее усовершенствование данной модели путем фациальной типизации разреза пласта.

В результате данной работы уточнены граничные значения параметров для выделения коллекторов, также произведена типизация разреза к структурным особенностям.

Полученная уточненная модель пласта позволяет более достоверно оценить свойства коллектора, из чего повышается точность информационного обеспечения для построения геолого-гидродинамической модели.

© Уразаева А.Р., 2016 г.

# ВОССТАНОВЛЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО КАРТАЖА

Сахаутдинов И.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В последнее время актуально использование восстановления и прогнозирования акустического каротажа, в связи с пересмотром геологических разрезов или уточнением структур продуктивных пластов в старых фондах скважин.

Мной рассмотрен один из основных способов синтезирования акустики посредством программного модуля «Нейронные сети». И получен положительный результат рис. 1.

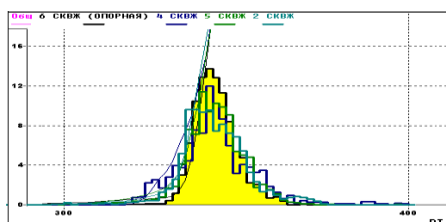


Рис.1. Гистограмма по полученным синтетикам

Цель модуля «Нейронные сети» заключается в вычислении зависимостей (обучения нейронов) в опорной скважине между исходными данными и выходной кривой, и способностью использования этих зависимостей для расчета синтетических кривых в ответ на входные данные, схожие, но неидентичные тем, что были использованы при обучении (принцип обобщения).

## Литература

1. Паклин Н.Б., Мухамадиев Р.С. Использование обучающихся алгоритмов для интерпретации данных ГИС. -М.: Бурение и нефть, 2005. -№5. -с. 12-16
2. Aristodemou E., Pain C., Oliveira C. de etc. Inversion of nuclear well-logging data using neural networks // Geophysical Prospecting. - v. 53, p.103-120.

© Сахаутдинов И.Р., 2016 г.

## РАСЧЕТ ПОЛЯ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ В ГАЗОВЫХ СКВАЖИНАХ

Файзуллин Н.Ф.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Технологический режим работы газовой скважины определяется термодинамическими условиями фильтрации газа в пласте и условиями движения газа в скважине при теплообмене с окружающими горными породами. При этом условия теплопереноса при фильтрации газа в пласте и движении потока газа по скважине различны, однако их параметры определяются аналогичными термодинамическими процессами: дроссельным и адиабатическими эффектами, конвективным и кондуктивным переносом тепла.

Для адекватного описания процесса неизотермического течения газа в последнее время нашли применение численные методы интегрирования дифференциальных уравнений движения газа и сохранения энергии, т.к. аналитические решения этих уравнений можно получить только после принятия существенно упрощающих допущений.

Для моделирования термогидродинамических процессов, происходящих в скважине произвольной формы и с произвольным числом интервалов перфорации, решается следующая система уравнений неизотермического установившегося течения газа в скважине, течение однофазное (фазовые переходы отсутствуют), изменением значения величин по поперечному сечению скважины пренебрегаем, в пределах интервала перфорации задаются объемный дебит и температура поступающего газа.

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial l} = \frac{2\rho_1 v_1}{R}$$

$$-\frac{\partial p}{\partial l} = \rho g \cos \theta + \frac{\partial(\rho v^2)}{\partial l} + f_{fr}$$

$$\frac{\partial T}{\partial l} = -\varepsilon \frac{\partial p}{\partial l} + \frac{2\rho_1 v_1}{R\rho v} (T_1 - T) + \frac{2\alpha}{R\rho v c_p} (T_g - T) - \frac{g \cos \theta}{c_p}$$

где  $\rho$  – плотность газа в скважине, кг/м<sup>3</sup>,  $v$  – средняя скорость течения газа по трубе, м/с,  $l$  – расстояние от забоя по стволу скважины, м,  $\rho_1$  – плотность газа, втекающего в скважину, кг/м<sup>3</sup>,  $q_1$  – удельный дебит притекающего газа, м<sup>2</sup>/с,  $S$  – площадь поперечного сечения скважины, м<sup>2</sup>,  $p$  – давление в скважине, Па,  $\theta$  – угол наклона участка скважины от

вертикали, град.,  $\lambda(Re)$  – слагаемое, учитывающее потери давления на трение, Па/м,  $D$  – гидравлический диаметр области течения, м,  $\mu$  – вязкость газа, Па·с,  $\lambda$  – теплопроводность газа, Вт/(м·К),  $T$  – температура, К,  $\alpha$  – коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К),  $R$  – радиус скважины, м,  $T_g$  – температура горных пород, К.

Здесь первое уравнение описывает баланс масс, второе уравнение является законом распределения давления, третье – уравнением баланса энергии. К ним добавляется уравнение состояния газа и корреляционные соотношения для  $\varepsilon(p,T)$ ,  $\mu(p,T)$ ,  $\lambda(p,T)$ ,  $c_p(p,T)$ ,  $\rho(p,T)$ . На забое скважины задаются давление и температура. Начальное распределение температуры подчиняется геотермическому распределению. Нелинейная система уравнений решается относительно  $p$  и  $T$ . В докладе обсуждаются алгоритм численного решения и результаты исследования модели.

### Литература

1. Рамазанов А.Ш., Валиуллин Р.А., Садретдинов А.А./ Башгосуниверситет; Шако В.В., Пименов В.П./ Московский научный центр Шлюмберже, SPE; Федоров В.Н., Белов К.В./ Сургутнефтегаз: «Термогидродинамические исследования в скважине для определения параметров прискважинной зоны пласта и дебитов многопластовой системы», SPE 136256, доклад 2010 Российской нефтегазовой технической конференции и выставки, Москва, 26-28 октября 2010.
2. Зотов Г.А. Руководство по исследованию скважин. – М.: Наука, 1995.
3. Способ расчета динамической вязкости газов в широком диапазоне давлений / Глумов Д.Н., Стрекалов А.В. // Тюменский государственный университет, кафедра РЭНМ, г. Тюмень. «Нефтегазовое дело», 2011, №1.
4. Sui W. Determining multilayer formation properties from transient temperature and pressure measurements: PhD dissertation, Texas A&M University, 2009.

© Файзуллин Н.Ф., 2016 г.

УДК 538.7

## **ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПЛАСТЕ С ТРЕЩИНОЙ ГИДРОРАЗРЫВА**

Шарипов А.М.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время известны различные методы которые используются для контроля качества проведения гидроразрыва пласта (ГРП). У каждого из этих методов различная информативность: наиболее информативными являются наклонотрия и микросейсмические исследования. Но эти методы являются дорогостоящими и требуют установки специальных датчиков и оборудования. В связи с этим актуальным являются работы, направленные на повышение информативности более простых и дешевых методов. Одним из таких методов является термометрия.

Данная работа посвящена численному моделированию тепло-и массопереноса в пласте с трещиной ГРП. Предложена математическая модель для расчета давления и температуры в системе скважина-пласт-трещина ГРП. Предлагается использовать различные расчетные сетки для трещины и пласта. Такой подход позволяет сделать модель трещины независимой от модели пласта, что позволяет в трещине использовать отличный от модели пласта закон фильтрации (например, закон Форхгеймера), что является актуальным при больших скоростях фильтрации в трещине. Предложенная модель позволяет описывать различные режимы течения: линейные потоки в трещине и радиальные потоки в пласте. Для этого уравнения для пласта записываются в полярной системе координат, а для трещины в декартовой системе координат. При расчете температуры учитываются термодинамические эффекты (эффект Джоуля-Томсона, эффект адиабатического расширения), конвективный и кондуктивный механизмы теплопереноса.

По результатам моделирования изучено влияние свойств трещины (длина, ширина, проницаемость, пористость) на изменение температуры в скважине. Рассматриваются режимы добычи и закачки. Показано, что параметры трещины ГРП влияют на формирование температуры в скважине.

© Шарипов А.М., 2016 г.



## ИЗУЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ НА МОДЕЛИ ДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЫ С ЗАКОЛОННЫМ ПЕРЕТОКОМ

Канафин И.В., Космылин Д.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

На сегодняшний день одной из актуальных проблем геофизики является выделение каналов заколонной циркуляции флюидов и их ликвидация. Наиболее эффективным методом решения данной задачи является термометрия. Но в ряде случаев точное определение наличия заколонного перетока проблематично, в частности, заколонных перетоков «сверху». Поэтому развитие новых методов поиска ЗКЦ весьма актуально.

В лаборатории термометрии кафедры геофизики БашГУ была разработана экспериментальная установка – модель добывающей скважины с каналами перетока (3) и встроенным индукционным нагревателем (4) (рис.1). Она представляет собой стальную трубу (2) внутренним диаметром 150 мм и высотой 2200 мм. Для контроля температуры в модели был разработан двухуровневый азимутально-распределенный температурный зонд (5).

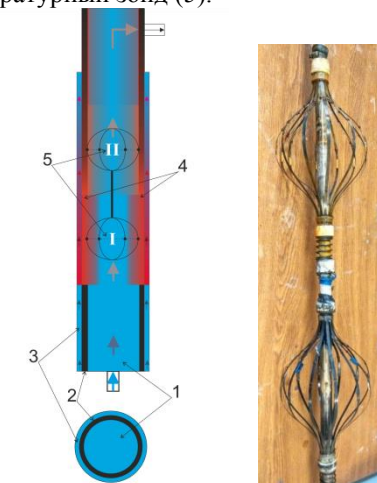


Рис.1. Экспериментальная установка и азимутально-распределенный температурный зонд

На рис. 2 и 3 приведены результаты проведенных экспериментов. Мощность индукционного нагревателя 1000 Вт. В процессе эксперимента

было включено движение жидкости внутри колонны, а заколонный переток осуществлялся по секторам А и В (рис. 2). Рис. 2 – азимутальное распределение температуры («развёртка») на **I уровне**, расположенном напротив середины индуктора. На рис. 3 приведена температурная «развёртка» на **уровне II**, расположенном на расстоянии 0.2 м выше кровли индуктора.

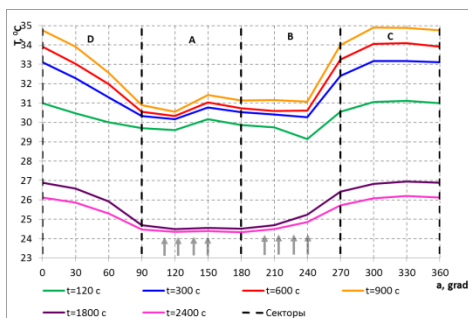


Рис.2. Температурная «развёртка» на уровне I

Согласно полученным данным, секторы с заколонным перетоком довольно отчетливо выделяются напротив середины индуктора (рис. 2) в течение всего времени теплового воздействия, но имеются всплески температур. Однако, после отключения индуктора кривые температур (рис. 2  $t=1800$  с,  $t=2400$  с) имеют более сглаженный характер и, следовательно, заколонный переток выделить гораздо легче.

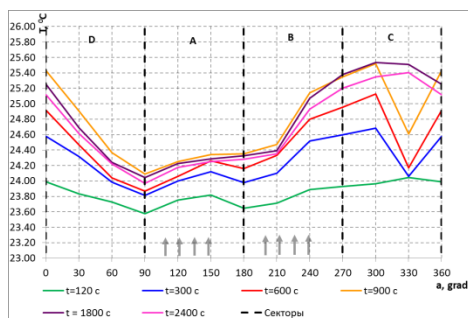


Рис.3. Температурная «развёртка» на уровне II

Регистрация температуры выше интервала нагрева на 0.2 м (рис. 3) также позволяет выделить секторы с заколонным перетоком, но с

меньшей достоверностью. Это связано с тем, что поток жидкости по колонне может экранировать процессы, происходящие за обсадной колонной. Таким образом, перед проведением исследований в скважине необходимо создание специальных технологических условий её работы.

© Канафин И. В., Космылин Д.В., 2016 г.

УДК 550.3

## **РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИНЫ**

Акчурин Р.З.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одним из эффективных методов исследования Земли и решения практических задач геофизики является термометрия. Для наиболее эффективного использования термометрии необходимо знание параметров естественного геотермического поля Земли. Бурение искажает геотермическое поле и для восстановления естественного теплового поля Земли необходима длительная выстойка скважины в покое перед измерением температуры, что является неприемлемым для практики разработки нефтяных месторождений.

Сложность состоит в определении параметров геотермического поля для переходных процессов, в частности в процессе восстановления температурного равновесия в горных породах после бурения. Однако, исследования показывают, что ранние оценки естественной температуры пород часто бывают неточными и пластовая температура может быть значительно недооценена. Представленная работа направлена на разработку нового метода определения естественной температуры проницаемых пород, нарушенных бурением. Идея заключается в математическом моделировании нарушения геотермического поля при бурении скважины и восстановлении распределения первоначальной естественной температуры Земли на основе решения обратной задачи. В качестве исходных данных будут использоваться измеренные распределения температуры в перерывах бурения, через короткое время после прекращения бурения и данные по истории бурения скважины (скорость бурения, расход и температура бурового раствора, характеристики бурового инструмента и др.)

### Постановка задачи:

Распределение температуры в скважине и пласте при бурении описывается следующими уравнениями:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_m c_m S_d v_d \frac{\partial T_d(z,t)}{\partial z} + H_d(T_d(z,t) - T_a(z,t)) = -\rho_m c_m S_d \frac{\partial T_d(z,t)}{\partial t} \\ \rho_m c_m S_a v_a \frac{\partial T_a(z,t)}{\partial z} + H_d(T_d(z,t) - T_a(z,t)) + H_a(T_f(r_b, z, t) - T_a(z,t)) = \rho_m c_m S_a \frac{\partial T_a(z,t)}{\partial t} \\ \frac{\partial T_f}{\partial t} = \alpha \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T_f}{\partial r} \right) \Big|_{r=r_b} \end{array} \right.$$

где  $z$ -расстояние вдоль скважины;  $r$  – расстояние вдоль пласта;  $t$  – время;  $T_d$  – температура бурового раствора внутри буровой трубы;  $T_a$  – температура бурового раствора в затрубном пространстве;  $T_f$  – температура пласта;  $\alpha$  - коэффициент температуропроводности пласта;  $H_d$  - коэффициент теплопередачи между потоком жидкости в буровой трубе и потоком в затрубном пространстве;

$H_a$  - коэффициент теплопередачи между потоком жидкости в затрубном пространстве и породой;  $\rho_m$ -плотность бурового раствора;  $c_m$ -теплоемкость бурового раствора;  $S_d, S_a$ -площадь поперечного сечения буровой трубы и затрубного пространства;  $v_d, v_a$ -скорость бурового раствора в буровой трубе и затрубном пространстве;

### Литература

1. Zazovsky, A., Haddad, S., and Tertychnyi, V.: “Thermal History Reconstruction and Estimation of Formation Temperature Using Wireline Formation Tester Measurements”, paper SPE 92263
2. М. А. Михеев, И. М. Михеева. Основы теплопередачи. - М.: Энергия, 1977. - 344 с.
3. I. M. Kutasov. Applied Geothermics for Petroleum Engineers.- ELSEVIER, 1999г.-347с.

© Акчурина Р.З., 2016 г.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ АЗИМУТАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛЕННОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ЗОНДА

Космылин Д.В., Канафин И.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

При исследовании нефтяных скважин на месторождениях России нерешенными на сегодняшний день остаются такие важные задачи как: определение индивидуальных дебитов для отдельных пластов в многопластовой системе, построение профиля притока из пласта в малодебитных скважинах, определение интервалов заколонного движения жидкости. На практике для решения этих задач используют различные методы. Наиболее информативным и широко применяемым методом является термометрия, но традиционная термометрия не всегда однозначно решает задачи по определению заколонных перетоков, особенно заколонных перетоков «сверху», определение дебита и т.д.

Для решения этих задач использование аппаратуры с возможностью создания искусственных тепловых полей (индукционный нагрев колонны [1]) является перспективным. А для проведения полного комплекса исследований необходимо и функциональное регистрирующее устройство – температурный зонд.

Для измерения температуры стенки стальной колонны в модели №2 был сконструирован азимутально-распределенный температурный зонд (АРТЗ) (рис.1). Он представляет собой полипропиленовую трубу (1) диаметром 20,5 мм. На нее закреплены 12 железных пластинок (2) шириной 4 мм. Пластинки с обоих концов припаяны термopистолетом к трубкам (3) большего размера. Расстояние между пластинками рассчитано так, чтобы угол между ориентированными датчиками был  $30^\circ$ . Пластинки прижимаются к стенке скважины при помощи установленной

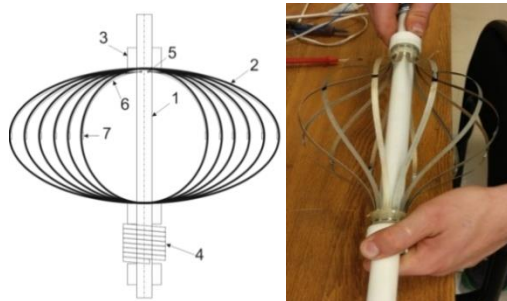


Рис. 1 Азимутально-распределенный температурный зонд

пружинки (4) в нижней части крепления. На трубе (1) проделаны специальные отверстия (4) диаметром 2 мм для прохода через них термопары (5). Термопары надежно припаяны (7) к пластинкам.

Экспериментальные исследования показали высокую эффективность АРТЗ по выделению закоронных перетоков. Благодаря тому, что датчики расположены по азимуту и имеют точки касания с внутренней стенкой колонны, стало возможным выделение каналов закоронной циркуляции флюида (ЗКЦ) с высокой достоверностью. Но для определения: дебита, приемистости, геометрии каналов ЗКЦ; необходимо оптимизировать и усовершенствовать АРТЗ.

АРТЗ сохранил прежнюю конструкцию. Изменения заключались в добавление второго уровня датчиков, которые располагаются выше первого уровня на 40 см (Рис.2). Датчики второго уровня располагались по тому же азимуту и расположены параллельно над первым уровнем датчиков (1 точно был расположен над 1'' и т.д.). Так же для регистрации дебита жидкости по колонне в центре каждого уровня добавлен дополнительный датчик (1).

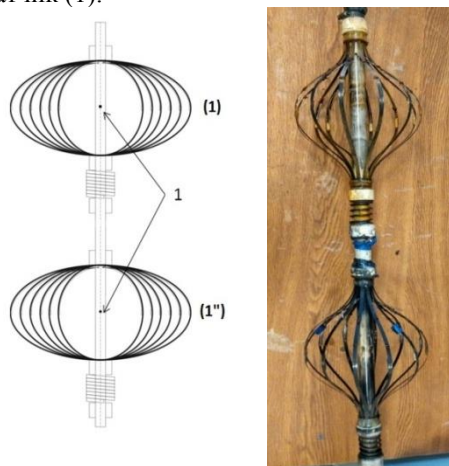


Рис. 2 Модернизированный азимутально-распределенный температурный зонд

### Литература

1. Валиуллин Р.А., Шарафутдинов Р.Ф., Закиров М.Ф., Федотов В.Я. К вопросу диагностики закоронного перетока снизу методом активной термометрии // Сборник статей конференции «PERSPECTIVE INNOVATIONS IN SCIENCE, EDUCATION, PRODUCTION AND TRANSPORT 2013». – Одесса. 2013.

© Космылин Д.В., Канафин И.В., 2016 г.

## ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Волкова П.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Существует несколько методов оценки неопределенности измерения. Одним из них является метод Монте-Карло, который используется как метод трансформирования распределений на основе моделирования случайных выборок из этих распределений. Этот метод может быть применен к любым моделям, имеющим единственную выходную величину, в которых входные величины характеризуются любыми заданными функциями распределений вероятностей.

По существу, стохастическая интерпретация ГИС характеризует величину расхождения результатов от величин, полученных детерминистическим методом. Более того, предлагаемая методика позволяет интерпретатору определить наиболее значимые параметры, вызывающие неопределенность, и выполнить дополнительные измерения, необходимые для снижения петрофизической неопределенности.

Цель моей работы заключается в поиске экспресс-подхода для анализа неопределенностей и вероятностных ошибок при интерпретации данных ГИС для ключевых петрофизических параметров, таких как пористость, проницаемость, водонасыщение и других. Данная методика выявляет способы минимизации вероятностных ошибок и снижает неопределенности прогноза параметров для конкретных месторождений.

На базе ПО Techlog мною были проведены выбор и анализ ключевых петрофизических параметров и степени их влияния на итоговый результат. Для каждого пласта отдельно взятой скважины рассчитаны параметры P10, P50, P90.

Петрофизическая неопределенность является составным элементом общей задачи по оценке неопределенности геологических и извлекаемых запасов на месторождении. Формула для подсчёта геологических запасов:

$$Q = GRV * \frac{N}{G} * POR * \frac{S_o}{B_o},$$

где GRV – общий геологический объём продуктивной залежи, м<sup>3</sup>;

N/G – песчанистость, д.ед.; POR – пористость, д.ед.;

S<sub>o</sub> – нефтенасыщенность, д.е.;

B<sub>o</sub> – коэффициент извлечения нефти.

К такому подходу наиболее удобно приходить при малой излученности объекта.

© Волкова П.В., 2016 г.

## ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ В ПЛАСТЕ С НАРУШЕННОЙ ПРИСКВАЖИННОЙ ЗОНОЙ

Егоров Е.С.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В последнее время наряду с применением термометрии в диагностике состояния скважин наблюдается интерес к возможности количественной интерпретации температурных измерений. В количественной интерпретации особое место отводится численному моделированию температурных процессов, но не меньшую ценность представляют собой простые аналитические модели, которые могут быть использованы для получения первых приближений при решении обратных задач термометрии и при тестировании сложных численных моделей.

Актуальность работы обусловлена необходимостью сравнения аналитического и численного решения прямых и обратных задач подземной термогидродинамики, используя зарегистрированные данные забойного давления и температуры.

В данной работе используется аналитическая модель неизотермической однофазной фильтрации жидкости в пласте с областью неоднородности по проницаемости в радиальной постановке.

**Постановка задачи:** Исследуется температурное поле в пласте после однократного изменения дебита, вызванного изменением забойного давления. Первоначальное поле давления при однофазной фильтрации жидкости в пористом пласте описывается математической моделью, которая представлена в (1):

$$p_1(r) = \begin{cases} p_{w1} + \frac{Q_1}{2\pi\sigma_1} \ln(r/r_w), & r < r_d \\ p_1(r_d) + \frac{Q_1}{2\pi\sigma_2} \ln(r/r_d), & r > r_d, r < R_k \\ p_1 = p_{пл}, & r > R_k \end{cases} \quad (1)$$

Далее забойное давление скачкообразно изменяется до  $p_{w2}$ . Используется модель жесткого пласта [1], поэтому предполагается, что давление во всем пласте мгновенно перераспределяется до (2):

$$p_2(r) = \begin{cases} p_{w2} + \frac{Q_2}{2\pi\sigma_1} \ln(r/r_w), & r < r_d \\ p_2(r_d) + \frac{Q_2}{2\pi\sigma_2} \ln(r/r_d), & r > r_d, r < R_k \\ p_2 = p_{пл}, & r > R_k \end{cases} \quad (2)$$



Изменение температуры в пласте за счет термодинамических эффектов описывается формулами:

$$T_1(r, t) = \eta(p_1(r_T(t)) - p_{пл}) + \varepsilon(p_1(r_T(t)) - p_1(r)) \quad (3)$$

$$T_2(x_w, t) = \eta(p_1(r_{T1}(r_{T2}(x_w, t), t_p)) - p_{пл}) + \varepsilon(p_1(r_{T1}(r_{T2}(x_w, t), t_p)) - p_1(r_{T2}(x_w, t))) + \eta(p_2(r_{T2}(x_w, t)) - p_1(r_{T2}(x_w, t))) + \varepsilon(p_2(r_{T2}(x_w, t)) - p_2(x_w)) \quad (4)$$

где (3) описывает температурное поле в пласте до изменения дебита, (4) – после изменения дебита

Данная аналитическая модель может быть использована для моделирования термогидродинамических процессов в пласте и скважине для переменного дебита, а также для решения обратных задач – определения параметров пласта по данным изменения температуры на стенке скважины.

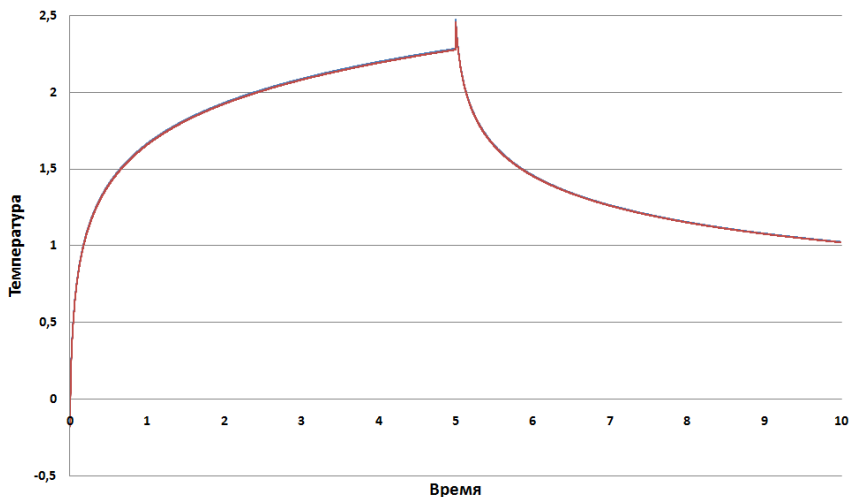


Рис.1 Пример сравнения аналитической и численной моделей

### Литература

1 Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М. Подземная гидромеханика Учебник для вузов. — М.: Недра, 1993. — 416 с.

© Егоров Е.С., 2016 г.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТЕКАНИЯ НЕФТЯННЫХ КЛАСТЕРОВ**

Акчурин Р.З.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Получение некоторых закономерностей изменения проводящих свойств на реальных образцах керна связано с достаточно большими трудозатратами или же невозможны. В связи с этим большой интерес представляет получение закономерностей в зависимости от различных вероятностных характеристик неоднородной системы.

Полученные закономерности могут быть использованы при обосновании петрофизических моделей проводящих свойств пород, особенностью которых является не детерминированное описание определяющих параметров, а вероятностные характеристики разномасштабной неоднородности.

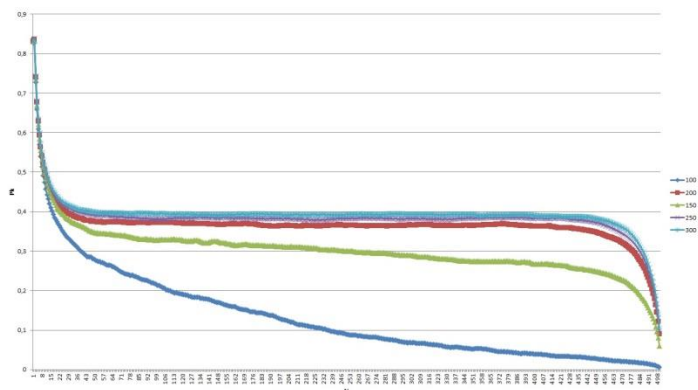


Рис. 1. Зависимость количества пройденных слоев от доли кластера, при различных сечениях

На рис. 1 представлено влияние размеров системы на образование несходящегося кластера.

© Акчурин Р.З., 2016 г.

Большинство месторождений западной Сибири имеют развитую зону переходного насыщения и свободную воду выше общепринятого уровня ВНК, связанную с условиями формирования залежи. Вычисление значения коэффициента водонасыщенности в зависимости от положения над или под уровнем зеркала чистой воды в таком случае является важнейшей задачей, поскольку он играет большую роль при построении геологических и гидродинамических моделей месторождения.

Прогноз водонасыщенности в России и в мире принято высчитывать из капилляриметрических исследований кернa по зависимостям, полученным более 50 лет назад. Эти модели не учитывают степень связанности порового пространства, смачиваемость и имеют весьма плохую сходимость с керновыми данными. К таким моделям, на пример, относятся J функция Леверетта или Thomeer.

Построение детальной петрофизической модели переходной зоны месторождения позволяет определить величину коэффициента водонасыщенности в зависимости высоты от зеркала чистой воды способом, независимым от ГИС, определение  $K_v$  в которых практически невозможно в тонкослоистых пластах за счет шунтирования тока и влияния вмещающих пород.

Если рассмотреть сам механизм формирования переходной зоны, то в основе лежит капиллярное давление, или разница между давлениями на границе раздела фаз. Следовательно, величина этого давления будет зависеть от краевого угла смачиваемости- параметра, который невозможно измерить по ГИС. Исследования показывают, что существовавшая раньше теория гидрофильности коллекторов Западной Сибири неверна, поскольку часть коллектора зачастую имеет нейтральную смачиваемость или вовсе гидрофобна. Именно поэтому, изучение влияния коэффициента смачиваемости является важной задачей для понимания размеров переходной зоны.

Процесс построения переходной зоны состоит из нескольких этапов:

- 1) Выбор математического описания капиллярной модели
- 2) Подбор петрофизических коэффициентов модели
- 3) Оценка пересчетного коэффициента для перехода от давления к высоте над ЗЧВ(зеркалом чистой воды)
- 4) Определение ЗЧВ по данным ГИС и керновых исследований
- 5) Адаптация модели по коэффициенту водонасыщенности.

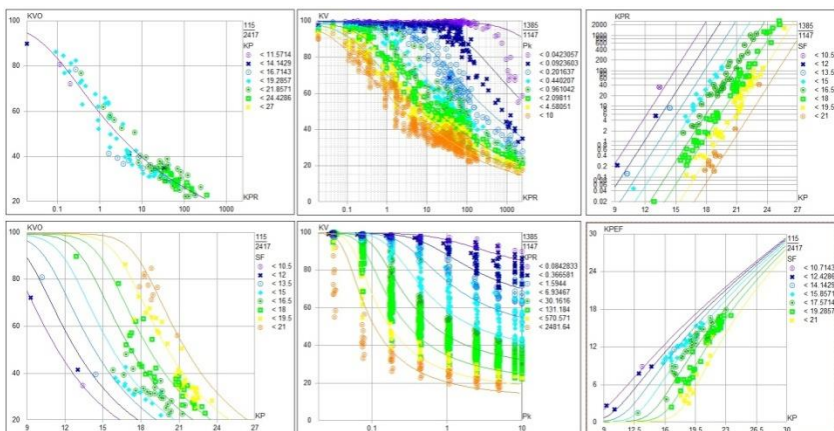


Рис. 1. Пример настройки коэффициентов капиллярной модели

© Фаттахов Э.Э., 2016 г.

УДК 538.7

## АКУСТИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЕМЕР ДЛЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН

Хисматуллина Г.Ф.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время основной объем геофизических исследований горизонтальных скважин выполняется с помощью комплексных автономных приборов, спускаемых на бурильных трубах. На результаты измерений практически всех геофизических методов при исследовании скважин оказывает влияние диаметр скважины.

В корпусе скважинного прибора через 45 градусов по окружности установлены восемь излучателей акустических импульсов. Для определения скорости распространения акустического сигнала в жидкости используется еще один контрольный датчик, который измеряет интервал времен распространения акустического импульса в жидкости между двумя фиксированными стенками. Используя полученные данные, можно определить диаметр скважины. Следует отметить, что разрешающая способность акустического профилера - не более 0,1 мм.

В обсадной колонне по данным акустического профилера были выявлены трубы, у которых внутренний диаметр значительно увеличен за

счет коррозии. Так же были приведены результаты измерения профиля скважины с номинальным диаметром 155,3 мм, пробуренной в карбонатном разрезе. Карбонатный разрез характеризуется пестрым набором типов пористости, и могут обладать очень сложным распределением пор по размерам. Это, в свою очередь, приводит к широкому разбросу значений проницаемости для образцов с одинаковой эффективной пористостью и затрудняет оценку добывных возможностей пласта. По данным акустического профиломера после выхода из обсадной колонны в открытом стволе диаметр скважины имеет изрезанный характер, а развертка по окружности расстояний до стенки скважины показывает, что в горизонтальном стволе при бурении скважины образуется характерная винтовая нарезка. Это было неожиданностью, так как считалось, что в карбонатном разрезе диаметр скважины выдержан и близок к номинальному диаметру долота. В остальном характер изменения диаметра подтвердил полученные ранее результаты.

#### **Литература**

1. А.А. Малахов Разработка аппаратуры для детального исследования скважин с использованием высокочастотных акустических сканирующих систем //НТВ «Каротажник», Тверь: ГЕРС, 1998, Вып.49, с.68-70.

© Хисматуллина Г.Ф., 2016 г.

# ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕУГОЛЬНЫХ СЕТОК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ПЛАСТЕ С ТРЕЩИНОЙ ГРП

Давлетшин Ф.Ф.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Процессы тепло- и массообмена в геологических пластах осложнены такими особенностями геометрии, как многопластовые коллекторы с трещинами и разрывами, а также наличием прискважинных зон. В этом случае расчетные сетки должны обладать более гибкими и разнообразными свойствами с точки зрения возможностей адаптации сетки к геометрии задачи. Для этих целей применяют нерегулярные сетки. Среди нерегулярных сеток выделяют структурированные и неструктурированные. Треугольные сетки являются наиболее распространенными неструктурированными сетками.

При построении треугольных сеток (триангуляции) нужно обратить внимание на два основных требования. Первое требование триангуляции заключается в том, чтобы полученные треугольники были близки к равносторонним. Второе требование - равномерность сетки. Этим требованиям соответствует триангуляция по Делоне, которая обладает рядом оптимальных свойств, например, максимизирует минимальное значение внутренних углов треугольников [1]. Для численного исследования процессов неизотермической фильтрации в пластах с трещинами часто применяется метод конечных элементов, который имеет в данном случае существенное достоинство - произвольную форму обрабатываемой области; сетку можно сделать более редкой в пласте вдали от трещины, где наблюдаются небольшие градиенты давления, и более частой вблизи трещины, т.е. в области значительных градиентов давления и больших скоростей фильтрации. В большинстве вариантов метода конечных элементов погрешность обратно пропорциональна синусу минимального или максимального угла сетки, поэтому многие из алгоритмов автоматического построения сетки используют триангуляцию Делоне.

## Литература

1. Скворцов, А. В. Обзор алгоритмов построения триангуляции Делоне // Вычислительные методы и программирование, 2002, №3, с. 14-39.

© Давлетшин Ф.Ф., 2016 г.

## **DETECTING METHANOL AND ITS SOLUTIONS IN A WELL DURING PRODUCTION WELL LOGGING**

Tatikyan S.A.

Bashkir State University, Ufa, Russia

The purpose of research: to study the properties of methanol and its solutions in order to diagnose its presence in a well during production well logging and to correct its impact on readings of the receiver content.

Objectives of the work:

1. To investigate fundamentals of methanol in borehole geophysics;
2. To study physical-chemical properties of methanol and its solutions in practice;
3. To compare the obtained data with the data from well logging production.

During a production log test on a gas field, methanol is injected into a wellbore to prevent hydration. When logging it is necessary to know what kind of fluid is located in the interval of research. The low level of knowledge of physical-chemical properties of methanol and its solutions leads to the impossibility of its diagnosing according to the data of the water-cut log and resistivity.

Methanol is used in gas industry to stop the formation of hydrates.

For our research we got an exploration well. We set up a formation test in order to initiate the influx of oil. Then the levels were measured. After that the well was placed in exploitation in order to raise the well to the flushing mode, but the mode was not set. Then during the exploitation methanol was injected to prevent hydration.

The practical value of the research: the results of this work can be used for interpretation of gas wells with methanol injection. During the well logging with the use of methanol, not only the readings of resistivity and water-cut log should be considered, but also the readings of density and the volume of methanol injected into the well should be taken into consideration.

### **Literature**

1. Грунвальд А.В. Использование метанола в газовой промышленности в качестве ингибитора гидратообразования и прогноз его потребления в период до 2030 г. // Нефтегазовое дело, 2007.12с.

© Tatikyan S.A., 2016.

## РЕШЕНИЕ ОДНОЙ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ ГЕОТЕРМИИ

Бикташева А.М.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия.

Вовлечение в разработку залежей нефти, приуроченных к отложениям баженовской свиты, является одной из важнейших задач, стоящих перед нефтедобывающей отраслью в Западно-Сибирском регионе России.

Накопленный опыт доказал высокую перспективность и значительный потенциал нефтеносности баженовских отложений, однако их низкая фильтрационная способность осложнила и затруднила промышленное освоение запасов и ресурсов нефти в необходимых объемах.

В настоящее время выявлены следующие особенности баженовской свиты:

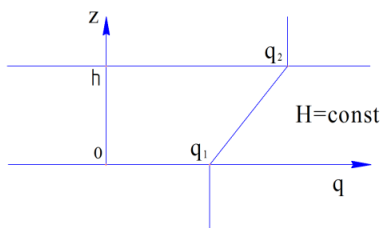
- приуроченность скважин с наиболее значительными дебитами нефти к зонам повышенных температур, достигающих 135°C;
- аномальная обогащенность органического вещества (до 10 % и более);
- сравнительно небольшая мощность при площади распространения, превышающей 1 млн. км<sup>2</sup>;
- тонкоплитчатая, слойчатая и листоватая структура;
- аномально высокие значения кажущегося сопротивления, превышающего 500 Ом-м (нередко достигающие 1000 Ом-м);
- высокие и аномально высокие значения естественной гамма-активности;
- аномально пониженная плотность пород;
- пониженная скорость прохождения упругих сейсмических волн через толщу баженовских аргиллитов;
- аномально высокие пластовые давления в залежах;
- низкие пористость и проницаемость коллекторов баженовской свиты;
- наличие вертикальных и горизонтальных трещин.

Целью нашей работы было разработать простую математическую модель для описания геотермического распределения температуры на Баженовской свите.



**Постановка задачи:**

$$\begin{cases} \lambda \frac{d^2 T}{dz^2} + \rho H = 0 \\ \lambda \frac{dT}{dz} \Big|_{z=0} = q_1 \end{cases}$$



Распределение потока тепла в недрах

где  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности,  $W/(m^*K)$ ;  $T$  – температура,  $K$ ;  $z$  – глубина,  $m$ ;  $\rho$  – плотность,  $kg/m^3$ ;  $H$  - удельная мощность тепловыделения,  $W/kg$ ;  $q_1$  - удельный тепловой поток на поверхности,  $W/m^2$ .

**Вывод:** в ходе работы решена прямая задачи геотермии; результаты работы могут быть использованы для моделирования температурных процессов в пластовых условиях, вызванных генерацией тепла.

© Бикташева А.М., 2016 г.

УДК 550.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ДЖОУЛЯ-ТОМПСОНА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ НЕФТИ**

Гафуров А.И., Султанова М.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Коэффициент Джоуля-Томсона имеет важное значение при исследовании нефтегазовых скважин. Хотя он и известен для моножидкостей (вода, нефть) и газов, но в скважине редко протекает только один вид жидкости. Поэтому нашей задачей является изучение данного коэффициента для двухкомпонентных жидкостей.

Коэффициент Джоуля-Томсона ( $\epsilon$ ) экспериментально можно найти по формуле (1)

$$\epsilon = \Delta T / \Delta P \quad (1)$$

где  $\Delta T$ -изменение температуры, а  $\Delta P$ - величина перепада давления на дроссельном элементе. Величина  $\epsilon$  зависит от физических параметров жидкости и определяется по формуле (2)

$$\epsilon = (1 - a * T) / C_p * \rho \quad (2)$$

где  $a$ -коэффициент теплового расширения жидкости,  $C_p$ - удельная теплоемкость при постоянном давлении,  $\rho$ -плотность жидкости. Из

формулы (2) видно, что имеется зависимость  $\epsilon$  от температуры. Причем влияние температуры связано не только с коэффициентом теплового расширения, но и с зависимостью  $C_p$  и  $\rho$  от температуры. Поэтому на данном этапе работы стоит задача исследовать зависимость коэффициента Джоуля-Томсона от температуры.

Исследования проводились на установке ПИК-ОФП-2-СУ-70-40-1-РР-ФС ("Программно-измерительный комплекс для исследования термодинамических параметров пластовых флюидов"), размещенной в одной из лабораторий кафедры Геофизики БашГУ. Установка обеспечивает одновременную прокачку через дроссельный элемент двух жидкостей при давлениях до 400 атм. и температуре до 150°C.

Сама дроссельная ячейка 1 и медный змеевик 3 помещены в емкость с водой, температура которой регулируется термостатом. Такая схема позволяет стабилизировать температуру исследуемой жидкости на входе в дроссельную ячейку.

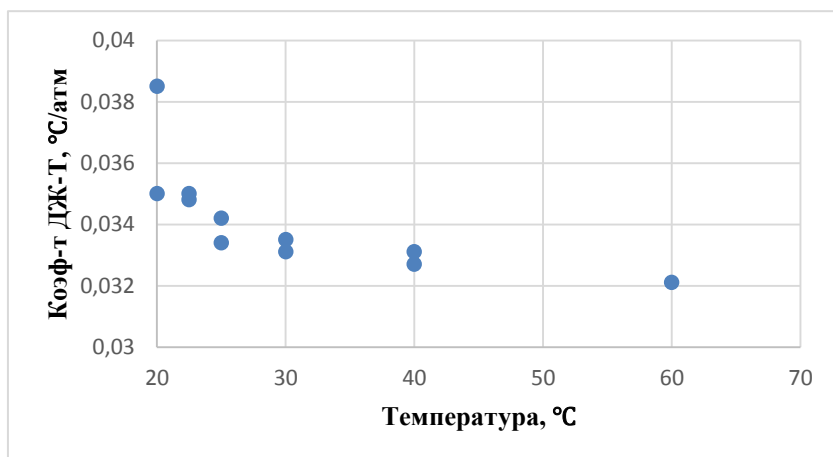
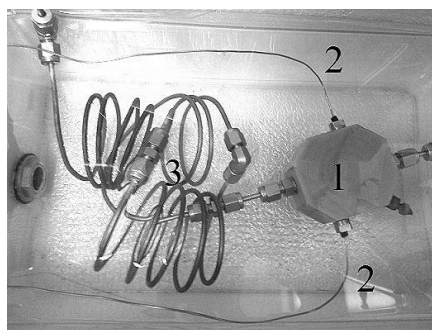


Рис.1. Результаты экспериментального определения зависимости коэффициента Джоуля-Томсона нефти при различных температурах

На рисунке 1 представлены результаты экспериментального определения зависимости коэффициента Джоуля-Томсона нефти при различных температурах. Зависимость имеет нелинейный характер, с максимальной крутизной в интервале температур от 20 до 40 градусов. При 20 °С отмечается большой разброс в коэффициенте Джоуля-Томсона. Возможной причиной может быть выпадение парафина из нефти и частичное закупоривание дроссельной ячейки.

В Республике Башкортостан и в ближайших нефтеносных регионах температура продуктивных интервалов находится в диапазоне 15-40 °С. Поэтому в дальнейшем планируется провести серию экспериментов в первую очередь в этом диапазоне температур.

### **Литература**

1. Термогидродинамические исследования пластов и скважин нефтяных месторождений: Учебное пособие по методике исследований и интерпретации/ Р.А. Валиуллин и др. – Уфа:РИЦ БашГУ, 2010. – 250с.

© Гафуров А.И., Султанова М.В., 2016 г.

## ОПТИЧЕСКАЯ ИЛЛЮЗИЯ

Камалова К.Р., Сахарова К.С.

Уч. МБОУ СОШ «школа №45»

с углубленным изучением отдельных предметов, г. Уфа

науч. рук.: Валиуллина О.Н.

Заслуженный учитель РБ, отличник просвещения РФ  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Оптическая иллюзия - впечатление о видимом предмете или явлении, несоответствующее действительности. В переводе с латыни слово "иллюзия" означает "ошибка, заблуждение". Изучением причин их возникновения занимались многие исследователи. Некоторые зрительные обманы давно уже имеют научное объяснение, другие до сих пор не объяснены [1].



Рис. 1. Изменение направления волнового фронта на границе двух сред с разными свойствами

### Литература

1. Физические основы голографии. С. М. Рытов//Дж. Ли, Б. Уэр. Трёхмерная графика и анимация. — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2002. — 640 с.//Введение в когерентную оптику и голографию: Учеб. пособие для физ.- мат. фак. пед. ин-тов.-Минск: Выш. шк.,1985.-144 с. Шепелевич В. В.// Оптическая голография т.1 С.Б. Гуревич, Г. Колфилд.// Оптическая голография т.2 С.Б. Гуревич, Г. Колфилд.

© Камалова К.Р., Сахарова К.С. 2016 г.

## СЕКЦИЯ «ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА»

УДК 532.5.013.2

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИТОКА К СКВАЖИНЕ С ГРП С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕМА СТВОЛА СКВАЖИНЫ

Емельянов А.Г.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Условием корректной интерпретации ГДИС, основанных на исследовании перераспределения забойного давления при изменении режима работа скважины, является равенство дебитов на устье и забое скважины, однако на ранних временах наблюдается так называемый эффект влияния объема ствола скважины (ВСС), проявляющийся в неравенстве дебитов. Работа посвящена исследованию эффекта ВСС на перераспределение забойного давления и дебит скважины.

С учетом влияния объема ствола скважины распределение давления в пласте описывается следующей задачей:

$$\chi \left( \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} \right) = \frac{\partial P}{\partial t}, \quad 0 < y < \infty; \quad (1)$$

$$P(y, 0) = P(\infty, t) = P_0; \quad (2)$$

$$\frac{\partial P(y=0, t)}{\partial y} = \frac{q\mu}{kS} + C \frac{\partial P(y=0, t)}{\partial t}. \quad (3)$$

В (1)–(3)  $P(y, t)$  – распределение давления в пласте,  $P_0$  – начальное давление,  $q$  – расход жидкости из пласта в трещину (дебит скважины),  $S$  – площадь поверхности трещины,  $\chi$  и  $k$  – пьезопроводность и проницаемость пласта,  $C$  – коэффициент влияния ствола скважины,  $\mu$  – вязкость флюида,  $S = hX_f$ ,  $h$  – мощность пласта,  $X_f$  – полудлина трещины,  $C = \frac{S_0}{\rho g} \frac{\mu}{kS}$ ,  $S_0$  – площадь сечения скважины,  $\rho$  – плотность флюида,  $g$  – ускорение свободного падения.

Аналитическое решение задачи получено методом преобразования Лапласа.

По результатам расчетов выявлено, что с увеличением коэффициента ВСС продолжительность влияния ствола скважины увеличивается, зависимость имеет степенной характер.

© Емельянов А.Г., 2016 г.

## **ВЗАИМОВЛИЯНИЕ НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН В ЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ С НИЗКОПРОНИЦАЕМЫМ КОЛЛЕКТОРОМ**

Асалхузина Г.Ф.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

На месторождениях с низкопроницаемыми коллекторами все добывающие и проектные нагнетательные скважины вводятся в эксплуатацию после операции гидроразрыва пласта. При этом после перевода в нагнетание нагнетательные скважины работают при давлениях превышающих давления развития трещин. Происходит самопроизвольное развитие техногенных трещин – эффект автоГРП [1,2]. Длины таких трещин могут достигать соседних нагнетательных скважин и образовывать единый ряд нагнетания с магистральной техногенной трещиной автоГРП [3].

Эксплуатация нагнетательных скважин в рядной системе не всегда осуществляется при одинаковых давлениях закачки. При этом в отдельных нагнетательных скважинах давление закачки может быть больше на несколько атмосфер. Это в свою очередь может привести к неравномерной закачке в скважинах, которые соединены магистральной трещиной автоГРП. В ряде случаев нагнетательная скважина с меньшим давлением закачки в линейной системе разработки может иметь существенно меньшую приемистость, чем другие скважины окружения.

В данной работе выполнено моделирование рядной системы разработки с нагнетательными скважинами, которые соединены трещиной автоГРП и имеют разные давления закачки. Проведено численное моделирование гидродинамического исследования методом регистрации кривой падения давления в остановленной скважине с учетом влияния других работающих скважин.

### **Литература**

1. Мальцев В.В., Асмандияров Р.Н., Байков В.А., Усманов Т.С., Давлетбаев А.Я. 2012. Исследование развития трещин автоГРП на опытном участке Приобского месторождения с линейной системой разработки. Нефтяное хозяйство. № 5. С. 70-73.
2. Давлетбаев А.Я., Асалхузина Г.Ф., Ивашенко Д.С., Федоров А.И., Фурсов Г.А., Назаргалин Э.Р., Слабецкий А.А., Сергейчев А.В., Ямалов И.Р., Валеева Э.З. 2015. Гидродинамические методы контроля за развитием трещин автоГРП при заводнении в

низкопроницаемых коллекторах. SPE 176562.  
<http://dx.doi.org/10.2118/176562-RU>

3. Давлетбаев А.Я., Байков В.А., Бикбулатова Г.Р., Асмандияров Р.Н., Назаргалин Э.Р., Слабецкий А.А., Сергейчев А.В., Нуриев Р.И. 2014. Промысловые исследования по изучению самопроизвольного развития техногенных трещин в нагнетательных скважинах. SPE-171232. <http://dx.doi.org/10.2118/171232-MS>

© Асалхузина Г.Ф., 2016 г.

УДК 629.7

## **ОБ ИСТОРИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В АВИАЦИИ**

Боронин Е.В., Шишкина А.Ф.

Уфимский государственный авиационный технический университет  
г. Уфа, Россия

Композиционный материал (КМ) – это объемный монолит, искусственно образованный из разнородных и нерастворимых друг в друге компонентов, соединяемых между собой в единое целое за счет сил адгезионного взаимодействия на границе их раздела. Свойства КМ часто превосходят по своим показателям традиционные металлические материалы. Материалы с такими показателями находят свое применения в самых разных областях науки и техники, в том числе и в авиации.

Начало применения КМ в конструкции летательных аппаратов относится к первым десятилетиям XX в. Первым из композитов в конструкции летательных аппаратов можно считать фанеру. Ее использовал в 1911 году И.И. Сикорский в качестве обшивки гондолы для размещения пилота и двигателя на самолете-биплане С-6. Более широкое применение фанера получила в конструкции легкого транспортного самолета НИАИ-1. В конструкции самолета нервюры крыла, секции лонжеронов и силовой набор оперения были изготовлены из тонкостенных фанерных структур. В СССР первые КМ в виде слоистых композиций были созданы в ВИАМе, в частности, это была дельта-древесина. Первым самолетом с широким использованием дельта-древесины в конструкции стал истребитель ЛаГГ-1 (1940 г.).

С появлением стеклопластика на основе полиэфирной смолы начался этап бурного использования КМ и их использования в авиации. В 1938 г. компания Douglas Aircraft применила стеклопластик для изготовления обтекателей в конструкции бомбардировщика Douglas A-20 Navoc. В 1964 г. появился первый полностью стеклопластиковый планер под названием Н-301 Libelle («Dragonfly»). В 1967 г. совершил первый полет выполненный в основном из пластика четырехместный гражданский поршневого самолет Eagle, построенный фирмой Windecker.

В СССР первым самолетом, в котором масштабно применены КМ, стал учебно-пилотажный самолет ОКБ им. П.О. Сухого Су-26М (1984 г.).

В настоящее время перечень военных и разного назначения легких самолетов, в конструкции которых (в том числе в основной силовой конструкции) широко используются КМ, достаточно велик.

Композиты являются очень перспективными для применения в авиации и в будущем спектр их использования будет только расширяться.

© Боронин Е.В., Шишкина А.Ф., 2016 г.



## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ АКТИВНОЙ ЖИДКОСТИ В МИКРОКАНАЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ OPENFOAM**

Байгузин Р.В., Марьин Д. Ф., Мусин А.А., Валиуллина В.И.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Рассматривается микроканал, изготовленный из полидиметилсилоксана (ПДМС). При течении через такой микроканал органических растворителей ПДМС набухает, что приводит к изменению расходных характеристик микроканала. Математическая модель процесса включает уравнение движения и уравнение сохранения масс фильтрующихся фаз с учетом расхода фазы растворителя на набухание ПДМС, дополненные соответствующими замыкающими соотношениями.

Для математического моделирования рассматриваемого процесса предлагается использовать среду OpenFOAM [1], представляющей собой среду разработки и численного решения задач Механики Сплошных Сред, реализующую метод конечных объёмов для решения дифференциальных уравнений в частных производных.

В данной работе в качестве первого приближения к решению полной задачи проведено моделирование процесса течения активной жидкости в микроканале на основе системы уравнений Навье-Стокса. Рассмотрены случаи течения жидкости в каналах различного поперечного сечения. Получены расходные характеристики в зависимости от геометрических размеров канала и граничных условий. Проведено сопоставление результатов численных расчетов с аналитическим решением. Получено хорошее согласование результатов. Для визуализации численных результатов был использован Paraview - графический кроссплатформенный пакет для интерактивной визуализации в исследовательских целях.

Результаты работы будут использованы для решения полной задачи течения через микроканал активной жидкости с учетом изменения пустотного пространства микроканала.

### **Литература**

1. Christopher J. Greenshields. OpenFOAM The Open Source CFD Toolbox User Guide // OpenFOAM Foundation Ltd. – 2015.

© Байгузин Р.В., Марьин Д. Ф., Мусин А.А., Валиуллина В.И., 2016 г.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПЛАСТА ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ ТЕПЛОБМЕНЕ С ОКРУЖАЮЩИМИ ПОРОДАМИ

Петрова Е.Ю.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Рассматривается задача, описывающая распределение температуры  $T$  в пласте при закачке в пласт жидкости через скважину с постоянным дебитом:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right) - v(\rho c)_f \frac{\partial T}{\partial r} - \frac{\alpha_0}{\sqrt{t}} (T - T_0); \quad r_w < r < \infty; \quad 0 < t < t_1 \quad (1)$$

$$T(r, t = 0) = T_0, \quad T(r = r_w, t) = T_w \quad (2)$$

В отличие от задачи, рассмотренной в [1], здесь поток тепла к кровле и подошве пласта не постоянен и изменяется со временем. Скорость фильтрации жидкости рассчитывается по формуле:

$$v = \frac{Q}{2\pi hr} \quad (3)$$

В (1)-(3)  $(\rho c)$  и  $(\rho c)_f$  – объемная теплоемкость пласта и флюида,  $\alpha$  – коэффициент теплообмена,  $Q$  – расход флюида,  $h$  и  $\lambda$  – мощность и теплопроводность пласта.

Аналитическое решение задачи получено в виде:

$$T(r, t) = T_0 + (T_w - T_0) \frac{1}{\Gamma(\theta)} \int_{\frac{r^2}{4at}}^{\infty} e^{-\left(z + \frac{\alpha_0 r}{\rho c \sqrt{az}}\right) z^{\theta-1}} dz, \quad z = \frac{r^2}{4a(t - \tau)} \quad (4)$$

Здесь  $\alpha_0 = \frac{(\rho c)_0}{h} \sqrt{\frac{\alpha_0}{\pi}}$ , где  $(\rho c)_0$  и  $\alpha_0$  – объемная теплоемкость и температуропроводность окружающих пласт пород.

$\Gamma(\theta) = \int_0^{\infty} U^{\theta-1} e^{-u} du$  – гамма-функция.

Расчеты по формуле (4) позволяют определить основные характеристики исследуемого процесса. В пласте распространяется конвективный фронт, положение которого зависит от расхода жидкости.

## Литература

1. Петрова Е.Ю. «Моделирование температурного поля пласта при закачке жидкости с учетом теплообмена с окружающей средой» // Научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых-физиков, посвященная 100-летию со дня рождения первого ректора БашГУ Ш.Х. Чанбарисова. – Уфа, 2016 – с. 170

© Петрова Е. Ю., 2016 г.

УДК 537.9

### **ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С НЕФТЕНАСЫЩЕННЫМИ ПОРИСТЫМИ СРЕДАМИ**

Ковалева Л.А., Киреев В.Н., Зиннатуллин Р.Р., Султангужин Р.Ф.,  
Шрубковский И.И.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Истощение традиционных нефтяных месторождений является острым вопросом, вынуждающим к разработке месторождений трудноизвлекаемой нефти, которые характеризуются сложным геологическим строением, низкой проницаемостью, высокой вязкостью и сложной реологией нефти. Эффективная разработка таких месторождений не может быть обеспечена существующими технологиями.

Метод нагрева призабойной зоны пласта с использованием энергии электромагнитного поля представляется наиболее эффективным и перспективным [1, 2]. Основная цель использования электромагнитного поля – нагрев пласта для снижения вязкости нефти. Температура среды повышается за счет трения осциллирующих в переменном электромагнитном поле молекул с дипольными моментами. Для электромагнитного нагрева пласта можно использовать широкий спектр частот от 300 кГц до 300 МГц. От правильности выбора частоты излучения зависит степень взаимодействия электромагнитной волны с нефтью, а также глубина проникновения ее в пористую среду. Кроме этого преимущество метода состоит не только в тепловом воздействии, но в проявлении дополнительных эффектов, связанных с особенностями физико-химических явлений в многокомпонентных углеводородных системах при воздействии высокочастотного электромагнитного поля [3].

Исследования проведены на специально разработанном стенде, состоящем из модели призабойной зоны пласта и высокочастотного

импульсного генератора, спускаемого в скважину на уровень продуктивного пласта. Модель продуктивного пласта представляет собой слой кварцевого песчаника. Распределение температуры в пласте при высокочастотном электромагнитном воздействии регистрируется системой контроля температуры.

### Литература

1. Rassenfoss S. Seeking More Oil, Fewer Emission // Journal of Petroleum Technology. – 2012. – No.9. – P.34-45.
2. Способ разработки залежи высоковязкой нефти. Ковалева Л.А., Давлетбаев А.Я., Зиннатуллин Р.Р. // Патент на изобретение RU №2454532. –Опубл. 27.06.12.
3. Саяхов Ф.Л., Ковалева Л.А., Насыров Н.М., Галимбеков А.Д. Влияние высокочастотного электромагнитного поля на перекрестные эффекты переноса в многокомпонентных системах // Магнитная гидродинамика. – 1998. – Т.34, №2. – С.148-157.

© Ковалева Л.А., Киреев В.Н., Зиннатуллин Р.Р.,  
Султангужин Р.Ф., Шрубковский И.И., 2016 г.

УДК 616.073.756.8

### **РАДИОИЗОТОПЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПОЗИТРОННО-ЭМИССИОННОЙ ТОМОГРАФИИ**

Гаймалова Р.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Методика ПЭТ отображения является комбинацией двух изобретений, представленных к Нобелевской премии – радиоактивного индикатора и принципов томографии.

Любое ПЭТ исследование состоит из нескольких основных этапов:

1. производство радиоизотопа;
2. маркировка выбранного состава испускающим позитроны радионуклидом и подготовка состава в форме, пригодной для воздействия на людей;
3. транспортировка состава из лаборатории к месту проведения исследования;
4. воздействие радиоактивного индикатора и получение данных ПЭТ;
5. отображение распределения активности позитрона как функции времени, обработка данных;
6. интерпретация результата.

Система производства радиоизотопов состоит из трех основных частей:

- циклотрона (ускорителя частиц);
- биологического синтезатора, присоединяющего радиоизотопы к биологическим молекулам;
- компьютера, контролирующего процесс.

До начала исследования в циклотроне производится радиоактивное вещество, входящее в естественный химический состав тела (атомы кислорода, углерода, азота) и распадающееся с испусканием позитронов.

Радиоизотопы, используемые в ПЭТ

Изотоп	Период полураспада, мин	Средняя кинетическая энергия, мэВ
$^{11}\text{C}$	20,4	0,385
$^{13}\text{N}$	10,0	0,491
$^{15}\text{O}$	2,0	0,735
$^{18}\text{F}$	109,8	0,242
$^{68}\text{Ga}$	68,3	0,783
$^{82}\text{Rb}$	1,25	1,32

В настоящее время основными областями клинического применения ПЭТ являются онкология, кардиология, неврология.

ПЭТ является высокоинформативным методом лучевой диагностики, позволяя за одно исследование оценить стадию заболевания, получив изображение первичной опухоли, региональных и отдаленных метастазов, в том числе ранее непредвиденных, что зачастую кардинально меняет тактику ведения пациента.

### Литература

1. Марусина М.Я, Казначеева А.О. Современные виды томографии. Учебное пособие.

© Усманов А.С., 2016 г.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКАЧКИ «ХОЛОДНОГО» РАСТВОРИТЕЛЯ В СКВАЖИНУ С ТЕХНОГЕННОЙ ТРЕЩИНОЙ ГИДРОРАЗРЫВА В ПЛАСТЕ С ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТЬЮ

Исмагилова И.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Изучение и совершенствование технологий добычи месторождений с высоковязкой нефтью и битумами приобретают все большую актуальность, поскольку запасы этих ресурсов уже превышают запасы обычной (легкой) нефти, а доля тяжелой нефти в структуре запасов углеводородов будет только увеличиваться [1-3]. В данной работе исследованы процессы массопереноса смешивающегося агента и высоковязкой нефти при моделировании закачки «холодного» растворителя в скважину с техногенной трещиной гидразрыва пласта.. Выполнено численное моделирование пространственного распределения давления и концентрации маловязкого растворителя в системе «скважина – трещина – пласт» при различных параметрах среды и режимах работы скважины.

Процессы перемешивания маловязкого растворителя с высоковязкой нефтью описываются уравнениями конвективной диффузии (1)-(2) и пьезопроводности (3)-(4) в техногенной трещине и продуктивном пласте:

$$\phi_f \frac{\partial C_{sf}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (D_f \frac{\partial C_{sf}}{\partial x}) - v_f \frac{\partial C_{sf}}{\partial x} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \phi_m \frac{\partial C_{sm}}{\partial t} = & \frac{\partial}{\partial x} (D_{mx} \frac{\partial C_{sm}}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (D_{my} \frac{\partial C_{sm}}{\partial y}) \\ & - (v_{mx} \frac{\partial C_{sm}}{\partial x} + v_{my} \frac{\partial C_{sm}}{\partial y}) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\phi_f \beta_{ft} \frac{\partial P_f}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{k_f}{\mu_L} \frac{\partial P_f}{\partial x} \right) + \frac{q}{w_f h} \quad (3)$$

$$\phi_m \beta_{mt} \frac{\partial P_m}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{k_m}{\mu_L} \frac{\partial P_m}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{k_m}{\mu_L} \frac{\partial P_m}{\partial y} \right) \quad (4)$$

### Литература

1. Николаевский В.Н. Механика пористых и трещиноватых сред. Недра, 1984
2. Николин И.В. Методы разработки тяжелых нефтей и природных битумов. Наука, 2007, 54 с.
3. Забродин П.И., Розенберг М.Д., Раковский Н.Л. Вытеснение нефти из пласта растворителем, Недра, 1986.

© Исмагилова И.Р., 2016г.

УДК 532.5

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОСЕДАНИЕ ОДИНОЧНОЙ КАПЛИ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ В ПОЛЕ ГРАВИТАЦИОННЫХ СИЛ**

Юлмухаметова Р.Р., Мусин А.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Изучение водонефтяных эмульсий не теряет своей актуальности по сей день, играя важную роль как в физике, так и во многих прикладных областях. Одной из главных задач является их устранение при переработке нефти.

В работе [1] приведено решение задачи о тепловом движении жидкости внутри и вне капли в поле сил тяжести и электромагнитном поле. Для решения поставленной задачи система уравнений, описывающих процесс, была приведена к безразмерному виду.

Данная работа посвящена безразмерному анализу этой задачи. Для этого выделен ряд безразмерных комплексов составленных из чисел Прандтля, Остроградского, Рейнольдса, Грасгофа и Архимеда. Построены кривые зависимости плотности воды и нефти от температуры при разных значениях коэффициента теплового расширения. Показано, что плотность нефти уменьшается значительно больше по сравнению с плотностью воды.

Проведен анализ кривых зависимости числа Архимеда от температуры при переменной и постоянной плотности воды и нефти. Выявлено, что учет зависимости плотности воды и нефти по-разному влияют на зависимость числа Архимеда от температуры, при этом зависимость плотности и вязкости нефти имеет преобладающее влияние на значение числа Архимеда.

Результаты работы могут быть применены для экспресс оценки эффективности применения тепловых методов разрушения водонефтяных эмульсий.

Работа выполнена при поддержке грантов Президента РФ МК-9398.2016.1, Министерства образования и науки Российской Федерации (государственное задание №З.1251.2014 К) и РФФИ № 14-01-97005.

### **Литература**

1. Fatkhullina Y.I., Musin A.A., Kovaleva L.A., Akhatov I.S. Mathematical modeling of a water-in-oil emulsion droplet behavior under the microwave impact// Journal of Physics: Conference Series. 2015. 574(1), art. no. 012110.

© Юлмухаметова Р.Р., Мусин А.А., 2016 г.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ В ПЛАСТЕ С НЕИДЕАЛЬНОЙ ТРЕЩИНОЙ ГРП

Согурина О.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В работе рассматривается скважина, пересеченная одной вертикальной трещиной ГРП. Во многих случаях в процессе ГРП вокруг трещины образуется поврежденная зона, проницаемость которой меньше чем проницаемость основной части пласта, т.е. имеет место неидеальная трещина ГРП. При запуске скважины в эксплуатацию основной поток жидкости в скважину поступает через трещину. В начальной стадии процесса эксплуатации этот поток является линейным. Таким образом, имеет место плоско-одномерная фильтрация флюида к трещине и скважине через неоднородный пласт, состоящий из двух областей различной проницаемости.

Предполагая, что в начальный момент времени давление во всем пласте одинаково и равно  $P_0$ , для определения понижения давления в пласте в обеих зонах в процессе эксплуатации скважины,  $P_1(y,t)-P_0$ ,  $P_2(y,t)=P_0$  имеем следующую задачу:

$$\kappa_1 \frac{\partial^2 P_1}{\partial y^2} = \frac{\partial P_1}{\partial t}, \quad 0 < y < l \quad (1) \quad P_1(l,t) = P_2(l,t) \quad (4)$$

$$\kappa_2 \frac{\partial^2 P_2}{\partial y^2} = \frac{\partial P_2}{\partial t}, \quad l < y < \infty \quad (2) \quad P_1(y,0) = P_2(y,0) = P_2(\infty,t) = P_0 \quad (5)$$

$$\kappa_1 \frac{\partial P_1(l,t)}{\partial y} = \kappa_2 \frac{\partial P_2(l,t)}{\partial y} \quad (3) \quad P_1(0,t) = P_c \quad (6)$$

Аналитическое решение задачи получено методом преобразования Лапласа. Численные расчеты позволяют определить влияние параметров скин-зоны вокруг трещины ГРП на распределение давления.

### Литература

Каневская Р.Д. Математическое моделирование разработки месторождений нефти и газа с применением гидравлического разрыва пласта. – М.: ООО «Недра-бизнесцентр». -1999.-212с.

© Согурина.О.В., 2016 г.



## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДОГАЗОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Усманов А.С.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одним из актуальных МУН в наши дни является Водогазовое воздействие (ВГВ). В нефтяной пласт закачивается, добываемый на этом же месторождении, попутный газ.

Нагнетание попутного газа в пласт позволяет избежать окружающую среду от вредного воздействия в результате сжигания на факелах и увеличить добычу нефти.

При определенных условиях, при нагнетании газа в нефтяном пласте, во-первых, образуется углеводородная смесь, смешивающаяся с нефтью и газом. Это позволяет уменьшить действие капиллярных сил, удерживающих остаточную нефть в пласте. Во-вторых, уменьшается вязкость нефти.

Газ, в закачиваемой Водогазовой смеси (ВГС) поступает в пласт, проникает в труднодоступные поры и смешивается с трудноизвлекаемой нефтью, тем самым снижает обводненность и повышает КИН.

Закачка ВГС производилась на месторождение, представляющее собой рифовую залежь без газовой шапки. Карбонатный, трещиновато-пористый коллектор.

### Литература

1. Антонцев С.Н., Кажихов А.В., Монахов В.Н., «Краевые задачи механики неоднородных жидкостей». Новосибирск, СО Наук, 1873. стр. 316.
2. Желтов Ю.П., «Разработка нефтяных месторождений», «Недра» 1986, стр. 237.
3. «Oil & Gas» Journal 15 April 2002.

© Гаймалова Р.Р., 2016 г.

УДК 53.072, 532.546

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ  
ФИЛЬТРАЦИИ В МИКРОКАНАЛАХ С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ  
ПУСТОТНЫМ ПРОСТРАНСТВОМ**

Валиуллина В.И., Саметов С.П., Мусин А.А., Байгузин Р.В.  
Башкирский государственный университет г. Уфа, Россия

В данной работе разработана экспериментальная методика, направленная на верификацию математических моделей фильтрации в пористых средах с изменяющейся пористостью и физико-химическими превращениями.

Экспериментальная установка представляет собой систему прямолинейных микроканалов прямоугольного поперечного сечения различной ширины (50 – 150 мкм), выполненных в полидиметилсилоксане (ПДМС). Ширина и длина каналов задаются маской для фотолитографирования, высота определяется толщиной наложенного в процессе изготовления фоторезиста и варьируется от нескольких до сотен микрометров.

Методика основана на свойстве ПДМС набухать при контакте с различными растворителями. При закачке растворителя в микроканал часть растворителя впитывается через стенки канала в ПДМС. ПДМС набухает, тем самым блокируя часть пустотного пространства микроканала. Расходные характеристики микроканала ухудшаются. При последующей закачке воздуха или воды в заполненный растворителем микроканал с набухшими стенками остатки растворителя из микроканала вымываются. Начинается процесс обратный набуханию, происходит переход растворителя из ПДМС обратно в микроканал. Стенки микроканала постепенно принимают первоначальное положение. Расходные характеристики микроканала восстанавливаются.

Эта система способна смоделировать ситуацию, когда пористость изменяется, как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения.

© Валиуллина В.И., Саметов С.П.,  
Мусин А.А., Байгузин Р.В., 2016 г.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАГРЕВА РЕЗЕРВУАРА С  
НЕФТЯНЫМ ШЛАМОМ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ**

Бухмастова С.В., Мусин А.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Нефтяной шлам – это смесь, состоящая из нефтепродуктов, механических примесей (глины, окислов металлов, песка) и воды. Он пагубно влияет на окружающую среду, поэтому его необходимо перерабатывать и утилизировать. Основная проблема при транспортировке нефтяного шлама к местам утилизации – это его высокая вязкость. Существуют различные методы для снижения вязкости шлама: применение растворителей, индукционный нагрев и т.п. Одним из перспективных и экономически выгодным методом по уменьшению вязкости нефтяного шлама является электромагнитный нагрев. В данной работе с помощью численной модели рассматривается воздействие высокочастотного электромагнитного поля на резервуар с нефтяным шламом.

Физическая модель представляет собой металлическую цилиндрическую емкость, в центре которой располагается дюралюминиевый стержень – излучатель электромагнитной энергии. В целях уменьшения потери тепла боковая поверхность и торцы емкости теплоизолированы. В основе математической модели лежит уравнение теплопроводности, записанное в цилиндрической системе координат. Воздействие электромагнитного излучения учитывается введением источникового члена, описывающего плотность распределенных источников тепла в нефтешламе. Влияние конвективного переноса тепла учитывается посредством эффективного коэффициента теплопроводности. Задача решается численно методом контрольного объема по неявной схеме [1].

В результате математического моделирования показано, что при наличии объемных источников тепла исследуемая жидкость прогревается равномернее.

Работа выполнена при поддержке грантов Президента РФ МК-9398.2016.1, Министерства образования и науки Российской Федерации (государственное задание №3.1251.2014 К) и РФФИ № 14-01-97005.

**Литература**

1. Патанкар С. В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984, 152 с.

## **БОРЬБА С СОЛЕОТЛОЖЕНИЯМИ ПОСРЕДСТВОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ**

Мухтаров И.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Развитие нефтяной и газовой промышленности требует привлечения широкого комплекса физических и физико-химических методов воздействия в различных технологических процессах. Основные физические методы воздействия связаны с применением электромагнитных, электрических, ультразвуковых и барометрических полей.

Существуют методы обработки нефтяного флюида магнитными полями, которые способствуют кристаллизации соли в нефти и, как следствие, снижению отложению солей на рабочих органах насоса.

Анализ особенностей изменения удельной магнитной восприимчивости в зависимости от молекулярной массы и строения молекул углеводородов показывает, что наиболее диамагнитными являются легкие фракции состоящие в основном из парафино-нафтеновых углеводородов, служащих сырьем для выработки бензинов и дизельного топлива. По мере перехода к керосиновым и масляным фракциям доля парафино-нафтеновых углеводородов в них существенно уменьшается, а содержание ароматики повышается, что вызывает увеличение магнитной восприимчивости соответствующих фракций. Магнитная восприимчивость остатков нефти значительно больше чем у легких фракций, что связано с увеличением доли содержания парамагнитных компонентов в соответствующих фракциях.

Таким образом, воздействие магнитного поля на жидкие углеводородные топлива приводит к снижению к изменению ряда физико-химических параметров, что эквивалентно их предварительному подогреву, а также снижению температуры их вспышки, и следовательно повышению теплотворной способности топлив.

### **Литература**

1. Сюняев С.Р., Сюняев Р.З., Сафиева Р.З. Нефтяные дисперсные системы. – М.: Химия, 1990. – 224 с.

© Мухтаров И.А., 2016 г.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКОСТИ К СКВАЖИНЕ, С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ СТВОЛА СКВАЖИНЫ И СКИН-ЗОНЫ

Лепихин Е.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Современное состояние нефтедобывающей отрасли характеризуется переходом большинства крупных месторождений на позднюю стадию разработки с высокой степенью обводненности продукции и повышением доли трудноизвлекаемых запасов. Повышение эффективности разработки низкопроницаемых многопластовых месторождений достигается путем разработки нефтегазовых объектов единой сеткой скважин. Задача по геолого-промысловому контролю за выработкой запасов нефти и определению энергетического состояния каждого из разрабатываемых пластов становится наиболее актуальной.

Нестационарная фильтрация жидкости к скважине, работающей на 2 объекта, при наличии в призабойной зоне пласта скин-зоны и при учете влияния ствола скважины описывается следующей задачей [1]:

$$\frac{\chi_i}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial P_i}{\partial r} \right) = \frac{\partial P_i}{\partial t}, \quad i = 1; 2 \quad r_w \leq r < \infty \quad (1)$$

$$P_i(r, t = 0) = P_i(\infty, t) = P_{0i}, \quad (2)$$

$$P_w(t) = P_i(r_w, t) - S_i r_w \frac{\partial P_i(r_w, t)}{\partial r}, \quad (3)$$

$$Q(t) = 2\pi \sum_{i=1}^2 \left( \frac{kh}{\mu} \right)_i r_w \frac{\partial P_i(r_w, t)}{\partial r} + C \frac{\partial P_w}{\partial t} \quad (4)$$

Задача решается в пространстве изображений преобразования Лапласа. Анализ решения задачи позволяет установить основные закономерности изменения давления на забое скважины с учетом скин-эффекта и влияния ствола скважины.

### Литература

1. Эрлагер мл., Р. Гидродинамические методы исследования скважин; пер. А. В. Щebetова, под ред. М. М. Хасанова. - М. ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2006. - 512 с.

© Лепихин Е.А., 2016 г.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЛИНЕЙНОГО ПРИТОКА ЖИДКОСТИ В СКВАЖИНУ С ТРЕЩИНОЙ ГИДРОРАЗРЫВА

Хисамов А.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

С момента пуска в эксплуатацию в неограниченном пласте скважины с вертикальной трещиной гидроразрыва, выделяют четыре стадии течения жидкости: линейное течение вдоль трещины к скважине, билинейный поток, линейное течение из пласта в трещину и псевдорadiaльный период. Такое достаточно условное разделение потока жидкости на стадии считается плодотворным для гидродинамического исследования скважин с трещиной гидроразрыва. Для определения проницаемости трещины и ее длины наиболее важна информация о первых двух периодах фильтрации.

В настоящее время теория фильтрации в пластах с трещиной гидроразрыва достаточно хорошо развита в основном для стационарной фильтрации. Поэтому представляется актуальной формулировка и решение задачи нестационарной фильтрации вокруг скважины с трещиной гидроразрыва. При фильтрации нестационарные эффекты наиболее заметно проявляются в начальной стадии проявления перераспределения давления для малых времен, именно в этот промежуток проводятся основные гидродинамические исследования скважин.

Билинейный поток объединяет два одновременно существующих линейных (одномерных) потока в пласте и в трещине. Предполагается, что в начале давление вокруг скважины в трещине и в пласте одинаково. При  $t = 0$  начинается отбор жидкости в скважину. В трещине и в пласте создается нестационарный фильтрационный поток. При этом эксплуатация скважины возможно в двух режимах: поддержание дебита или поддержание забойного давления. Размер пласта  $h_r$  и ширина трещины  $w_f$  и их проницаемости  $k_r$  и  $k_f$  удовлетворяют условиям  $k_f \gg k_r$ ,  $w_f \ll h_r$ .

Распределение давления в трещине и в пласте при задании постоянного дебита на скважине, решая методом преобразования Лапласа, имеет следующий вид:

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

Полученное решение позволяет оценивать распределение давления в трещине и в пласте. Сравнительный анализ этой зависимости с реальной измеренной кривой падения давления позволяет определить параметры пласта и трещины на основе гидродинамических исследований скважин.

### Литература

1. Cinco-Ley, H. and Samaniego-V. Transient Pressure Analysis for Fractured Wells // JPT. - Sept. 1981.- с. 1749-1766.
2. Kuchuk, F., & Biryukov, D. Pressure-Transient Tests and Flow Regimes in Fractured Reservoirs // Society of Petroleum Engineers -166296-PA.- May 1, 2015.- 18 с.

© Хисамов А.А., 2016 г.

УДК 538.16

### **ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ «РН-ГДИС»**

Терентьева Д.В., Байрамгалин А.Р. \*, Ивашенко Д.С.\*  
Башкирский государственный университет г. Уфа, Россия.  
\*ООО «РН-УфаНИПИнефть»

В работе рассматриваются некоторые аспекты использования современных российских разработок в области моделирования и интерпретации данных промысловых гидродинамических исследований (ГДИС). Существуют широко используемые зарубежные программные комплексы, позволяющие решать задачи моделирования и интерпретации ГДИС, в компании «Роснефть» в рамках программы по импортозамещению разрабатывается аналогичный модуль – «РН-ГДИС».

Особенности модуля:

- функциональные элементы данного ПК позволяют загрузить исходные данные, решить прямую-обратную задачи и отобразить решение задачи;

- используются модели: вертикальная скважина, вертикальная скважина с гидроразрывом пласта, горизонтальная скважина, горизонтальная скважина с гидроразрывом пласта;
- на тестовых примерах получено хорошее согласование с эталоном – ПК “Saphir” производства KAPPA Eng. (Франция).

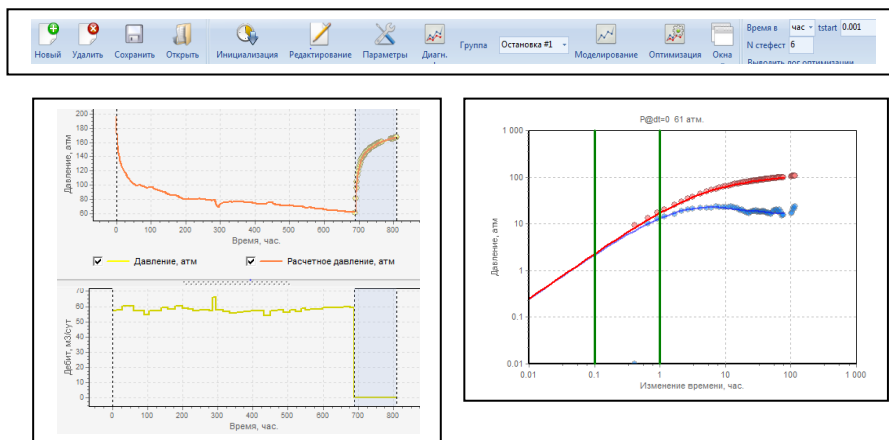


Рис. 1. Характерный вид КВУ, модель ВС

На рис. 1 представлен один из примеров интерпретации в «РН-ГДИС».

### Литература

1. Houze O., Viturat D., Fjaere O.S. Dynamic Data Analysis – v.4.12.03. – 2015. – KAPPA Eng.

© Терентьева Д.В., 2016 г.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЗАТОПЛЕННОЙ СТРУИ В УСЛОВИЯХ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ

Кильдибаева С.Р.

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, г. Стерлитамак, Россия

Интерес к изучению затопленных струй связан с прогнозированием распространения загрязнений в результате выбросов нефти и газа при разрыве трубопровода или повреждения скважины. Расчет кинетических и теплофизических характеристик затопленной струи важен для определения траектории струи, скорости распространения, процесса смешивания с окружающей водой. Также важно знать температуру струи в каждом сечении, что позволит спрогнозировать образование гидратов в случае, когда струя нефти и газа распространяется в условиях гидратообразования. Расчет параметров таких струй особенно важен для моделирования устройств, предназначенных для ликвидации утечек нефти [1]. Рассмотрим затопленную струю, вытекающую из скважины на дне океана. Будем полагать, что из скважины вытекает смесь нефти и газа (метана). Примем, что газ из скважины поднимается в виде пузырьков. Также положим, что термодинамические условия соответствуют условиям стабильного существования гидрата. Тогда из-за вовлечения окружающей воды в струю, газ будет контактировать с водой, и поверхность пузырьков будет покрываться гидратной коркой [2]. Кроме того будем полагать, что пузырьки газа занимают центрально ядро струи. Траектория струи может искривляться под действием течения окружающей воды, при этом газ или образовавшийся газогидрат может покидать струю. В основе математической модели лежит лагранжевый интегральный метод контрольного объема, предложенный в работе [3].

### Литература

1. Шагапов В.Ш., Тазетдинов Б.И. Моделирование динамики образования и разложения газогидратных частиц при их всплывании в воде // Вестник Самарского государственного университета. Естественная серия. Механика, 2013, 9/2 (110), с. 134–140.
2. Гималтдинов И. К. Кильдибаева С.Р. К теории начального этапа накопления нефти в куполе-сепараторе // Теплофизика и аэромеханика. – 2015. – Т. 22, № 3. – С. 401-406.
3. Yara P. D., Zheng L. Simulation of oil spills from underwater accidents I: model development // Journal of hydraulic research, international association of hydraulic research, The Netherlands. – 1997. – Vol. 35, № 5. – P. 673-688.

© Кильдибаева С.Р., 2016 г.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ В ПЛАСТЕ С НЕИДЕАЛЬНОЙ ТРЕЩИНОЙ ГРП

Галяутдинова Л.З.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В данной работе рассмотрена задача о фильтрации жидкости к скважине при наличии неидеальной трещины ГРП.

В пласте имеется скважина, пересеченная одной вертикальной трещиной ГРП. В процессе ГРП, вокруг трещины имеется поврежденная зона, проницаемость которой меньше чем проницаемость основной части пласта. В начальной стадии процесса эксплуатации фильтрационный поток является линейным. Таким образом, имеет место плоско-одномерная фильтрация флюида к трещине и скважине через неоднородный пласт, состоящий из двух областей различной проницаемости.

$$0 < y < l \quad (1) \qquad P_1(l, t) = P_2(l, t) \quad (4)$$

$$l < y < \infty \quad (2) \qquad P_1(y, 0) = P_2(y, 0) = P_2(\infty, t) = P_0 \quad (5)$$

$$\kappa_1 \frac{\partial P_1(l, t)}{\partial y} = \kappa_2 \frac{\partial P_2(l, t)}{\partial y} \quad (3) \qquad \frac{\partial_1 P}{\partial y} = \frac{MQ}{k_1 \varepsilon} \quad (6)$$

Решение задачи построено методом преобразования Лапласа. Численные расчеты по полученным результатам позволяет определить влияние скин-зоны на распределение давления в пласте.

1. Каневская Р.Д. Математическое моделирование разработки месторождений нефти и газа с применением гидравлического разрыва пласта. – М.: ООО «Недра-бизнесцентр».-1999.-212с.

© Галяутдинова Л.З., 2016 г.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА ДАВЛЕНИЯ НА УСТЬЕ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЫ

Ахметова Р.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одним из наиболее распространённых методов гидродинамических исследований скважин является метод регистрации кривой восстановления давления/уровня в остановленной добывающей скважине. При закрытии скважины процесс восстановления забойного давления сопровождается ростом динамического уровня (границы раздела фаз «жидкость-газ») и давления газа в межтрубном пространстве скважины.

При росте давления газа выше предельного допустимого значения могут возникнуть технические проблемы на устье скважины. В связи с этим задача прогнозирования/предупреждения высокого затрубного давления при исследованиях скважин является актуальной. В настоящее время нет методики, которая бы позволяла выполнить пересчет забойного давления на устьевое при многофазном потоке (газожидкостной смеси) в остановленной добывающей скважине.

В данной работе строится физически содержательная динамическая модель газожидкостного потока в скважине. В основе модели лежат законы сохранения массы и импульса фаз, уравнение динамики притока для многофазной смеси [1]. А также дополняют систему уравнение скорости газа, уравнение состояния, закон изменения температуры в стволе скважины, система граничных и начальных условий. При описании потока в скважине задается два режима течения пузырьковой жидкости: ламинарное и турбулентное.

Таким образом, поставлена задача о динамике затрубного давления в остановленной скважине на исследование методом КВУ/КВД. Для её решения предложена математическая модель, которая состоит из частных дифференциальных уравнений (неразрывности, импульсов и динамики притока для многофазной смеси) с граничными и начальными условиями. В дальнейшем предполагается решить задачу численно методом неявной схемы 1-го порядка аппроксимации.

### Литература

1. Каневская Р.Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов, — Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002.—140 с.

© Ахметова Р.Р., 2016 г.

УДК 004.94, 539.3

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ТРЕЩИН В  
ПЛАСТЕ СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА  
РН-КИМ, РН-КИН**

Иващенко Д.С.<sup>1</sup> Мусин А.А.<sup>2</sup> Ишимбаев М.В.<sup>2</sup>

1. ООО «РН-УфаНИПИНефть»

2. Башкирский государственный университет., г. Уфа, Россия

Представлен алгоритм решения задачи моделирования самопроизвольного роста трещины от нагнетательной скважины (эффект автоГРП) в промысловых условиях средствами проприетарного программного комплекса ПАО «НК «Роснефть» на примере одного из месторождений:

1) Выбор интересующей пары скважин, по данным гидропрослушивания которых был установлен факт автоГРП в данном секторе месторождения;

2) Создание т.н. прокси-модели сектора, содержащего указанные скважины, средствами ПО РН-КИН. расчет геомеханических параметров в симуляторе;

3) Конвертация прокси-модели в гидродинамическую модель;

4) Обработка и расчет модели силами ПО РН-КИМ;

5) Анализ полученных данных путем сравнения с данными гидропрослушивания указанных скважин.

Предложены варианты улучшения и оптимизации рассмотренного алгоритма путем автоматизации некоторых этапов. Следующим шагом после воспроизведения результатов гидропрослушивания должно стать прогнозирование автоГРП.

**Литература**

1. Давлетбаев А.Я. и др. Промысловые исследования по изучению самопроизвольного развития техногенных трещин в нагнетательных скважинах // SPE-171232. 2014.

© Иващенко Д.С.<sup>1</sup> Мусин А.А.<sup>2</sup> Ишимбаев М.В.<sup>2</sup>, 2016 г.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА  
МОДЕЛЬ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ПЛАСТА**

Сектаров Э.С., Шашков А.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Электромагнитное (ЭМ) воздействие рассматривается как альтернативная технология для нетрадиционных углеводородных ресурсов, таких как месторождения тяжелой нефти, битумов или сланцев. Так как по оценкам ученых легкая нефть кончится уже в первой половине этого века. В странах, не входящих в ОПЕК, она кончится еще раньше - через 20-25 лет. Но в целом нефтяные запасы еще далеки от истощения. В недрах есть огромные запасы «тяжелой» или, как ее еще называют, битумной нефти, которую до недавнего времени даже не пытались добывать.

Одной из отличительных особенностей высокочастотного электромагнитного воздействия от других тепловых методов, является возникновение в толще залежи объемных источников тепла. Вследствие диэлектрических потерь в среде энергия электромагнитных волн преобразуется в тепловую энергию, в результате происходит повышение температуры и уменьшение вязкости жидкости в пласте.

Для проверки, как воздействует высокочастотное электромагнитное поле на призабойную зону пласта и находящуюся в ней «тяжелую» нефть, был построен стенд, имитирующий скважину со специальной электромагнитной установкой. Этот стенд состоит из блока питания и управления, антенно-фидерного устройства, модели призабойной зоны пласта и система контроля температуры. Модель призабойной зоны пласта цилиндрической формы изготовлена из кварцевого песчаника насыщенного битуминозной нефтью.

Проведенный анализ результатов экспериментального изучения электромагнитного воздействия на нефтенасыщенные среды показал высокую потенциальную эффективность метода, приводящего к быстрому и объемному нагреву среды. Кроме такого прогрева высокочастотное электромагнитное поле проявляет и другие положительные эффекты.

От данного метода ожидается большой потенциал в нефтедобывающей отрасли, так как он позволяет сильно облегчить добычу битумной нефти, тем самым открыв новые места для добычи.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИНЫ В СЛОИСТО-НЕОДНОРОДНОМ ПЛАСТЕ

Кабанова П.К.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

На сегодняшний день гидроразрыв пласта (ГРП) известен как один из самых распространенных методов нефтеотдачи. ГРП, основанный на закачке в пласт флюида под высоким давлением, способствует раскрытию естественных или образованию искусственных трещин.

Для моделирования деформации горной породы существует несколько основных моделей: двумерные (2D), трехмерные (3D), псевдотрехмерные (PS3D) и планарные (PL3D). Поскольку некоторые из моделей вследствие упрощения расчетов имеют лишь приближенные решения, возникает необходимость исследования всех методов, создания более точной численной модели и построение метода решения.

В данной работе исследуется профиль раскрытия вертикальной трещины ГРП с закрепленными концами ( $-c < y < c$ ) методом численного моделирования. Рассматривается пласт, для которого характерна слоистая неоднородность. Каждый слой имеют свои, постоянные по сечению слоя, модуль упругости и коэффициент Пуассона.

Математическая модель для данной задачи включает дифференциальное уравнение равновесия в частных производных (1), обобщенный закон Гука (2), соотношение Коши для случая малых деформаций (3). Граничные условия учитывают, что на бесконечности все смещения и напряжения равны нулю, концы трещины закреплены, а раскрытие происходит за счет постоянного давления внутри трещины. Границы расчётной области ( $-l_x < x < l_x$ ,  $-l_y < y < l_y$ ) выбираются достаточно далеко от трещины.

$$-\sigma_{ij,j} = f_i, \quad (1)$$

$$\sigma_{ij} = \lambda \delta_{ij} u_{k,k} + 2\mu \varepsilon_{ij}, \quad (2)$$

$$\varepsilon_{ij}(\vec{u}) = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (3)$$

где  $\sigma_{ij}$  – тензор напряжений в точках поверхности тела,  $f_i$  - объемная сила (сила тяжести),  $\varepsilon_{ij}$  – тензор деформаций,  $u_i$  - проекции вектора перемещений,  $\mu, \lambda$  – коэффициенты Ламе.

Задача решалась с использованием метода конечных элементов, реализованного в пакете FreeFem++.

© Кабанова П.К., 2016 г.

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ СКВАЖИН КАК ИНСТРУМЕНТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ОБВОДНЕНИЯ

\*Иващенко Д.С., Марьин Д.Ф., Сахибгареев Э.Э.

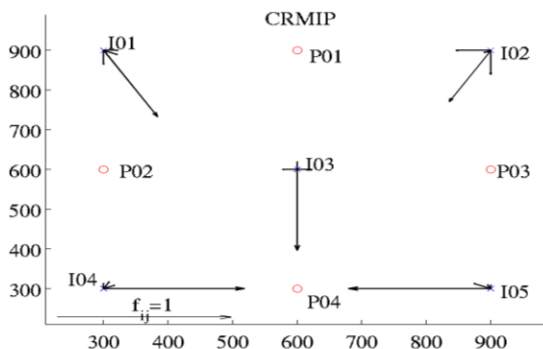
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

\*ООО «РН-УфаНИПИнефть»

При разработке месторождений важным является установление взаимосвязи между скважинами при нагнетании воды или газа, так как нагнетательная скважина может влиять не только на свое ближайшее окружение, но и на отдаленные добывающие скважины через трещины в пласте и области с повышенной проницаемостью. Установление взаимосвязи между скважинами может позволить не только лучше понять геологическое строение пласта, направление трещин, но и предсказать влияние изменение закачки на добычу.

В данной работе рассматриваются методы на основе ёмкотно-сопротивленческой модели, которая широко развивается некоторыми научными группами. Он основан на материальном балансе и на входных-выходных данных. Для этой модели требуются только история по закачке, добыче и давлению на забое добывающих скважин.

Модуль прошел апробацию, как на синтетических, так и на промысловых данных. Полученные результаты соответствуют ожидаемым.



### Литература

1. Wanderley De Holanda - CRM in a Control Systems Framework A Tool for Describing and Controlling Waterflooding, 2015.

© Иващенко Д.С., Марьин Д.Ф., Сахибгареев Э.Э., 2016 г.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ФРОНТА ПРОТАИВАНИЯ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Нигаметьянова Г.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Рассматривается теплофизическая задача динамики протаивания многолетнемерзлых пород под теплоизоляционным слоем.

Для закона движения фронта протаивания  $l(t)$  получено уравнение:

$$\frac{a}{b + ct} + \frac{d}{\sqrt{t}} = \frac{dl}{dt}, \quad (1)$$

где  $a = \frac{\lambda_0(T_\Gamma - T_\Phi)}{Q_\Phi}$ ,  $b = h_0(1 - \frac{\lambda_0}{\lambda_1})$ ,  $c = \frac{\lambda_0}{\lambda_1}$ ,  $d = \frac{\lambda_2(T_H - T_\Phi)}{Q_\Phi \sqrt{a_2 \pi}}$ ,

$\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2$  - коэффициенты теплопроводности,  $T_\Phi$  и  $Q_\Phi$  - температура и теплота фазового перехода грунта,  $h_0$  - толщина слоя теплоизоляции,  $T_H$  и  $T_\Gamma$  - начальная температура и температура на дневной поверхности.

Уравнение (1) решается при начальном условии  $l(t = t_0) = h_0$ , где определены решения температурной задачи.

Построено аналитическое решение этого уравнения:

$$l(t) = \frac{a\sqrt{\pi}}{cU(t)} - b, \quad tC = \frac{U^2}{U^2 - U - A} \left( \frac{2U - 1 - \sqrt{1 + 4A}}{2U - 1 + \sqrt{1 + 4A}} \right) \sqrt{1 + 4A}.$$

Если в уравнении (1) предположить что  $b_0 = 0$ , то решение уравнения упрощается:  $l(t) = \sqrt{at}$ .

### Литература

1. Хабибуллин И.Л., Закирова Г.А. Моделирование протаивания мерзлого грунта под теплоизоляционными слоями. – Вестник БашГУ, 2014. Т.19. №4.

© Нигаметьянова Г.А., 2016 г.



## СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ»

УДК 377.031.4

### **ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ УЧРЕЖДЕНИЙ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Иммамутдинова Л.Р.

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

Компетенции имеют более общий, интегральный характер, чем знания, умения и навыки, они задают обобщенный уровень умений и навыков обучаемого, включают опыт творческой деятельности, опыт ценностного отношения и т.д. [1, 2, 3].

В содержательную часть процесса формирования компетенций входит инвариантная часть - общая для всех направлений подготовки СПО, и гибкая вариативная, включающая специфические, присущие получаемой профессии знания, умения, навыки, смысловые ориентиры, опыт. Основой для первой являются общеобразовательные предметы, для второй - специальные.

Байденко В.И. рассматривает ключевые компетенции как «базовые навыки - это личностные и межличностные качества, способности, навыки и знания, которые выражены в различных формах в многообразных ситуациях работы и социальной жизни. Базовые навыки являются «метапрофессиональными» [1]. В число ключевых компетенций большинство исследователей, как и стандарты ВПО третьего поколения включают информационную компетенцию [5]. В ГОС СПО, например, в состав общих требований включено следующее: «владеет современными информационными и телекоммуникационными технологиями в сфере профессиональной деятельности» [4].

Опытно-экспериментальная работа проводилась на базе ГБОУ СПО «» (город Уфа Республики Башкортостан), в педагогическом эксперименте участвовали студенты ГБПОУ Октябрьский коммунально-строительный колледж

Для формирования профессиональных компетенций студентов нами были разработаны специальные задания интегрированного типа, соответствующие основным видам профессиональной деятельности в соответствии с ФГОС СПО: выполнение операций по осуществлению перевозочного процесса с применением современных информационных технологий управления перевозками (ПК 1); организация работы персонала по обеспечению безопасности перевозок и выбору

оптимальных решений при работах в условиях нестандартных ситуаций (ПК 2); оформление документов, по организации перевозочного процесса (ПК 3).

На протяжении семестра каждый студент работает с индивидуальной базой данных в собственном разделе, что позволяет преподавателю проверять выполненные задания и имеет возможность исправить допущенные ошибки. После окончания обучения студенты представляют отчет по базе данных, полученный в результате выполнения всех заданий.

Результаты формирования информационной компетенции многоплановы в соответствии с целями. Очевидно, такой же многосторонней должна быть и их фиксация. Поэтому целесообразно проводить диагностику в течение всего периода обучения: составить технологическую карту результатов текущих достижений, защитить информационный проект, пройти тестирование. Поскольку компетенция формируется при изучении всех дисциплин, то выявление сформированности ее составляющих должно быть распределено между ними - часть компонентов относятся к инвариантной части, часть - к вариативной, а для суммирования результатов и определения их полноты может проводить центр качества учебного заведения. Каждый преподаватель также может определять вклад своего предмета, особенно если это предмет профессионального блока.

Базовый уровень обеспечивает студенту свободную деятельность в информационной среде, т.е. умение использовать широкодоступные источники, знание видов и способов представления информации, ее хранения и передачи. Этот уровень достаточен для получения среднего общего образования и минимального уровня среднего профессионального. Профессиональный уровень предполагает овладение профессиональной информационной средой, способами работы в ней и способами работы с профессиональной информацией. Его достижение означает качественную подготовку специалиста среднего звена в этой области. Наконец, продвинутый уровень - задел для профессионального и карьерного роста, он предполагает способность к поиску информации в самых разных источниках, не связанных напрямую с профессиональной деятельностью, умение ее критически осмысливать, находить проблемы, которые могут повлиять на профессиональную деятельность в будущем, владение нестандартными способами обработки и представления информации.

### **Литература**

1. Байденко В.И. Базовые навыки как интегрирующий фактор образовательного процесса // Профессиональное образование и личность специалиста. - М., 2002. - С. 14-32.

2. Зеер Э.Ф., Сыманюк Э.Э., Павлова А.М.. Модернизация профессионального образования: компетентностный подход. - М.: Изд-во МПСИ, 2005.
3. Зимняя И.А. Ключевые компетенции - новая парадигма результата образования // Высшее образование сегодня. - 2003. -№ 5. - С. 34-42.
4. ГОС СПО. Государственные требования к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по специальности 2203 - Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем. - М., 2004.
5. ФГОС ВПО по направлению подготовки 05100 - Профессиональное обучение (по отраслям). - М., 2009.

© Имамудинова Л.Р., 2016 г.

УДК 378.14

## **К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ**

Анафина А.Е.

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

Современный этап развития общества характеризуется процессом информатизации всех сфер жизнедеятельности. Это ставит перед системой высшего образования важнейшую задачу – формирование информационной компетентности будущих специалистов.

Проблема формирования информационной компетентности педагога представляется сегодня одной из актуальных, так как на современном этапе развития школьного образования учитель должен готовить выпускников, хорошо владеющих компьютерными технологиями, способных быстро ориентироваться в информационном пространстве.

Формирование информационной компетенции будущего педагога определяет совокупность взаимосвязанных компонентов для создания целенаправленного педагогического взаимодействия субъектов образовательного процесса. Информационная компетентность педагога является важной составляющей его профессионализма, которая обеспечивает навыки деятельности будущего педагога по отношению к информации, содержащейся в учебных предметах и образовательных областях, а также в окружающем мире [1].

Формирование информационной культуры (ИК) учителя должно предусматривать использование проектно-рефлексивного подхода, который отражает несколько идей:

1) развитие ИК педагога возможно только в деятельности, требующей от педагога интеграции его компьютерной культуры с педагогической компетентностью;

2) формирование ИК педагога требует развития рефлексивных процессов, которые выступают системообразующим фактором развития психологического, деятельностного и информационного компонентов ИК, оказывая воздействие на способности педагога интегрировать названные аспекты в своей профессиональной деятельности;

3) развитие рефлексии как основы формирования ИК требует специальной работы учителя по анализу собственной проектной деятельности, выполненной с применением информационных технологий;

4) реализация проектно-рефлексивного подхода обеспечит развитие информационной культуры педагога, если будет предусматривать целенаправленную деятельность по ее формированию, развитию и саморазвитию у самого педагога, а также, если педагог будет заниматься специально формированием и развитием информационной компетентности обучающихся [2;3].

Информационно-педагогическая компетентность преподавателя – это компонент общей педагогической культуры преподавателя, важнейший показатель профессионального мастерства и соответствия мировым стандартам в сфере высшего образования.

Таким образом, становится очевидным, что для успешной реализации в профессиональном плане педагогу необходимо иметь сформированную информационную компетентность, которая поможет избежать психологических проблем информатизации. Содержание современного этапа информатизации составляют активное освоение и фрагментарное внедрение средств информационных технологий в традиционные учебные дисциплины, и на основе освоения педагогами новых методов и организационных форм учебной работы.

#### **Литература**

1. Хуторский А.В. Ключевые компетенции и образовательные стандарты // Отделение философии образования и теоретической педагогики РАО, Центр «Эйдос», Интернет-ресурс: <http://eidos.ru/journal/2002/0423.htm>. Дата обращения: 20.09.16.
2. Конюшенко, С.М. Формирование информационной культуры педагога в системе непрерывного профессионального образования. - Калининград: Изд-во КГУ, 2004. – 248 с.
3. Циттель, С.А. Рефлексия как средство профессионально-педагогической подготовки будущих учителей, Интернет-ресурс <http://masu.ru/masu/science/sbornik/32.htm>, Дата обращения: 20.09.16.

© Анафина А.Е., 2016 г.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАЖЕНИЯ ИСТОРИИ АВИАЦИИ В КИНЕМАТОГРАФЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕРЕСА УЧАЩИХСЯ К НАУКЕ И ТЕХНИКЕ**

Пушинская К.В., Шишкина А.Ф.

Уфимский государственный авиационный технический университет  
г. Уфа, Россия

Кинематограф – это самый любимый и доступный источник информации, не пропускающий ни одной интересной темы. На основе популярных кинофильмов можно создавать физические игры, обсуждать научные открытия и многое другое.

В ряде художественных фильмов показаны различные конструкции самолетов и их возможности, при их просмотре проходит знакомство с техническими устройствами летающих машин, работой пилотов и бортпроводников, прослеживается история развития авиации. Все это можно использовать для повышения интереса разных групп учащихся к науке и технике, к авиации, воздухоплаванию и космонавтике.

Первый советский фильм про авиацию назывался «Победа» (альтернативное название «Счастливый случай») режиссеров Всеволода Пудовкина и Михаила Доллера. Лента появилась на экранах в 1938 году. Исторические события, о которых повествуется в фильме, имеют реальную историю. Герой фильма – бесстрашный летчик, который совершает невероятно трудный перелет на самолете, конструкция которого для того времени была самой новейшей.

В 1939 году на экранах кинотеатров появился фильм «Эскадрилья № 5», снятый режиссером Абрамом Роомом. В этой киноленте можно увидеть учебный самолёт УТ-1, который использовался для подготовки пилотов высокой квалификации в мирное время. Эти фильмы позволяют оценить вместе с учащимися, насколько современная техника отличается от техники довоенной. Нельзя игнорировать и воспитательный момент кинолент, благодаря которому есть возможность подчеркнуть героизм летчиков и силу мысли инженеров нашей страны.

Обратимся и к современным фильмам. Например, можно рассмотреть российский фильм «Призрак» (2015 г.), в котором рассказывается об инновационном самолете ЮГ-1. Этот самолет - возможное будущее авиации. По итогам просмотра с учащимися можно провести круглый стол на тему «Возможности самолетов современности».

Наглядность и доступность кинофильмов про авиацию открывают широкие возможности для их применения. Они могут увлечь ребят, а увлечение затем способно перерасти в серьезное хобби и даже будущую профессию.

© Пушинская К.В., Шишкина А.Ф., 2016 г.

## ХИМИЯ

### СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ХИМИЯ»

УДК 544.34:35

АНАЛИЗ ТЕРМОДИНАМИКИ ДИМЕРИЗУЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ

Давыдов А.Г.<sup>1</sup>, Ткачев Н.К.<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup>Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>(2)</sup>Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Оценка химических равновесий в неидеальных системах является одним из наиболее сложных вопросов в области физической химии, поскольку активности участников реакций зависят от сил, действующих между частицами на микроскопическом уровне. Проблему, связанную с димеризацией в перекрывающихся твердосферных системах можно рассматривать как наиболее простую теоретическую задачу [1].

В этом сообщении мы представляем статистическо-термодинамический анализ димеризационного равновесия в чистой жидкости ( $2A_1=A_2$ ) и бинарных смесях  $A_cB_{1-c}$  ( $2A_1=A_2$ ,  $2B_1=B_2$ ,  $A+B=AB$ ) в рамках модели твердых сфер различных диаметров. Расчет димеризационного равновесия при постоянной температуре и давлении приводит к решению двух уравнений, закона действующих масс (ЗДМ) и уравнения состояния (УС). Представлены и проанализированы предсказания модели ван-дер-ваальсовского типа, а также теории Перкуса-Йевики.

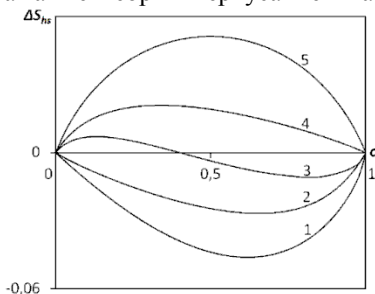


Рис. 1. Зависимость избыточной энтропии смешения от состава смеси в приближении MCS: 1 – при  $\lambda=1.1$ ,  $\chi=1.1$ ,  $\xi=2$ ; 2 – при  $\lambda=1.1$ ,  $\chi=1.8$ ,  $\xi=2$ ; 3 – при  $\lambda=1.8$ ,  $\chi=1.1$ ,  $\xi=2$ ; 4 – при  $\lambda=1.8$ ,  $\chi=1.1$ ,  $\xi=1$ ; 5 – при  $\lambda=1.8$ ,  $\chi=1.8$ ,  $\xi=1$ .

### Литература

1. Ткачев Н.К., Зинатуллина А.Р. ЖФХ, 2013, V. 87, N. 9, p. 1457.

© Давыдов А.Г., Ткачев Н.К., 2016 г.

## ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ В СОЛЕВЫХ РАСПЛАВАХ ТИПА $\text{MX}_2$ И $\text{MX}_3$

Давыдов А.Г.<sup>1</sup>, Ткачев Н.К.<sup>2</sup>, Пешкина К.Г.<sup>2</sup>

(1) Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

(2) Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г.  
Екатеринбург, Россия

Представления о возникновении автокомплексных группировок в солевых расплавах были предложены в работе [1]. Считалось, что все простые анионы галогенов практически связаны в комплексы [2]. В такой модели основное внимание уделяется связям внутри комплекса, а электростатическое взаимодействие ионов и их размеры не учитываются. Неявно предполагалось, что справедлив идеальный закон действующих масс. Очевидно, что статистико-термодинамическая теория комплексообразования в солевых расплавах должна оперировать с активностями того или иного сорта ионов при записи закона действующих масс.

В данном докладе будет представлен анализ химического равновесия по отношению к диссоциации заряженных комплексных анионов при использовании модели заряженных твердых сфер в средне-сферическом (MSA) приближении.

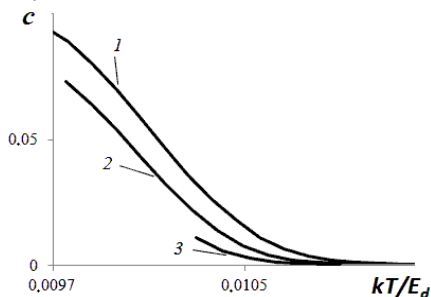


Рис. Рассчитанные температурные зависимости концентрации комплексов типа  $(\text{MX}_6)^{3-}$  для различных значений энергий диссоциации:

$$1 - E_d^0 = 9e^2/\epsilon a; \quad 2 - E_d = 0.95E_d^0; \quad 3 - E_d = 0.9E_d^0.$$

### Литература

1. Смирнов М.В., Шабанов О.М., Хайменов А.П. Электрохимия, 1966, Т.2, №11, с. 1240.
2. Минченко В.И., Степанов В.П. Ионные расплавы: упругие и калорические свойства. – Екатеринбург: УрО РАН. 2008. – 368.

© Давыдов А.Г., Ткачев Н.К., Пешкина К.Г., 2016 г.

## ОБРАТИМАЯ ДИМЕРИЗАЦИЯ ФУЛЛЕРЕНИЛЬНЫХ РАДИКАЛОВ

Диниахметова Д.Р., Фризен А.К.

Уфимский институт химии РАН, г. Уфа, Россия

При полимеризации виниловых мономеров в присутствии фуллерена возможно протекание ряда реакций, нетипичных для радикальной полимеризации. Изучение реакций в полимеризационной смеси с участием фуллерена экспериментально затруднено, поэтому целесообразно изучить их современными методами квантовой химии. Ранее нами были рассмотрены реакции четырехкратного последовательного присоединения полиметилметакрилатного (ПММА<sup>\*</sup>), полистирольного (ПС<sup>\*</sup>) и иницирующих радикалов к фуллерену C<sub>60</sub> и реакции роста цепи с участием фуллеренильного радикала. Однако помимо данных реакций возможно протекание димеризации фуллеренильных радикалов, образованных присоединением радикалов роста к молекуле C<sub>60</sub>.

Присоединение первых радикалов роста к фуллерену имеет тепловой эффект/энтальпию активации равные -46.7/9.5 и -29.0/18.3 кДж/моль, для ПС<sup>\*</sup> и ПММА<sup>\*</sup>, соответственно. Образованные таким образом фуллеренильные радикалы имеют максимальные значения спиновой плотности в положениях 2, 4 и 4' относительно присоединенной полимерной цепи. Из литературных данных известно, что фуллеренильные радикалы претерпевают обратимую реакцию димеризации с образованием димеров различных конформаций, в основном 1,2-2',1'; 1,4-4',1'; 1,16-16',1'. Результаты моделирования таких реакций представлены в таблице 1. Образование димеров 1,2-2',1' в случае фуллеренильных радикалов с длинной полимерной цепью невозможно из-за стерических препятствий, создаваемых цепью. Далее нами были рассмотрены реакции распада димеров 1,4-4',1'; 1,16-16',1' на фуллеренильные радикалы (табл.).

Таблица. Термодинамические параметры ( $\Delta H/H_{act}$ , кДж/моль) обратимой реакции димеризации  $2C_{60}R^{\bullet} \leftrightarrow RC_{60}-C_{60}R$

R	Прямая реакция			Обратная реакция	
	1,4-4',1'	1,16-16',1'	1,4-49',1'	1,4-4',1'	1,16-16',1'
ПС	-22.0/4.2	-0.6/17.3	73.8/77.8	22.2/26.4	0.7/17.8
ПММА	-9.3/7.9	-0.9/16.8	77.3/80.5	9.4/17.3	1.2/17.9



Таким образом, с точки зрения термодинамики процесса вполне вероятно протекание реакции обратимой димеризации фуллеренильных радикалов  $C_{60}PC^*$  и  $C_{60}PMMA^*$  в полимеризационной смеси.

*Авторы благодарят ЦКП «Химия» УфИХ РАН за возможность использования кластерного суперкомпьютера.*

© Диниахметова Д.Р., Фризен А.К., 2016 г.

УДК 544.344.015.4-17

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ГРАФИТА В АЛМАЗОПОДОБНЫЕ ФАЗЫ**

Грешняков В.А., Седайкин Н.А.

Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

В настоящее время алмазоподобные фазы являются объектами интенсивных теоретических исследований в силу своих уникальных физико-технических характеристик. За последнее десятилетие были рассчитаны структуры, свойства и условия синтеза более шестидесяти новых фаз. В результате этих исследований было установлено, что некоторые из алмазоподобных фаз могут быть получены из графита в диапазоне давлений от 5 до 30 ГПа при температуре, ниже 300 К. Однако при таких давлениях экспериментально наблюдаются только метастабильный графит и прозрачные гибридные фазы. Поэтому в данной работе были выполнены более детальные расчеты условий фазового преобразования графита в алмазоподобные фазы при высоких давлениях.

В процессе модельных исследований, проведенных методом теории функционала плотности (DFT-LDA), установлено, что структурный переход графита в наиболее изученные алмазоподобные фазы возможен только при давлениях, превышающих 58 ГПа. На рис. приведен график зависимости разностной полной энергии от атомарного объема, характеризующий фазовые переходы между полиморфными разновидностями углерода.

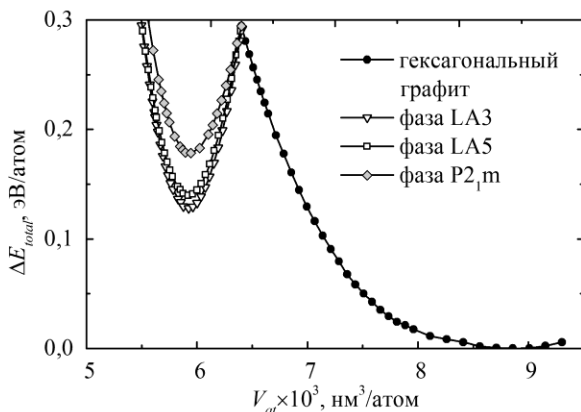


Рис. Зависимости разностной полной энергии от атомарного объема для графита и алмазоподобных фаз  $P2_1/m$ , LA3 и LA5

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-33-00030 мол\_а.*

© Грешняков В.А., Седайкин Н.А., 2016 г.

УДК 544.176

**ДИАСТЕРЕОТОПНЫЕ ЭФФЕКТЫ И СТРОЕНИЕ ХИРАЛЬНЫХ ПИРРОЛИДИНО[60] ФУЛЛЕРЕНОВ НА ОСНОВЕ АРИЛ- И ГЕТАРИЛЭТЕНОВ**

Самигуллин И.С.<sup>1</sup>, Тулябаев А.Р.<sup>2</sup>, Туктаров А.Р.<sup>2</sup>, Хузин А.А.<sup>2</sup>, Халилов Л.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Башкирский государственный педагогический университет им. М.Акумоллы, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup>Институт нефтехимии и катализа РАН, г. Уфа, Россия

В работе с использованием одно- и двумерных методов ЯМР и неэмпирических квантово-химических расчетов на уровне теории ХЗLYP/6-31G рассматриваются диастереотопные эффекты и пространственная структура хиральных гибридных молекул, в которых фуллеропирролидин ковалентно связан с арил- и гетарилэтенами. Изучаемые соединения способны обратимо образовывать открытые и

закрытые формы под действием видимого и УФ-облучения. Данное свойство используется в дизайне молекулярных переключателей [1].

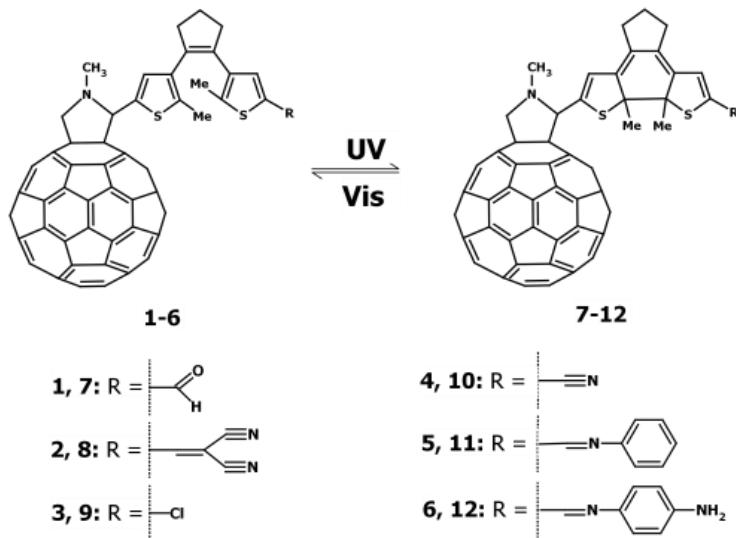


Рис. Структура пирролидиновых производных  $C_{60}$

*Работе выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (№ проекта 14-13-00296), Российского фонда фундаментальных исследований (№ проекта 15-03-02487 А) и с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Агидель» при Институте нефтехимии и катализа РАН.*

### Литература

1. S. Castellanos, A. A. Vieira, B. M. Illescas, V. Sacchetti, C. Schubert, J. Moreno, D. M. Guldi, S. Hecht, and N. Martin // *Angew. Chem. Int. Ed.* – 2013. – 52. – 13985–13990.

© Самигуллин И.С., Тулябаев А.Р., Туктаров А.Р., Хузин А.А., Халилов Л.М., 2016 г.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ $pK_a$ УРАЦИЛА И ЕГО ЗАМЕЩЕННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

Ильина М.Г., Хамитов Э.М.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Компьютерное предсказание кислотности в конденсированной фазе в наши дни представляет собой наибольший интерес. В данном подходе  $pK$  рассчитывается по формуле:

$$pK_a = \Delta G_{deprot, aq}^0 / 2.303RT \quad (1), \text{ где } \Delta G_{deprot, aq}^0 = G^0(A^-) + G^0(H^+) - G^0(HA).$$

Все расчеты проводили с использованием программного пакета Gaussian09 Revision D. Расчеты были проведены на кластерном суперкомпьютере Enterprise в ГУП ИНХП РБ. Существует много факторов, которые могут значительно повлиять на количественную разницу между  $pK_a(\text{эксп})$  и  $pK_a(\text{теор})$ . Принимая во внимание этот факт, применение корреляционных поправок приводит формулу (1) к следующему виду:  $pK_a = A \cdot \Delta G_{deprot, aq}^0 / 2.303RT + \Delta G_{error, aq}^0 / 2.303RT = A pK_a + B$ . Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица. Экспериментальные и теоретические значения  $pK_a$   
для урацила и его производных, полученных  
при помощи различных схем расчета

	$pK_a$ (эксп)	$pK_a$ (теор) схема 1	$pK_a$ (теор) схема 2	$pK_a$ (теор) схема 3
5AmU	9.30	8.52	10.48	9.74
5BrU	7.97	6.58	7.73	7.43
5ClU	7.96	6.54	7.59	8.15
5FU	7.95	6.84	8.26	8.28
5MeU	9.88	8.38	10.29	10.33
5NU	5.35	3.69	3.94	4.52
6AmU	8.92	7.19	8.88	8.84
6ClU	5.67	4.68	4.75	4.78
6FU	4.03	3.08	3.25	3.43
6MeU	9.56	8.41	10.80	10.57
U	9.45	7.86	9.65	9.55

*Работа выполнена при поддержке проекта №4.299.2014/К, исполняемого в рамках проектной части государственного задания Минобрнауки РФ в сфере научной деятельности.*

© Ильина М.Г., Хамитов Э.М., 2016 г.

**НАСКОЛЬКО АДЕКВАТНО ФУНКЦИОНАЛ ПЛОТНОСТИ  
PERDEW-BURKE-ERNZERHOF ОПИСЫВАЕТ  
ЭЛЕКТРОННОЕ СРОДСТВО ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ  
АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ**

Панкратьев Е.Ю., Хатымов Р.В.

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

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) представляют интерес как с практической, так теоретической точки зрения. Строение и термодинамические свойства ПАУ изучены экспериментальными и теоретическими методами, однако полученные значения электронного сродства (EA) демонстрируют существенный разброс.

В настоящей работе для ряда из 10 ката- и пери-конденсированных молекул ПАУ (нафталин, антрацен, фенантрен, тетрацен, тетрафен, хризен, трифенилен, пентацен, дибензо[а,с]антрацен, дибензо[а,h]антрацен), содержащих от 2 до 5 бензольных колец, проведена оценка EA с помощью расчетов в приближениях РВЕРВЕ/Λ2, РВЕРВЕ/Λ3, РВЕРВЕ/Λ22, РВЕРВЕ/Λ33, реализованных в квантово-химическом пакете ПРИРОДА 11.

Адиабатическое EA оценивалось как разница между полными энергиями оптимизированных нейтральной молекулы и аниона в основном состоянии. Установлено, что в целом методы дают результаты, близкие к доверенным экспериментальным значениям и сравнимые с таковыми для популярного метода ВЗЛР/6-311G(d,p). Повышение гибкости базисного набора от Λ2 до Λ3 не приводит к улучшению точности, хотя значительно увеличивает время расчетов, тем не менее, оставаясь менее затратным, чем ВЗЛР.

Второй метод оценки EA был основан на теореме Купманса. С помощью процедуры линейаризации энергий граничных орбиталей  $\epsilon_{\text{НВМО}}$  /  $\epsilon_{\text{ВЗМО}}$ , вычисленных методом РВЕ/Λ2, и экспериментальных данных об EA / энергиях ионизации IE установлены следующие корреляционные зависимости:

$$EA = -1.0225 \cdot \epsilon_{\text{НВМО}} - 1.9992 \quad (1)$$

$$IE = -1.2148 \cdot \epsilon_{\text{ВЗМО}} + 1.2082 \quad (2)$$

Данные зависимости пригодны для быстрой оценки EA и IE, а также оказались применимы и для оценки вторых, третьих EA, IE и их сопоставления с данными электронно-трансмиссионной, фотоэлектронной спектроскопии

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 14-02-97028.*

© Панкратьев Е.Ю., Хатымов Р.В., 2016 г.

## КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЯТИКРАТНОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ ИЗОЦИАНПРОПИЛЬНЫХ РАДИКАЛОВ К ФУЛЛЕРЕНУ C<sub>60</sub>

Саньяров Д.Д.<sup>1</sup>, Диниахметова Д.Р.<sup>2</sup>, Фризен А.К.<sup>2</sup>

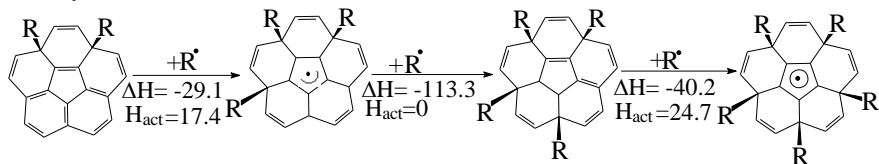
<sup>1</sup>Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

<sup>2</sup>Уфимский институт химии Российской академии наук, Уфа, Россия

Известно, что C<sub>60</sub> ингибирует процесс радикальной полимеризации за счет взаимодействия с радикалами инициатора ДАК. При малых временах реакции возможно присоединение двух изоцианпропильных радикалов к фуллерену C<sub>60</sub>. С увеличением времени полимеризации количество присоединенных радикалов предположительно увеличивается до 6-9 на одну молекулу C<sub>60</sub>. Так как достаточно трудно оценить экспериментально количество присоединяемых к C<sub>60</sub> радикалов инициатора, то целесообразно провести квантово-химическое моделирование этого процесса.

В данной работе проведено моделирование последовательного присоединения до пяти радикалов к фуллерену C<sub>60</sub>. Реакция образования моноаддукта имеет термодинамические характеристики (в кДж/моль)  $\Delta H_{298} = -32.2$  и  $H_{act} = 23.6$ , а бисаддукта  $\Delta H_{298} = -97.3$  и  $\Delta H_{act} = 0$ .

Схематичные реакции образования трисаддуктов, тетракисаддуктов и пентакисаддуктов приведены на схеме (показан небольшой фрагмент молекулы C<sub>60</sub>):



Найдено, что в процессе последующего присоединения радикала, энергетический барьер практически является одинаковым для реакций присоединения нечетного числа радикалов. В результате присоединения пяти изоцианпропильных радикалов к C<sub>60</sub>, образуется пентакисаддукт, атомы с максимальным значением спиновой плотности которого расположены в вершинах центрального пятичленного цикла. Образование данного пентакисаддукта термодинамически выгодно.

*Расчёты выполнены в ЦКП "Химия" УФИХ РАН.*

**DFT И MD МОДЕЛИРОВАНИЕ САМОСБОРКИ УРАЦИЛА,  
6- МЕТИЛУРАЦИЛА, 5-ГИДРОКСИ-6-МЕТИЛУРАЦИЛА И  
ИЗОЦИАНУРОВОЙ КИСЛОТЫ**

Шаяхметова Р.Х.<sup>1</sup>, Хамитов Э.М.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup>Уфимский Институт химии Российской академии наук, г. Уфа, Россия

Известно, что урацил [1], 6-метилурацил, 5-гидрокси-6-метилурацил [2,3] и изоциануровая [4] кислота в кристаллической фазе представляют собой супрамолекулярные ассоциаты, образованные водородными связями. В настоящей работе методами квантовой химии и молекулярной динамики проведено моделирование самосборки урацила, 6-метилурацила 5-гидрокси-6-метилурацила и изоциануровой кислоты. Квантово-химические расчеты моно-, ди- и тетрамерных структур проводили с использованием программного пакета Gaussian09 [5], в DFT приближении TPSSH/TZVP. Нековалентные взаимодействия анализировали с помощью RDG [6] и NBO подходов. Молекулярно-динамическое моделирование проводили с помощью программного пакета Gromacs с использованием силового поля GROMOS96 54a7 [7]. Топологии для всех структур генерировали с помощью сервиса ATB [8]. В качестве подложки применяли графен размером 6x12 нм, над ним помещали бокс размером 11x5x2 нм, заполненный исследуемыми молекулами.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта №4.299.2014/К, исполняемого в рамках проектной части государственного задания Минобрнауки РФ в сфере научной деятельности, и гранта РФФИ 14-04-97035. Коллектив авторов благодарит ЦКП «Химия» УФИХ РАН за возможность использования кластерного суперкомпьютера.*

### **Литература**

1. R.F. Stewart, L. H. Jensen, Acta Crystallogr. 1967, 23, 1102-1105.
2. S.P. Ivanov, K. A. Lysenko, O. A. Kolyadina, et al., Russ. J. Phys. Chem. A. 2005, 79, 215-221.
3. А.Р. Гимадиева, Ю.Н. Чернышенко, И.Б. Абдрахманов, et al. Синтез, модификация и биологическая активность урацилов; Гилем: Уфа, 2013.
4. G.C. Verschoor, E. Keulen, Acta Crystallographica Section B. **1971**, 27, 134-145.
5. M.J. Frisch, G.W. Trucks, H.B. Schlegel, et al.; Gaussian, Inc.: Wallingford, CT, USA, 2009.

6. E.R. Johnson, S. Keinan, P. Mori-Sánchez, et al., J. Am. Chem. Soc. 2010, 132, 6498-6506.

7. N. Schmid, A. P. Eichenberger, A. Choutko, et al., Eur Biophys J. 2011, 40, 843-856.

8 <https://atb.uq.edu.au/index.py>

© Шаяхметова Р.Х., Хамитов Э.М., 2016 г.

УДК 544.18: 544.435.4: 547.556.31

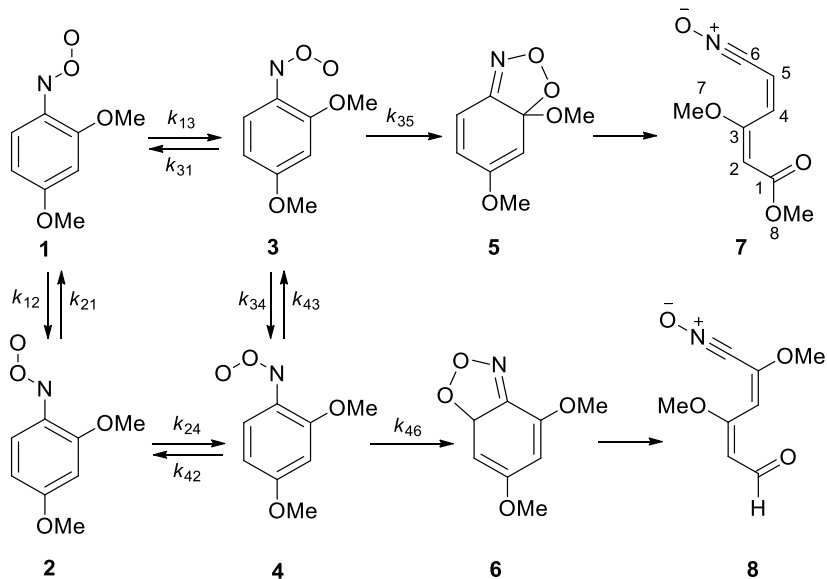
**КИНЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ВНУТРИМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ  
2,4-ДИМЕТОКСИФЕНИЛНИТРОЗООКСИДА**

<sup>1</sup>Юсупова А.Р., <sup>2</sup>Еникеева Л.В., <sup>1</sup>Сафиуллин Р.Л., <sup>1</sup>Хурсан С.Л.

<sup>1</sup>Уфимский институт химии РАН, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup>Институт нефтехимии и катализа РАН, г. Уфа, Россия

Проведено математическое моделирование всех процессов внутримолекулярного превращения 2,4-диметоксифенилнитрозооксида:





Экспериментально показано, что конечным и единственным продуктом расщепления 2,4-(OMe)<sub>2</sub>PhNOO является диеновый нитрилоксид **7**. Используя приближение M06-L/6-311+G(d, p) нами были оптимизированы геометрические параметры всех изомерных форм **1** – **4**. Для расчета констант скорости отдельных стадий локализованы переходные состояния всех превращений и определены свободные энергии Гиббса активации  $\Delta G^\ddagger$ . Константы скорости вычисляли с помощью уравнения Эйринга:

$$k = \kappa \frac{k_B T}{h} \exp\left(\frac{-\Delta G^\ddagger}{RT}\right).$$

Предварительные расчеты показали, что альтернативный вариант орто-циклизации *цис/анти*-изомера **2-3** в интермедиат **6** характеризуется высоким значением  $\Delta G^\ddagger$  и пренебрежимо малой вероятностью образования **6** и, далее, **8**.

В программном пакете Matlab проведено решение системы пяти дифференциальных уравнений для девяти элементарных трансформаций. Определены эффективные константы расщепления всех изомерных форм 2,4-(OMe)<sub>2</sub>PhNOO (табл. ).

Таблица. Соответствие эффективных констант гибели конформеров

Изомер	$k_{\text{eff}}, \text{c}^{-1}$	Эксперимент, $\text{c}^{-1}$
<b>1</b> (транс/син)	1.59	1.63
<b>2</b> (транс/анти)	0.76	0.77
<b>3</b> (цис/син)	$3.1 \times 10^3$	$3.1 \times 10^3$
<b>4</b> (цис/анти)	0.14	0.14

© Юсупова А.Р., Еникеева Л.В., Сафиуллин Р.Л., Хурсан С.Л., 2016 г.

## СЕКЦИЯ «ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ»

УДК 661.185-3

### ВЛИЯНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ ВВОДИМОГО ПОЛИМЕРА НА НЕФТЕОТМЫВАНИЕ СМЕСЬЮ ПАВ-ПОЛИМЕР

Арсланова И.М., Меньшенина Л.А.

Башкирский Государственный Университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время один из способов прироста нефтеотдачи в мировой нефтедобычи является развитие и промышленное применение современных интегрированных методов увеличения нефтеотдачи, которые способны обеспечить синергетический эффект в освоении новых и разрабатываемых нефтяных месторождениях.

Для увеличения нефтеотдачи все чаще используют полимеры. Основное назначение полимеров в процессах увеличения нефтеотдачи пластов в целом является выравнивание профиля приемистости нагнетательных скважин, нивелирование неоднородности продуктивных пластов и повышение охвата при заводнении.

Целью данной работы являлось определение влияния молекулярной массы и концентрации полиакриламида на нефтеотмывающую способность анионного поверхностно-активного вещества с лабораторным названием Р-30.

Приготовление раствора полимера осуществлялось в два этапа: из порошкообразной навески готовится концентрированный раствор (0,5-5% мас.), который в дальнейшем разбавляется до необходимой рабочей концентрации (0,05-3% мас.).

Оценка нефтеотмывающей способности рабочих растворов осуществлялась гравиметрическим методом с использованием подготовленных металлических пластин по следующей методике: подготовленные и откалиброванные по массе ( $m_1$ ) стальные пластинки были опущены в нефть и после естественного стекания нефти по истечении 30 минут взвешивались повторно ( $m_2$ ). Полученная разница масс дает значение остаточной нефти.

Пластинки погружались в рабочий раствор реагента и через 30 минут выдержки в режиме встряхивания сушились на воздухе в течение 3 часов, взвешивались ( $m_3$ ) — степень нефтеотмываемости оценивали по формуле:

$$\frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% = A$$

Объектами исследования стали образец анионного поверхностно-активного вещества и 3 образца анионного геля ПАА, которые отличались концентрацией:

- образец №1 — смесь ПАА (ММ 16,5 млн., концентрация 0,5% масс.) с АПАВ с концентрацией действующего вещества 1,0% масс.;
- образец №2 — смесь ПАА (ММ 16,5 млн., концентрация 1,0% масс.) с АПАВ с концентрацией действующего вещества 1,0% масс.;
- образец №3 — смесь ПАА (ММ 16,5 млн., концентрация 5,0% масс.) с АПАВ с концентрацией действующего вещества 1,0% масс.;
- образец №4 — анионное поверхностно-активное вещество Р-30.

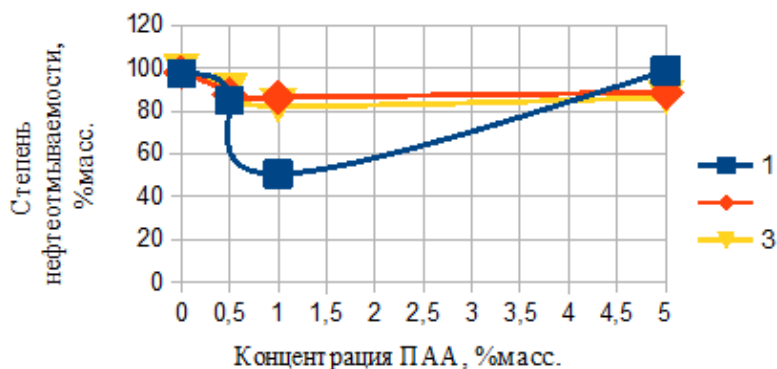


Рис. Нефтеотмывающая способность образцов смесей ПАА (ММ 16,5 млн.) с АПАВ с концентрацией действующего вещества 0,5 (1), 1,0 (2) и 3,0 % мас. (3) при температуре 23°C.

По сравнению с чистым ПАВ, обладающим высокой степенью нефтеотмывания (при концентрации 1,0% степень нефтеотмывания 97,7%) наличие полимера позволяет улучшить результат при концентрации ПАА 1,0%. Причем, увеличение молекулярной массы полимера с 12,7 до 16,5 млн. дополнительно интенсифицирует процесс нефтеотмывания.

#### Литература

1. Петров Н.А., Султанов В.Г., Давыдова И.Н., Конесев В.Г. Повышение качества первичного и вторичного вскрытия нефтяных пластов. /Под ред. Проф. Г.В. Конесева. СПб.: Недра, 2007. - 544 с.
2. Григорашенко Е.И., Зайцев Ю.В., Кукин В.В. и др. Применение полимеров в добыче нефти.- Недра, 1978. - 213 с.

## ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ КАТАЛИЗАТОРА $TiCl_4-Al(i-Bu)_3$ НА ВКЛАД МОНО- И БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ В ПОЛИМЕРИЗАЦИЮ ИЗОПРЕНА

Валиева Э.Ф., Сагитов Д.Р., Япарова А.Г., Мингалеев В.З.

Уфимский Институт Химии РАН, г. Уфа, Россия

Одной из современных тенденций в области полимеризации под действием металлокомплексных соединений является разработка высокоактивных катализаторов с регулируемым числом типов активных центров. Это обусловлено расширением круга металлоорганических предкатализаторов, а также применением новых подходов к исследованию строения и функционирования катализаторов. Одним из таких подходов является исследование полимеризации в условиях кратковременного контакта катализатора и мономера. Так, в работах [1, 2] исследована полимеризация олефинов под действием гетерогенных катализаторов с применением *packed bed stopped flow* миниреактора, позволяющего минимизировать время процесса до 100 мс. Установлено, что в первые 2–5 с активность катализаторов в 20 раз выше величины, которая оценивается при традиционных способах проведения полимеризации. При этом данный период сопровождается значительным разогревом частиц катализатора и уширением ММР полимеров. Эти результаты свидетельствуют о чрезвычайно высоких скоростях инициирования и начальных этапов роста макромолекул под действием высокоактивных гетерогенных катализаторов.

В настоящей работе приводятся результаты исследований начальных этапов полимеризации изопрена под действием гетерогенного титан-магниевого катализатора  $TiCl_4/MgCl_2-Al(i-Bu)_3$ . Как известно [3,4], данный катализатор позволяет получать 1,4-транс-полиизопрен с ценными физико-химическими свойствами.

Анализ кинетических закономерностей начального периода полимеризации изопрена проводился на основе данных о фрагментации частиц катализатора в присутствии мономера, концентрация которого сопоставима с концентрацией активных центров, т.е. составляла порядка  $10^{-10}-10^{-3}$  М. При этом смешение суспензии катализатора и раствора мономера происходило в трубчатом реакторе цилиндрической конструкции [5] в течение  $\tau_{см}=0.96\pm 0.02$  с, с последующим анализом размеров частиц катализатора.

Полученные данные свидетельствуют о том, что размер частиц титан-магниевого катализатора зависит от исходной концентрации мономера  $C_{m,0}$  и времени контакта катализатора с мономером  $\tau$ , т.е. наиболее вероятный диаметр частиц  $D$  является функцией двух переменных. При

этом существует область исходных концентраций мономера, где размер частиц катализатора не зависит от времени. Это дает возможность представить полный дифференциал

$$dD = \frac{\partial D}{\partial C_{m,0}} dC_{m,0} + \frac{\partial D}{\partial \tau} d\tau$$

Дифференцирование уравнения сжимающейся сферы по концентрации мономера дает

$$\frac{\partial D}{\partial C_{m,0}} = -2k_{ii}\tau$$

где  $k_{ii}$  – константа инициирования ( $\text{л} \times \text{моль}^{-1} \times \text{с}^{-1}$ ).

Это уравнение позволяет оценить величину константы скорости инициирования под данным о фрагментации частиц катализатора, если известно время, за которое к активным центрам присоединилось заданное количество мономера. В условиях проведенного эксперимента можно считать что  $\tau \leq \tau_{cm}$ . Расчеты показали, что при  $\tau = \tau_{cm}$  полимеризация изопрена на титан-магниево катализаторе характеризуется значением  $k_{ii} = 28.6 \times 10^6 \text{ л} \times \text{моль}^{-1} \times \text{с}^{-1}$ . Анализ динамики изменения размеров частиц катализатора при различных концентрациях мономера на интервале  $[0; \tau_{cm}]$  свидетельствует о том, что при мгновенном инициировании с константой как минимум порядка  $10^6 \text{ л} \times \text{моль}^{-1} \times \text{с}^{-1}$  последующие акты роста характеризуются константой того же порядка. Таким образом, процессе формирования титанового катализатора в результате обменных реакций между твердой и жидкой фазами образуются сложные кластерные агрегаты. Эти структуры играют важнейшую роль при формировании биметаллических АЦ, которые характеризуются высокой активностью и 1,4-цис-специфичностью.

### Литература

1. В. Browning et al // Chem. Eng. J. 2012. 207-208. 635.
2. E. Tioni et al // Ind. Eng. Chem. Res. 2012. 51. 14673.
3. Q.F Zhang et al // Chinese J. Polym. Sci. 2014. 32. 1068.
4. X.V. Jiang et al // Chinese J. Polym. Sci. 2015. 33. 815
5. В.П. Захаров, А.А. Берлин, Ю.Б. Монаков, Р.Я. Дебердеев. Физико-химические основы протекания быстрых жидкофазных процессов. М.: Наука, 2008. 348 с.

© Валиева Э.Ф., Сагитов Д.Р., Япарова А.Г., Мингалеев В.З., 2016 г.

**ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАТРИЕВОЙ СОЛИ  
КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ С АМИКАЦИНСУЛЬФАТОМ**

Васиятуллина Э.Р., Шуршина А.С.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одним из интересных направлений, развивающихся в настоящее время в химии, является синтез полимерных лекарственных соединений пролонгированного действия путем присоединения к полимеру ионными, координационными или ковалентными связями низкомолекулярных лекарственных веществ. Среди полимеров, которые могут быть использованы для этой цели, значительный интерес представляют полимеры природного происхождения. Для обеспечения пролонгированного действия лекарственных препаратов необходимо учитывать, что при включении лекарственного препарата в полимерную матрицу, его способность удерживаться внутри пленки может определяться возможным комплексообразованием полимера с лекарственным веществом. Целью данной работы стало изучение взаимодействия полимеров с лекарственными веществами.

В качестве полимера использовали натриевую соль карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), лекарственного вещества – амикацина сульфат (АМС). Для изучения взаимодействия КМЦ с АМС были исследованы УФ-спектры индивидуальных соединений, а также их смесей на спектрофотометре "UV- VIS Specord M - 40" в области 220-350 нм. Растворителем служила вода. Концентрация раствора КМЦ, используемого в ходе исследования составляла  $10^{-2}$  моль/л и АМС -  $10^{-2}$  моль/л. Для определения состава комплексов КМЦ с АМС методом УФ-спектрофотометрии использовали метод молярных отношений и метод изомолярных серий. Химическое взаимодействие между АМС и КМЦ имеет место уже в растворах. Максимум поглощения в УФ-спектре АМС наблюдается при 267 нм. При добавлении в раствор эквивалентного количества КМЦ (который при этой концентрации в УФ-области не поглощает), интенсивность пика поглощения АМС заметно возрастает, а максимум поглощения bathochromно сдвигается примерно на 5 нм. Наблюдаемые изменения свидетельствуют о воздействии КМЦ на электронную систему АМС и образовании продуктов взаимодействия. Рассчитанные по методу молярных отношений константы равновесия показывают, что образуются комплексы средней устойчивости.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-33-00216 мол\_а.*

УДК 541.64

**ИЗУЧЕНИЕ КОНСТАНТЫ ПРОТОНИРОВАНИЯ ЦЕФАЗОЛИНА  
В УСЛОВИЯХ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ  
ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ С ПРОЛОНГИРОВАННЫМ ВЫХОДОМ  
ЛЕКАРСТВЕННОГО ВЕЩЕСТВА**

Галина А.Р., Кузина Л.Г., Кулиш Е.И.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время актуальным и перспективным направлением является разработка полимерных систем с пролонгированным действием лекарственных веществ. В случае использования в качестве лекарственного вещества низкомолекулярной хорошо диссоциирующей соли транспорт лекарства через матрицу определяется в том числе и константой протонизации вещества. Константа протонизации  $pK$  характеризует степень ионизации веществ в средах с различным  $pH$ , что определяет транспорт биологически активных веществ, их выделение из носителя, идентификацию и анализ. Лекарственное вещество цефазолин, представитель первого поколения цефалоспориновой группы антибиотиков, является амфотерным соединением. Это объясняет его способность диссоциировать как по кислотному, так и по основному типу. В литературе часто встречаются данные по константам протонирования данного вещества, но они разнятся в зависимости от условий проведения эксперимента. Поэтому в данной работе представлено определение константы протонирования цефазолина с использованием потенциометрического метода в тех условиях, в которых мы получаем системы с пролонгированным действием лекарственных веществ.

В качестве объекта исследования было выбрано лекарственное вещество цефазолин производства ОАО "Биосинтез" (Россия, г. Пенза). Лекарство растворяли в дистиллированной воде для получения раствора с концентрацией 0.01M, после чего титровали раствором соляной кислоты 0.1 M при непрерывном перемешивании на магнитной мешалке. Обработку результатов, полученных с помощью  $pH$ -метра "pH-150MI" ("Измерительная техника", Россия, г. Москва) проводили в программе "New DALSFЕК". Проведённые исследования показали, что в выбранных условиях константа протонизации цефазолина равна 2.66.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта № 2687, выполняемого в рамках базовой части государственного задания в сфере научной деятельности №2014/7*

© Галина А.Р., Кузина Л.Г., 2016 г.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФЛОКУЛЯЦИИ НА НАНОДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ С УЧАСТИЕМ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ

Гараев А.А., Проскурина В.Е., Галяметдинов Ю.Г.

Казанский национальный исследовательский технологический  
университет, г. Казань, Россия

Разработка научных аспектов регулирования агрегативной и седиментационной устойчивости многокомпонентных дисперсных систем (ДС) с участием природных и синтетических полимеров и наносиликатов актуальна и важна не только для многих промышленных процессов, связанных с интенсификацией селективности разделения твердых и жидких фаз при флокуляции, осаждении и обезвоживании полученных осадков, но и для таких областей как биология, медицина, нанохимия и нанотехнология.

В работе показан процесс флокуляции наносиликатных ДС водорастворимыми природными (пектин, желатин) и синтетическими (ионогенные сополимеры акриламида (АА)) полимерами. В качестве дисперсной фазы служили образцы  $\text{SiO}_2$  с размерами частиц 32; 46; 279; 729 нм. Фазовое разделение суспензий [1], состоящих из сферических нанодисперсных частиц  $\text{SiO}_2$  минимального размера с участием природных и синтетических полимеров может быть рассмотрено с точки зрения вытеснительной флокуляции (рис.), происходит выталкивание полимерных цепей от поверхности частиц дисперсной фазы в объем дисперсионной среды.



Рис. Схематическое изображение механизма вытеснительной флокуляции.

Для зольей  $\text{SiO}_2$  с другими размерами частиц в присутствии природных полимеров отмечен процесс стабилизации системы, а в присутствии синтетических сополимеров АА – процесс флокуляции. Преимущественно установлен мостичный механизм флокуляции, о котором можно судить по высоким значениям флокулирующего эффекта для анализируемых систем.



## Литература

1. Проскурина В.Е., Гараев А.А. Флокуляция дисперсных систем  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  полимер-неорганическими гибридами // Вестник Казанского технологического университета, 2015, Т. 18, № 16, С. 47–51.

© Гараев А.А., Проскурина В.Е., Галяметдинов Ю.Г., 2016.

УДК 547.458.81

### ИНТЕРПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ НА ОСНОВЕ ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТЫ И ХИТОЗАНА

Вильданова Р.Р., Гурина М.С.

Уфимский Институт химии РАН, г. Уфа, Россия

Большой интерес для химиков и медиков представляет получение перспективных носителей лекарственных препаратов – микрочастиц на основе природных полимеров, например, с использованием хитозана, благодаря его физиологической активности, нетоксичности, биосовместимости, биодegradуемости и высокой сорбционной емкости. В литературе описаны комплексы хитозана как с неионогенными полимерами, так и с полиэлектролитами, такими как фиброин, карбоксиметилцеллюлоза, альгинат и другие. В зарубежной литературе имеются сведения о формировании интерполиэлектролитных комплексов между гиалуроновой кислотой и водонерастворимым хитозаном, однако данные о взаимодействии данных полиэлектролитов в среде с  $\text{pH} > 7$  отсутствуют. Целью данной работы являлось исследование взаимодействий между хитозаном и гиалуроновой кислотой в зависимости от pH среды, концентрации и соотношения полимеров.

В качестве объектов исследования использовали водорастворимый хитозан фирмы «Биопрогресс», гиалуроновую кислоту фирмы «Acros». В качестве растворителей – физиологический раствор фирмы «Мосфарм», фосфатный и ацетатные буферы, которые готовили в соответствии с методиками. Характеристическую вязкость образцов исследуемых полимеров определяли методом вискозиметрии с помощью вискозиметра Убеллоде при  $25 \pm 0.1$  °C и рассчитывали  $M_v$  по уравнению М-К-Х:  $[\eta] = 2.9 \times 10^{-4} M^{0.8}$  для гиалуроновой кислоты в физиологическом растворе и  $[\eta] = 1.38 \times 10^{-4} M^{0.85}$  для хитозана в ацетатном буфере.

Для образца гиалуроновой кислоты находили константу седиментации с помощью ультрацентрифуги MOM – 3080 и рассчитывали молекулярную массу по формуле:

$$M_{s\eta} = \frac{s^{3/2} [\eta]^{1/2} \eta_0 N_A}{\Phi^{1/3} \rho^{-1} (1 - \nu \rho)^{3/2}},$$

где  $\Phi^{1/3} \rho^{-1}$  – гидродинамический инвариант =  $2.71 \times 10^6$ .

Молекулярную массу хитозана определяли методом седиментационного равновесия, используя формулу:

$$M_z = \frac{RT}{(1 - \nu\rho_0)\omega^2} \cdot t g \alpha$$

где R = 8.31 Дж/моль·К; T – абсолютная температура;  $\omega = 2\pi n$  рад/сек; n – число оборотов ротора в минуту;  $(1 - \nu\rho_0)$  – Архимедов множитель, где  $\nu$  – удельный парциальный объем полимера;  $\rho_0$  – плотность растворителя.

Степень деацетилирования (СД) хитозана оценивали кислотно-основным титрованием с потенциометрическим определением точек эквивалентности на кулонометрическом титраторе ТК100-В, рассчитывая по формуле:

$$СД = \frac{203.2}{42.0 + \frac{1000m}{C_{NaOH}(V_2 - V_1)}}$$

где m – масса хитозана в навеске (г),  $C_{NaOH}$  – концентрация раствора гидроксида натрия, пошедшего на титрование аминогрупп (моль/л); 203.2 – молекулярная масса ацетилированного мономерного звена полисахарида; 42.0 – разность молекулярных масс ацетилированного и глюкозамининового мономерных звеньев.

Величину рН растворов определяли с помощью рН-метра АНИОН – 410В.

Водные дисперсии интерполиэлектrolитных комплексов (ИПЭК) получали путем смешения растворов хитозана и гиалуроновой кислоты, варьируя рН и состав среды, концентрации исходных компонентов и их соотношения.

Условия фазового разделения смесей полиэлектролитов изучали методом турбидиметрического титрования. К раствору хитозана порционно добавляли раствор гиалуроновой кислоты с интервалом прикапывания 5 минут (время, превышение которого не приводит к принципиальному изменению оптической плотности в системе) при  $25 \pm 0.1$  °С. Измерение оптической плотности полученных систем производили на УФ-спектрометре “Shimadzu UV-VIS-NIR 3100” для длине волны 600 нм и толщине поглощающего слоя 1 см. Результат титрования представлен в виде зависимости оптической плотности раствора А от мольного соотношения компонентов z:

$$z = \frac{[R-COOH]}{[R-NH_2]}$$

где  $[R-COOH]$  – молярная концентрация остатков D-глюкуроновой кислоты макромолекул гиалуроновой кислоты,  $[R-NH_2]$  – молярная концентрация D-глюкозамининовых звеньев макромолекул хитозана.

Состав реакционной смеси, начиная с которого наблюдается появление визуально фиксируемой опалесценции и, соответственно, формирование частиц ИПЭК, принимали за  $z_{\min}$ . За  $z_{\text{пред}}$  принимали наибольшее значение мольного соотношения компонентов смеси, выше которого в системе наблюдается образование осадка.

Размеры частиц ИПЭК определяли на дифракционном анализаторе размеров частиц «Shimadzu SALD – 7101», принцип которого основан на статическом рассеянии лазерного света с длиной волны 375 нм. Размеры частиц вычисляли автоматически с помощью программного комплекса прибора «Wing Sald II». Для характеристики среднего размера частиц использовали медианный размер – значение размера частиц, которое разделяет популяцию распределения точно на две равные части. Результат вычисления размеров частиц представлен в виде зависимости диаметра частиц  $d$  от их числовой доли  $q$ .

Интерполиэлектродитные комплексы представляют собой самоорганизующиеся системы, которые образуются при простом смешении водных растворов противоположно заряженных полиэлектродитов за счет кооперативного электростатического связывания поликатионов с полианионами. Случайные столкновения полиионов приводят к возникновению точечных контактов в виде солевых связей, вслед за которыми возникают солевые связи соседних ионных пар. Этот процесс происходит с достаточно большой скоростью. На первой стадии в результате столкновений полиионов образуются их ассоциаты, которые могут рассматриваться как переходное состояние. На второй стадии первичные ассоциаты превращаются в равновесные частицы.

В зависимости от зарядового соотношения и степени полимеризации исходных полиэлектродитов можно получить либо нестехиометричные водорастворимые, либо стехиометричные нерастворимые слабо набухающие в воде ИПЭК.

В первую очередь для исследования взаимодействий между гиалуроновой кислотой и хитозаном, были определены молекулярные характеристики данных полимеров: для гиалуроновой кислоты  $M_{\text{SH}}$  составила  $800 \times 10^3$ , для хитозана  $M_z = 30 \times 10^3$ . Низкая молекулярная масса хитозана обуславливает растворимость данного полимера поликатионной природы в воде.

Методом УФ-спектроскопии обнаружено резкое увеличение оптической плотности раствора смеси гиалуроновая кислота и хитозан, относительно исходных растворов и визуальное помутнение системы.

Высокое значение pH, требуемое для образования комплекса, можно объяснить тем, что при увеличении pH среды увеличивается число отрицательно заряженных карбоксилат-анионов, в то время как

количество протонированных аминогрупп хитозана уменьшается не столь значительно. В связи с этим проводили турбидиметрическое титрование раствора гиалуроновой кислоты раствором хитозана в фосфатном буфере и, наоборот, раствора хитозана раствором гиалуроновой кислоты. В первом случае наблюдается незначительное увеличение оптической плотности раствора и, соответственно, незначительная опалесценция.

Во втором случае на кривой турбидиметрического титрования можно выделить три концентрационные области существования комплексов ИПЭК. Первая область, начиная с критической концентрации агрегации до момента начала роста мутности, соответствует образованию растворимых комплексов, при этом свободные молекулы несвязанного поликатиона сосуществуют в растворе с частицами комплекса

Процессы образования ИПЭК наблюдаются практически с первых порций добавления противоположно заряженного полиэлектролита. При увеличении содержания полианиона в растворе выше некоторого значения мольного соотношения  $z_{\min}$  наблюдается появление визуальной фиксируемой опалесценции и по мере увеличения я укрупнение размеров частиц ИПЭК. В интервале мольных соотношений компонентов от  $z_{\min}$  вплоть до некоторого предельного состава комплексов  $z_{\text{пред}}$  образуются агрегативно устойчивые ИПЭК.

Увеличение количества полианиона в системе свыше  $z_{\text{пред}}$  приводит к фазовому разделению в результате агрегации частиц ИПЭК.

Предельный состав реакционной смеси ГК – ХТЗ, до которого образуется агрегативно устойчивая система ИПЭК, равен 0.028. Для систем, полученных при  $z < 0.028$ , в растворах визуально не наблюдается увеличения степени помутнения, образования каких-либо крупных агрегатов или осадков. При  $z > 0.028$  системы становятся неустойчивыми и в них появляются осадки, т.е. ГК и ХТЗ количественно связываются в нерастворимый комплекс – происходит полное осаждение ИПЭК. Дисперсии, образующиеся при  $z < 0.028$  являются стабильными, благодаря оставшимся свободным участкам полимерных цепей, некомпенсированных противоположно заряженным полиэлектролитом, которые удерживают их в растворе и препятствуют агрегации.

Таким образом, в ходе проведенных исследований установлены условия получения зольей на основе гиалуроновой кислоты и хитозана. Определены критические концентрации хитозана в системе хитозан – гиалуроновая кислота в воде, физиологическом растворе, фосфатном и ацетатных буферах, т.е. при изменении состава и pH среды. Установлено, что золь гиалуроновая кислота – хитозан в фосфатном буфере устойчив в течение 1 месяца, размер частиц которого составляет порядка 500 нм.

## ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ФЕРРОГЕЛЕЙ

Михневич Е.А., Сафронов А.П.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

Биосовместимые феррогели являются современными материалами, которые получают для биомедицинского применения, биосенсоров, магнито-чувствительных датчиков. Феррогель состоит из водорастворимого полимера, который обеспечивает его механическую эластичность и магнитных частиц, внедренных в полимерную сеть, которые дают чувствительность материала к внешнему магнитному полю. Исследование гелей, наполненных порошкообразными магнитными материалами, является актуальным направлением современной науки и техники.

Цель работы - изучение феррогелей и композитов на основе полиакриламида (ПАА), наполненных магнитными наночастицами оксида железа ( $FeOx$ ).

Измеряли адсорбцию линейного ПАА на поверхности наночастиц с использованием показателя преломления для определения остаточной концентрации полимера в растворе супернатанта. Выяснилось, что адсорбция ПАА сильно зависит от того, является ли суспензия магнитных наночастиц электростатически стабилизирована или нет.

Отрицательное влияние оказывает  $NaCit$  на взаимодействие между ПАА и  $FeOx$ , это показано измерениями энтальпии взаимодействия в бинарных композитах ПАА/ $FeOx$ . Изучение энтальпии смешения в данной системе ПАА/ $FeOx$  было проведено методом изотермической калориметрии с помощью микрокалориметра Кальве с использованием термохимического цикла. Выяснилось, что энтальпия адгезии для композитов не стабилизированных  $NaCit$  приблизились к насыщению (-10 Дж/м) при повышении концентрации ПАА. Отрицательное значение энтальпии показывает, что адгезия является энергетически выгодным процессом.

© Михневич Е.А., Сафронов А.П., 2016 г.

## МАКРОПОРИСТЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ

Гимаева Ф.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Природное происхождение и большие возможности химической модификации полисахаридов делают их весьма интересными объектами для исследования. Перспективным является использование полисахарида хитозана (ХТЗ), представляющий собой полностью или частично дезацетилированный хитин. ХТЗ содержит реакционноспособные аминогруппы, что позволяет использовать его как чрезвычайно удобный исходный материал для получения сорбентов широкого применения. Материалы на его основе проявляют высокую сорбционную способность и являются эффективными сорбентами неполярных соединений (красителей, поверхностно-активных веществ), ионов тяжелых металлов и др. Целью данной работы является получение образцов макропористых сорбентов на основе ХТЗ и его производных, например, натриевой соли сукцинамида хитозана (СХТЗ) методом лиофильной сушки.

В работе использованы образцы производства ЗАО «Биопрогресс» (г. Щелково, Россия) СХТЗ-1 со степенью деацетилирования (СД) 82%, М.м.=80000 а.е.м., СХТЗ-2 СД 82%, М.м.=500000 а.е.м. и ХТЗ СД 79%, М.м.=80000 а.е.м. Приготовление трехмерных матриц методом сублимационной сушки заключается в заморозке растворов СХТЗ-1, СХТЗ-2 и ХТЗ в форме при температуре  $-50^{\circ}\text{C}$  при атмосферном давлении, с последующей сублимационной сушкой полученной заготовки матрикса в вакуумной камере.

Изучение степени сорбции паров этанола трёхмерными матриксами, полученными из растворов индивидуальных СХТЗ-1 и СХТЗ-2 разной концентрации показало, что максимальная равновесная степень сорбции характерна для образцов, полученных из растворов концентрацией 3-5 %, т.е. из растворов с сформированной сеткой зацеплений макромолекул, т.к. концентрация образования сетки зацеплений для СХТЗ-2 составляет 1,2 % масс., а для СХТЗ-1 – 0,8 % мас. Понижение степени сорбции образцами, полученными из более концентрированных растворов, вероятно, связано с повышенной степенью структурированности раствора. При исследовании процессов сорбции паров этанола трёхмерными матриксами на основе ХТЗ установлено, что максимальной степенью сорбции обладают образцы, полученные из растворов с концентрацией полимера 3 % мас.

УДК 544.77

## УСТОЙЧИВОСТЬ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ СИСТЕМ ЗОЛЬ AgI— АМИКАЦИНСУЛЬФАТ-N-ПОЛИВИНИЛПИРРОЛИДОН

Зварыгина А.Е.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Получение устойчивых полимер-коллоидных дисперсий (ПКД) на основе водорастворимых полимеров и неорганических коллоидных частиц с последующим удалением дисперсионной среды является одним из способов создания гибридных материалов биомедицинского назначения. В этом случае и к используемому полимеру, и к коллоидным дисперсиям, предъявляются особые требования: био- и гемостовместимость, бактерицидность и т.д. Хорошей основой для создания подобного рода материалов может стать N-поливинилпирролидон (ПВП), который нашел широкое применение в медицинской практике благодаря своей хорошей растворимости в воде, отсутствию токсичности и высокой склонности к комплексообразованию.

Данная работа посвящена изучению влияния неионогенного полимера ПВП на стабильность отрицательно и положительно заряженных мицелл золя йодида серебра в присутствии антибиотика амикацин сульфата (АМС), являющегося электролитом.

Установлено, при концентрации исходных растворов йодида калия и нитрата серебра, составляющей 0,01 моль/л, и их объёмном соотношении, равном 10:7 образуются частицы с небольшим размером, входящим в интервал истинно-коллоидных систем (до 100 нм). При добавлении к золям антибиотика амикацинсульфата, их агрегативная устойчивость резко падает, золь практически сразу коагулирует, что приводит к существенному увеличению размеров частиц (до 1000 нм), и, соответственно, системы становятся седиментационно неустойчивыми.

Таким образом, важной задачей является сохранение устойчивости лиофобных зольей в процессе функционирования или хранения материалов на их основе.

Действительно, стабильность частиц зольей в присутствии антибиотика АМС и водорастворимого филологически-активного полимера ПВП повышается, о чем свидетельствует вид зависимости оптической плотности изученных систем во времени, согласно которой фазовое разделение для ПКД золь-ПВП-АМС наступает только на 4 суток выдержки.

©Зварыгина А.Е., 2016

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ И ИХ ГИБРИДОВ НА ФЛОКУЛЯЦИЮ СУСПЕНЗИИ ОХРЫ

Кандыба К.С., Фаткуллина Э.Д., Проскурина В.Е., Галяметдинов Ю.Г.

Казанский национальный исследовательский технологический  
университет, г. Казань, Россия

Флокуляция – важный процесс в области очистки промышленных сточных вод. Флокулянты на основе биополимеров являются хорошей альтернативой для замены синтетических полимеров, т.к. имеют свойство биоразлагаемости, что является благоприятным фактором для сохранения окружающей среды [1]. В настоящее время широкий интерес в области разработки эффективных флокулирующих добавок получили полимер-неорганические системы – гибриды, которые проявляют свойства как коагулянта, так и флокулянта. В работе проанализировано влияние полимерных добавок различного происхождения: катионного сополимера акриламида (АА) и хитозана и гибридных систем на их основе на седиментационную устойчивость в режиме стесненного оседания на модельной суспензии охры. Установлен оптимальный режим флокуляции: максимальный флокулирующий эффект при минимальной концентрации катионного сополимера акриламида. Этот результат объясняется нейтрализационным механизмом флокуляции на частицах охры.

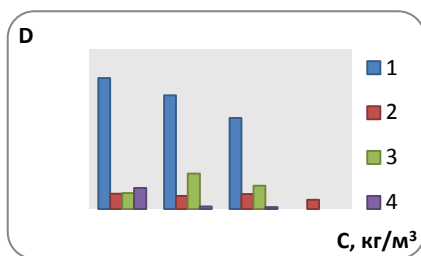


Рис. Влияние концентрации гибридных систем на величину флокулирующего эффекта D. 1 – катионный синтетический полимер, 2 – катионный природный полимер, 3 – гибрид на основе катионного синтетического полимера, 4 – гибрид на основе катионного природного полимера.

### Литература

1. Lee, C.S. A review on application of flocculants in wastewater treatment / C.S. Lee, J. Robinson, M.F. Chong // Process Safety and Environmental Protection, 2014, v. 92, N. 6, pp. 489–508.

© Кандыба К.С., Фаткуллина Э.Д., Проскурина В.Е.,  
Галяметдинов Ю.Г., 2016.



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОЙ ПОДВИЖНОСТИ ЗОЛЯ ЙОДИДА СЕРЕБРА В ПРИСУТСТВИИ ХИТОЗАНА И СУКЦИНАМИДА ХИТОЗАНА

Кабирова Э.Ф.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время в медицинских целях все более широко применяются вещества в коллоидном состоянии. Так соли серебра, например, йодида серебра, находят свое применение в качестве обеззараживающих средств, золото в виде лиофобного золя может использоваться для диагностики раковых опухолей. Между тем, известно, что лиофобные золи, к которым относятся и золи йодида серебра, являются термодинамически неустойчивыми и требуют дополнительной стабилизации. В качестве полимера-стабилизатора неорганических коллоидных золь при медицинском их использовании может выступать хитозан. Основным фактором, обеспечивающим возможность стабилизации полимером гидрофобного золя, является его адсорбция на поверхности. Оценить произошла адсорбция между зольем и полимером возможно, померив электрофоретическую подвижность золя ( $U_e$ ). В связи с этим целью настоящей работы стало изучение электрофоретической подвижности золя йодида серебра в отсутствии и присутствии водорастворимых производных хитозана.

В качестве объектов исследования использовали два образца ХТЗ с различными молекулярными массами (340 и 80 кДа) и СХТЗ (200 кДа) производства ЗАО «Биопрогресс», Россия. Концентрация вводимого полимера варьировалась от 0,02 до 0,5% мас. Золи йодида серебра получали конденсационным методом по реакции обмена, протекающей между йодидом калия и нитратом серебра. При формировании золя варьировали как объемные соотношения исходных растворов солей, так и их концентрации. Электрофоретическую подвижность определяли методом электрофореза по смещению границы раздела полимер-коллоидная дисперсия – боковая жидкость в единицу времени при постоянном напряжении.

Как показали исследования, введение полимера в золь йодида серебра приводит к уменьшению электрофоретической подвижности золя. При этом при исследовании двух образцов ХТЗ, отличающихся своей молекулярной массой,  $U_e$  меньше там, где больше вязкость полимера. Таким образом, было показано, что на электрофоретическую подвижность золя большее влияние оказывает вносимая полимером вязкость, чем заряд.

© Кабирова Э.Ф., 2016 г.

## ВЫДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СУЛЬФИТНЫМ СПОСОБОМ

Казбулатова Г. М., Файзуллина Н. Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время существенно возросли потребности целлюлозно-бумажной промышленности в целлюлозе. Основным сырьем для получения целлюлозы является древесина, переработка которой является одновременно капиталоемкой, энергоемкой и экологически небезопасной отраслью с большим количеством отходов. Одним из путей решения экологических проблем является создание принципиально новых способов получения целлюлозы, которые связаны с разработкой новых процессов делигнификации отходов древесины, обеспечивающих повышение выхода и улучшение качества целлюлозы, а также экологическую безопасность ее производства.

Процесс получения целлюлозы из отходов древесины (варка целлюлозы) заключается в удалении лигнина, а также экстрактивных веществ [1]. По способам варки, в зависимости от применяемых реагентов, различают различные способы варки [2]. Нами в лабораторных условиях проведена работа по получению целлюлозы сульфитным способом из отходов деревообработки – из опилок.

Делигнификация отходов древесины при сульфитной варке определяется следующими основными реакциями лигнина: сульфированием, инактивацией (или конденсацией) и гидролитическим и коллоидно-химическим его растворением (рисунок 2) [3].

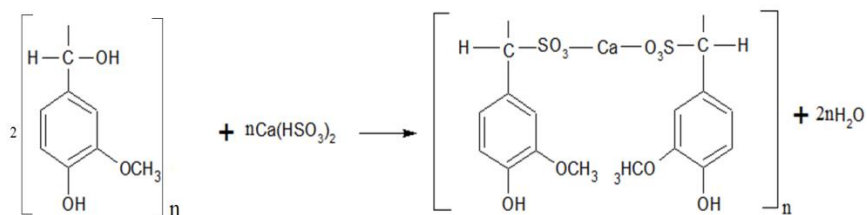
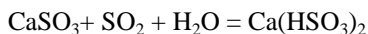


Рис. Реакция сульфирования лигнина

В проведенной нами работе основными варочным реагентом является бисульфит кальция –  $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$ . Варка проводилась в нейтральной среде (pH 6-7):  $\text{SO}_2$  пропускался через раствор сульфита кальция и опилок, с получением бисульфита кальция по уравнению:



$\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$  образуется в варочном растворе в ходе реакции из сульфита кальция и используется в момент ее образования, когда он наиболее активен. В качестве сырья для получения сульфита кальция использовали известняк  $\text{CaCO}_3$ .  $\text{CaCO}_3$  является относительно дешевым сырьем. В результате проделанной работы получили целлюлозу хорошего качества, требующего незначительную отбелку.

Таким образом, мы стремимся решить проблемы рационального и экономического использования древесного сырья и создать практически безотходное производство.

### Литература

1. Никитин В. М. Химия древесины и целлюлозы / В. М. Никитин, А. В. Оболенская, В. П. Щеголев. – М.: «Лесная промышленность», 1978. – 368 с.
2. ЛесОнлайн.ру. Рынок целлюлозы в России – 2014. Виды целлюлозы. – <http://www.lesonline.ru/n/3D56B>.
3. Примаков С.Ф. Производство сульфитной целлюлозы. М: Экология, 1993. – 272 с.

© Казбулатова Г. М., Файзуллина Н. Р., 2016 г.

УДК 541.64:536

## РЕОЛОГИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Миниахметова С.Р., Чернова В.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Известно, что в разбавленных растворах полимеров при концентрации  $C$  меньшей так называемой концентрацией кроссовера  $C^*$  (концентрации начала перекрывания клубков) макромолекулы текут независимо друг от друга, а при  $C > C^*$  (в полуразбавленном растворе) движение макромолекул замедляется из-за их взаимного влияния. Это сопровождается формированием сетки зацеплений при концентрации полимера в растворе  $C_c$ . В растворах неионогенных полимеров  $C^* \approx C_c$ . Однако, в растворах ионогенных полимеров одноименно заряженные звенья макромолекул отталкиваются друг от друга, что препятствует формированию сетки зацеплений, в результате  $C^* \neq C_c$ . Ранее такие особенности динамического поведения растворов ионогенных полимеров были рассмотрены на примере полидиметилдиаллиламмоний хлорида [1], полиакриловой кислоты [2], хитозана и сукцинамида хитозана [3]. В

данной работе исследовано динамическое поведение ионогенного полимера – натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ).

В качестве объектов исследования использовали КМЦ производства ЗАО «Вектон», Россия. Характеристическую вязкость определяли с помощью вискозиметра Убеллоде при температуре  $T=25\pm 1^\circ\text{C}$ . Значение характеристической вязкости исследуемого образца в бидистиллированной воде составляло 30,1 дл/г. Реологические измерения проводили на модульном динамическом реометре HaakeMarsIII при  $T=25\pm 1^\circ\text{C}$  в режиме непрерывного сдвигового деформирования в диапазоне скоростей сдвига от 0,1 до 100  $\text{c}^{-1}$ . За наибольшую ньютоновскую вязкость принимали вязкость, определенную при скорости сдвига равной 0,1  $\text{c}^{-1}$ , за наименьшую – при скорости сдвига 100  $\text{c}^{-1}$ .

Представление зависимости наибольшей ньютоновской вязкости  $\eta$  от концентрации полимера в растворе в двойных логарифмических координатах показало, что формирование сетки зацеплений, с соответствующим ростом вязкости, происходит при концентрации  $C_c \approx 0,3$  г/дл. Однако, учитывая, что значение концентрации кроссовера обратно пропорционально характеристической вязкости полимера и в нашем случае составляет  $\approx 0,030$  г/дл, следует признать, что достижение  $C^*$  никак не сказывается на механизме течения полимеров. В связи с этим, для растворов КМЦ можно говорить о наличии переходной области, в которой макромолекулы уже соприкасаются друг с другом, но сетки зацеплений еще не образуют. Кроме того, исследования показали, что при повышении скорости сдвига в реологических испытаниях наблюдается противоположная ситуация: фактически сразу после перехода раствора из разбавленного в полуразбавленный режим, начинает формироваться сетка зацеплений, при этом  $C^* \approx C_c$ . Очевидно, это связано с тем, что повышение скорости сдвига при реологических испытаниях приводит к преодолению сил электростатического отталкивания между макромолекулами, в результате чего сетка зацеплений начинает формироваться сразу после достижения точки кроссовера.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-33-00220 мол а*

#### Литература

1. Litmanovich E.A., Orleneva A.P., Korolev B.A., Kasaikin V. A. and Kulichikhin V. G. // Polymer Science, Ser. A. 2000. V.42. №6. P.689.
2. Dreval' V.E., Vasil'ev G.B., Litmanovich E.A., and Kulichikhin V. G. // Polymer Science, Ser. A. 2008. V.50. №7. P 751.
3. Bazunova M.V., Valiev D.R., Chernova V.V. and Kulish E.I. // Polymer Science, Ser. A. 2015. V.57. №5. P. 975

© Чернова В.В., Миниахметова С.Р., 2016 г.

**ПОВЫШЕНИЕ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ С  
ПРИМЕНЕНИЕМ СШИТОГО ПОЛИМЕРА  
И СИСТЕМЫ ПАВ-ПОЛИМЕР**

Меньшенина Л.А., Арсланова И.М.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Определено влияние скорости сдвига сшитого полимера и системы ПАВ-полимер на динамическую вязкость при постоянной температуре. На реометре НААКЕ MARS III были проведены вязкостные характеристики данных объектов.

Объектами исследования стали образец анионного поверхностно-активного вещества и 3 образца анионного геля ПАА, которые отличались молекулярной массой (ММ):

- образец №1 – раствор ПАА (ММ 16,5 млн., концентрация 0,5% мас.);
- образец №2 – раствор ПАА (ММ 16,5 млн., концентрация 1,0% мас.);
- образец №3 – раствор ПАА (ММ 16,5 млн., концентрация 5,0% мас.);
- образец №4 – смесь ПАА (ММ 16,5 млн., концентрация 0,5% мас) с АПАВ с концентрацией действующего вещества на 1,0% мас.;
- образец №5 – смесь ПАА (ММ 16,5 млн., концентрация 1,0% мас.) с АПАВ с концентрацией действующего вещества на 1,0% мас.;
- образец №6 – смесь ПАА (ММ 16,5 млн., концентрация 5,0% мас.) с АПАВ с концентрацией действующего вещества на 1,0% мас.;
- образец №7 – анионное поверхностно-активное вещество Р-30.

Выявлено, что для раствора полимера 5% мас. при скорости сдвига от 0 до 20 с<sup>-1</sup> динамическая вязкость резко снижается, затем изменяется незначительно (рис. 1). Также для смеси ПАВ Р-30 (1% мас.) + раствор ПАА (5,0% мас.) при 0 с<sup>-1</sup> наблюдается максимально значение динамической вязкости 1278 Па·с, а минимальное - 1,29 Па·с (рис. 2). Изучено влияние концентрации смеси АПАВ Р-30 (1% масс.) + раствор полимера (0,5% масс., 1,5% масс., 5,0% масс.) на нефтеотмывающую способность. Из результатов выявлено, что ПАВ в чистом виде показывает высокие нефтеотмывающие показатели.

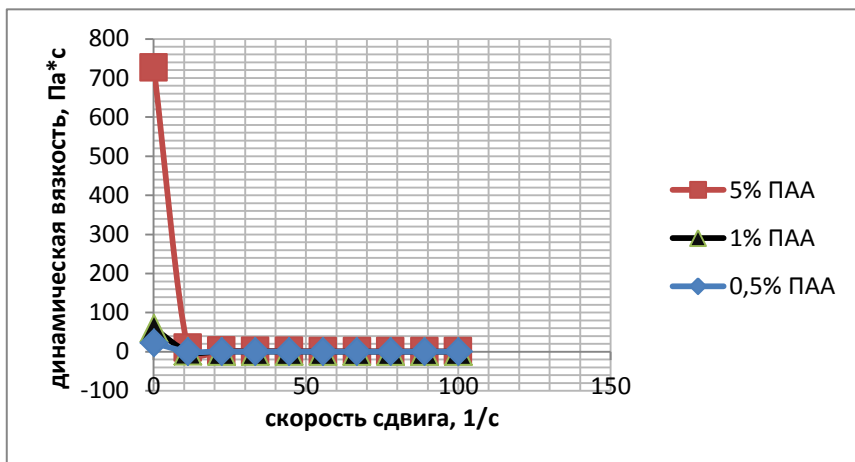


Рис. 1. Зависимость динамической вязкости растворов ПАА от скорости сдвига.

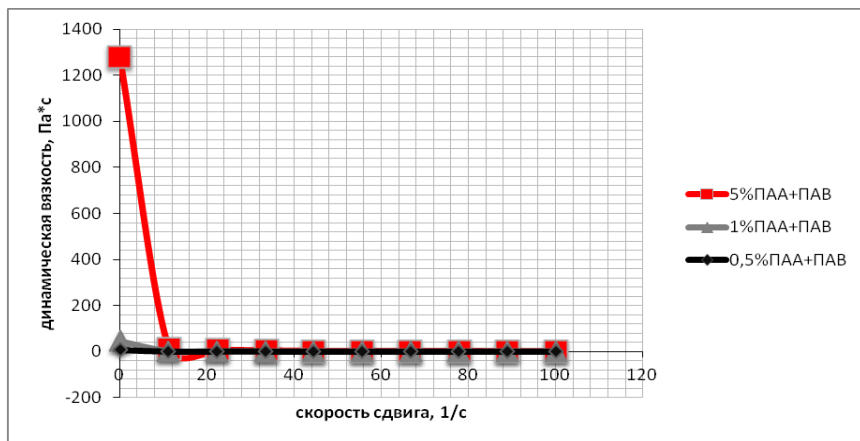


Рис. 2. Зависимость вязкости смеси ПАВ Р-30 (1% масс.) + раствор ПАА (1 – 5,0% масс., 2 - 1,5% масс., 3 – 0,5% масс.) от скорости сдвига.

### Литература

1. Савицкая М.Н., Холодова Ю.Д. Полиакриамид – К.: Техника, 1969. - 188с.
2. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. Свойства и применение.-2-е изд.; перераб. и доп. – Л.: Химия, 1981. - 304 с.

© Меньшенина Л.А., 2016 г.

## ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ РАСТВОРОВ СУКЦИНАМИДА ХИТОЗАНА В СМЕШАННОМ РАСТВОРИТЕЛЕ ВОДА-ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ И ВОДА-ЭТИЛОВЫЙ СПИРТ

Мусина О.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Известно, что полиэлектролиты очень чувствительны к действию различных факторов. А введение в их растворы даже небольших количеств «посторонних» веществ приводит к довольно значительным изменениям в конформационной и надмолекулярной структуре данных полимеров [1]. В связи с этим целью настоящей работы стало изучение особенностей поведения полиэлектролита сукцинамида хитозана (СХТЗ) в смешанных растворителях вода-этиленгликоль(ЭГ) и вода-этиловый спирт (EtOH). При описании вязкостных свойств разбавленных растворов полимеров пользуются линейной взаимосвязью между вязкостью полимера в растворе и его концентрацией:  $\eta \sim c^\delta$ , где  $\delta$  (степень агрегации), равная 1, говорит о том, что нет взаимодействия между молекулами. Данный факт имеет место в системе СХТЗ-вода. Любое отклонение значений  $\delta$  от 1 будет свидетельствовать о протекании агрегационных процессов, то есть о наличии взаимодействия между макромолекулами, что наблюдается в нашем случае при использовании смешанного растворителя. Так в системе СХТЗ-вода-EtOH вязкость раствора при повышении концентрации полимера резко увеличивается и значения  $\delta$  в этом случае больше 1. Кроме того наблюдается и уменьшение значений характеристической вязкости СХТЗ. Данный факт можно объяснить ухудшением термодинамического качества смешанного растворителя, по сравнению с чистой водой, приводящим к уменьшению размеров макромолекулярных клубков и образованию плотных агрегатов. При использовании растворителя вода-ЭГ происходит медленное нарастание вязкости от концентрации. В этом случае  $\delta < 1$ , а значения  $[\eta]$  СХТЗ выше, чем в воде, что свидетельствует об увеличении размера макромолекулярного клубка.

Установлено, что в смешанном растворителе молекулы СХТЗ находятся не в виде изолированных макромолекулярных клубков, а представляют собой системы взаимодействующих макромолекул.

### Литература

1. Цветков В.Н., Эскин В.Е., Френкель С.Я. Структура макромолекул в растворах. - М.: Наука, 1965. - 719 с.

© Мусина О.В., 2016 г.

**СОРБЦИОННО-АКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ СУКЦИНАМИД ХИТОЗАНА-ЗОЛЬ AgI**

Мустакимов Р.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

На сегодняшний день достаточно актуальной является проблема создания сорбционно-активных материалов медицинского назначения с заданным комплексом свойств на основе дисперсных систем природных полимеров и лиофобных зольей. Данные системы могут быть использованы в качестве микроразмерных полимерных контейнеров для направленной доставки маслорастворимых лекарственных средств. Прекрасной основой для создания подобного рода материалов может служить дисперсная система на основе сукцинамида хитозана (СХТЗ), производного биополимера хитозана и золя йодида серебра (AgI). В связи с вышеизложенным, целью работы является изучение сорбционной активности пористых материалов, полученных из полимер-коллоидных дисперсий (ПКД) на основе зольей йодида серебра и СХТЗ методом лиофильной сушки. Метод определения сорбционной активности системы СХТЗ-AgI основан на определении величины полного насыщения сорбента парами адсорбата (этанола) в стандартных условиях испытания (при 20-25°C). Изучение сорбционной активности ПКД на основе СХТЗ и AgI при различных концентрациях показало, что максимальная равновесная степень сорбции характерна для образцов, полученных из растворов концентрацией полимера 3-5 %, т.е. из растворов со сформированной сеткой зацеплений макромолекул (рис.).

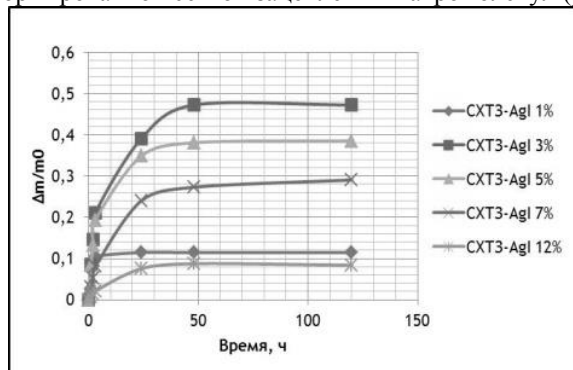


Рис. Кривые сорбции паров этанола матриксами на основе СХТЗ-AgI (золя AgI получен из растворов йодида калия и нитрата серебра концентрацией 0,01 моль/л в соотношении 10:7)

© Мустакимов Р.А., 2016 г.



**ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИФИКАТОРА «ЭТАЛИТЕН EVA-g-MMA»  
НА ТЕРМИЧЕСКИЙ И ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНЫЙ РАСПАД  
ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА**

Проворова Э.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Основная часть производимого поливинилхлорида (ПВХ) перерабатывается в виде пластифицированных полимерных композиций. В качестве пластификаторов чаще всего используют эфиры фталевой кислоты. Основным недостатком подобных пластификаторов является их повышенная токсичность и достаточно высокая летучесть. В связи с этим, актуальным является замена жидких пластификаторов на твердые, т.к. они лишены тех недостатков, которые присущи жидким. Одним из образцов твердых пластификаторов является «Эталитен EVA-g-MMA». Целью данной работы являлась оценка влияния твердого пластификатора «Эталитен EVA-g-MMA» на процесс дегидрохлорирования ПВХ и реологические свойства расплава полимера. В ходе ряда экспериментов было установлено, что в инертной атмосфере в широком интервале концентраций «Эталитен EVA-g-MMA» не оказывает существенного влияния на скорость термической деструкции ПВХ. Однако следует отметить, что в условиях термоокислительной деструкции введение «Эталитен EVA-g-MMA» приводит к увеличению скорости распада модельных ПВХ-композиций. Основываясь на результатах ряда экспериментов было отмечено, что «Эталитен EVA-g-MMA» проявляет стабилизирующий эффект на распад ПВХ-пластиката по показателю «Время термостабильности». Исходя из оценки реологических свойств модельных ПВХ пластификатов при введении «Эталитен» EVA-g-MMA по показателю текучести расплава (ПТР) наблюдается значительное повышение показателя текучести расплава, что позволяет при сохранении необходимого значения ПТР выводить из рецептуры до 5-7 мас. ч. жидкого пластификатора. Образец твердофазного пластификатора «Эталитен EVA-g-MMA» был испытан в рецептуре кабельного пластиката, заменяя серийный пластификатор диоктилфталат на 10%. Показано, что образцы кабельного пластиката, с твердофазным пластификатором «Эталитен EVA-g-MMA» и диоктилфталатом в соотношении 4,5:40,5 м.ч. на 100 м.ч. ПВХ, соответствуют требованиям ГОСТ 5960–72 с изм. 1–9. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о возможности применения «Эталитен EVA-g-MMA» в качестве твердофазного пластификатора ПВХ-композиций, дополнительно проявляющего стабилизирующий эффект.

© Проворова Э.Р., 2016 г.

## **СИСТЕМЫ СУКЦИНАМИД ХИТОЗАНА-ГЛИЦЕРИН В КАЧЕСТВЕ ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО В КОМПОЗИЦИЯХ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН**

Рафикова Г.М., Кузнецова Е. А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Практика показывает, что для получения научно-планированного урожая сельскохозяйственных культур необходима предпосевная обработка семян, которая стимулирует ростовые процессы, способствует более эффективному начальному росту семян. Одними из эффективных способов предпосевной обработки являются дражирование и микрокапсулирование составами, содержащими протравители, регуляторы роста и другие добавки, а в качестве связующей или плёнкообразующей основы – некоторые полимеры (пектины, камеди, полиглюкозамины). Наибольший интерес вызывает использование полисахарида хитозана (ХТЗ), который в сельском хозяйстве используется в качестве средства для предотвращения болезней семян и усиления роста растений. В данной работе исследован подход к управлению вязкоупругих свойств систем на основе натриевой соли сукцинамида ХТЗ (СХТЗ), заключающийся в формировании дополнительной сетки физических связей за счёт введения низкомолекулярного модификатора – глицерина, способного образовывать межмолекулярные водородные связи с макромолекулами СХТЗ, и проведены испытания полученных систем в качестве компонентов композиций для предпосевной обработки семян.

При изучении реологического поведения растворов СХТЗ в смесях вода-глицерин различного объёмного соотношения установлено, что добавление глицерина в систему СХТЗ-вода сопровождается увеличением динамической вязкости во всём диапазоне концентраций полимера. Формирование сетки зацеплений в присутствии глицерина начинается при более низких концентрациях СХТЗ, чем в случае водных растворов полимера. Более того, чем больше содержание глицерина в системе, тем больше вклад упругой составляющей в общий прирост вязкости. Установлено, что система ХТЗ-глицерин-0,1%-ная уксусная кислота с концентрацией ХТЗ 0,4 мас. % оказывают положительное влияние на энергию роста семян. Таким образом, на основании проведённых реологических и биологических исследований подобрано полимерное связующее на основе системы СХТЗ-глицерин для композиций для предпосевной обработки семян.

© Рафикова Г.М., 2016

## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛЯ НА ЗНАЧЕНИЕ $\xi$ -ПОТЕНЦИАЛА

Сафина А.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Благодаря бактерицидному свойству серебра в современной медицине оно применяются для создания перевязочных материалов, хирургических инструментов и биоматериальных тканезаменителей [1]. Из соединений серебра в медицине широкое применение нашли галогениды серебра, среди них наибольшее применение имеет йодид серебра ( $\text{AgI}$ ). При этом известно, что применение йодида серебра в коллоидном состоянии, позволяет снизить его токсическое действие на живой организм [1]. Однако, неорганические лиофобные золи являются термодинамически неустойчивыми. Одним из факторов агрегативной устойчивости подобных дисперсных систем является значение  $\xi$ -потенциала (заряда коллоидной частицы). В связи с этим целью данной работы стало изучение влияния условий формирования коллоидных зелей йодида серебра на значение  $\xi$ -потенциала.

Золь получали конденсационным методом сливанием растворов йодида калия и нитрата серебра. При формировании зелей варьировались следующие условия: объемные соотношения (1:10, 3:10, 5:10, 7:10) и концентрации исходных растворов солей (0,001 Н, 0,01 Н, 0,02 Н). Положительно заряженные золи  $\{[\text{AgI}]_m \text{ nAg}^{+} + (\text{n-x})\text{NO}_3^{-}\}^{x+} \cdot \text{xNO}_3^{-}$  получали при избытке  $\text{AgNO}_3$ . Отрицательно заряженные  $\{[\text{AgI}]_m \text{ nI}^{-(\text{n-x})}\text{K}^{+}\}^{x-} \cdot \text{xK}^{-}$  при избытке  $\text{KI}$ . Электрофоретический потенциал сформированных зелей определяли методом электрофореза по перемещению границы коллоидный раствор – боковая жидкость в U-образной трубке. Расчет значения  $\xi$ -потенциала вели по равнению Гельмгольца-Смолуховского.

Проведенные исследования показали, что  $\xi$  потенциал отрицательно заряженных зелей всегда выше, чем положительно заряженных, что хорошо согласуется с литературными данными об их большей агрегативной устойчивости. Варьирование условий приготовления, а именно, увеличение концентрации и уменьшение объемных соотношений исходных растворов йодида калия и нитрата серебра, приводит к снижению  $\xi$ -потенциала коллоидных частиц.

### Литература

1. Баран А. А.//Стабилизация дисперсных систем водорастворимыми полимерами.1985,-1126с

© Сафина А.Р., 2016 г.

**УСТАНОВЛЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОЦЕССА  
ПОЛИМЕРИЗАЦИИ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА НА  
ИНИЦИИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЕ**

**«ПЕРОКСИД БЕНЗОИЛА-ТИТАНОЦЕНДИХЛОРИД»**

Темникова Н.Е.<sup>1</sup>, Терещенко К.А.<sup>1</sup>, Улитин Н.В.<sup>1</sup>, Шиян Д.А.<sup>1</sup>,  
Фризен А.К.<sup>2</sup>, Колесов С.В.<sup>2</sup>, Сигаева Н.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

<sup>2</sup> Уфимский Институт химии РАН, г. Уфа, Россия

Актуальной задачей химии высокомолекулярных соединений является разработка новых подходов к синтезу полимеров с требуемыми свойствами. В частности, одним из таких подходов является радикально-координационная полимеризация в присутствии металлоценов [1]. Однако на сегодня отсутствуют систематические представления о механизме радикально-координационной полимеризации, полученные на основе каких-либо теоретических подходов к исследованию механизмов химических реакций (квантово-химическое моделирование [2], теоретическое кинетическое моделирование [3], метод молекулярной динамики [4] и т.п.). Как следствие, подбор условий процессов радикально-координационной полимеризации в присутствии металлоценов для придания полимерам требуемых свойств без информации о механизмах процессов представляет собой довольно сложную задачу. Объектом исследования в настоящей работе выбран процесс блочной радикально-координационной полимеризации метилметакрилата на иницирующей системе «пероксид бензоил-титаноцендихлорид», а целью работы стало установление кинетической схемы этого процесса.

Сначала составили гипотетическую кинетическую схему процесса на основании квантово-химических расчетов, проведенных в программе Gaussian<sup>®</sup>09 Rev. C.01 (Version: EMT64T legacy/Linux, номер лицензии: FA7353864010) [5] на кластерном суперкомпьютере ЦКП «Химия» Уфимского Института химии РАН (вычислили тепловые эффекты и активационные барьеры всех возможных гипотетических реакций процесса). Затем на основе этой схемы с помощью закона действующих масс с применением метода производящих функций [3] записали систему кинетических уравнений – математическую модель кинетики процесса. Далее в результате решения обратной кинетической задачи определили кинетические константы (константы скоростей) реакций рассматриваемого процесса. Решение обратной кинетической задачи представляет собой нахождение таких физически обоснованных значений

кинетических констант, чтобы расхождения между рассчитанными по математической модели кинетики процесса и соответствующими экспериментальными данными были минимальны. Для решения обратной кинетической задачи использовали кинетические кривые процесса при 343 К, молекулярно-массовые характеристики (среднечисленную и среднемассовую молекулярные массы и коэффициент полидисперсности) и значения стереорегулярности получаемого полиметилметакрилата. Установили, что математическая модель кинетики процесса с найденными кинетическими константами реакций адекватно описывает экспериментальные данные, а значит, полимеризация метилметакрилата на иницирующей системе «пероксид бензоила-титаноцендихлорид» при 343 К действительно может протекать по кинетической схеме, заложенной в модель. В эту кинетическую схему вошли реакции: 1) классической радикальной полимеризации; 2) контролируемой радикальной полимеризации, протекающей по механизмам OMRP (Organometallic Mediated Radical Polymerization) и ATRP (Atom Transfer Radical Polymerization); 3) образования координационных активных центров; 4) роста цепи в координационной сфере металла.

В дальнейшем планируется определить температурные зависимости кинетических констант установленной кинетической схемы, доказав ее справедливость в широком диапазоне температур.

### Литература

1. Фризен, А.К. Стереорегулирующее действие титаноцендихлорида в радикальной полимеризации метилметакрилата / А.К. Фризен, С.Л. Хурсан, Ю.Б. Монаков // Химия и химическая технология, 2010, Т. 53, №1, С. 70-73.
2. Хурсан, С.Л. Квантовая механика и квантовая химия / С.Л. Хурсан. – Уфа: ЧП Раянов, 2005. – 164 с.
3. Улитин, Н.В. Методы моделирования кинетики процессов синтеза и молекулярно-массовых характеристик полимеров: монография / Н.В. Улитин, К.А. Терещенко. – Казань: Изд-во Казан. нац. исслед. технол. ун-та, 2014. – 228 с.
4. Хохлов, А.Р. Методы компьютерного моделирования для исследования полимеров и биополимеров / А.Р. Хохлов, А.Л. Рабинович, В.А. Иванов. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 585 с.
5. Gaussian 09, Revision C, M. J. Frisch, and al. Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2009.

© Темникова Н.Е., Терещенко К.А., Улитин Н.В., Шиян Д.А., Фризен А.К., Колесов С.В., Сигаева Н.Н., 2016 г.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МАКРОКИНЕТИКИ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА  
БУТИЛКАУЧУКА В ТРУБЧАТОМ ТУРБУЛЕНТНОМ РЕАКТОРЕ  
ДИФфуЗОР-КОНфуЗОРНОЙ КОНСТРУКЦИИ**

Захаров В.П.<sup>1</sup>, Ганиев Г.М.<sup>2</sup>, Терещенко К.А.<sup>2</sup>, Улитин Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup> Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

Процесс синтеза бутилкаучука (катионная сополимеризация изобутилена с изопреном) реализуется при низких температурах (163-183 К) [1]. Тем не менее, это быстрый химический процесс, который протекает в объемных реакторах смешения в факельном режиме, то есть с неравномерными полями температур (зонами локального перегрева реакционной массы) и концентраций реагентов [1]. В зонах локального перегрева реакционной массы получается низкомолекулярный бутилкаучук, налипающий на теплообменные поверхности реактора, что ухудшает теплообмен и уменьшает время работы реактора [1]. Этого можно избежать, усилив перемешивание реакционной массы и не допуская образования точек ее локального перегрева. Тогда, как было показано в работах В.П. Захарова, К.С. Минскера, А.А. Берлина и др. [2], наиболее перспективным для проведения подобного рода быстрых химических процессов является трубчатый турбулентный реактор. В настоящее время за счет моделирования макрокинетики процесса изучены закономерности синтеза бутилкаучука в трубчатом турбулентном реакторе цилиндрической конструкции [3]. Этот тип трубчатого турбулентного реактора является наиболее простым. Установлено, что в подобном реакторе получается низкомолекулярный бутилкаучук, подходящий к использованию лишь в качестве герметика [3]. Однако перспективы применения для получения бутилкаучука трубчатых турбулентных реакторов последнего поколения – диффузор-конфузорной конструкции – неизвестны. Поэтому целью данной работы стало установление теоретических закономерностей процесса синтеза бутилкаучука в трубчатом турбулентном реакторе диффузор-конфузорной конструкции. Поскольку экспериментально в лаборатории установить закономерности этого процесса затруднительно из-за невозможности создания и поддержания строго заданной низкой температуры (163-183 К), достижение данной цели осуществили методом моделирования макрокинетики в программном пакете вычислительной гидродинамики ANSYS Fluent (рассматривали процесс синтеза бутилкаучука на традиционном для данного процесса катализаторе, хлориде алюминия, и в традиционном растворителе, метилхлориде).

В ANSYS Fluent разработали модель макрокинетики процесса синтеза бутилкаучука в трубчатом турбулентном реакторе диффузор-конфузорного типа. На этой модели провели расчет макрокинетики рассматриваемого процесса при различном числе секций, длине и диаметре секций, углах раствора конфузора трубчатого турбулентного реактора диффузор-конфузорной конструкции, скорости движения потока реакционной массы и начальных концентраций реагентов и оценили молекулярно-массовые характеристики получаемого бутилкаучука (среднечисленную и среднемассовую молекулярные массы и коэффициент полидисперсности). На основе информации о молекулярно-массовых характеристиках бутилкаучука по полуэмпирическим формулам, полученным нами в работе [3], определили значения вязкости по Муни бутилкаучука и прочности его серных вулканизатов.

Полученные результаты позволяют определять оптимальные режимы и геометрические параметры трубчатого турбулентного реактора диффузор-конфузорной конструкции в зависимости от комплекса предъявляемых к получаемому бутилкаучуку требований.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-33-50183 мол\_нр.*

### Литература

1. Sangalov, Yu.A. Polymers Derived from Isobutylene: Synthesis, Properties, Application / Yu.A. Sangalov, K.S. Minsker, G.E. Zaikov. – Utrecht: VSP, 2001. – 372 p.
2. Zakharov, V.P. Intensification of gas-liquid processes in tubular turbulent apparatus / V.P. Zakharov, K.S. Minsker, F.B. Shevlyakov, A.A. Berlin, G.G. Aleksanyan, B.L. Rytov, A.A. Konoplev // Russian Journal of Applied Chemistry, 2004, v. 77, № 3, pp. 1822-1825.
3. Ulitin, N.V. Macrokinetics of the cationic copolymerization of isobutylene with isoprene / N.V. Ulitin, K.A. Tereshchenko // Kinetics and Catalysis, 2016, v. 57, № 2, pp. 177-183.

© Захаров В.П., Ганиев Г.М., Терещенко К.А., Улитин Н.В., 2016 г.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-МАССОВЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПОЛИБУТАДИЕНА, ПОЛУЧАЕМОГО ИОННО-КООРДИНАЦИОННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИЕЙ В ПРИСУТСТВИИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ В ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКАХ ТИТАНОВОЙ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

Зиганшина А.С.<sup>1</sup>, Терещенко К.А.<sup>1</sup>, Захаров В.П.<sup>2</sup>, Улитин Н.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

<sup>2</sup> Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Отличительной чертой гетерогенных каталитических систем Циглера-Натта является заметное влияние размеров их частиц на их активность в ионно-координационной полимеризации [1]. Поэтому для физической модификации гетерогенных каталитических систем (диспергирования частиц) все чаще применяют трубчатые турбулентные аппараты [1, 2]. Так, в работе [1] экспериментально установлено, что пропускание реакционной смеси, состоящей из растворенных в толуоле каталитической системы  $TiCl_4-Al(i-C_4H_9)_3$  и бутадиена, через трубчатый турбулентный аппарат диффузор-конфузорного типа в момент инициирования полимеризации приводит к увеличению скорости полимеризации и уменьшению коэффициента полидисперсности и среднемассовой молекулярной массы полибутадиена (бутадиенового каучука). Опираясь на экспериментальные данные работы [1], можно создать теорию целенаправленной физической модификации гетерогенной каталитической системы  $TiCl_4-Al(i-C_4H_9)_3$  в турбулентных потоках. В связи с этим целью данной работы стало определение принципов управления молекулярно-массовыми характеристиками полибутадиена, полученного на каталитической системе  $TiCl_4-Al(i-C_4H_9)_3$ , которую предварительно физически модифицировали в турбулентных потоках, создаваемых в трубчатом турбулентном аппарате диффузор-конфузорного типа. Для достижения поставленной цели на основе экспериментальных данных работы [1] разработали модульную математическую модель процесса ионно-координационной полимеризации бутадиена. Эта модель состоит из следующих модулей:

1) гидродинамический модуль, описывающий физическую модификацию (диспергирование) частиц каталитической системы  $TiCl_4-Al(i-C_4H_9)_3$  под действием кинетической энергии турбулентности, которая выделяется при пропускании толуольных растворов каталитической системы  $TiCl_4-Al(i-C_4H_9)_3$  и бутадиена через трубчатый турбулентный аппарат диффузор-конфузорного типа (расчет проводили стандартными



методами вычислительной гидродинамики, реализованными в программном пакете ANSYS Fluent);

2) модуль расчета дополнительного уменьшения размеров частиц каталитической системы  $TiCl_4-Al(i-C_4H_9)_3$  в результате «расклинивающего» эффекта (разрушения частиц  $TiCl_4-Al(i-C_4H_9)_3$  из-за роста на их поверхности макромолекул) – расчет проводили в системе компьютерной алгебры Wolfram Mathematica с использованием теории ветвящихся процессов;

3) модуль расчета концентраций активных центров различных типов на частицах каталитической системы  $TiCl_4-Al(i-C_4H_9)_3$  исходя из их размеров (расчет проводили в системе компьютерной алгебры Wolfram Mathematica по полуэмпирическим формулам);

4) макрокинетический модуль, описывающий ионно-координационную полимеризацию бутадиена на физически модифицированной каталитической системе  $TiCl_4-Al(i-C_4H_9)_3$  в реакторе с двухлопастным перемешивающим устройством (константы скоростей реакций кинетической схемы процесса определили на основе экспериментальных данных о кинетике процесса при 298 К и молекулярно-массовых характеристиках полибутадиена; макрокинетический модуль реализовали в программном пакете вычислительной гидродинамики ANSYS Fluent, кинетику процесса полимеризации закладывали в ANSYS Fluent при помощи модифицированной концепции блоков связей [3]).

По модели было оценено влияние геометрических параметров трубчатого турбулентного аппарата диффузор-конфузорного типа (числа секций, длины и диаметра секций, углов раствора конфузора) и режима его работы (скорости движения потока реакционной массы) на кинетику процесса полимеризации и молекулярно-массовые характеристики (среднечисленную и среднемассовую молекулярные массы и коэффициент полидисперсности) полибутадиена. Полученные результаты позволяют подобрать геометрические параметры трубчатого турбулентного аппарата и режим его работы, необходимые для получения полибутадиена с требуемыми значениями молекулярно-массовых характеристик.

### Литература

1. Мингалеев, В.З. Кинетическая неоднородность титанового катализатора при интенсификации перемешивания реакционной смеси в процессе полимеризации бутадиена / В.З. Мингалеев, В.П. Захаров, И.А. ИONOва, А.А. Мусин, С.Ф. Урманчеев, А.А. Берлин, Ю.Б. Монаков // Высокомолекулярные соединения, 2008, т. 50(А), № 12, С. 2174-2180.

2. Zakharov, V.P. Improvement of the Neodymium Catalyst Preparation Step in Isoprene Rubber Production V.P. Zakharov, V.Z. Mingaleev, E.M. Zakharova, I.Sh. Nasyrov, D.A. Zhavoronkov // Russian Journal of Applied Chemistry, 2013, v. 86, № 6, pp. 909-913.

3. Улитин, Н.В. Методы моделирования кинетики процессов синтеза и молекулярно-массовых характеристик полимеров: монография / Н.В. Улитин, К.А. Терещенко. – Казань: Изд-во Казан. нац. исслед. технол. ун-та, 2014. – 228 с.

© Зиганшина А.С., Терещенко К.А., Захаров В.П., Улитин Н.В., 2016 г.

УДК 541.64:541.124.2

**КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ И КИНЕТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ СТИРОЛА,  
ИНИЦИИРУЕМОЙ РАДИКАЛЬНЫМ ИНИЦИАТОРОМ ИЛИ  
УФ-ОБЛУЧЕНИЕМ СОВМЕСТНО С ФЕРРОЦЕНОМ**

Улитин Н.В.<sup>1</sup>, Шиян Д.А.<sup>1</sup>, Терещенко К.А.<sup>1</sup>, Фризен А.К.<sup>2</sup>,  
Хамитов Э.М.<sup>3</sup>, Колесов С.В.<sup>2</sup>, Сигаева Н.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

<sup>2</sup> Уфимский Институт химии РАН, г. Уфа, Россия

<sup>3</sup> Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Полимеризация виниловых мономеров, инициируемая химически (радикальным инициатором) или физически (термоиницирование, УФ-облучением) совместно с металлоценами, имеет признаки псевдоживой полимеризации и позволяет получать стереорегулярные полимеры (хотя для процессов радикальной полимеризации, даже протекающих по какому-либо псевдоживому механизму, это не характерно). Несмотря на большое количество экспериментальных данных о кинетике этих процессов, о молекулярно-массовых характеристиках и стереорегулярности получаемых полимеров [1-5], на данный момент отсутствуют систематические теоретические представления о механизмах этих процессов. Эту актуальную проблему можно решить при одновременном использовании квантово-химического и кинетического моделирования. В качестве объекта исследования в настоящей работе выбрана полимеризация стирола, инициируемая пероксидом бензоила, азобисизобутиронитрилом, термоиницированием и УФ-облучением совместно с ферроценом. Целью работы стало исследование механизма

этого процесса методами квантово-химического и кинетического моделирования.

Все квантово-химические расчеты проводили в программе Gaussian'09 Rev. C.01 (Version: EMT64T legacy/Linux, номер лицензии: FA7353864010) [6] на кластерном суперкомпьютере ЦКП «Химия» Уфимского Института химии РАН. Гипотетическую схему процесса полимеризации составили, исходя из теории радикальной полимеризации виниловых мономеров [7] и представлений о химии ферроцена [8], затем для каждой реакции с использованием результатов квантово-химического моделирования вычислили тепловые эффекты, активационные барьеры и энергии Гиббса. Далее по этим данным оценили температурные зависимости констант скоростей реакций (использовали уравнения Эйринга и Аррениуса). Найденные в результате квантово-химического моделирования температурные зависимости констант скоростей реакций использовали в качестве первичных приближений при решении обратной кинетической задачи. Постановка обратной кинетической задачи заключалась в определении точных температурных зависимостей констант скоростей реакций, чтобы расхождение между рассчитанными по кинетической модели процесса и соответствующими экспериментальными данными (кинетические кривые процесса при различных температурах, значения среднечисленной и среднемассовой молекулярных масс и коэффициента полидисперсности полистирола, получаемого при различных температурах и выделяемого при различных конверсиях мономера) было минимально. Кинетическую модель процесса разработали на основе схемы процесса, обоснованной квантово-химическим моделированием, с использованием закона действующих масс и метода производящих функций [9]. Функционал расхождения между рассчитанными по кинетической модели и экспериментальными данными минимизировали по методу Хука-Дживса.

В конечном итоге, в результате решения обратной кинетической задачи получили окончательные температурные зависимости констант скоростей реакций процесса, определили интервалы неопределенности по Канторовичу для предэкспоненциального множителя и активационного барьера, входящих в эти зависимости, и идентифицировали окончательную схему процесса (термоиницирование, реакция инициатора – и пероксидного, и азотсодержащего – с ферроценом (в случае с УФ-облучением эта реакция отсутствует), реакции классической радикальной полимеризации, реакции контролируемой радикальной полимеризации Organometallic Mediated Radical Polymerization, реакции образования координационного активного центра и роста цепи в координационной сфере металла).

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-33-50187 мол\_нр.*

### **Литература**

1. Puzin, Yu.I. Effect of ferrocene on the radical polymerization of methyl methacrylate / Yu.I. Puzin, P.Kh. Yumagulova, V.A. Kraikin, I.A. Ionova, Yu.A. Prochukhan // Polymer Science. Series B, 2000, v. 42, № 3-4, pp. 90-93.
2. Sigaeva, N.N. Metallocene catalysis in the complex-radical polymerization of methyl methacrylate / N.N. Sigaeva, A.K. Friesen, I.I. Nasibullin, N.L. Ermolaev, S.V. Kolesov // Kinetics and Catalysis, 2012, v. 53, № 4, pp. 470-476.
3. Sigaeva, N.N. Complex-radical polymerization of methyl methacrylate in the presence of metallocenes / N.N. Sigaeva, R.Kh. Yumagulova, A.K. Frizen, S.V. Kolesov // Polymer Science, 2009, v. 51 B, № 7-8, pp. 226-232.
4. Sigaeva N.N., Yumagulova R.Kh., Nasretdinova R.N., Frisen A.K., Kolesov S.V. Kinetics of the complex-radical polymerization of methyl methacrylate in the presence of initiating metallocene systems // Kinetics and Catalysis, 2009, v. 50, № 2, pp. 168-173.
5. Kolesov S.V., Nasibullin I.I., Frizen A.K., Sigaeva N.N., Galkin E. G. Regularities of postpolymerization in a vinyl monomer-metallocene-radical initiator system // Polymer Science, 2015, v. 57 B, № 2, pp. 71-76.
6. Gaussian 09, Revision C, M. J. Frisch, G. W. Trucks, and al. Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2009.
7. Bagdasar'yan, Kh.S. Theory of free-radical polymerization. Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, Hartford, Conn., D. Davey, P. 1968.
8. Первалова, Э.Г. Железоорганические соединения. Ферроцен / Э.Г. Первалова, М.Д. Решетова, К.И. Грандберг. – М.: Наука, 1983. – 544 с.
9. Улитин, Н.В. Методы моделирования кинетики процессов синтеза и молекулярно-массовых характеристик полимеров: монография / Н.В. Улитин, К.А. Терещенко. – Казань: Изд-во Казан. нац. исслед. технол. ун-та, 2014. – 228 с.

© Улитин Н.В., Шиян Д.А., Терещенко К.А., Фризен А.К.,  
Хамитов Э.М., Колесов С.В., Сигаева Н.Н., 2016 г.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДАМИ КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОГО  
И КИНЕТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИКАЛЬНО  
ИНИЦИИРОВАННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ  
МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА, ПРОТЕКАЮЩЕЙ В ПРИСУТСТВИИ  
ФЕРРОЦЕНА**

Терещенко К.А.<sup>1</sup>, Фризен А.К.<sup>2</sup>, Буракова А.О.<sup>1</sup>,  
Хамитов Э.М.<sup>3</sup>, Шиян Д.А.<sup>1</sup>, Улитин Н.В.<sup>1</sup>, Колесов С.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Казанский национальный исследовательский технологический  
университет, г. Казань, Россия

<sup>2</sup> Уфимский Институт химии РАН, г. Уфа, Россия

<sup>3</sup> Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

На сегодняшний день получить радикально инициируемой полимеризацией полимеры с повышенной стереорегулярностью можно лишь при добавлении в полимеризующуюся массу металлоценов [1, 2]. Единая точка зрения о механизме влияния металлоценов на кинетику процессов радикально инициируемой полимеризации и причинах появления в образующихся полимерных цепях стереорегулярности отсутствует. Поэтому квантово-химические и теоретические кинетические исследования, направленные на идентификацию механизмов процессов радикально инициируемой полимеризации в присутствии металлоценов, актуальны. Объектом исследования в настоящей работе выбран процесс полимеризации метилметакрилата, инициируемый пероксидом бензоила или азобисизобутиронитрилом в присутствии ферроцена. Цель работы – исследование этого процесса методами квантово-химического и кинетического моделирования.

Исследование провели по следующему алгоритму:

1) составили гипотетическую схему, для каждой реакции которой с использованием полученных нами результатов квантово-химических расчетов в программе Gaussian'09 Rev. C.01 (Version: EMT64T legacy/Linux, номер лицензии: FA7353864010) [3] на кластерном суперкомпьютере ЦКП «Химия» Уфимского Института химии РАН вычислили тепловые эффекты и энергии активации;

2) с использованием полученных нами результатов квантово-химических расчетов в программе Gaussian'09 Rev. C.01 [3] установили температурные зависимости кинетических констант (констант скоростей) реакций гипотетической схемы;

3) с помощью закона действующих масс и с применением метода производящих функций [4] составленную гипотетическую схему формализовали системой кинетических уравнений, т.е. разработали математическую модель кинетики процесса;

4) решили обратную кинетическую задачу – минимизировав по методу Хука-Дживса расхождение между рассчитанными по математической модели кинетики процесса и соответствующими экспериментальными данными (кинетические кривые процесса при различных температурах, значения среднечисленной и среднемассовой молекулярных масс и коэффициента полидисперсности полиметилметакрилата, получаемого при различных температурах и выделяемого при различных конверсиях мономера), получили температурные зависимости кинетических констант реакций процесса (в качестве первых приближений использовали температурные зависимости кинетических констант, полученные в результате квантово-химических расчетов);

5) с использованием математической модели кинетики процесса рассчитали скорости каждой реакции процесса и на основе полученных результатов определили реакции, протекающие с крайне низкой скоростью и практически не влияющие на кинетику процесса; в конечном итоге, по результатам квантово-химического и кинетического моделирования определили, что окончательный механизм процесса состоит из следующих реакций: 1) классической радикальной полимеризации; 2) инициатора с ферроценом; 3) контролируемой радикальной полимеризации, протекающей по механизму OMRP (Organometallic Mediated Radical Polymerization); 4) образования координационных активных центров; 5) роста цепи в координационной сфере металла.

В результате моделирования кинетики процесса продемонстрировано, что ранее считавшаяся маловероятной реакция азоинициатора (азобисизобутиронитрила) с ферроценом протекает, как и реакция пероксидного инициатора (пероксидом бензоила) с ферроценом, хотя и с гораздо меньшей скоростью.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-33-50186 мол\_нр.*

#### **Литература**

1. Puzin, Yu.I. Yumagulova R.Kh., Kraikin V.A. Radical polymerization of methyl methacrylate and styrene in the presence of ferrocene / Yu.I. Puzin, R.Kh. Yumagulova, V.A. Kraikin // European Polymer Journal, 2001, v. 37, pp. 1801-1812.

2. Monakov, Yu.B. Radical polymerization of methyl methacrylate in the presence of benzoyl peroxide, ferrocene and zirconocene dichloride / Yu.B. Monakov, R.M. Islamova, A.K. Frizen, O.I. Golovochesova, S.V. Nazarova // Mendeleev Communications, 2011, v. 21, № 4, pp. 206-208.

3. Gaussian 09, Revision C, M. J. Frisch, G. W. Trucks and al. Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2009.

4. Улитин, Н.В. Методы моделирования кинетики процессов синтеза и молекулярно-массовых характеристик полимеров: монография / Н.В. Улитин, К.А. Терещенко. – Казань: Изд-во Казан. нац. исслед. технол. ун-та, 2014. – 228 с.

© Терещенко К.А., Фризен А.К., Буракова А.О.,  
Хамитов Э.М., Шиян Д.А., Улитин Н.В., Колесов С.В., 2016 г.

УДК 628.316.12

## **ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ СМОЛ ДЛЯ СНЯТИЯ ЖЕСТКОСТИ ГРУНТОВЫХ ВОД**

Тихонова А.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одним из важнейших химических соединений для человечества является вода. Это самое распространенное вещество на Земле. Ею покрыто 71% земной поверхности, общая масса в гидросфере составляет  $10^{18}$  тонн. Природная вода обычно содержит различные растворенные соли и другие примеси, нежелательные для использования воды в промышленности и быту [4]. Они обуславливают жесткость воды.

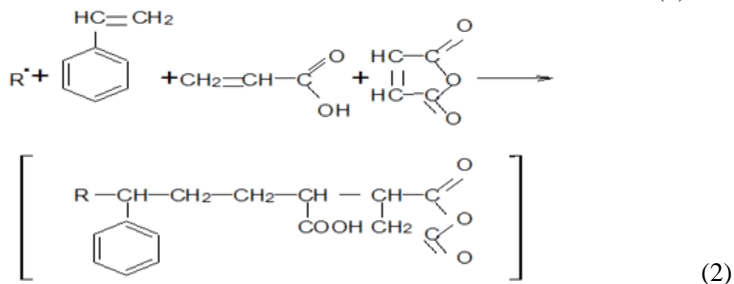
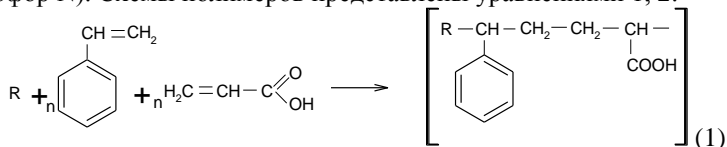
Понятие жесткости принято связывать с катионами кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) и в меньшей степени катионами магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Использование жесткой воды вызывает появление осадка (накипи) на стенках котлов и труб. В энергетике случайное кратковременное попадание жесткой воды в систему очень быстро выводит из строя теплообменное оборудование, трубопроводы, поэтому жесткость воды для теплообменного оборудования ограничена очень малыми значениями: 0,02-0,03 ммоль - экв/л. Для очистки сточной и природной воды наиболее распространены физико-химический процесс с применением ионообменных смол. Они представляют собой специально синтезированные полимерные нерастворимые в воде вещества, содержащие в своей структуре ионогенные группы кислотного характера [1].

Ионообменные смолы в основном классифицируют на катионообменные и анионообменные смолы. Среди сильнокислотных катионообменников отечественного производства, разрешенных к применению для очистки воды можно выделить КУ-23С, КУ-2–8, КУ-2–8чС. Недостатком этих катионитов является сильная набухаемость при замачивании, в результате чего меняется их молекулярная структура, а также они обладают небольшой динамической обменной емкостью около 1,6 г - экв/л [2].

Среди сильноосновных анионитов широкое применение нашли марки

АВ-17-8, предназначенные для водоподготовки, гидрометаллургии, очистки сточных и возвратных вод, а также для химической промышленности. Недостатком этого анионита является то, что в процессе эксплуатации они стареют, вследствие окисления кислородом, растворенным в воде. Это приводит к снижению обменной емкости анионита [3]. Проанализировав вышеперечисленные методы и классификации ионообменных смол, нами на основе стирола и акриловой кислоты, а также стирола, акриловой кислоты и малеинового ангидрида получены синтетические смолы, которые могут использоваться для умягчения, обессоливания и очистки воды в котельных, водозаборных станциях, ТЭЦ и т.д.

Реакция идет под действием инициатора 2,2' – азоизобутиронитрил (порофор N). Схемы полимеров представлены уравнениями 1, 2:



Полученные синтетические полимеры обеспечивают как лучшую очистку воды за счет адсорбции ионных примесей на поверхности ионообменной смолы, так и эксплуатационные свойства смолы и полную их регенерацию после работы.

### Литература

1. Воюцкий, С. С. Курс коллоидной химии. – М.: Химия, 1975. – 513 с.
2. Комарова, Л.Ф., Кормина, Л. А. Инженерные методы защиты окружающей среды. – Барнаул: Алтай, 2000. – 254 с.
3. Неницеску, К. Д Органическая химия. – М.: Химия, 1963. – 863 с.
4. Станкевич, М. Е, Родионов, В. В. Методы определения и устранения жесткости воды. Методические указания к выполнению лабораторной работы по общей химии. – Саратов: Копипринтер СГТУ, 2002. – 23 с.

© Тихонова А.А., 2016 г.



## СОЗДАНИЕ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА И ПЕКТИНА

Вильданова Р.Р.<sup>1</sup>, Фаянова Е.А.<sup>2</sup>, Сигаева Н.Н.<sup>1</sup>, Куковинец О.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Уфимский Институт химии РАН, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup> Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время создание биосовместимых и биоразлагаемых гидрогелей представляет собой большой интерес в качестве носителей лекарственных препаратов или материалов для тканевой инженерии.

Для получения гидрогелей путем простого смешения растворов целесообразно использовать два полимера, которые в своем составе имеют группы, способные взаимодействовать между собой, например, аминогруппы - поликатиона и карбоксильные группы - полианиона (рис. 1). В работе использовали водорастворимый образец хитозана (содержание аминозвеньев 75%), полученный из краба Дальневосточного, и цитрусовый пектин (содержание карбоксильных звеньев 20%).

Исходные полимеры растворяли в фосфатном буфере (рН = 7.4) при концентрациях 1 – 8% для хитозана и 1 – 2% для пектина. Установлено, что при уменьшении концентрации растворов полимеров гель не образуется. Замена цитрусового пектина на яблочный также не приводит к формированию гидрогеля. Это, по-видимому, связано с небольшим содержанием карбоксильных групп в яблочном пектине.

При смешении 8% или 4% раствора хитозана и 2% или 1% раствора пектина при объемном соотношении 1:4, соответственно во всем объеме системы в течение первых секунд образуется гидрогель.

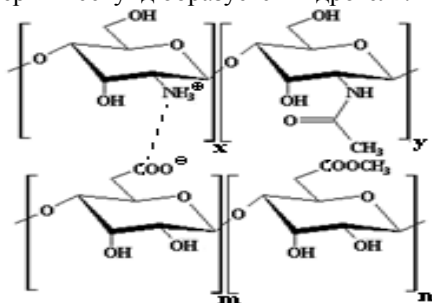


Рис. Формирование поперечных связей между макромолекулами хитозана и пектина

УДК 541.64

## **МОДИФИКАЦИЯ ПЕКТИНОВЫХ ПЛЕНОК С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ ПРОЛОНГИРОВАННЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМ**

Хайруллина Р.Р., Шуршина А.С.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Разработка новых лекарственных форм, повышающих биодоступность и эффективность действия уже имеющихся лекарственных веществ, которые позволят существенно сократить сроки и расходы по сравнению с внедрением новых препаратов, приобрела в последние десятилетия несомненную практическую и научную значимость. К новым эффективным лекарственным формам принадлежат терапевтические системы, например пленки, способные обеспечить контролируемое поступление лекарственных веществ в кровоток с терапевтически оптимальной скоростью в течение длительного времени. В большинстве случаев главной составной частью терапевтических систем является полимерная пленка, обладающая хорошей адгезией к коже, способная включать лекарственное вещество. Одним из наиболее перспективных полимеров для создания таких систем является пектин, который широко распространен в растительном мире и обладает уникальными физиологическими свойствами и низкой токсичностью. При создании пленочных лекарственных форм на основе пектина возникает проблема пролонгирования высвобождения лекарственных веществ, поскольку пектиновые пленки довольно быстро растворяются в водной среде. В связи с этим целью работы стал поиск способов модификации пленочных образцов с целью уменьшения их растворимости. В качестве способов модификации использовали: изотермический отжиг, обработку раствором ледяной уксусной кислоты и обработку раствором хлористого бария. В качестве объекта исследования использовали пленку на основе пектина, полученную из водных растворов. Концентрация полимера в растворе составляла 2,0 г/дл. Полное растворение полимера при перемешивании происходило в течение 2 суток. Пленки формировались методом полива на стеклянную подложку (чашка Петри). Проведение изотермического отжига при 120<sup>0</sup>С не сказывается на растворимости пленок. Модификация уксусной кислотой незначительно влияет на потерю растворимости. Обработка пектиновых пленок раствором уксусной кислоты в течение 1,5 часов уменьшает растворимость в 2 раза. Модификация раствором хлористого бария уже в течение 30 минут приводит к полной потере растворимости. Таким образом, модификация раствором хлористого бария позволяет получить пролонгированные лекарственные формы на основе пектина.

© Хайруллина Р.Р., Шуршина А.С., 2016 г.

## ПОЛИМЕР-НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ГИБРИДЫ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ В ПРОЦЕССАХ ФЛОКУЛЯЦИИ СУСПЕНЗИИ $ZrO_2$

Шаброва Е.С., Назипова А.Ш., Проскурина В.Е.

Казанский национальный исследовательский технологический  
университет, г. Казань, Россия

Актуальной темой научных исследований является поиск новых полимерных флокулянтов. В настоящее время разработаны различные коагуляционно-флокуляционные системы, включающие помимо сополимеров – бинарные композиции и полимер-неорганические гибриды [1].

В работе проанализировано влияние концентрации индивидуальных катионных сополимеров акриламида, неионогенного полиакриламида и гибридных систем на их основе на их флокулирующие свойства в режиме свободного оседания на модельной дисперсной системе (ДС) – суспензии  $ZrO_2$  со средним размером частиц  $\bar{R} = 19 \cdot 10^{-6}$  м и плотностью  $\rho = 2,98 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Синтезированы гибридные системы на основе золя  $Mg(OH)_2$  и катионных статистических сополимеров акриламида с гидрохлоридом диметиламиноэтилметакрилата с  $M > 3,6 \cdot 10^6$  и  $\beta$  от 4 мол.% до 68 мол.% и полиакриламида с  $M = 3,0 \cdot 10^6$ .

Максимальный флокулирующий эффект D отмечен для образцов ГК1 и ГН, отличающихся высоким значением молекулярной массы.

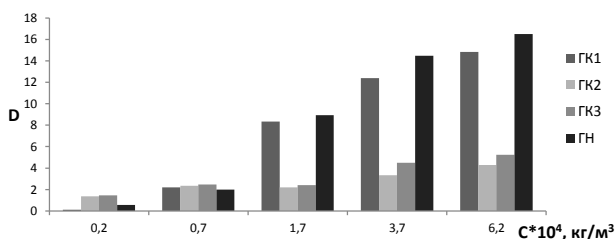


Рис. Концентрационная зависимость флокулирующего эффекта полимер-неорганических гибридов.

### Литература

1. Проскурина В.Е., Шаброва Е.С., Дубровская Н.Л. Флокуляция концентрированной суспензии  $TiO_2$  полимер-неорганическими гибридами // Вестник Казанского технологического университета, 2015, Т. 18, № 11, С. 21–25.

© Шаброва Е.С., Назипова А.Ш., Проскурина В.Е., 2016.

## СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОЧНОЙ СИСТЕМЫ ХИТОЗАН-ДИОКСИДИН

Янтурина Р.Р., Шуршина А.С.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Получение хитозановых пленок, пригодных для использования в терапии ожогов и лечения хирургических ран, задача важная и актуальная. Преимущества таких полимерных пленок: биосовместимость с живыми тканями, биodeградируемость, биоинертность и бактериостатичность, а так же превосходная сорбционная способность. Целью данной работы стало изучение влияния неэлектролитов на сорбционные свойства полимерных пленок.

В качестве матрицы-носителя использовали хитозан (ХТЗ). В качестве лекарственного вещества (ЛВ) использовали антибиотик диоксидин (ДО). Пленки из хитозана в солевой форме формировали из растворов в уксусной кислоте. Концентрация полимера в растворе составляла 1.0 г/дл. Концентрация уксусной кислоты – 1% масс. Полное растворение полимера при перемешивании происходило в течение 2 суток. Пленки формировались методом полива на стеклянную подложку (чашка Петри). Для приготовления лекарственных пленок ДО, растворенный в небольшом количестве воды, добавляли к раствору ХТЗ. Концентрация ДО варьировалась от 0.01 до 0.1 моль/моль ХТЗ.

Сорбционные эксперименты проводили при 100% влажности в термостатируемых условиях ( $T=37^{\circ}\text{C}$ ). Относительное количество воды  $m_t$ , поглощаемое пленочным образцом ХТЗ к моменту времени  $t$ , определяли весовым методом, выдерживая пленочные образцы в эксикаторе в парах воды в течение определенного времени  $t$  и рассчитывали по формуле:

$$m_t = (\Delta m_t) / m_0,$$

где  $m_0$  – исходная масса полимера в пленке,  $\Delta m_t$  – разница между массой пленки в момент времени  $t$  и исходной массой полимера в пленке.

Кривая набухания пленки ХТЗ, полученной в солевой форме, имеет типичный для неограниченно набухающих полимеров вид. Процесс поглощения паров воды заканчивается растворением пленки.

При введении в ХТЗ пленку ДО для всех изученных составов форма сорбционной кривой принципиально не изменяется и сохраняет вид, характерный для неограниченно набухающих систем. С увеличением содержания ДО в пленке происходит уменьшение количества сорбированной воды и уменьшение скорости сорбции.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта № 2687, выполняемого в рамках базовой части государственного задания в сфере научной деятельности №2014/7*

© Янтурина Р.Р., Шуршина А.С., 2016 г.

## СЕКЦИЯ «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

УДК 547.56:546.221

### ПРОДУКТЫ КОНДЕНСАЦИИ 4-АМИНОМОРФОЛИНА С ФОРМАЛЬДЕГИДОМ

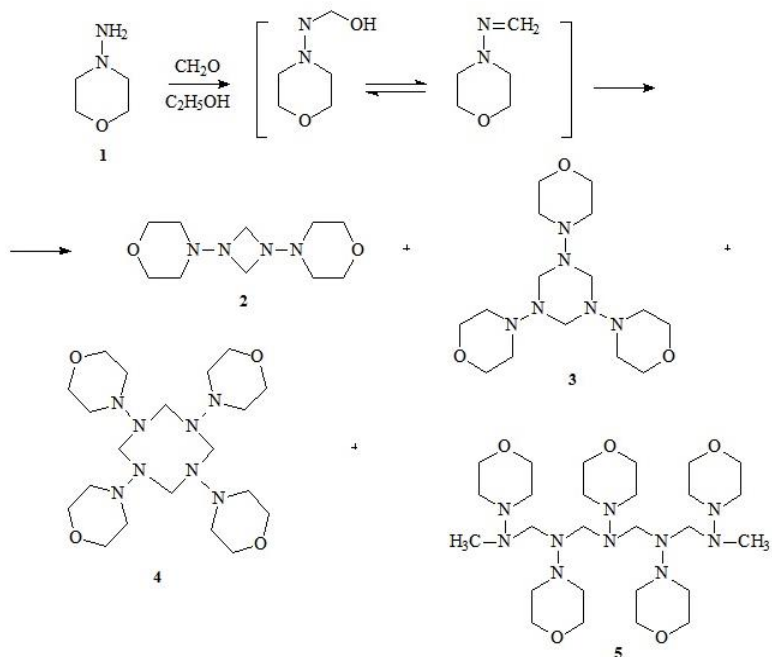
Ахметова В.Р., Файзрахманов И.С., Клецкова Д.И.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Высокими защитными свойствами характеризуются азот- и кислородсодержащие гетероциклы и их комплексные соединения вследствие их эффективной адсорбционной способности [2].

С целью получения указанных гетероциклов использовали реакцию конденсации 4-аминоморфолина с формальдегидом.

Реакция 4-аминоморфолина проводили в растворе этанола с водным раствором формальдегида (40%) в мольном соотношении 1:1 при 0° С. Основным продуктом реакции является кристаллическое соединение 5.

Нами предположено, что реакция протекает через стадию образования имина, с его последующей внутримолекулярной циклизацией, образующей ди-, три и тетрамеры по следующей схеме:



Анализ продуктов реакции проводили методом ГХ-МС на хроматографе Shimadzu GC 2010 с масс-спектрометрическим детектором GCMS-QP2010 Ultra(Shimadzu, Япония).

Показано, что основным продуктом превращения явился – продукт **5**. Кроме того, наблюдалось образование и ряда других, сопутствующих продуктов(**2, 3, 4**), его внутримолекулярной циклизации.

Полученный продукт **5** испытан в качестве ингибитора соляной кислоты, ингибирующая активность которого составила 95%.

### Литература

1. Силин М.А. Азотсодержащие гетероциклические системы, включающие фрагменты пространственно-затрудненного фенола и гетерильные заместители. Синтез, свойства, применение. Москва 2005.

2. Патент 2402641 РФ. Ингибиторы кислотной коррозии и способы их получения // Алыков Н.М., Великородов А.В., Пичугина Е.А.// Опубликовано 27.10.2010.

3. Meften M.J., Adnan S.A., Akhmetova V.R., Mavletov M.V. Synthesis Some New Heterocyclic Compounds By Domino Reactions, and Study Them as Corrosion Inhibitors // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2014.

4. Решетников С.М. Ингибиторы кислотной коррозии металлов. С.-Пб.: Химия, 1986.

© Ахметова В.Р., Файзрахманов И.С., Клецкова Д.И., 2016 г.

УДК 544.7: 547.917

## ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ МОДИФИКАЦИИ ПОЛИСАХАРИДОВ

Билялова Р.Р., Ямансарова Э.Т.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Полисахариды и их производные нашли широкое применение в биотехнологии, пищевой, косметической и других отраслях промышленности и все большее значение приобретают в медицине и фармации. Введение в их молекулы карбонильных, карбоксильных, сульфатных, фосфатных и других функциональных групп и низкомолекулярных фрагментов приводит к созданию ценнейших лекарственных препаратов (например, лакрисин, полифер, поликапран,

терридеказа, стрептодеказа и другие). Поэтому модификация биологически активных веществ полисахаридами, например, химическая фиксация лекарственных субстанций на полисахаридной матрице, позволяет создавать пролекарства, новые препараты пролонгированного действия с низкой токсичностью и необходимым балансом липофильно-гидрофильных свойств.

Наиболее часто в качестве окислителей используются метапериодат натрия или калия и тетраацетат свинца. Такие окислители, как перманганат калия или азотная кислота, в большинстве случаев не могут быть применены, так как их действие не является избирательным. Кроме того, эти реагенты способны окислять большинство соединений, образующихся в качестве продуктов реакции.

Целью данной работы является подбор условий окисления целлюлозы йодной кислотой, получаемой из метапериодата калия под действием кислоты. В качестве исходного материала использовали микрокристаллическую целлюлозу марки ЛК (для колоночной хроматографии) производства компании СHEMAPOЛ.

Исходное количество  $\text{IO}_4^-$  составляло 0.047 моль и  $\text{pH}=4$ . Контроль за расходом периодат-аниона проводили по реакции взаимодействия  $\text{IO}_4^-$  с йодистым калием с последующим титрованием выделившегося йода раствором тиосульфата натрия. Пробы отбирались сначала через 1 час, но так как за такой промежуток времени содержание  $\text{IO}_4^-$  не изменялось, то отбор стали проводить через 1 сутки. Содержание альдегидных групп (СНО) определяли по реакции их окисления молекулярным йодом до карбоксильных групп и последующим оттитровыванием избытка йода тиосульфатом натрия.

Наибольшая степень замещения в диальдегидцеллюлозе может составлять  $\gamma=200$ , или содержание СНО-групп 36%. Окисление проводили в течение 15 суток, причем расход  $\text{IO}_4^-$ -аниона прекратился после 9 суток. Содержание альдегидных групп при этом возросло в 10 раз – с 0.85% до 8.56%. Дальнейшее увеличение времени реакции до 15 суток не влияет на расходование реагента, однако содержание окисленных групп увеличилось до 10.5% (табл.).

Увеличение количества альдегидных групп после 9 суток, по-видимому, связано с гидролитическими процессами, происходящими с целлюлозными волокнами в кислой реакционной массе, протекающей без расходования  $\text{IO}_4^-$ .

Таким образом, была получена диальдегидцеллюлоза, в которой замещению подверглось 10.5% мономерных звеньев.

Таблица. Изменение характеристик целлюлозы с течением времени при окислении йодной кислотой

Продолжительность окисления, сутки	Поглощение КЮ <sub>4</sub> , моль/моль МКЦ	Содержание альдегидных групп, %
0	0	0.85
1	0.0086	2.09
2	0.0095	3.41
3	0.0112	4.81
8	0.0120	7.43
9	0.0130	8.56
15	0.0130	10.50

© Билялова Р.Р., Ямансарова Э.Т., 2016 г.

УДК 665.335.5

### **ОДНОСТАДИЙНЫЙ СИНТЕЗ ЭНАНТИОМЕРНО ЧИСТЫХ МАКРОЛИДОВ ИЗ КАСТОРОВОГО МАСЛА**

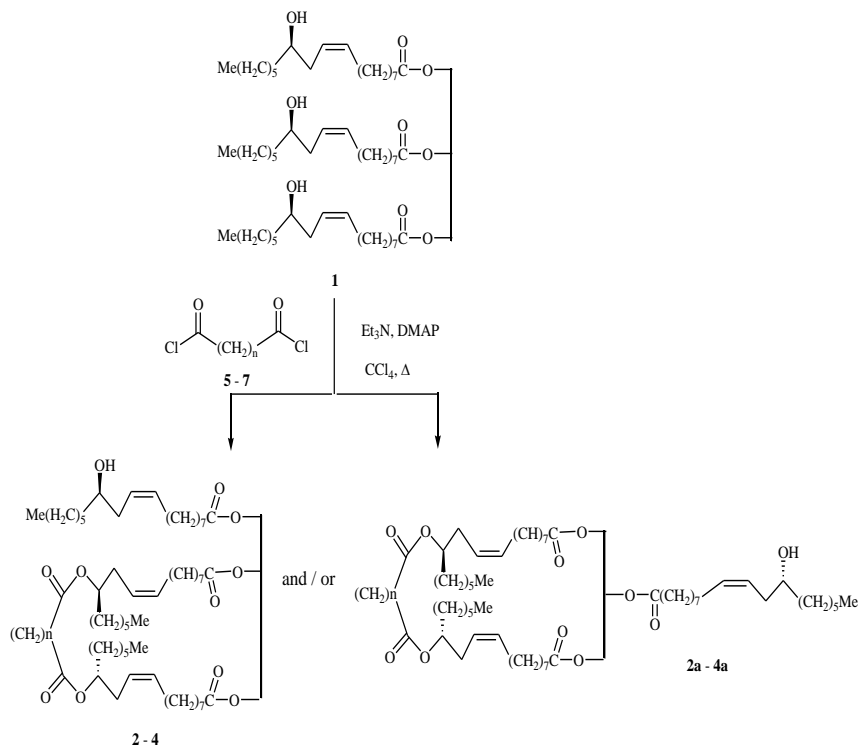
Денисова К.С., Выдрина В.А., Мингалеева Г.Р., Яковлева М.П.,  
Ишмуратов Г.Ю.

Уфимский Институт химии РАН, г. Уфа, Россия

Ранее нами сообщалось [1] о синтезе 34-членного макрогетероцикла со сложноэфирными и диацилгидразинными фрагментами исходя из метилового эфира (R,Z)-(+)-12-гидрокси-9-октадеценовой (рицинолевой) кислоты, продукта перэтерификации её триглицерида – касторового масла (**1**).

В продолжение этих исследований нами разработан одностадийный синтез трех потенциально биологически и фармакологически активных энантиомерно чистых макрогетероциклов (**2** и/или **2а**), (**3** и/или **3а**) и (**4** и/или **4а**) с 4 сложноэфирными фрагментами, базирующийся на [1+1]-конденсации триглицеридного производного ричинолевой кислоты (**1**) с дихлорангидридами янтарной (**5**), глутаровой (**6**) и адипиновой (**7**) кислот, соответственно.





$n = 2$  (**2**, **2a**, **5**),  $3$  (**3**, **3a**, **6**),  $4$  (**4**, **4a**, **7**)

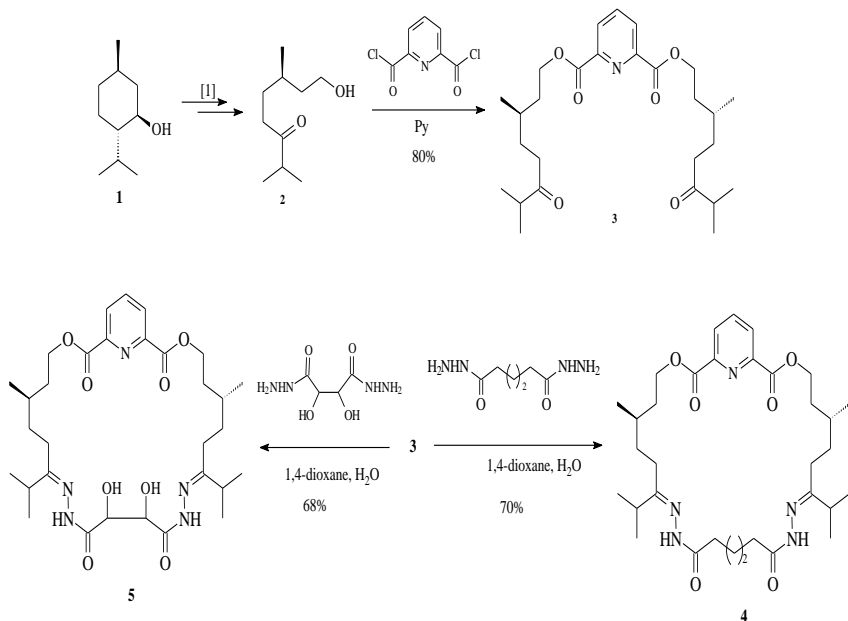
### Литература

1. Ишмуратов Г.Ю., Яковлева М.П., Мингалеева Г.Р., Шутова М.А., Муслухов Р.Р., Вырыпаев Е.М., Толстикова А.Г. // Макрогетероциклы, 2013, Т. 6, № 2, С. 180-183.

© Денисова К.С., 2016 г.

**L-МЕНТОЛ В СИНТЕЗЕ ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ  
МАКРОЛИДОВ С ГИДРАЗИДНЫМИ ФРАГМЕНТАМИ**Денисова К.С., Выдрина В.А., Вильданова Р.Р., Мингалеева Г.Р.,  
Яковлева М.П., Ишмуратов Г.Ю.Уфимский Институт химии РАН, г. Уфа, Россия  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Исходя из *l*-ментола (**1**) разработан синтез двух потенциально полезных макрогетероциклов (**4**, **5**), содержащих две сложноэфирные функции и гидразидный фрагмент, на основе [1+1]-конденсации при комнатной температуре  $\alpha,\omega$ -дикетона (**3**) с дигидразидами адипиновой и винной кислот. В свою очередь,  $\alpha,\omega$ -дикетон (**3**) получен [2+1]-конденсацией (6*R*)-8-гидрокси-2,6-диметилоктан-3-она (**2**) с дихлорангидами 2,6-пиридиндикарбоновой кислоты.

**Литература**1. Ишмуратов Г.Ю., Мингалеева Г.Р., Яковлева М.П. и др. Химия природ. соединений. **2009**, № 4, С. 400.

© Денисова К.С., 2016 г.

## КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРОГНОЗ, СИНТЕЗ И БИОТЕСТИРОВАНИЕ АНАЛОГОВ ТУБУЛОКЛАСТИНА

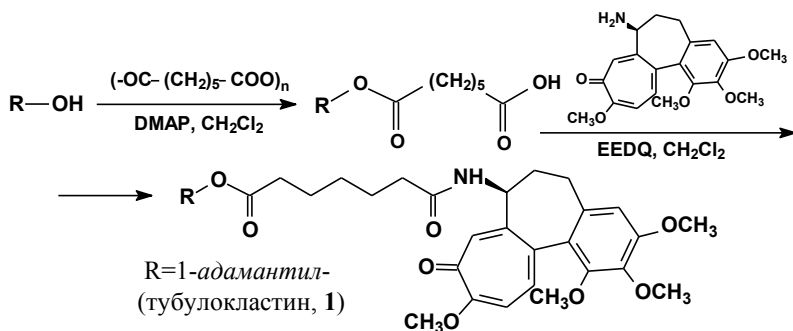
Зефилов Н.А.

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

Применение каркасных и мостиковых группировок в дизайне физиологически активных веществ позволяет создавать соединения с необычными типами биологической активности. Одним из таких соединений является тубулокластин – *N*-(7-адамант-2-илокси-7-оксооктаноил)-*N*-дезацетилколхицин (**1**) – цитотоксичное соединение, способное вызывать образование уникальных кластеров клеточного белка тубулина [1].

В данной работе на основании компьютерного молекулярного моделирования с использованием трехмерной модели области связывания колхицина в тубулине (PDB ID: 1SA0) и программы CLC Drug Discovery Workbench (Version 1.5; evaluation license 2014) сделан прогноз двух новых активных производных тубулокластина. Эти соединения представляют собой производные конъюгата **1** с дополнительными липофильными заместителями в адамантановом ядре.

Спрогнозированные соединения были синтезированы методом амидирования моноэфиров пимелиновой кислоты с соответствующими замещенными каркасными спиртами *N*-дезацетилколхицином (синтезированным в три стадии из колхицина) в присутствии *N*-этоксикарбонил-2-этокси-1,2-дигидрохинолина (EEDQ):



В соответствии с прогнозом активность полученных соединений по отношению к клеткам А549 находится в наномолярном интервале концентраций, оба соединения вызывают образование кластеров тубулина.

## Литература

1. Zefirova O.N. et al. Unusual tubulin-clustering ability of definitely C7-modified colchicine analogues // ChemBioChem., 2013, v. 14, pp. 1444–1449.

*Работы поддержаны грантами РФФИ (15-03-04894) и РАН (ОХНМ 9).*

© Зефиоров Н.А., 2016 г.

УДК 541.18.03 + 541.1

### КИНЕТИКА АДСОРБЦИИ ФОРМАЛЬДЕГИДА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЦЕОЛИТАМИ В ПРИСУТСТВИИ ОРТОФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

Кириллов Д.А., Горских В.А., Фассалова И.И., Юлбарисова Р.Р., Овчинников Г.А., Тухватшин В.С., Талипов Р.Ф.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Известным способом получения 4,4-диметил-1,3-диоксана, ключевого полупродукта промышленного синтеза изопрена, является конденсация водного формальдегида с изобутиленом в присутствии ортофосфорной кислоты [1]. В последнее десятилетие для проведения указанного процесса использовались также цеолиты [2]. Однако в этих работах не рассматривались особенности взаимодействия реагентов и продуктов реакции Принса с цеолитами. Поэтому целью данной работы было изучение адсорбции формальдегида из водных растворов синтетическими цеолитами в присутствии фосфорной кислоты.

В качестве сорбентов использовались синтетические цеолиты марок КА, NaA, CaA, CaX, NaX (ОАО «Ишимбайский катализаторный завод», г. Ишимбай). Адсорбция формальдегида из водных растворов изучалась при температуре  $(75 \pm 1)$  °С из ограниченного объема при постоянном перемешивании. Содержание формальдегида в растворе определяли сульфитным методом [3]. Адсорбция формальдегида ( $a$ ) из водных растворов синтетическими цеолитами оценивалась по уравнению (1) [4]:

$$a = [(c_0 - c_t) \cdot V] / m, \quad (1)$$

где  $c_t$  – концентрация адсорбата в различные моменты времени, моль/л;  $c_0$  – концентрация адсорбата в начальный момент времени, моль/л;

Относительное приближение адсорбции к равновесию ( $\gamma$ ) рассчитывалось по уравнению (2) [5]:

$$\gamma = a / a_{\max}, \quad (2)$$

где  $a_{\max}$  – адсорбция при достижении равновесия, моль/г

Изменение адсорбированного формальдегида ( $\Gamma$ ) в различные моменты времени рассчитывалось по уравнению (3) [4]:

$$\Gamma = - \ln(1-\gamma) \quad (3)$$

Коэффициенты внешнедиффузионного массопереноса ( $\beta_n$ ) и внутренней диффузии формальдегида из водного раствора рассчитывались с использованием уравнения (4) (табл.) [4]:

$$\beta_n = \operatorname{tg} \alpha / T, \quad (4)$$

где  $\operatorname{tg} \alpha$  – тангенс угла наклона линейного участка графика зависимости  $\Gamma = f(t)$ .

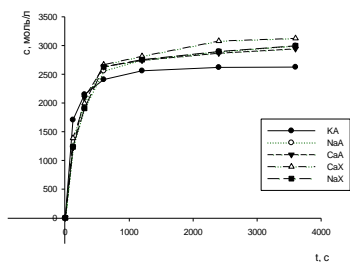


Рис. 1. Кинетические кривые адсорбции формальдегида из водных растворов в диапазоне концентраций 7,5 - 10,5 моль/л в присутствии фосфорной кислоты синтетическими цеолитами при температуре 75 °С.

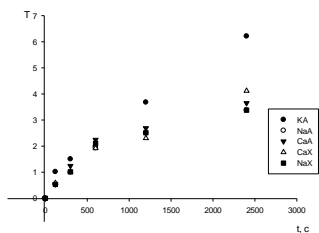


Рис. 2. Изменение количества адсорбированного вещества при адсорбции формальдегида из водного раствора в диапазоне концентраций 7,5 - 10,5 моль/л в присутствии фосфорной кислоты синтетическими цеолитами при температуре 75 °С.

Для всех марок использованных синтетических цеолитов наблюдается высокая скорость адсорбции формальдегида в начальный период (до 600 с). С увеличением времени контакта скорость адсорбции существенно уменьшается. Время достижения адсорбционного равновесия не зависит от марки цеолита и составляет 600 с. Кинетические данные во всей рассматриваемой области для синтетического цеолита марки КА удовлетворительно ( $R = 0,98$ ) описывается уравнением кинетики первого порядка, т.е. скорость адсорбции зависит только от концентрации формальдегида в растворе и лимитируется только внешним массопереносом. Для синтетических цеолитов марок NaA, CaA, CaX, NaX кинетические данные также удовлетворительно ( $R = 0,98-0,99$ ) описываются уравнением кинетики первого порядка (рис. 2) в области до 600 секунд. Дальнейшее же отклонение (в области после 600 с) от прямой свидетельствует об увеличении влияния внутренней диффузии на скорость адсорбции формальдегида.

Таблица. Кинетические параметры адсорбции формальдегида из водных растворов в диапазоне концентраций 7,5-10,5 моль/л синтетическими цеолитами в присутствии фосфорной кислоты при температуре 75 °С

Марка цеолита	Диаметр пор цеолита, Å	Коэффициент внешнего массопереноса ( $\beta_n$ ) с <sup>-1</sup>	Коэффициент внутренней диффузии, с <sup>-1</sup>
КА	3	$9,59 \cdot 10^{-4}$	–
NaA	4	$1,61 \cdot 10^{-3}$	$2,30 \cdot 10^{-4}$
CaA	5	$1,65 \cdot 10^{-3}$	$2,10 \cdot 10^{-4}$
CaX	8	$1,65 \cdot 10^{-3}$	$3,20 \cdot 10^{-4}$
NaX	9	$1,63 \cdot 10^{-3}$	$6,30 \cdot 10^{-4}$

В результате нами установлено, что процесс адсорбции формальдегида синтетическими цеолитами (КА, NaA, CaA, CaX, NaX), из водного раствора в интервале концентраций 7,5-10,5 моль/л, в присутствии фосфорной кислоты определяется величиной диаметра их пор: с увеличением диаметра пор цеолита наблюдается увеличение влияния внутренней диффузии на процесс адсорбции. Показано, что время достижения сорбционного равновесия в системе формальдегид-вода-фосфорная кислота составляет 600 секунд независимо от марки используемого синтетического цеолита.

### Литература

1. Платэ Н.А., Сливинский Е.В. Основы химии и технологии мономеров. М: Наука. 2002. 696 с.;
2. Telalović S., N., Maheswari J. F., Ramanathan R., Chuah A., Hanefeld U. // Chemical communications (Cambridge, England). 2008. V. 7345. № 38. P. 4631.
3. Фадеева В.И., Шеховцова Т.Н., Иванов В.М. Основы аналитической химии. Практическое руководство. М.: Высшая школа. 2003. 463 с.;
4. Краснова Т.А., Голубева Н.С., Беляева О.В. // Актуальные проблемы современной науки. 2006. № 4. С. 143-146.

© Кириллов Д.А., Горских В.А., Фассалова И.И., Юлбарисова Р.Р., Овчинников Г.А., Тухватшин В.С., Талипов Р.Ф., 2016 г.

## ПОЛУЧЕНИЕ N-ТОЗИЛАТОВ МЕТОКСИЗАМЕЩЕННЫХ ТЕТРАГИДРОКАРБАЗОЛА И ЦИКЛОПЕНТА[b]ИНДОЛА

Кириллова И. А.,<sup>1а</sup> Залимова М. М.,<sup>1б</sup> Гатауллин Р. Р.<sup>2</sup>

<sup>1а</sup>Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

<sup>1б</sup>СФ БашГУ, г. Стерлитамак, Россия

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Уфимский институт химии РАН, г. Уфа, Россия

Получение новых соединений является одним из основных направлений исследований в синтетической органической химии. В этих исследованиях остаются востребованными также разработка подходов к синтезу и циклоалка[*b*]индолов, в том числе метоксизамещенных производных, проявляющих определенные виды биологической активности [1,2]. Известны различные способы получения соединений такой структуры.

В данной работе нами исследован синтез N-тозилатов 4-метокси-1,2,3,4-тетрагидрокарбазола и 1-метокси-1,2,3,4-тетрагидроциклопента[*b*]индола. Гетероцикл **1** синтезировали двумя способами. В первом случае в качестве ключевого гетероцикла использовали тетрагидрокарбазол **2** (рисунок 1) [3].

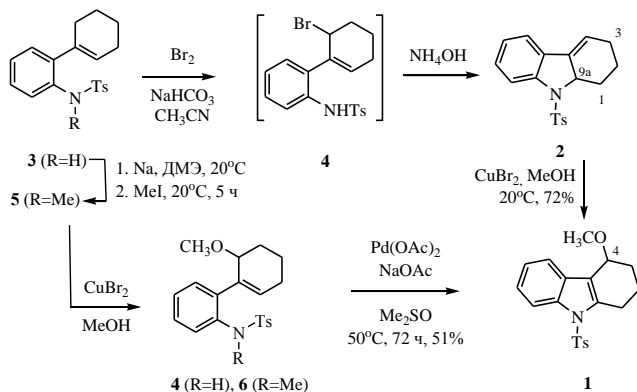


Рис. 1. Схема получения 4-метокси-1,2,3,4-тетрагидрокарбазола

Соединение **1** получали перемешиванием тетрагидрокарбазола **2** в избытке метанола в присутствии 2 экв CuBr<sub>2</sub>. Состав и структура соединения **1** установлена спектральными методами, отнесение сигналов осуществлена с привлечением методов HN Cosy, HMBC, HSQC.

При перемешивании сульфониламида **3** в метаноле в присутствии  $\text{CuBr}_2$  также образуется метиловый эфир **4**. В отличие от тетрагидрокарбазола **2** в этом случае реакция окисления проходит медленнее, требуется длительное перемешивание, наблюдается низкая конверсия исходного соединения **3**. Добиться конверсии около 90% удается при добавлении дополнительной 2-ух эквивалентной порции дибромида меди. Целевой продукт **4** выделяли кристаллизацией из этанола. Наличие метильной группы при атоме азота не способствует увеличению скорости реакции окисления. Перемешиванием тозиламида **4** в ДМСО в присутствии  $\text{Pd}(\text{OAc})_2$  получали тетрагидрокарбазол **1**.

При перемешивании циклопентенильного гомолога **7** в метаноле в присутствии дибромида меди образуется эфир **8** с хорошим выходом (рисунок 2). В этом случае реакция осуществляется легче и завершается за 24 ч без добавления дополнительной порции  $\text{CuBr}_2$ . Для получения производного циклопента[*b*]индола **9** получали перемешиванием продукта метоксилирования **8** с каталитическим количеством ацетата палладия. Попытки использования реакции бромирования соединения **7** по аналогии с циклогексенильным аналогом **3** приводит к продукту иной структуры [4].

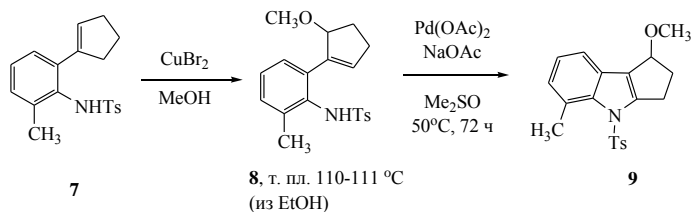


Рис. 2. Схема получения 1-метокси-1,2,3,4-тетрагидроциклопента[*b*]индола

Таким образом, предложен способ получения N-тозилатов 4-метокси-тетрагидрокарбазола и 1-метокси-1,2,3,4-тетрагидроциклопента[*b*]индола.

### Литература

1. Nirogi R.V.S., Konda J.B., Kambhampati R., and al. Bioorg. Med. Chem. Lett. 2012, 22, 6980-6985.
2. Glennon R. A., Lee M., Rangisetty J. B., and al. J. Med. Chem. 2000, 43, No 5, P. 1011-1018.
3. Гатауллин Р.Р., Сотников А.М., Спирихин Л.В., Абдрахманов И.Б. ЖОрХ. 2005, 41, вып. 3, С. 730-737.
4. Гатауллин Р.Р., Фатыхов А.А. ЖОХ. 2008, 78, вып. 3, С. 457-460.

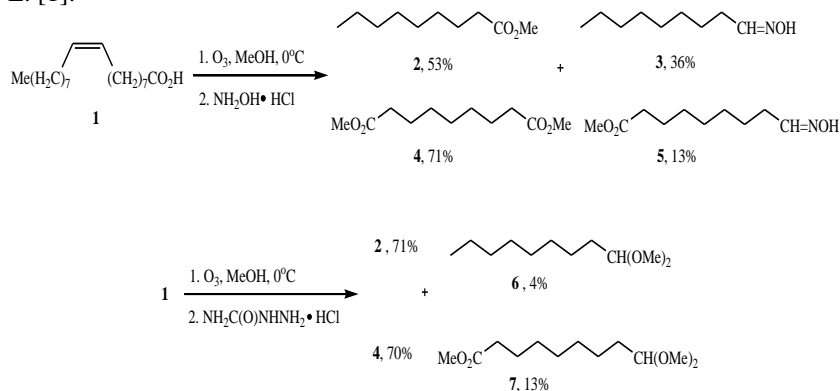
© Кириллова И. А., Залимова М. М., Гатауллин Р.Р., 2016 г.



## ПРЕВРАЩЕНИЯ ПЕРОКСИДНЫХ ПРОДУКТОВ ОЗОНОЛИЗА ОЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГИДРОХЛОРИДОВ ГИДРОСИЛАМИНА И СЕМИКАРБАЗИДА В МЕТАНОЛЕ

Легостаева Ю.В.<sup>1</sup>, Гарифуллина Л.Р.<sup>1</sup>, Назаров И.С.<sup>1</sup>, Ильясова З.З.<sup>2</sup><sup>1</sup>Уфимский Институт химии РАН, г. Уфа, Россия<sup>2</sup>Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В данной работе представлены результаты исследований, направленных на расширение синтетического потенциала олеиновой (9Z-октадеценовой) кислоты (**1**) в озонолитических превращениях. Озонлиз олефина (**1**) в метаноле при 0°C и последующая обработка солянокислым гидросиламином привели к смеси, из которой хроматографически были выделены метиловый эфир нонановой кислоты (**2**), нонаналь оксим (**3**), диметиловый эфир 1,9-нонандиовой кислоты (**4**) и метил 9-гидроксииминононаноат (**5**). Под действием гидрохлорида семикарбазида образуется смесь тех же метиловых эфиров (**2**) и (**4**), а также 1,1-диметоксинонан (**6**) и метил 9,9-диметоксинонаноат (**7**). Последний является полупродуктом в синтезе биологически и фармакологически активных 9-оксо- и 10-гидрокси-2*E*-деценовых кислот – компонентов маточного вещества и маточного молочка медоносных пчел *Apis mellifera* L. [1].



### Литература

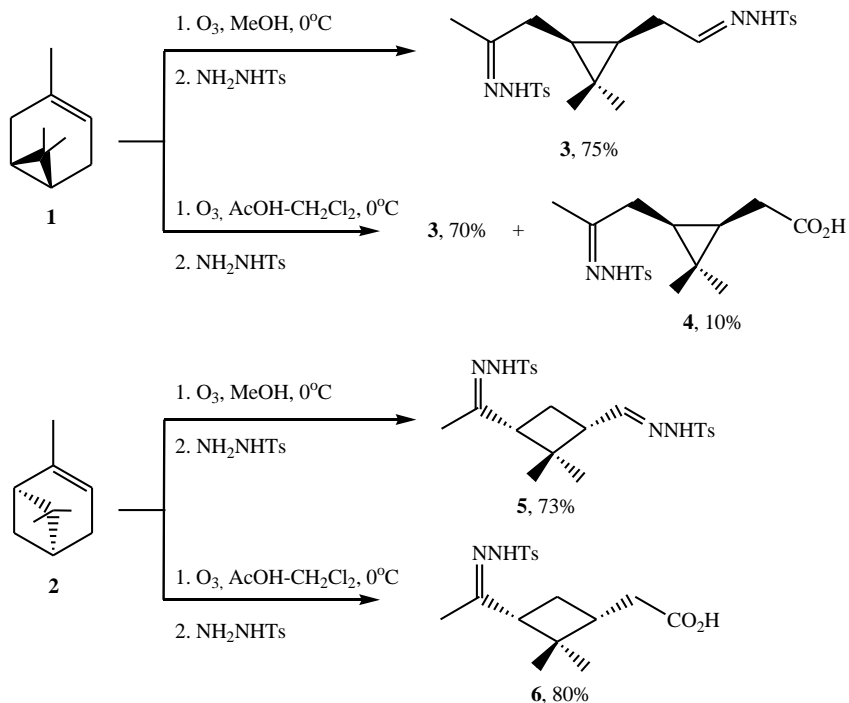
1. Ишмуратов Г.Ю., Харисов Р.Я., Боцман О.В., Боцман Л.П., Ишмуратова Н.М., Толстикова Г.А. Синтез 10-гидрокси и 9-оксо-2*E*-деценовых кислот из олеиновой кислоты // Химия природ. соединений, 2002, №2, с.121.

©Легостаева Ю.В., 2016 г.

## ТОЗИЛГИДРАЗИД В ПРЕВРАЩЕНИЯХ ПЕРОКСИДНЫХ ПРОДУКТОВ ОЗОНОЛИЗА (+)-3-КАРЕНА И (-)- $\alpha$ -ПИНЕНА

Легостаева Ю.В.<sup>1</sup>, Гарифуллина Л.Р.<sup>1</sup>, Кравченко А.А.<sup>1</sup>, Нуриева Э.Р.<sup>2</sup><sup>1</sup>Уфимский Институт химии РАН, г. Уфа, Россия<sup>2</sup>Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В данной работе предложен однореакторный озонолитический метод превращения (+)-3-карена (**1**) и (-)- $\alpha$ -пинена (**2**) в тозилгидразоны (**3,5**) в метаноле с использованием на стадии восстановления образующихся пероксидных продуктов тозилгидразида. В то же время в системе AcOH-CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> для (+)-3-карена (**1**) отмечено образование в качестве примеси б,щ-гидразонокислоты (**4**), а для (-)- $\alpha$ -пинена (**2**) соответствующее карбоксильное производное (**6**) является единственным продуктом реакции.



©Легостаева Ю.В., 2016 г.

УДК 547.447+547.451+547.811

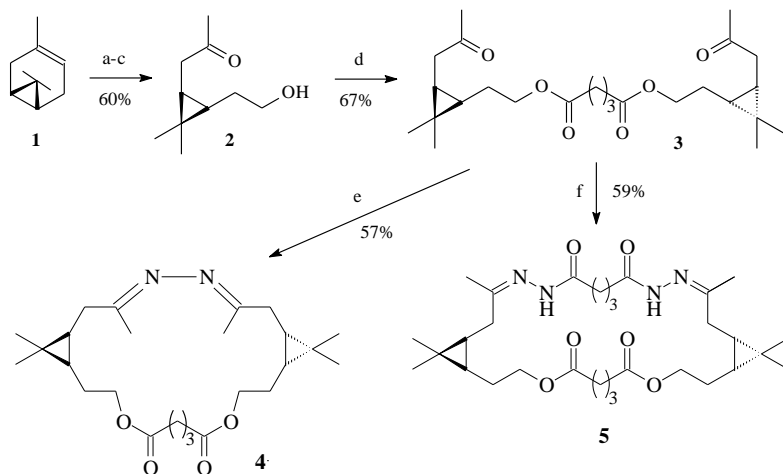
## $\Delta^3$ -КАРЕН В СИНТЕЗЕ ОПТИЧЕСКИ ЧИСТЫХ МАКРОЦИКЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ЦИКЛОПРОПАНОВЫЕ, СЛОЖНОЭФИРНЫЕ, АЗИННЫЙ ИЛИ ГИДРАЗИДНЫЕ ФРАГМЕНТЫ

Мингалеева Г. Р., Яковлева М.П.,

Мухамадуллина И.О., Ишмуратов Г. Ю.

Уфимский Институт химии Российской академии наук, Россия.

Нами предложен короткий (в 3 стадии) и эффективный синтез 23- (6), 24- (7), 30- (8) и 31- (9) -членных оптически чистых макроциклических соединений, содержащих азинный или гидразидные, циклопропановые и сложноэфирные фрагменты, исходя из доступного монотерпена –  $\Delta^3$ -карена (2) (ее ~100%). Схема синтеза включает озонолитическое расщепление исходного олефина (2) до кетоспирта (3), его [2+1]-конденсацию с хлорангидридами глутаровой или адипиновой кислот и заключительную циклизацию промежуточных дикетодиэфиров (4, 5) гидразингидратом или дигидразидом глутаровой кислоты в 1,4-диоксане при комнатной температуре в условиях высокого разбавления.



a.  $O_3/MeOH$ ; b.  $NaBH_4$ ; c.  $NaClO/AcOH$ ; d.  $Cl-C(=O)-(CH_2)_3-C(=O)-Cl$ , Py; e.  $NH_2NH_2 \cdot H_2O$ ;

f.  $H_2NNH-C(=O)-(CH_2)_3-C(=O)-NHNH_2$ .

© Мингалеева Г. Р., Яковлева М.П., Мухамадуллина И.О.,  
Ишмуратов Г. Ю., 2016 г.

**ПРОГНОЗ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРОДУКТОВ  
РЕАКЦИИ ПРИНСА НА ОСНОВЕ СЕСКВИТЕРПЕНОВ,  
ГЕМИТЕРПЕНОВ И ГАЛОГЕНТЕРПЕНОВ  
С ПОМОЩЬЮ ВЭБ РЕСУРСА PASS ONLINE**

Мусабилов А.Ф., Громыко Н.В., Латыпова Э.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия.

В настоящее время преобладает направленный подход к поиску и созданию новых лекарственных препаратов. Для этих целей можно использовать компьютерные программы, с помощью которых можно осуществлять прогноз различных видов биологической активности. Одной из таких программ является программа PASS, разработанная Институтом биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича РАН. Использование программы PASS дает возможность среди обширной группы анализируемых соединений выбрать те, которые с высокой долей вероятности обладают требуемыми видами биологической активности и в то же время с малой долей вероятности дают нежелательные токсические эффекты. При этом средняя точность прогноза составляет 85% [1]. Нами проведена оценка спектра биологической активности продуктов реакции Принса на основе природных соединений, таких как, сесквитерпены, гемитерпены и галогентерпены с использованием программы PASS. В зависимости от условий проведения процесса продуктами реакции Принса могут быть непредельные спирты, диолы, тетрагидропираны, тетрагидрофураны и 1,3-диоксаны.

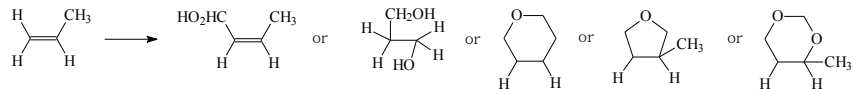


Схема реакции Принса.

Согласно программе PASS свойства сесквитерпенов и вышеуказанных продуктов реакции Принса, на основе сесквитерпенов не отличаются. Аналогичные результаты были получены и для гемитерпенов и их продуктов реакции Принса. При переходе к галогентерпенам диолы, которые могут быть синтезированы по реакции Принса, согласно программе PASS могут оказывать аналептическое и антивирусное действие.

### Литература

1. Поройков В.В., Филимонов Д.А. Прогноз спектра биологической активности органических соединений.  
[http://cdn.scipeople.com/materials/5542/Filimonov\\_D-Poroikov-V-Ros-Khim-Zhurn-2006-RUS.pdf](http://cdn.scipeople.com/materials/5542/Filimonov_D-Poroikov-V-Ros-Khim-Zhurn-2006-RUS.pdf)

© Мусабилова А.Ф., Громыко Н.В., Латыпова Э.Р., 2016 г.

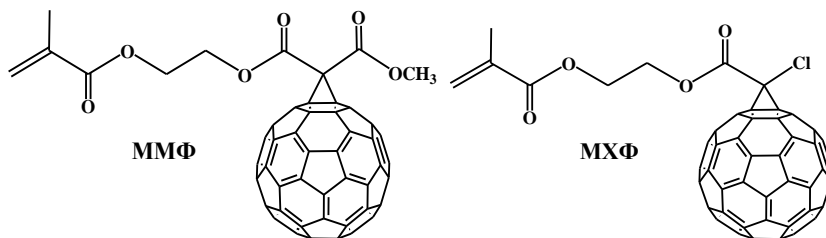
**РАДИКАЛЬНАЯ СОПОЛИМЕРИЗАЦИЯ  
ФУЛЛЕРЕНСОДЕРЖАЩИХ МЕТАКРИЛАТОВ  
С ВИНИЛОВЫМИ МОНОМЕРАМИ**

Нуриахметова З.Ф.<sup>1</sup>, Загитов В.В.<sup>1</sup>, Торосян С.А.<sup>2</sup>, Биглова Ю.Н.<sup>1</sup>,  
Мифтахов М.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup>Уфимский институт химии РАН, г. Уфа, Россия

Гомополимеры, получаемые на основе синтезированных нами фуллеренсодержащих мономеров, являются нерастворимыми объектами. Один из возможных вариантов получения растворимых фуллеренсодержащих полимеров – вовлечение фуллереновых мономеров в процесс сополимеризации с хорошо растворимыми сомономерами. С этой целью проведена сополимеризация ММФ и МХФ с виниловыми мономерами (ММА и Ст), взятых в различных массовых соотношениях (10 : 90, 20 : 80, 50 : 50, соответственно).



На рис. приведены значения начальной скорости полимеризации ( $W_0$ ) и выхода сополимера за 30 часов при 333 К (для виниловых гомополимеров – за 5 часов). Общим для всех систем с точки зрения кинетики является, прежде всего, ингибирующее влияние фуллеренсодержащих метакрилатов на процесс полимеризации, что находит отражение в снижении значений  $W_0$  по экспоненциальному закону. Симбатно изменяется и зависимость выхода сополимера от состава исходной смеси мономера (рис. 1 б).

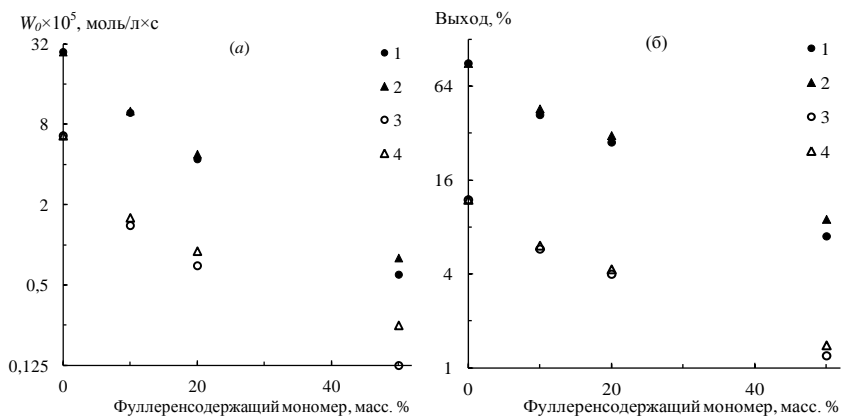


Рис. Зависимость начальной скорости сополимеризации (а) и выхода за 30 ч сополимеров (б) от содержания фуллеренсодержащего мономера в исходной смеси при  $T=333$  К. 1 – ММФ:ММА, 2 – МХФ:ММА, 3 – ММФ:Ст, 4 – МХФ:Ст.

©Нуриахметова З.Ф., 2016 г.

УДК 547.914

## СИНТЕЗ КЛЮЧЕВЫХ ДИКЕТОДИЭФИРОВ ИЗ БЕТУЛИНА В ХИМИИ МАКРОЦИКЛОВ

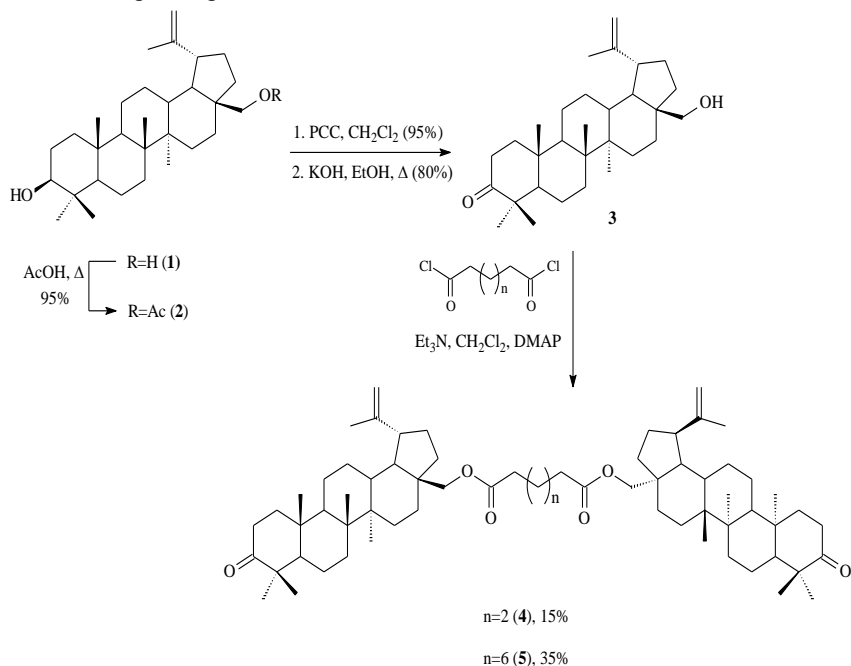
Саяхов Р.Р.<sup>1</sup>, Выдрина В.А.<sup>2</sup>, Яковлева М.П.<sup>2</sup>, Мингалеева Г.Р.<sup>2</sup>,  
Ишмуратов Г.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup> Уфимский Институт химии РАН, г. Уфа, Россия

Бетулин проявляет дезинтоксикационное, гепатопротекторное, противовоспалительное, регенерирующее и выраженное антиоксидантное действие [1]. Комбинация в молекулах, в том числе и макроциклических, фрагмента малотоксичного тритерпеноида бетулина ( $LD_{50}=9000$  мг/кг) с известными фармакофорными группами (эфирные, гидразидные, амидные, оксимные и др.) предполагает изменение исходной фармакологической активности или проявления новой.

В данной работе нами исходя из бетулина (1), выделенного из бересты березы *Betula pendula*, через ключевую хемоселективную стадию моноацилирования, окисление по Кори и последующий гидролиз ацетатной функции получен гидроксикетон (3). [2+1]-Конденсация последнего с дихлорангидридами адипиновой и себаценовой кислот приводит к целевым  $\alpha,\omega$ -дикетонам (4) и (5) – ключевым соединениям в синтезе макрогетероциклов.



### Литература

1. Толстикова Г.А. и др. Химия в интересах устойчивого развития, 2005, С. 1-30.

© Саяхов Р.Р., Выдрина В.А., Яковлева М.П.,  
 Мингалеева Г.Р., Ишмуратов Г.Ю., 2016 г.

**ВЛИЯНИЕ ПОРИСТОСТИ МАТЕРИАЛА  
НА СКОРОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ  
4,4-ДИМЕТИЛДИОКСАНА-1,3 ПО РЕАКЦИИ ПРИНСА**

Овчинников Г.А., Горских В.А., Фассалова И.И., Кириллов Д.А.,

Булатова Г.С., Тухватшин В.С., Талипов Р.Ф.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одним из основных способов получения изопрена является термокаталитическое разложение 4,4-диметил-1,3-диоксана (ДМД), синтезируемого из изобутилена и формальдегида по реакции Принса в присутствии фосфорной кислоты [1]. Однако данный метод синтеза изопрена имеет существенный недостаток: наряду с целевым ДМД наблюдается образование побочных продуктов (до 30% мас.) Поэтому нами исследовано влияние пористости материала на скорость образования ДМД при конденсации изобутилена и формальдегида. С этой целью нами установлена зависимость между значениями констант накопления ДМД и размерами пор материала, применяемого для проведения реакции Принса (таблица). Следует отметить, что представленная зависимость носит экстремальный характер. Значения констант скоростей накопления ДМД рассчитаны с использованием метода формальной кинетики для каждого из используемых пористых материалов.

Таблица. Зависимость констант скоростей накопления ДМД от диаметра пор материала (5% мас., 75 °С)

Фосфорная кислота	d, Å	Константа скорости реакции накопления ДМД, $k \times 10^{-4} \text{ c}^{-1}$
		0
SKt 1	3	5,80±0,34
SKt 2	4	8,20±0,39
SKt 3	5	9,21±0,42
SKt 4	8	7,50±0,52
SKt 5	9	1,83±0,08

Согласно представленным данным, пористость материала в целом способна оказывать каталитический эффект на рассматриваемую реакцию, причем изменение размеров пор пористого материала, в свою очередь, резко изменяет скорость накопления ДМД. Наибольшая скорость образования ДМД наблюдается при использовании пористого материала SKt 3.

### Литература

1. Огородников С.К., Идлис Г.С. // Производство изопрена, Л.: Химия, 1973., 296 с.

© Овчинников Г.А., Горских В.А., Фассалова И.И., Кириллов Д.А.,  
Булатова Г.С., Тухватшин В.С., Талипов Р.Ф., 2016 г.



УДК 547. 729. 7. 07 (088. 8)

## СИНТЕЗ ЦИСТРАНС-4-ПРОПИЛ-2-ФЕНИЛ-1,3-ДИОКСОЛАНА МЕТОДОМ ДИХЛОРКАРБЕНИРОВАНИЯ

Сагитова Г.Ф.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

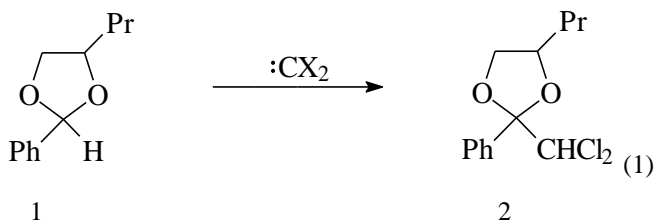
В последние годы химия циклических ацеталей и кеталей занимает одно из центральных мест в синтетической органической химии, соединения и материалы, получаемые на их основе, находят широкое применение в качестве ингибиторов коррозии, растворителей, и других практически ценных веществ.

Особый интерес представляют замещенные 1,3-диоксоланы, содержащие в качестве функциональной группы атом галогена.

Однако, существующие пути получения полифункциональных циклических ацеталей в ряде случаев мало эффективны, поскольку требуют значительных затрат времени, при сравнительно небольших выходах целевых продуктов. Так, большое теоретическое и практическое значение имеет усовершенствование методов синтеза 2-дихлорметил-1,3-диоксоланов.

Изучено карбенирование 1,3-диоксолана 1 дихлоркарбеном в присутствии межфазного катализатора при термическом нагревании.

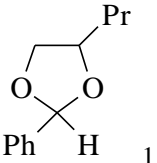
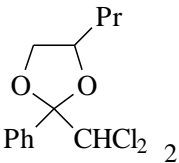
Циклическая ацеталь 1 была вовлечена в реакцию карбенирования :CCl<sub>2</sub> по методу Макоши [1, 2] (1):



В условиях межфазного катализа :CCl<sub>2</sub> взаимодействует с 1,3-диоксациклоалканом по C<sup>2</sup> связи, образуя 2-R-2-дигалогенметил-1,3-диоксациклоалкан [3-5].

Значительное влияние на селективность образования продуктов дихлоркарбенирования оказывает температура ведения процесса (табл.) так, при 50°C выход 2 составляет 86%, тогда как при комнатной температуре он не превышает 40%. Замечено также, что при увеличении температуры проведения процесса до 50°C время реакции сокращается почти в 2 раза.

Таблица. Условия и выходы карбенированных *цис/транс*-4-пропил-2-фенил-1,3-диоксоланов

Исходное соединение	Продукт	Условия		Выход, %
		T, °C	τ, ч	
 1	 2	20	8	33
		50	5	86

Реакция дихлоркарбена с циклической ацеталью протекает селективно по C<sup>2</sup>-связи, и выход продуктов внедрения составил 86%. Найдены условия, при которых дихлоркарбен селективно внедряется по C<sup>2</sup> связи, образуя *цис/транс*-2-дихлорметил-4-пропил-2-фенил-1,3-диоксолан, который представляет интерес в синтезе биологически активных соединений и применяются при получении полифункциональных 1,3-диоксациклоалканов.

### Литература

1. Сапрыгина В.А. Взаимодействие циклических ацеталей предельных и непредельных альдегидов с дигалогенкарбенами и некоторые реакции полученных соединений: диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук: 02.00.03 / В.А. Сапрыгина. – Уфа, 1997. – 104 с.
2. Арбузова Т.В. Синтезы замещенных гемм. – дихлорпропанов и реакции на их основе: диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук: 02.00.03 / Т.В. Арбузова. – Уфа, 2006. – 111 с.
3. Злотский С.С., Клявлин М.С., Сапрыгина В.Н. Внедрение дигалогенкарбенов по углерод-водородным связям в условиях межфазного катализа // БХЖ. – 1994. – Т. 1, №2 – С. 22.
4. Steinbeck K. Synthese von 2-dihalogenmethyl-1,3-dioxolane and 2-dihalogenmethyl-1,3-dioxanen // Chem. Ber. – 1979. - №7. – P. 2402.
5. Steinbeck K., Khen J. Application of phase-transfer catalysis. III. The effect of 2-Substituent on the insertion reaction of dichlorocarbene with 1,3-dioxolans // J. Chem. Researches. – 1978. - №10. – P. 396.

© Сагитова Г.Ф., 2016 г.

## НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ИОННАЯ ЖИДКОСТЬ $\text{Et}_3\text{N}\cdot\text{HCl}\cdot 2\text{AlCl}_3$ - ЭФФЕКТИВНЫЙ КАТАЛИЗАТОР СИНТЕЗА ДИАМАНТАНА

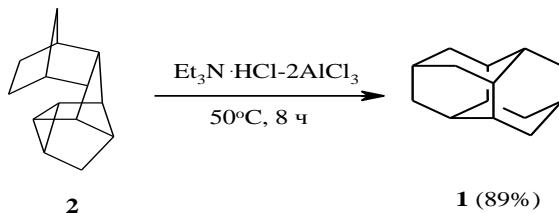
Тажетдинов М.С.<sup>1</sup>, Аминов Р.И.<sup>2</sup>, Хуснутдинов Р.И.<sup>2</sup><sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа, Россия<sup>2</sup>Институт нефтехимии и катализа Российской академии наук,  
г. Уфа, Россия

Диамтанан (**1**) является вторым представителем гомологического ряда диамондоидов (алмазоподобных углеводородов). Он служит исходным сырьём для синтеза лекарственных препаратов с противовирусной активностью, используется при получении термостойких синтетических смазочных масел или их компонентов, высокомолекулярных (полимерных) материалов, устойчивых к растворителям [1].

В данной работе установлено, что диамтанан можно получить из гидрированного димера норборнадиена - *эндо-эндо*-гексацикло[9.2.1.0<sup>2,10</sup>.0<sup>3,8</sup>.0<sup>4,6</sup>.0<sup>5,9</sup>]тетрадекана (**2**).

Ранее в работе [2] была обнаружена высокая каталитическая активность ионной жидкости (ИЖ)  $\text{Et}_3\text{N}\cdot\text{HCl}\cdot 2\text{AlCl}_3$  в изомеризации циклогексана в метилциклопентан.

Мы установили, что ионная жидкость  $\text{Et}_3\text{N}\cdot\text{HCl}\cdot 2\text{AlCl}_3$  может служить эффективным катализатором изомеризации углеводорода (**2**) в диамтанан (**1**). Реакция проходит в мягких условиях (50°C), при мольном соотношении [ИЖ] : [**2**] = 1 : 5÷7. Выход диамтанана (**1**) составляет 89%.



Использование ионной жидкости в данной реакции в избытке, объясняется тем, что она выполняет три функции: служит катализатором, растворителем и источником водорода.

### Литература

1. Е.И. Багрий. Адамтананы. М.: Наука, 1989, 256 с.
2. В.А. Ксенофонов, А.Н. Пряхин, Л.М. Кустов, В.В. Лунин. Катализ в промышленности. 2003. Т. 6. С. 23.

© М.С. Тажетдинов, Р.И. Аминов, Р.И. Хуснутдинов, 2016 г.

## НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ИОННАЯ ЖИДКОСТЬ $\text{Me}_3\text{N}\cdot\text{HCl}\cdot 2\text{AlCl}_3$ - ЭФФЕКТИВНЫЙ КАТАЛИЗАТОР СИНТЕЗА ТРИАМАНТАНА

Хахимзянов Д.М.<sup>1</sup>, Аминов Р.И.<sup>2</sup>, Хуснутдинов Р.И.<sup>2</sup>

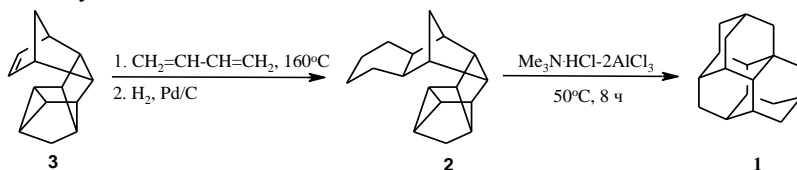
<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа, Россия

<sup>2</sup>Институт нефтехимии и катализа Российской академии наук,  
г. Уфа, Россия

Триамантан – третий представитель гомологического ряда диамантоидов (адамантоидов) представляет большой интерес для получения фармацевтических препаратов, материалов для микроэлектроники и нелинейной оптики [1].

В лаборатории триамантан **1** и его производные получают скелетной изомеризацией изосоставных полициклических углеводородов под действием кислотных катализаторов, в качестве которых используются кислоты Льюиса ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{AlBr}_3$ ) и суперкислоты ( $\text{B}(\text{OSO}_2\text{CF}_3)_3$ ,  $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$ ), а также соединения и комплексы платины [2].

В настоящей работе синтез триамантана **1** осуществлен скелетной изомеризацией полициклического  $\text{C}_{18}\text{H}_{24}$ -углеводорода (гептацикло[9.6.1.0<sup>2,10</sup>.0<sup>3,8</sup>.0<sup>4,6</sup>.0<sup>5,9</sup>.0<sup>12,17</sup>]октадекан) **2**, полученного из гексациклического димера норборнадиена *эндо-эндо*-гексацикло[9.2.1.0<sup>2,10</sup>.0<sup>3,8</sup>.0<sup>4,6</sup>.0<sup>5,9</sup>]тетрадецена-12 **3**, под действием неорганической ионной жидкости состава  $\text{Me}_3\text{N}\cdot\text{HCl}\cdot 2\text{AlCl}_3$ . Реакцию проводили под аргоном при температуре 50°C в течение 8 ч при мольном соотношении реагентов [2]: [ионная жидкость] = 1 : 2÷4. Выход триамантана в указанных условиях составляет 65%.



Следует отметить, что ионная жидкость в данной реакции выполняет две функции: она служит катализатором и реакционной средой.

### Литература

1. Geldenhuys, W. J.; Malan, S. F.; Bloomquist, J. R.; Marchand, A. P.; Van der Schyf, C. J. *Med. Res. Rev.* 2005. V. 25. P. 21.
2. Hollowood, F.S.; McKervery, M.A. *J. Org. Chem.* 1980. V. 45. P. 4954.

© Д.М. Хахимзянов, Р.И. Аминов, Р.И. Хуснутдинов, 2016 г.

## СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ ЦИТИЗИНА В РЯДУ ФЕНОЛОВ

Чориев А.У.,<sup>1</sup> Абдушукуров А.К.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Каршинский государственный университет

<sup>2</sup>Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,

г. Ташкент, Узбекистан

e-mail: [azimjon-organik@mail.ru](mailto:azimjon-organik@mail.ru)

Как известно, нейронные никотиновые ацетилхолиновые рецепторы (nAChR) привлекают внимание многочисленных исследователей, поскольку участвуют в сложных мозговых процессах, таких как способность к обучению, формирование мотиваций, памяти, внимания, болевой чувствительности и т.п. Именно эти функции с возрастом и при некоторых нейродегенеративных заболеваниях (например, болезни Альцгеймера, Паркинсона, шизофрения) значительно нарушаются. В настоящее время nAChR рассматриваются в качестве интересной мишени для разработки новых препаратов для лечения дисфункций центральной нервной системы [1-3].

Цитизин обладает высоким сродством ко многим подтипам nAChR, особенно к  $\alpha 4\beta 2$  и  $\alpha 3$ , однако его низкая липофильность затрудняет проникновение через гематоэнцефалический барьер [4,5]. Поэтому в последнее время с целью поиска новых агонистов или антагонистов nAChR синтезирован и охарактеризован ряд производных цитизина, замещенных как по положению N<sup>12</sup>, так и по другим положениям [6-9]. В результате биологических исследований установлено, что введение заместителя в положение N<sup>12</sup> несколько снижает степень сродства к nAChR, но позволяет получать соединения с более высокой селективностью к центральному  $\alpha 4\beta 2$ -подтипу по сравнению с  $\alpha 3$ -подтипом рецепторов. Кроме того анальгетическое, антиаритмическое [10], антигипертензивное действие [11] N<sup>12</sup> – замещенных производных цитизина вызывает интерес к разработке новых соединений этого ряда. По нашему мнению, синтез производных цитизина в ряду фенолов интересен как объединением двух фармакофорных остатков в одной молекуле, так и повышением ее липофильности, что может способствовать прохождению этих соединений через гематоэнцефалический барьер. Для модификации цитизина мы выбрали фенолхлорацетаты. Было интересно изучить возможность использования этого алкалоида для синтеза производных, содержащих фенольный и цитизиновый фрагменты, связанные линкером.

Исходные замещенные фенолхлорацетаты получили в условиях реакции Шоттена – Баумана путем конденсации фенолы с хлорацетилхлоридом в присутствии КОН в качестве основания.

Алкилирования цитизина фенилхлорацетатами протекало с высоким выходом при проведение реакции в этаноле в присутствии гидроксида калия с образованием N<sup>12</sup> – феноксикарбметилцитизинов. Использование в качестве акцепторов хлорводорода триэтиламина или N – метилморфолина снижало выход целевых продуктов, что связано с кватернизацией этих оснований. Течение реакций и чистоту полученных соединений контролировали методом ТСХ на пластинках Sorbfil UV-254. В качестве элюента использовали смесь толуола и этанола 9 : 1. Структуру полученных соединений установили и подтвердили с использованием данных ИК – спектроскопии и элементного анализа.

### Литература

1. M.W. Holladay, M.J. Dart, J.K. Lynch, J. Med. Chem., 40, 4169 (1997)
2. R.W. Fitch, Y. Kaneko, P. Klaperski, J.W. Daly, G. Seitz, D. Gundisch, Bioorg. Med. Chem. Let., 15, 1221 (2005)
3. C.C. Boido, F. Sparatore, Farmaco, 54, 438 (1999)
4. A.A. Jensen, B. Frolund, T. Liljefors, P. Krogsgaard-Larsen, J. Med. Chem., 48, 4705 (2005)
5. S.K. Chellappan, Y. Xiao, W. Tueckmantel, K.J. Kellar, A.P. Kzikowski, J. Med. Chem., 49, 2673 (2006)
6. D.V. Shishkin, A.N. Lobov, N.Z. Baibulatova, N.M. Vlasova, L.V. Spirikhin, V.A. Dokichev, Chem. Nat. Compd., 48, 436 (2012)
7. I.V. Kulakov, O.A. Nurkenov, D.M. Turdybekov, A.A. Ainabaev, K.M. Turdybekov, A.M. Gazaliev, Chem. Nat. Compd., 45, 66 (2009)
8. B. Tasso, C.C. Boido, E. Terranova, C. Gotti, L. Riganti, F. Clemente, R. Artali, G. Bombiere, F. Meneghetti, F. Sparatore, J. Med. Chem., 52, 4345 (2009)
9. Р.Ю. Хисамутдинова, Н.Н. Ярмухамедов, С.Ф. Габдрахманова, Л.Т. Карачурина, Т.А. Сапожникова, Н.З. Байбулатова, Н.Ж. Басченко, Ф.С. Зарудий, Хим.-фарм. журн., 38, 6, 27 (2004)
10. С.П. Бондаренко, М.С. Фрасинюк, В.П. Хиля, Т.М. Пантелеймонова, И.С. Безверха, Ukr. Bioorg. Acta, 10, 42 (2012)
11. S.P. Bondarenko, M.S. Frasinjuk, V.I. Vinogradova, V.P. Khilya, Chem. Nat. Compd, 48, 950 (2012)

© Чориев А.У., Абдушукуров А.К., 2016 г.

## СЕКЦИЯ «АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

УДК 543.3

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОБ ВОДЫ

Денисова О.С.

Бирский филиал Башкирского государственного университета,  
г. Бирск, Россия

Для проведения измерения концентраций тяжелых металлов в воде, применялся атомно-абсорбционный спектрометр «КВАНТ-Z.ЭТА».

Метод основан на измерении абсорбционности (оптической плотности) атомного пара определяемого элемента, получаемого при электротермической атомизации пробы в графитовой печи спектрометра «КВАНТ-Z.ЭТА» [1].

Таблица. Содержание тяжелых металлов в исследуемых образцах воды (мкг/дм<sup>3</sup>)

Показатели	Проба №1	Проба №2	Проба №3	ПДК, мкг/дм <sup>3</sup>
Мышьяк	10,07	10,99	12,06	50
Кадмий	0,027	0,031	0,035	1
Железо	1,5050	2,6742	10,395	300
Свинец	2,0691	1,0655	0,7883	30
Серебро	0,0261	0,0210	0,0263	50

#### Литература

1. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии. Санкт-Петербург, 2008

© Денисова О.С., 2016 г.

**ХИРАЛЬНЫЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ  
«ЭЛЕКТРОННЫЙ ЯЗЫК» ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ  
ОПТИЧЕСКИХ ИЗОМЕРОВ ПРОПРАНОЛОЛА**

Дубровский Д.И., Яркаева Ю.А., Хаблетдинова А.И., Зильберг Р.А.,  
Сидельников А.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Многие синтетические лекарственные препараты существуют в виде двух или нескольких пространственных изомеров. Однако их фармакологическая активность обычно связана с действием лишь одного стереоизомера. Другие или проявляют менее выраженное действие, или совсем не активны. Таким образом, необходимо изучать лекарственные препараты и биологически активные соединения с учетом их оптической активности, что позволит значительно повысить их фармакологическое действие и снизить токсичность. В настоящей работе изучены возможности хирального вольтамперометрического «электронного языка» на основе угольно-пастового электрода, модифицированном урацилом, применительно к задачам распознавания препаратов пропранолола, содержащих различные оптические изомеры. Хотя потенциалы пиков R- и S-изомеров и форма вольтамперограмм отличаются друг от друга, по ним невозможно однозначно распознать стереоизомеры пропранолола и оценить их концентрацию в рацемической смеси и лекарственных средствах. С целью повышения возможностей предложенной сенсорной системы для решения задач надежного распознавания энантиомеров пропранолола использовали хемометрический метод дискриминантного анализа PLS-DA, который позволил однозначно распознать их в лекарственных средствах. Объясненная дисперсия по первым двум главным компонентам составляет 98%, что свидетельствует о хорошей чувствительности и специфичности сенсорной системы при идентификации энантиомеров пропранолола.

Таким образом, хиральный вольтамперометрический «электронный язык» можно применять также для экспрессной оценки состава и качества энантиомерных и рацемических препаратов пропранолола, потери активности основных компонентов при неправильном хранении и транспортировке, истечении срока годности, наличия примесей.

*Работа выполнена при поддержке РФФ: грант № 16-13-10257*

© Дубровский Д.И., Яркаева Ю.А., Хаблетдинова А.И.,  
Зильберг Р.А., Сидельников А.В., 2016 г.



УДК 543.544.

**АДСОРБЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ НА ПОВЕРХНОСТИ  
ПОРИСТОГО ПОЛИМЕРА, МОДИФИЦИРОВАННОГО  
СМЕШАННОЙ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРОЙ  
МЕЛАМИН-ЦИАНУРОВАЯ КИСЛОТА**

Габдульманова А.Ф., Гареева А.Н., Тимергазина А.Ф., Юсупова Я.Р.,  
Гайнуллина Ю.Ю., Гуськов В.Ю.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Создание и изучение высокоупорядоченных на атомарном уровне структур представляет собой важную задачу нанохимии. Одним из перспективных видов таких материалов являются супрамолекулярные структуры. Особенностью таких структур является их способность к самосборке на различных поверхностях и с определённым уровнем архитектуры, что играет большое значение в современной наноинженерии. В связи с этим, возникает необходимость в разработке методов изучения самосборки таких структур.

В данной работе методом обращённой газовой хроматографии изучены поверхностные свойства смешанной супрамолекулярной структуры циануровая кислота – меламина, образованной на поверхности пористого полимерного сорбента.

В качестве исходного сорбента был выбран пористый полимерный сорбент Полисорб-1 с удельной поверхностью 250 м<sup>2</sup>/г и средним размером пор 130 Å. Модифицирование циануровой кислотой и меламином проводилось из водного раствора путём испарения растворителя при температуре 60<sup>0</sup>С. [1]. Общее количество циануровой кислоты и меламина составляло 1% от массы исходного сорбента. Мольное соотношение меламина-циануровая кислота составляло 1:1. Полученный образец сорбента был изучен методом обращённой газовой хроматографии в режиме бесконечного разбавления проб [2].

Таким образом, в работе представлена информация об образовании супрамолекулярного комплекса циануровой кислоты и меламина на поверхности пористого полимерного сорбента. Исследованы термодинамические параметры адсорбции органических соединений на данном образце. Из анализа мольных изменений внутренней энергии и энтропии адсорбции показано, что образующаяся на поверхности супрамолекулярная структура не способна к размерным эффектам. Полярность модифицированного сорбента увеличивается по сравнению с исходным.

**Литература**

1. Гуськов В.Ю., Гайнуллина Ю.Ю., Иванов С.П., Кудашева Ф.Х. Модифицированные урацилом пористые полимерные сорбенты //

Физикохимия поверхности и защита материалов. 2014. Т. 50. № 1. С. 59-62.

2. V.Yu. Gus'kov, Yu. Yu. Gainullina, S.P. Ivanov and F.Kh. Kudasheva. Thermodynamics of organic molecules adsorption on modified by 5-hydroxy-6-methyluracil sorbents by inverse gas chromatography // Journal of Chromatography A. 2014. С. 230-235.

© Габдульманова А.Ф., Гареева А.Н., Тимергазина А.Ф., Юсупова Я.Р., Гайнуллина Ю.Ю., Гуськов В.Ю., 2016 г.

УДК 543.544.

### **СМЕШАННЫЕ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СТРУКТУРЫ И ИХ ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ**

Габдульманова А.Ф., Гареева А.Н., Тимергазина А.Ф., Юсупова Я.Р.,  
Гайнуллина Ю.Ю., Гуськов В.Ю.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Супрамолекулярными структурами называют комплексы (ансамбли), состоящие из двух или более молекул, которые удерживаются вместе благодаря координационному межмолекулярному взаимодействию.

Одним из характерных признаков супрамолекулярных структур является комплементарность. Объемные формы и электронные свойства полости молекулы-хозяина, с одной стороны, и молекулы-гостя, с другой, должны в точности дополнять друг друга. В приведенных примерах это проявляется в том, что размеры иона-гостя должны точно совпадать с размерами полости внутри молекулы-хозяина (краун-эфира). Именно благодаря этому супрамолекулярные структуры характеризуются высокой степенью избирательности. Краун-эфиры, например, с успехом используют для избирательного выделения определенных ионов из многокомпонентного раствора.

Супрамолекулярные структуры широко используются в живой природе. Большинство химических реакций в живых клетках и организмах происходят при участии ферментов – белков-катализаторов. Их активные "центры", предназначенные для приема "гостей", устроены так, что присоединиться к ним может лишь комплементарная молекула или радикал. И потому эти катализаторы действуют очень избирательно. Например, уже упомянутая выше молекула люциферина в живой природе, как правило, является "желательным гостем" белковой молекулы люциферазы. Последняя при определенных условиях выполняет роль специфического катализатора реакции окисления люциферина, что и вызывает его биолуминесценцию.

Ранее [1,2] были изучены сорбенты с нанесенным на их поверхность одного модификатора. Такие сорбенты показали высокую энантиоселективность по отношению к лимоненам, камфоре, камфену и ментолам. Фактор разделения составлял 2,67. Однако, нанесение на поверхность сорбентов двух и более модификаторов значительно расширяет их круг применения. В связи с этим, нами были исследованы смешанные супрамолекулярные структуры.

В данной работе уже изучены сорбенты, модифицированные смешанной структурой меламина-циануровая кислота. Было установлено, что полученные сорбенты также способны разделять оптически активные вещества. Фактор разделения составляет 1,2.

#### **Литература**

1. Гуськов В.Ю., Гайнуллина Ю.Ю., Иванов С.П., Кудашева Ф.Х. Свойства поверхности модифицированного 5-фторурацилом пористого полимера по данным газовой хроматографии // Журнал физической химии. 2014. Т. 88. № 6. С. 1058-1062.
2. В.Ю. Гуськов, В.Э. Семенов, Ю.Ю. Гайнуллина, А.С. Михайлов, Ф.Х. Кудашева. Термодинамические характеристики адсорбции органических молекул на пиримидинофане // Известия Академии наук. Серия химическая. 2015. № 4. С. 800-805.

© Габдульманова А.Ф., Гареева А.Н., Тимергазина А.Ф., Юсупова Я.Р., Гайнуллина Ю.Ю., Гуськов В.Ю., 2016 г.

УДК 544.543

### **ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНОСТЬ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫХ СТРУКТУР УРАЦИЛА**

Гайнуллина Ю.Ю., Габдульманова А.Ф. Гареева А.Н.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В последние годы усилия исследователей по повышению селективности ХНФ были сосредоточены на модифицировании уже существующих циклодекстриновых фаз путём либо химической пришивки различных функциональных групп, либо использованием смешанных неподвижных фаз циклодекстрин-модификатор. Часто в качестве такого модификатора используют жидкие кристаллы. При этом, как правило, достигается повышение энантиоселективности, однако остаются проблемы высокого давления паров и низкой стабильности колонки. Поэтому крайне актуальна разработка новых типов ХНФ с принципиально иным типом хирального распознавания, которые бы позволили достичь требуемой стабильности и энантиоселективности. В

настоящей работе предложены новые ХНФ на основе супрамолекулярных сетчатых структур урацила.

В качестве исходного сорбента использовался инертный носитель Inerton NAW (Chemapol, Prague, Czech Republic). Модификатором был урацил. Количество наносимого модификатора составляло 1% от массы инертного носителя. Полученным сорбентом заполнялась металлическая колонка длиной 1 м и внутренним диаметром 3 мм. Аналитами выступали лимонены, ментолы, камфены и камфора. В таблице приведены критерии разделения  $K_1$  для всех аналитов на модифицированном урацилом сорбенте.

Как видно из таблицы, в большинстве случаев степень разделения невысока. Вероятно, это связано с типом используемого матричного сорбента. В качестве такого используется инертный носитель. Возможно, из-за высокой геометрической неоднородности его поверхности, которая не играет роли при нанесении на него неподвижных жидких фаз, супрамолекулярные структуры формируются на небольших площадях и недостаточно упорядоченно, что приводит к ухудшению массообмена и снижению эффективности хроматографической колонки. При этом, в некоторые случаи достигнутые значения  $K_1$  позволяли провести полноценное хроматографическое разделение.

Т °С	урацил		
	камфен	камфора	ментол
40	0.847	-	-
45	0.222	0.071	-
50	0.189	0.056	0.608
55	0.102	0.064	0.965
60	0.203	0.28	0.953
65	0.046	0.038	0.037
70	0.069	0.395	0.723
75	0.123	0.025	0.451
80	0.022	0.234	0.282
85	-	0.794	0.635
90	-	0	0.697
95	-	0.187	0.03

*Работа выполнена при поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований (проект №:14-03-31025 мол-а) и Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках базового государственного задания*

© Гайнуллина Ю.Ю., Габдульманова А.Ф Гареева А.Н., 2016 г.

**АНАЛИЗ ДИКЕТОПИПЕРАЗИНА,  
ИМИНОДИУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ И ГЛИЦИНА  
В РЕАКЦИОННОЙ МАССЕ МЕТОДОМ ВЭЖХ**

Италмасова А.А., Абдрахманова З.Х., Бадикова А.Д.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Иминодиуксусная кислота широко используется в качестве сырья для производства биологически активных соединений, в том числе гербицида N-(фосфонометил) глицина [1].

В этой связи целью работы явилось разработка методики ВЭЖХ анализа дикетопиперазина, ИДУК и глицина в реакционной массе.

Анализ осуществлялся на приборе ВЭЖХ фирмы Shimadzu и детектор с переменной длиной волны. Разделение компонентов проводили на ионообменной колонке (250 x 4,6мм), заполненной сорбентом Ultrasil Ax с размером частиц 10 мкм. В качестве подвижной фазы использовали 0,005М  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , доведенный до pH=1,95 ортофосфорной кислотой. Скорость элюента 0,5 мл/мин. Регистрацию компонентов проводили при 190 нм.

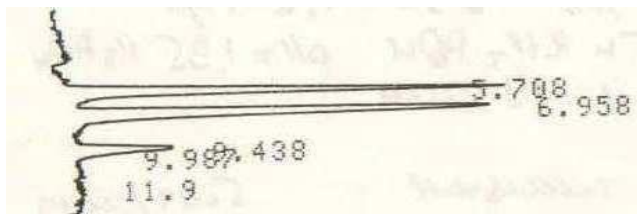


Рис. Хроматограмма разделения искусственной смеси, содержащей глицин, ДКПА и глифосат.

По результатам ВЭЖХ выявлены времена удерживания, соответствующее, 5,7 мин – глицин, 5,3 мг/мл, 6,95 мин – ДКПА, 0,55 мг/мл, 9,98 мин – глифосат, 7,15 мг/мл, согласно временам удерживания соответствующих чистых веществ.

**Литература**

1. Симонян А.В., Саламатов А.А., Покровская Ю.С., Аванесян А.А. Использование нингидриновой реакции для количественного определения  $\alpha$ -аминокислот в различных объектах // Методические рекомендации. Волгоград.: Волгогр.мед.ун-т. 2007.- С. 106.

© Италмасова А.А., 2016 г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА НЕФТЯНОГО ШЛАМА

Бадикова А.Д., Рулло А.В., Сахибгареев С.Р., Ялалова Р.А.,  
Казбулатова Г.М.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одним из наиболее проблемных отходов нефтеперерабатывающей промышленности с точки зрения экологии являются кислые гудроны [1]. На предприятиях отрасли ежегодно образуется около 220-250 тыс. тонн кислых гудронов. Степень использования этих отходов не превышает 25%, что приводит к сосредоточению весьма значительных их масс в заводских прудах-накопителях (амбарах) [2]. Разработка технологий утилизации и переработки отходов нефтеперерабатывающей промышленности является актуальной задачей, для решения которой необходимо иметь сведения об их составе.

В этой связи целью работы явилось определение элементного состава нефтяного шлама энергодисперсионным рентгенофлуоресцентным спектральным методом анализа. В качестве объекта исследований использовалась смесь нефтяных остатков нефтеперерабатывающего производства.

Анализ элементного состава смеси нефтяных остатков осуществлялся на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре EDX-800HS фирмы «Shimadzu» с программным обеспечением, с рентгеновской трубкой с родиевым анодом (напряжение 15-50 кВт, ток 20-1000 мкА) в атмосфере вакуума, коллиматор 3 мм и времени измерения 10-15 минут, использования каналов [Ti-U], [S-K], [C-Sc] и обозначении углеводородной матрицы.

Рентгенофлуоресцентным методом анализа в составе нефтяного шлама определено: 83% С; 75-76% CO<sub>2</sub>; 6-9% Si; 5-6,6% Al; 2-3% Са; 1,3-1,8% Fe; 1-1,6% S, а также примеси; всего определено 16 элементов.

Показано, что результаты определений подтверждены спектрами и энергии фотона основных линий К-серии ( $\alpha, \beta$ ) и L-серии ( $\alpha, \beta$ ) по элементам (все компоненты) соответствуют табличным значениям.

### Литература

1. Котов, С.В. XIX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. В 4 т. Т. 3: тез. докл. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2011. – С. 110.
2. Федяева, О.А. Промышленная экология: Конспект лекций. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007. – 145 с.

## РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЛЬЦИЯ В ОБРАЗЦАХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ

Нурисламова А.Д., Ягафарова С.Т., Бадикова А.Д.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Анализ лекарственных средств проводится для определения элементного состава, разработки новых препаратов. Совокупность различных методов анализа позволяет надежно оценивать качество лекарственных веществ и пригодность их для применения в медицине [1].

Наиболее перспективным методом анализа является рентгенофлуоресцентный спектральный метод анализа.

Рассматривались пять лекарственных средств, содержащих кальций: кальция глюконат, кальцеин адванс, пентафлуцин, компливит кальций Д3 форте, pro-balances.

Целью работы явилось определение кальция лекарственных средств энергодисперсионным рентгенофлуоресцентным методом анализа (ЭДРФА).

Эксперимент осуществлялся на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре EDX-800HS фирмы Shimadzu. Пробоподготовка заключалась в растирании взятых проб в ступке с последующим таблетированием на подложке борной кислоты. Измерение проводилось с рентгеновской трубкой с родиевым анодом (напряжение 15-50 кВ, ток 20-1000 мкА) в атмосфере вакуума, при использовании коллиматора 5 мм в течение 11 мин. Анализ осуществлялся методом фундаментальных параметров, при варьировании каналов измерений [Ti-U], [C-Sc] и [S-K] [2].

Согласно результатам проведенного анализа образцов лекарственных средств, определен их следующий состав (% масс.): CaO 6,021-28,416%, SO<sub>2</sub> 0,093-1,362%, MgO 0.246-2.912%, K<sub>2</sub>O 0.018-3.472%. Таким образом, основными компонентами образцов лекарственных препаратов являются оксиды кальция, магния и калия.

### Литература

1. Андреев Н.А., Моисеев В.С. Антагонисты кальция в клинической практике. М.: Фармединфо – 1995.
2. Белоусов Ю.Б., Моисеев В.С., Лепяхин В.К. Клиническая фармакология и фармакотерапия. Издание 2-е, М.: Универсум – 1997.

© Нурисламова Н.Д., 2016 г.

**ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ  
ПРОПРАНОЛОЛА НА ПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДАХ,  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕЛАМИНОМ  
И ЦИАНУРОВОЙ КИСЛОТОЙ**

Максютова Э.И., Сидельников А.В., Тихонова А.А., Гуськов В.Ю.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Известно, что многие синтетические лекарственные препараты существуют в виде смеси двух, а часто и большего числа пространственных изомеров, отличающихся своим биологическим действием. Последствия таких различий не всегда безопасны. Лишь 15% синтетических препаратов, находящихся на европейских рынках, производится в виде отдельных стереоизомеров, остальные 85% представляют собой смеси изомеров [1]. В то же время современные методы позволяют получать в чистом виде конкретные изомеры и выбирать из них те, которые обладают наиболее выраженными эффектами и (или) наименьшей токсичностью [2] и [3]. Успешное решение этих проблем неразрывно связано с тем, какой аналитический метод используется для обнаружения и определения энантиомеров лекарственных веществ. В работе впервые предложены вольтамперометрические сенсоры, чувствительные к энантиомерам пропранолола – вещества, которое широко применяется при лечении сердечно-сосудистых заболеваний. Представлены результаты вольтамперометрического поведения S(-)- и R(+)-изомеров пропранолола на стеклоуглеродных электродах, модифицированных композитами на основе полиариленфталидных пленок, меламина и циануровой кислоты. Показано, что модифицирование пленочных сенсоров меламином и циануровой кислотой приводит к перекрестной чувствительности сенсоров – изменяется диапазон потенциалов пиков их окисления изомеров и смещается диапазон потенциалов пиков их окисления, что позволяет применить предложенные сенсоры для одновременного определения изомеров при совместном присутствии.

*Работа выполнена при поддержке РФФ: грант № 16-13-10257*

**Литература**

1. Яницкий П.К., Реверский В., Гумулка В. // Новости фармации и медицины, 1991, № 4/5, с. 98–104.
2. Williams K., Lee E. // Drugs, 1985, v. 30, pp. 333–354.
3. Дунина В.В., Белецкая И.П. // Журн. орган. химии, 1992, т. 28, с. 1929–2000.

©Максютова Э.И., 2016 г.



**PLS-ДИСКРИМИНАНТНЫЙ АНАЛИЗ И РАСПОЗНАВАНИЕ  
S(-)- И R(+)-ПРОПРАНОЛОЛА В УСЛОВИЯХ  
ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ  
НА ПЛЕНОЧНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ЭЛЕКТРОДАХ**

Максютова Э.И., Тихонова А.А., Сидельников А.В., Гуськов В.Ю.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одной из актуальных проблем электроаналитической химии является создание высокочувствительных сенсоров, способных без предварительного химического разделения анализируемых компонентов предоставлять информацию о составе и свойствах исследуемого раствора. Практическая значимость этих исследований связана с необходимостью создания датчиков экспрессного контроля качества веществ, масштабно используемых в промышленности и быту. Среди таких объектов электрохимического анализа особое место занимают лекарственные препараты, включающие в свой состав биологически активные вещества, фармакологическая активность которых связана с наличием асимметрического (хирального) атома углерода. Одним из таких соединений является пропранолол, который широко применяется при лечении сердечно-сосудистых заболеваний. Решение задач одновременного определения энантиомеров при совместном присутствии и распознавания лекарственных препаратов на их основе является важной задачей для обеспечения безопасности жизни больных при приеме препаратов. С этой целью необходимо разрабатывать новые подходы к созданию специфичных сенсоров и мультисенсорных систем на их основе

В работе представлены результаты PLS-моделирования (проекцией на латентные структуры) вольтамперограмм окисления S(-)- и R(+)-пропранолола, полученных в условиях инверсионной вольтамперометрии на электродах, модифицированных полиариленталидами, меламином и циануровой кислотой. Показано, что модифицирование графитовых электродов предложенными композитами приводит к улучшению их аналитических характеристик. Выявлены факторы и определены условия, обеспечивающие перекрестную чувствительность сенсоров. Методом PLS-дискриминантного анализа вольтамперограмм рассчитаны показатели воспроизводимости, чувствительности и специфичности мультисенсорной системы композитных электродов при решении задач идентификации энантиомеров пропранолола.

*Работа выполнена при поддержке РФФ: грант № 16-13-10257*

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ  
ПРЕПАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЙ МУЛЬТИСЕНСОРНОЙ  
СИСТЕМЫ**

Проворова Ю.Р., Мурзина К.Р., Хаблетдинова А.И., Яркаева Ю.А.,  
Зильберг Р.А., Сидельников А.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В основе всех биологических процессов, их взаимообусловленности, высокой эффективности и строгой избирательности лежит тонкое структурное соответствие взаимодействующих молекул, определяемое прежде всего спецификой пространственной организации молекул. Стереоспецифичность свойственна большинству биомолекул – это характерная особенность молекулярной логики живых клеток. Для обеспечения нормальных биологических функций молекулы фермента и субстрата должны быть ком-плементарны, т.е. их структуры должны стерически точно соответствовать друг другу. Строгая комплементарность необходима и для связывания молекулы гормона с его рецептором на поверхности клетки и для репликации ДНК, и для многих других процессов, протекающих в клетке. У большинства лекарственных препаратов также существует тесная взаимосвязь между пространственной структурой и фармакологической активностью, т.е. стереоспецифичность действия. Многие синтетические лекарственные препараты существуют в виде двух или нескольких пространственных изомеров. Фармакологическая активность рацемических лекарственных препаратов обычно связана с действием лишь одного энантиомера. Второй или проявляет менее выраженную активность, или совсем не активен, или проявляет другие фармакологические эффекты. В этой связи разработка экспресс-методов идентификации энантиомеров лекарственных препаратов является важной и актуальной задачей. В настоящей работе предложен новый вольтамперометрический способ идентификации энантиомеров триптофана с использованием модифицированных стеклоуглеродных электродов. Проекционными методами хемометрики (МГК и ПЛС) установлено, что содержится информация о природе оптических изомеров как в фарадеевской, так и емкостной областях вольтамперограмм.

*Работа выполнена при поддержке РФФ: грант № 16-13-10257*

© Проворова Ю.Р., Мурзина К.Р., Хаблетдинова А.И., Яркаева Ю.А.,  
Зильберг Р.А., Сидельников А.В., 2016 г.

УДК 543.552.054.1

## **ИДЕНТИФИКАЦИИ ИНСУЛИНА И ЕГО АНАЛОГОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЙ МУЛЬТИСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ**

Проворова Ю.Р., Максютлова Э.И., Хаблетдинова А.И., Яркаева Ю.А.,  
Зильберг Р.А., Сидельников А.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Инсулин – гормон пептидной природы, оказывающий многогранное влияние на обмен практически во всех тканях. Его основная функция заключается в поддержании постоянного уровня глюкозы в крови. Нарушение секреции инсулина или его действия является ключевым звеном в развитии различных форм сахарного диабета, гипогликемических состояний, ожирения. В настоящее время человеческий инсулин и его аналоги, в основном, получают генно-инженерным способом с использованием рекомбинантной ДНК-технологии. Аналоги инсулина отличаются друг от друга положением аминокислот и других заместителей в цепи полипептида и имеют различное время действия. С использованием методов хемометрики разработан вольтамперометрический способ идентификации и распознавания лекарственных средств различных производителей, содержащих инсулин и его аналоги. Для апробации вольтамперометрического способа идентификации и распознавания инсулиновых препаратов были исследованы препараты: Биосулин Р, Левемир, Новорапид Флекспен, Новорапид Лантус, Апидра, Пенфилл. Полученные на модифицированных полиариленфталидами стеклоуглеродных электродах вольтамперограммы преобразовывали методом главных компонент (МГК). В большинстве случаев на графиках счетов МГК-моделей вольтамперограммы инсулина и его аналогов принадлежат к разным кластерам. При этом доля объясненной дисперсии составляет более 80%. Предложенная мультисенсорная система чувствительна также к составу вспомогательных веществ в лекарственных средствах, содержащих инсулин, что позволяет их надежно идентифицировать. Предложенный способ можно применить для экспрессной оценки качества препаратов инсулина: потеря активности основного компонента, появление продуктов разложения при неправильном хранении и транспортировке, истечение срока годности, контроль чистоты препаратов и наличие в них примесей.

*Работа выполнена при поддержке РФФ: грант № 16-13-10257.*

© Проворова Ю.Р., Максютлова Э.И., Хаблетдинова А.И., Яркаева Ю.А.,  
Зильберг Р.А., Сидельников А.В., 2016 г.

**ИМПЕДАНСОМЕТРИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ  
ЭНАНТИОМЕРОВ МЕНТОЛА ПРИ СОРБЦИИ ИХ  
НА МОДИФИЦИРОВАННЫХ СОРБЕНТАМИ ЭЛЕКТРОДАХ**

Сидельников А.В., Дубровский Д.И., Гуськов В.Ю., Исмагилова Д.Д.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одно из наиболее актуальных направлений в современной аналитической химии является развитие в области распознавания и идентификации оптически активных форм соединений. Особенно это востребовано в фармакологии, где один из энантиомеров лекарственного препарата может вовсе не иметь биологической активности или же иметь токсичность, что особенно затрудняет применение данной продукции.

Для решения подобных аналитических задач применяют хроматографию, масс-спектрометрию, капиллярный электрофорез, энантиоселективные электрохимические сенсоры и другие. В особую группу можно выделить энантиоселективные сенсоры, базирующиеся на электрохимических методах, таких как амперометрия, потенциометрия, вольтамперометрия и др. Применяются различные способы создания подобных сенсоров: модифицирование полимерных мембран хиральными ионофорами, комплексообразование с хиральными селекторами, темплатное формирование на поверхности электрода хиральных матриц, использование полимеров с молекулярными отпечатками, а также на основе угольно-пастовых электродов.

В данной работе показаны результаты изучения поведения оптически активных изомеров ментола на стальных электродах, модифицированных сорбентами, обладающими энантиоселективностью. Использовали пористый сорбент Dowex L-285 модифицированный 5% меламина. В ходе изучения получены кинетические кривые взаимодействия энантиомеров с сорбентами, основанные на регистрации спектров импеданса и их хемометрической обработке. Существенные различия в кинетических кривых энантиомеров ментола свидетельствуют о различном взаимодействии их с сорбентом. Основываясь на результаты проделанной работы, мы предполагаем, что сорбенты, используемые в данной работе, обладают энантиоселективностью, что дает основания для создания мультисенсорных систем на базе импедансметрии с подобными сенсорами.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 14-03-97067 p\_поволжье\_a)*

© Сидельников А.В., Дубровский Д.И.,  
Гуськов В.Ю., Исмагилова Д.Д., 2016 г.

**АДСОРБЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ  
НА ПОВЕРХНОСТИ ВЫСОКОУПОРЯДОЧЕННОГО СОРБЕНТА  
ТИПА МСМ-41, МОДИФИЦИРОВАННОГО РАЗЛИЧНЫМ  
КОЛИЧЕСТВОМ МЕЛАМИНА**

Сухарева Д.А., Самойлова И.В., Гуськов В.Ю., Кудашева Ф.Х.,  
Гайнуллина Ю.Ю.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Супрамолекулярные структуры способные к селективной адсорбции при нанесении на поверхность твердого тела в настоящее время привлекают широкий интерес исследователей. Однако свойства получаемых адсорбентов зависят от полярности и пористости поверхности исходного адсорбента, а также от количества наносимого модификатора. В настоящей работе изучены термодинамические свойства адсорбента, модифицированного точно известным количеством меламина. В качестве исходного сорбента был выбран сорбент ММет (МСМ-41 в результате прививки на поверхность триметилхлорсилана) с удельной поверхностью  $1075 \text{ м}^2/\text{г}$  и объемом пор  $0,957 \text{ см}^3/\text{г}$ , как сорбент с однородной и менее полярной поверхностью. Количество меламина, необходимое для заполнения монослоем поверхности адсорбента, рассчитывалось из удельной площади поверхности сорбента и размеров молекулы меламина. Модифицированные образцы с одним, двумя и тремя слоями меламина изучались методом обращенной газовой хроматографии на хроматографе «Цвет 500М» с пламенно-ионизационным детектором в режиме бесконечного разбавления проб. Диапазон рабочих температур составил  $150\text{-}170 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Было показано, что нанесение меламина не меняет энергию специфических взаимодействий ввиду примерно одинаковой полярности поверхности исходного образца ММет и супраструктуры меламина. Изменение значений удерживаемых объемов определяется дисперсионной составляющей энергии адсорбции Гельмгольца. При нанесении одного слоя меламина происходит изменение фактора, определяющего адсорбцию, с энтропийного на энтальпийный, что приводит к росту удерживания. Падение удерживаемых объемов при нанесении второго слоя связано с заполнением пор меламином, а нанесение третьего слоя практически не влияет на адсорбционные свойства. При адсорбции алканов на поверхности ММет с двумя и тремя слоями наблюдается выравнивание внутренней энергии и энтропии адсорбции в гомологическом ряду, связанное с адсорбцией алканов в щелях супрамолекулярной структуры меламина.

© Сухарева Д.А., Самойлова И.В., Гуськов В.Ю., Кудашева Ф.Х.,  
Гайнуллина Ю.Ю., 2016 г.

## **ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА КЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА**

Тептерева Г.А., Ялалова Р.А., Мухаматдинова Л.Р.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время в связи с сокращением объемов запасов нефти в коллекторах относительно простого строения растет интерес к изучению коллекторов со сложной структурой порового пространства. Петрофизические свойства таких коллекторов невозможно изучить в полном объеме традиционным методом путем анализа стандартных петрофизических образцов. Не менее сложной является задача изучения слабоконсолидированного керна, так как на начальных этапах работ он недоступен для визуального осмотра. Одним из способов решения данных проблем является изучение керна с применением неразрушающих методов, к которым относится рентгеноспектральный метод [1].

В этой связи целью работы явилось изучение элементного состава керна рентгенофлуоресцентным спектральным методом анализа.

Измерение проводилось на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре EDX-800 фирмы Shimadzu с рентгеновской трубкой с родиевым анодом (напряжение 15-50 кВ, ток 20-1000 мкА), в атмосфере вакуума, коллиматор 5 мм, время измерения 15 мин. Анализ осуществлялся методом фундаментальных параметров, обеспечиваемый программным сопровождением прибора, с использованием каналов измерений [Ti-U], [C-Sc], [S-K].

В качестве объектов исследований использовались 15 образцов кернового материала различных месторождений: Башкирии, Удмуртии и Казахстана.

По результатам исследования установили, что наибольшее содержание СаО в образцах №1, 4, 5, 11, 13, 15 до 95% масс. Наибольшее содержание SiO<sub>2</sub> в образцах № 2, 3, 6, 8 до 67% масс. Энергодисперсионным рентгенофлуоресцентным спектральным методом определено до 16 элементов – Si, Al, K, Ca, Cl, S, Na, Fe, Mg, Zr, Ti, Rb, Sr, Zn, Ba, Cu, что позволит при наличии дополнительных сведений о количестве и степени зрелости органического вещества выявить оптимальные нефте- и газоносные сланцы.

### **Литература**

1. Александров Е. Н., Александров П. Е., Кузнецов Н. М., Лунин В.В., Леменовский Д. А., Рафиков Р. С., Чертенков М. В., Ширяев П. А., Петров А. Л., Лиджи-Горяев В. Ю. Нефтехимия, 2013, 53, 312-320.

© Мухаматдинова Л.Р., 2016 г.

## МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В Г. СТЕРЛИТАМАК

Тихонова А.А., Колчина Г.Ю.

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета,  
г. Стерлитамак, Россия

Обеспечение доброкачественной питьевой водой населения представляется весьма актуальной проблемой. Возрастающее загрязнение открытых водоемов приводит к необходимости ориентироваться при организации как централизованного, так и децентрализованного водоснабжения в населенных пунктах, в первую очередь, на подземные воды [1]. Объектом исследования явились пробы вод: водопроводная вода микрорайона ВТС г. Стерлитамак и вода частного сектора микрорайона Западный г. Стерлитамак. Параметры питьевой воды делятся на три группы: органолептические свойства, показатели бактериального и санитарно-химического загрязнения [2]. Химический состав воды не только показатель качества, обуславливающий санитарное благополучие, но и фактор, участвующий в формировании здоровья населения.

Для питьевых целей предпочитают воду средней жесткости, для хозяйственных и промышленных целей – мягкую воду. При определении общей жесткости вод различных районов города были получены результаты: 8,9 мг/экв\*л (водопроводная вода микрорайона ВТС) и 8.7 мг/экв\*л (вода частного сектора микрорайона Западный), что не соответствует нормам ГОСТ 2874, ГОСТ 24902, ГОСТ 17.1.3.03, значения которых не должны превышать 7 мг/экв\*л.

В проточных водоемах содержание хлоридов обычно невелико (20-30 мг/л). Незагрязненные грунтовые воды в местах с не солончаковой почвой обычно содержат до 30-50 мг/л Cl-иона. Вода, в которой Cl-ионов содержится более 350 мг/л, имеет солоноватый привкус, а при концентрации хлоридов 500-1000 мг/л неблагоприятно влияет на желудочную секрецию. Таким образом, гигиеническое значение хлоридов заключается в том, что они в концентрации выше 350 мг/л ограничивают водопотребление; вызывают угнетение желудочной секреции; являются показателем загрязнения подземных и поверхностных водоисточников. Высокие концентрации хлоридов в питьевой воде не оказывают токсических эффектов на людей, хотя соленые воды очень коррозионно активны, пагубно влияют на рост растений, вызывают засоление почв [1, с. 58]. Согласно ГОСТ 4245-72 содержание хлоридов в питьевой воде не должно превышать 350 мг/л, в нашем случае данные показатели составляют их содержание 39,5 мг/л в водопроводной воде микрорайона

ВТС, 47,215 мг/л в воде частного сектора микрорайона Западный, что соответствует норме.

Сульфаты в питьевой воде не оказывают токсического эффекта для человека, однако, ухудшают вкус воды: ощущение вкуса сульфатов возникает при их концентрации 250-400 мг/л. Сульфаты могут вызывать отложение осадков в трубопроводах при смешении двух вод с разным минеральным составом, например, сульфатных и кальциевых. ПДК сульфатов в воде водоемов хозяйственно-питьевого назначения составляет 500 мг/л [1]. Содержание сульфатов в образцах питьевых вод г. Стерлитамака содержится в норме: 170 мг/л (водопроводная вода микрорайона ВТС) и 160 мг/л (вода частного сектора микрорайона Западный).

Водородный показатель (рН). Нормативные требования рН в питьевой воде 6,0 – 9,0; в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 6,5 – 8,5 [3]. Пониженное значение рН (5,5 – 6,0) характерно для болотных вод за счет повышенного содержания гуминовых и других природных кислот. В образцах питьевых вод рН = 6,96 (водопроводная вода микрорайона ВТС) и рН = 7 (вода частного сектора микрорайона Западный).

Безопасность питьевой воды в нашей стране гарантируется Государственными санитарно-эпидемиологическими правилами и нормами: ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»; ГН 2.1.5.1316-03 «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»; СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения, санитарная охрана источников» и некоторыми другими [5].

Бактериологические показатели нормируют содержание в воде бактерий и патогенных микроорганизмов. Для водопроводной воды этот показатель не должен превышать 100 [4]. Исследованные бактериологические показатели качества питьевой воды г. Стерлитамака соответствуют нормам.

Таким образом, информация, полученная в результате мониторинга, в целом позволяет оперативно выявлять проблемы качества воды в системах водозаборов, рекомендовать предупреждающие действия по стабилизации нормативных показателей качества, что в конкретном населенном пункте приводит к грамотному управлению процессом водоснабжения и гарантирует качество поставляемой потребителю питьевой воды.

## Литература



1. Алексеев Л. С. Контроль качества воды. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 159 с.
2. Гордеев П. В., Шемелина В. А., Шулякова О. К. Гидрогеология. Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1990. – 448 с.
3. Зарубина Р. Ф., Копылова Ю. Г., Зарубин А. Г. Анализ и улучшение качества природных вод. Часть 2. Методы оценки качества природных вод: учеб. пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 151 с.
4. Осипов Ю. С. Большая Российская Энциклопедия. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2012. – Т. № 20. – 767 с.
5. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

© Тихонова А.А., Колчина Г.Ю., 2016 г.

УДК 543.552.054.1

**РАСПОЗНАВАНИЕ ОРИГИНАЛЬНЫХ И ГЕНЕРИРОВАННЫХ  
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА ПРИМЕРЕ  
БИСОПРОЛОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО «ЭЛЕТРОННОГО ЯЗЫКА»**  
Хаблетдинова А.И., Яркаева Ю.А., Проворова Ю.Р., Зильберг Р.А.,  
Сидельников А.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Оригинальные фармацевтические препараты дорогие, так как разработка и испытание нового лекарства — процесс долгий и дорогостоящий. На создание нового препарата уходит до десяти лет. Фармацевтические фирмы могут наслаждаться прибылью лишь строго определенный срок — пока не истечет действие патента, не превышающий 20 лет. Во время действия патента лекарство (оригинал) выпускает только та фирма, которая его разработала. Когда срок патента истекает, лекарство с аналогичным составом (дженерик) может выпускать любая другая компания. Дженерик намного дешевле оригинала, потому что нет затрат на разработку, испытания и лицензирование уже хорошо известного препарата. Зачастую, при производстве генерированных препаратов фармацевтические компании либо изменяют методы синтеза, либо используют более дешевые субстанции для изготовления препарата. Кроме этого в состав дженериков входят наполнители и красители, отличающиеся от компонентов оригинала. Сопоставление терапевтической эффективности оригинальных и генерированных

препаратов в виде готовых лекарственных форм, показывает, что последние могут уступать оригиналу по эффективности и также имеют побочные эффекты, отсутствующие в случае оригинала. В этой связи разработка экспресс-методов идентификации и контроля качества дженериков и оригинальных лекарственных препаратов является важной и актуальной задачей. В настоящей работе предложен новый подход к решению проблем распознавания и идентификации препаратов на основе бисопролола различных производителей. Он заключается в применении вольтамперометрического «электронного языка» на основе модифицированных полиариленфталидными полимерными пленками стеклоуглеродных электродов. Для оценки схожести и различий между вольтамперограммами проводили их моделирование с помощью хемометрических методов, что позволило с минимальными ошибками первого и второго рода идентифицировать лекарственные препараты бисопролола по производителю и по признаку Оригинал/Дженерик.

*Работа выполнена при поддержке РФФ: грант № 16-13-10257*

© Хаблетдинова А.И., Яркаева Ю.А., Проворова Ю.Р.,  
Зильберг Р.А., Сидельников А.В., 2016 г.

УДК 538.7

## **ВЛИЯНИЕ ПАВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕФТИ УСИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Лутфуллина Г.У., Ширяева Р.Н.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В последние годы значительная часть добычи нефти обеспечивается в ключением в процесс разработки месторождений с тяжелыми, высоковязкими нефтями. Добыча и транспортировка таких нефтей затруднены из-за высокой вязкости и температуры застывания, аномального реологического поведения. Для увеличения текучести добываемой нефти используют различные методы воздействия: химические реагенты, ПАВ, депрессорные присадки, различные поля [1-3].

Объектом наших исследований являлась нефть Усинского месторождения, физико-химические характеристики которой приведены в таблице:

Показатели	Нефть Усинская
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	966,7
Групповой углеводородный состав, % масс.	
Парафино-нафтеновые	29,0
Ароматические, в том числе	56,3
Моноциклические	10,0
Бициклические	12,3
Полициклические	34,0
Смолы бензольные	3,9
Смолы спирто-бензольные	8,3
Асфальтены	2,5

Усинская нефть содержит большое количество парафино-нафтеновых и ароматических углеводородов.

В качестве ПАВ использовали неонол, лапрол 6000, американскую присадку в концентрации 0,05-0,2% масс. Динамическую вязкость нефти и ее композиции измеряли на ротационном вискозиметре “Реотест-2” в интервале скоростей сдвига от 3 до 1312 с<sup>-1</sup> при температурах 20-60 °С.

Установлено, что при 20<sup>0</sup>С нефть и ее композиции являются пластичными жидкостями. С повышением температуры их течение становится ньютоновским. Выявлено, что американская присадка и неонол снижают вязкость нефти. Оптимальная концентрация добавок составляет 0,05% масс. Введение лапрола повышает вязкость нефти. Снижение вязкости в присутствии американской присадки и неанола, видимо, объясняется тем, что они повышают толщину сольватного слоя, предотвращают слияние сложных структурных единиц (ССЕ) и препятствуют выделению асфальтенов в отдельную фазу.

#### Литература

1. Фахретдинов П.С., Борисов Д.Н., Романов Г.В. Новые регуляторы реологических свойств высокосмолистой нефти / П.С. Фахретдинов // Нефтегазовое дело. -2007 (Электронный журнал).
2. Ширяева Р.Н., Кудашева Ф.Х., Батырова Э.Д. Влияние химических реагентов и ПАВ на реологические свойства нефтей Родинского и Баклановского месторождений / Р.Н. Ширяева // Химия и технология топлив и масел. -2012, №5, -с.23-25.
3. Евдокимов И.Н., Елисеев Н.Ю., Фесин А.А., Изменение реологических свойств высоковязкой структурированной нефти при ультразвуковой обработке / И.Н. Евдокимов // Ученые записки физического факультета. -2014.-№6.-с.146315-5.

© Лутфуллина Г.У., Ширяева Р.Н., 2016 г.

## РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАЩИТНОЙ СПОСОБНОСТИ ОБРАЗЦОВ ИНГИБИТОРОВ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ ИМИДАЗОЛЬНОГО РЯДА

Якунова Н.А., Бадикова А.Д.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Производные имидазола широко используются в качестве ингибиторов коррозии. Соли имидазолинов способны образовывать тонкую пленку, уменьшая контакт поверхности металла и воды или агрессивной-кислой среды, тем самым снижая коррозию [1].

Определялась защитная способность экспериментальных имидазольных продуктов в качестве ингибиторов коррозии рентгенофлуоресцентным методом анализа.

Таблица. Результаты рентгенофлуоресцентного определения защитной способности ингибиторов на основе производных имидазола

Образец	Дозировка, мг/л	Содержание железа, % масс.	Защитная способность, %
Контроль		99.3	
Без ингибитора	-	88.4	-
1	0.25	91.0	65.0
2	0.50	95.6	80.2
3	1.00	98.6	94.1
4	0.25	94.6	69.3
5	0.50	96.8	85.2
6	1.00	98.9	96.0
7	0.25	94.2	67.9
8	0.50	95.3	82.1
9	1.00	98.7	94.2

В образцах без ингибитора и у ингибитора №1 было выявлено содержание кислорода, что объясняется процессом коррозии на поверхности испытуемых пластин.

### Литература

1. Веролайнен Н.В., Петрова В.Е., Темникова С.А., Егорова И.Ю., Ворончихина Л.И. Противокоррозионные свойства поверхностно-активных веществ на основе замещенного имидазолина // Вестник ТвГУ. – 2014. - №2. – С.48-57.

© Якунова Н.А., 2016 г.

## ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ЛИГНОСУЛЬФОНАТНЫХ БУРОВЫХ РЕАГЕНТОВ

Ялалова Р.А., Ташбулатова В.Ф., Сахибгареев С.Р., Бадикова А.Д.  
Башкирский Государственный Университет, г. Уфа, Россия

Лигносультфонатные реагенты представляют собой лигнополимеры на основе природного лигнина и используются для обработки буровых растворов.

В качестве сырья используется технический лигносульфонат натрия, а в качестве модифицирующих агентов – бихромат натрия и сульфат железа. В этой связи целью работы явилось определение хрома и железа в составе модифицированных экспериментальных и промышленных лигносульфонатных буровых реагентов.

Определение элементного состава образцов буровых реагентов (ФХЛС-М промышленный аналог, ФХЛС-2М экспериментальный образец) [1] проводилось на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре EDX-800 фирмы Shimadzu с рентгеновской трубкой с родиевым анодом (напряжение 15-50 кВ, ток 20-1000 мкА) в атмосфере вакуума, коллиматор 5 мм, время измерения 15 мин. Порошок образца прессуется в таблетки на подложке борной кислоты прессом при давлении 10-15 тонн [2].

Содержание CO<sub>2</sub> рассматривали как органическую составляющую образца. Содержание железа составляет в ФХЛС-М – 0.988 % масс., а в ФХЛС-2М – 0.849 % масс.; хрома в ФХЛС-М – 2.089 % масс., ФХЛС-2М – 0.450 % масс.

По полученным данным выявлено, что по основному элементному составу образцы сопоставимы между собой, но при этом наблюдается снижение содержания хрома в реагенте ФХЛС-2М до 0.450 % масс. по сравнению с промышленном аналогом ФХЛС-М (2.089 % масс.), что способствует снижению экологических рисков при применении экспериментального реагента.

### Литература

1. А.Д. Бадикова, И.Н. Куляшева, Ф.Х. Кудашева Лигносультфонаты нейтрально-сульфитного способа варки как перспективное сырье для получения буровых реагентов // Башкирский химический журнал. – 2014. – Т. 21, № 1. – С. 64-66.
2. И.П. Дейнеко Утилизация лигнинов: достижения, проблемы и перспективы. Химия растительного сырья. – 2012. № 1. – С. 5-20.

© Ташбулатова.В.Ф., 2016 г.

## СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

УДК 549.517

### СОРБЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ МЕДИ (II) И СВИНЦА (II)

Ахунов Р.Д., Силантьева Ю.Н., Ильясова Р.Р., Массалимов И.А.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Любой технологический процесс оказывает влияние на окружающую среду, к сожалению, не всегда положительное. Отрицательное действие техногенных и других факторов может привести к нарушению равновесия в окружающей среде. К известным химическим загрязнителям относят ионы тяжелых металлов, в частности, ионы меди (II) и свинца (II). Соединения меди (II) и свинца (II) аккумулируются в организме живых существ, в результате нарушая биохимическое равновесие, приводя к возникновению различных заболеваний. 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, отсутствие надежных способов регенерации сорбентов, ресурсосберегающих экологизированных технологий очистки и т.д. В последние годы в связи с развитием нанотехнологий большие ожидания в области решения задач сорбции ионов тяжелых металлов связывают с применением и развитием методов получения и применения различных сорбентов в виде наночастиц. Настоящая работа посвящена изучению сорбционных свойств высокодисперсного вермикулита по отношению к катионам меди (II) и свинца (II) из водных растворов их солей с целью разработки эффективного сорбента для очистки сточных вод промышленных предприятий. Авторами установлены оптимальные условия проведения сорбции катионов: температура – 20 °С; время установления сорбционного равновесия – 35 минут; рН процесса – 6,9; масса сорбента – 1, 5 г. При установленных оптимальных условиях эксперимента получены степени извлечения ионов меди (II) – 99,7 % и свинца (II) – 99,9 % на высокодисперсном вермикулите. Видно, что вермикулит обладает высокими сорбционными свойствами по отношению к токсичным ионам Cu (II) и Pb (II) и может быть рекомендован для очистки сточных вод от вышеуказанных ионов.

© Ахунов Р.Д., Силантьева Ю.Н., Ильясова Р.Р.,  
Массалимов И.А., 2016 г.

**IDENTIFICATION OF STRUCTURAL ISOMERS OF THE BIS-*CIS*-  
AND *TRANS*-COMPLEXES OF COPPER(II) WITH  $\alpha$ -MONO-AMINO  
MONO-CARBOXYLIC ACIDS**

Berestova T.V., Nizametdinova L.A., Gelashvili G.M., Kuzina L.G.,  
Amineva N.A., Mustafin A.G.  
Bashkir State University, Department of Chemistry, Ufa, Russia

By FTIR-spectroscopy were studied the characteristic of stretching vibrations for *trans*-(**a**) and *cis*-(**b**)-isomers of bis- $\alpha$ -amino acids copper(II) complexes [Cu(<sup>b</sup>L)<sub>2</sub>] **1-5** (<sup>b</sup>L - bidentate ligand: gly (**1**), *S*-ala (**2**), *R,S*-val (**3**), ( $\pm$ )-thr (**4**), *R,S*-phe (**5**)) in a mid region IR spectrum.

It was established that asymmetric and symmetric stretching vibrations of carboxylate ion  $\nu_{as,s}(\text{COO})$  are most sensitive to change of the geometric structure and have a different meaning for the *trans*- and *cis*-isomers. So, it was found that the  $\Delta\nu_{as,s}(\text{COO})$  is of less importance for *trans*-isomers versus  $\Delta\nu_{as,s}(\text{COO})$  *cis*-isomers. It is determined that the data shift of the absorption bands is sufficient sensitive to the complex geometry of the change and shift of the maximum stretching vibrations depends on the ligand environment of Cu(II).

Also, it has been shown that *trans*-isomer **4a**, which contains two fragments - ( $\pm$ )-threonine consists of diastereomers **4a:4a'** in a ratio of ~ 1:1.

Thus, a method for identification of *cis*- and *trans*-isomers of **2-4a,b** in the medium wave range of the spectrum. The difference of the valence vibrations  $\Delta\nu_{as,s}(\text{COO})$  has a greater value for the isomers to the *cis*-configuration of ligands as compared to *trans*-isomers.

### References

1. T.V. Berestova, G.V. Miftakhova, G.Yu. Amantaeva, L.G. Kuzina, I.A. Massalimov // Bull. Tver. Univ. Ser. Chem. 2 (2015) 118-124.
2. K. Nakamoto. Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds (1986)
3. T.V. Berestova, G.Yu. Amantaeva, L.G. Kuzina, N.A. Amineva, I.A. Massalimov // Bull. Bashkir. Univ. 19 (2014) 1182-1184.
4. T.V. Berestova, L.S. Shagieva // Bull. Bashkir. Univ. 21 (2016) 41-46.
5. O.M.D. Lutz, C.B. Messener, T.S. Hover, M. Glatzle, C.W. Huck, C.K. Bonn, B.M. Rode // J. Phys. Chem. Lett. 4 (2014) 1502-1506.

© Berestova T.V., Nizametdinova L.A., Gelashvili G.M., Kuzina L.G.,  
Amineva N.A., Mustafin A.G., 2016 г.

УДК 544.18:544.51:544.431.2: 544.52:547-39:544.47:546.21

## МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИПЕРОКСИДА ТРИФТОРАЦЕТОНА С СОЕДИНЕНИЯМИ ЖЕЛЕЗА(II)

Вульфович<sup>1</sup> С.Л., Сафаров<sup>2</sup> Ф.Э., Овчинников<sup>2</sup> М.Ю., Шумаев В.Ю.<sup>1,2</sup>, Хурсан<sup>1,2</sup> С.Л.

<sup>1</sup> Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия.

<sup>2</sup> УФИХ РАН, г. Уфа, Россия.

Органические пероксиды обладают противопаразитарной и противоопухоловой активностью. Было установлено, что активность природного антималярийного препарата *артемизинина* обусловлена наличием в структуре пероксидного фрагмента. Мalaria паразит разрушает структуру гемоглобина, при этом высвобождается гем, который восстанавливается пероксидным фрагментом артемизинина и становится неспособным к биокристаллизации и, соответственно, токсичным для паразита. Это приводит к остановке цикла роста и размножения [1]. Артемизинин рекомендован ВОЗ как часть комбинированной антималярийной терапии. Однако ограниченные объемы растительного сырья, случаи резистентности паразита к препаратам на его основе, обусловили интерес к синтезу и изучению свойств тетраоксанов и триоксоланов, которые, как было показано Венерстромом [2], обладают выраженной антималярийной активностью.

Действие препаратов на основе пероксидов обусловлено их взаимодействием с железом гема. Поэтому для изучения механизма реакции, мы провели экспериментальное и теоретическое исследование механизма взаимодействия тетраоксана ДПФА (дипероксида трифторацетона) с солями Fe(II).

Были записаны концентрационные зависимости хемиллюминесценции (ХЛ), кинетика затухания ХЛ в диапазоне от 273 К до 343 К, которая свидетельствует о существовании нескольких каналов распада пероксида в присутствии Fe(II). Так, в спектре ХЛ были локализованы полосы испускания с тремя максимумами: **I**  $\approx$  410-460 нм, **II**  $\approx$  480-500 нм, **III**  $\approx$  540 нм. Оказалось, что спектральный состав наблюдаемого в реакции свечения зависит от температуры, и с её изменением от 270 до 303 К происходит перераспределение интенсивностей полос, что также свидетельствует о наличии конкурирующих каналов распада ДПФА. Анализ спектров ЯМР продуктов реакции показал, что кроме соответствующего пероксиду кетона – 1,1,1-трифторацетона, в реакции образуются продукты радикально-цепного распада пероксида. Так, на спектре <sup>19</sup>F в диапазоне –60 ч –90 м.д локализуется по меньшей мере 12 сигналов с различными химическими сдвигами, обусловленные наличием



в структуре соединения  $\text{CF}_3$ -группы (продукты атаки пероксида  $\text{CF}_3^{\cdot}$  – радикалами).

В приближении TPSSTPSS/6-311+G(d) проведено квантово-химическое моделирование взаимодействия ДПФА с аквакомплексом  $\text{Fe(II)}$ . Предложен механизм распада ДПФА (рисунок 1). Установлено, что ключевой стадией, ответственной за генерацию электронно-возбужденных состояний в системе, является миграция трифторметильной группы пероксида, которая характеризуется значительным тепловым эффектом.

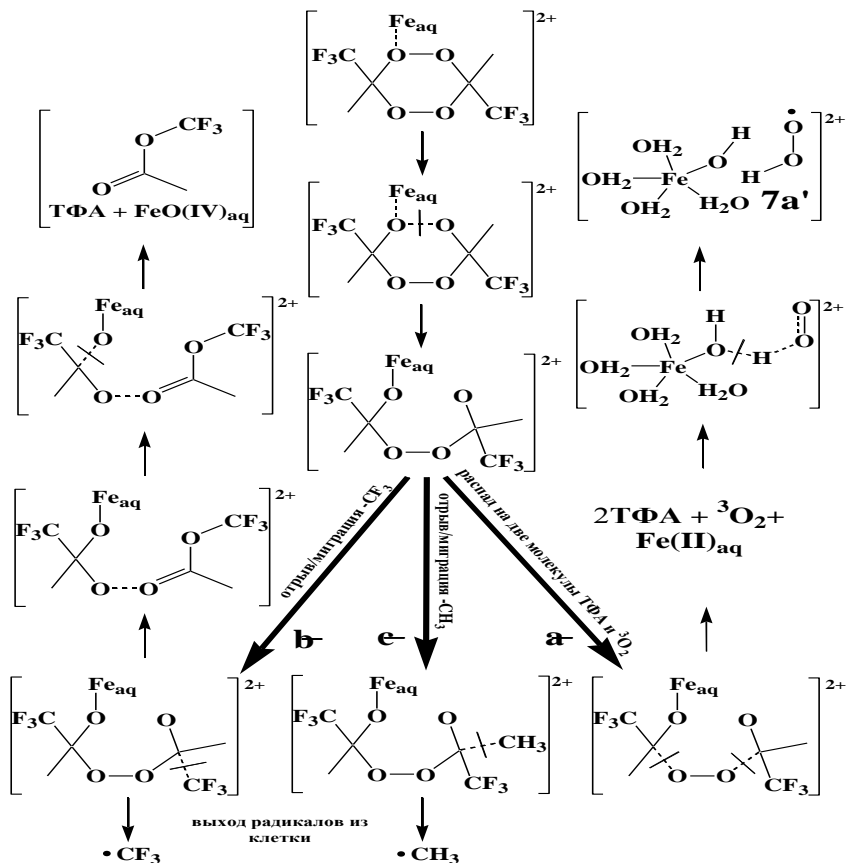


Рисунок. Механизм трансформации ДПФА и  $\text{Fe(II)}$  в реакции их взаимодействия

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 14-03-31986.

## Литература

1. Robert A., et. al., // *Account Chem. Res.*, 2002, Vol. 35(3), P. 167–174.
2. Vennerstrom, J.L., et al., // *Journal of Medicinal Chemistry*, 1992, 35(16), P. 3023–3027.

© Вульфович С.Л., Хурсан С.Л., Сафаров Ф.Э.,  
Овчинников М.Ю., Шумаев В.Ю., 2016 г.

УДК 544

### ВЛИЯНИЕ ГАЛЬВИНОКСИЛА И ИОНОЛА НА КАТАЛИТИЧЕСКИЙ РАСПАД 1,2,3,4-ТЕТРАОКСАНА

Газеева Д.Р., Галимов Д.И.  
ИНК РАН, г. Уфа, Россия

Хорошо известно, что гальвиноксил (ГО) и ионол являются эффективными ингибиторами окисления, снижающими скорость радикально-цепных реакций, и находят широкое применение при изучении механизмов химических реакций. Ранее [1] нами было показано, что ферроцен  $\text{Cp}_2\text{Fe}$  приводит к каталитическому разложению 1,2,3,4-тетраоксанов (Т), обладающих широким спектром биологической активности и эффективных как антималярийные, антигельминтные средства. С целью установления механизма разложения Т под действием  $\text{Cp}_2\text{Fe}$  в данной работе было изучено влияние ГО и ионола на кинетику и интенсивность хемилюминесценции (ХЛ), возникающей при взаимодействии Т с  $\text{Cp}_2\text{Fe}$  в водно-ацетонитрильном растворе.

Обычно добавление ингибиторов окисления приводит к снижению интенсивности ХЛ за счет обрыва цепей на своей молекуле. В нашем случае добавка ГО ( $5 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-4}$  моль/л) оказала противоположный эффект – интенсивность ХЛ возросла в разы (~5-10 раз). Причем, коэффициент усиления ХЛ оказался прямо пропорционален концентрации загружаемого ГО. Обнаруженный эффект можно связать с участием ГО в иницировании реакционных цепей в каталитическом процессе разложения Т. Неожиданное поведение ГО подтолкнуло нас к изучению влияния на ХЛ другого известного ингибитора – ионола. Добавка ионола ( $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л) в исследуемую хемилюминесцентную систему «Т- $\text{Cp}_2\text{Fe}$ - $\text{CH}_3\text{CN}$ - $\text{H}_2\text{O}$ » привела к резкому снижению интенсивности ХЛ (вплоть до нуля). По истечению определённого периода индукции (10 мин) интенсивность ХЛ восстанавливается практически до первоначального уровня.

Таким образом, изучение методом ХЛ ингибированного процесса разложения Т показало, что генерация эмиттеров ХЛ при каталитическом разложении 1,2,4,5-тетраоксанов в присутствии  $\text{Cr}_2\text{Fe}$  осуществляется только за счет протекания цепных свободно-радикальных реакций.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 14-03-01025\_a.*

### **Литература**

[1] Галимов Д.И., Назыров Т.И., Билалова С.Р., Газеева Д.Р., Булгаков Р.Г. Хемилюминесценция при каталитическом разложении дипероксида трифторацетона под действием ферроцена: Вестник Башкирского университета, 2015. - Т. 20. - №3. - с.841-844.

© Газеева Д.Р., Галимов Д.И., 2016 г.

УДК 532.978:542.943

## **ВЛИЯНИЕ ЗАМЕЩЕННЫХ ФЕНОЛОВ НА ИНИЦИИРОВАННОЕ ОКИСЛЕНИЕ 1,4-ДИОКСАНА**

Гайнуллина А.Э., Петрова А.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Соединения фенольного типа получили широкое распространение как ингибиторы радикальных реакций, вызывающих окисление синтетических и природных полимеров, топлив, масел, пищевых продуктов и других органических веществ. Производные фенола являются эффективными ингибиторами по отношению к пероксильным радикалам, ведущими цепи окисления в кинетическом режиме окисления, например, ионол.

Нами исследовано влияние 4-х замещенных фенолов (заместители в 2,4,6 положениях) на окисление 1,4-диоксана. Окисление 1,4-диоксана проводили при температуре 75 °С в присутствии классического инициатора окисления - азодиизобутиронитрила (АИБН). За кинетикой реакции следили по поглощению кислорода на дифференциальной манометрической установке. В отсутствие ингибирующих добавок кинетическая кривая поглощения кислорода 1,4 - диоксаном имеет линейный вид, порядок реакции по кислороду нулевой, что подтверждает наличие кинетического режима окисления модельного субстрата. По результатам данных опытов доказано, что параметр окисляемости субстрата совпадает с литературными данными.

Введение в реакционную смесь исследуемых веществ приводит к снижению начальной скорости окисления модельного субстрата вследствие обрыва цепи на молекулах по реакции  $[RO_2^\bullet + InH \rightarrow In^\bullet + ROOH]$  очевидным доказательством этого является изменение вида кинетических кривых поглощения кислорода в присутствии добавок образцов обсуждаемых веществ.

Была определена зависимость между величиной поглощения кислорода и концентрацией замещённого фенола. Кривые поглощения кислорода спрямляются в координатах формулы

$$\frac{v_{O_2}^0}{v_{O_2}} - \frac{v_{O_2}}{v_{O_2}} = f([InH]),$$

что позволило вычислить эффективную константу ингибирования.

### Литература

1. Денисов Е.Т., Мицкевич Н.И., Агабеков В.Е. Механизм жидкофазного окисления кислородсодержащих соединений. Минск: Наука и техника, 1975. 335 с.

© Гайнуллина А.Э. 2016 г.

УДК 532.978:542.943

### **ПРОСТРАНСТВЕННО-ЗАТРУДНЕННЫЕ ФЕНОЛЫ КАК ИНГИБИТОРЫ ОКИСЛЕНИЯ 1,4-ДИОКСАНА**

Гарифуллина Г.Г.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Пространственно-затрудненные фенолы являются эффективными ингибиторами процессов окисления различных органических материалов. Подобные фенолы, как правило, реагируют с пероксильными радикалами  $ROO^\bullet$ , прерывая цепь окисления.

Нами исследовано влияние 4-х замещённых фенолов (заместители в 2,4,6 положениях) на окисление 1,4-диоксана. Окисление 1,4-диоксана проводили при температуре 75°C в присутствии классического инициатора окисления - азодиизобутиронитрила (АИБН). За кинетикой реакции следили по спектрам поглощения в коротковолновой области спектра.

Для исследованных соединений установили максимумы поглощения, находящиеся в области 276 – 284 нм. Для каждого производного фенола установлена линейная зависимость между величиной оптической

плотности и концентрацией добавленного замещенного фенола, которая позволила вычислить молярные коэффициенты поглощения, находящиеся в пределах  $(2,31-4,84) \cdot 10^4$  л/моль·с.

В кинетическом режиме окисления исследовали влияние изученных замещенных фенолов на инициированное окисление 1,4- диоксана. В специальных опытах установлено, что оптическая плотность без добавок инициатора остается постоянной. Таким образом, добавленные фенолы термически стабильны при температуре опыта, они расходуются только в режиме окислительного процесса. В кинетических опытах в присутствии инициатора окисления оптическая плотность уменьшается, что подтверждает расходование добавленных производных фенола. Кинетические кривые расходования фенолов спрямляются в координатах реакции первого порядка, что позволило вычислить удельные скорости расходования фенолов, по которым, в свою очередь определили константу скорости реакции взаимодействия пероксильных радикалов 1,4-диоксана с молекулой замещенного фенола: находящиеся в пределах  $(0,76-7,23) \cdot 10^3$  л/моль·с. Зная константу скорости реакции взаимодействия пероксильных радикалов с молекулой ингибитора, определили величину ионольного эквивалента (ИЭ).

Фенол	1	2	3	4
$k_{\text{расх. ИИ}}, \text{с}^{-1}$	$4,11 \cdot 10^{-5}$	$1,01 \cdot 10^{-3}$	$1,07 \cdot 10^{-5}$	$1,53 \cdot 10^{-5}$
$k_7, \text{л/моль} \cdot \text{с}$	$(2,94 \pm 0,12) \cdot 10^3$	$(7,23 \pm 0,24) \cdot 10^3$	$(0,76 \pm 0,06) \cdot 10^3$	$(1,09 \pm 0,4) \cdot 10^3$
ИЭ	0,13	0,2	0,04	0,05

По величине ИЭ исследуемые фенолы располагаются в ряд: ИЭ (4) > ИЭ (2) > ИЭ(1) > ИЭ(3)

### Литература

1. Денисов Е.Т., Мицкевич Н.И., Агабеков В.Е. Механизм жидкофазного окисления кислородсодержащих соединений. Минск: Наука и техника, 1975. 335 с.
2. Е.Т. Денисов, В.В. Азатян. Ингибирование цепных реакций. Черноголовка: ИХФЧ РАН, 1997. 266 с.

© Гарифуллина Г.Г. 2016 г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ N,O-ХЕЛАТНЫХ АМИНОКИСЛОТНЫХ КОМПЛЕКСОВ VO(II) МЕТОДОМ МНПВО

Гизатов Р.Р., Берестова Т.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В последние годы было установлено, что ванадий относится к биологически значимой группе переходных элементов. Хорошо изучена его биологическая роль, в частности инсулиноподобный эффект. В настоящее время ванадийсодержащие соединения рассматриваются как потенциальные антидиабетические и гипогликемические средства.

Методом МНПВО (приставка PIKE) изучены характеристические полосы поглощения аминокислотных комплексов VO(IV) **1-6 a(a'),b(b')** в области ассиметричных  $\nu_{as}(\text{COO})$  и симметричных  $\nu_s(\text{COO})$  валентных колебаний. Обнаружено, что полученные соединения представляют собой структурные изомеры.  $\Delta\nu_{as,s}(\text{COO})$  для комплексов **1-6 a(a'),b(b')** определяется геометрической структурой изомера [1] и изменяется в интервале 197-229  $\text{cm}^{-1}$  (таблица).

Таблица. Характеристические полосы поглощения комплексов VO(IV)

Соединение	Полосы поглощения функциональных групп		
	$\nu_{as}(\text{COO})$	$\nu_s(\text{COO})$	$\Delta\nu_{as,s}(\text{COO})$
[VO(gly) <sub>2</sub> ] <b>1a</b>	1626	1398	220
[VO(gly) <sub>2</sub> ] <b>1b</b>	1616	1405	197
[VO(L-ala) <sub>2</sub> ] <b>2a(2a')</b>	1622, 1616	1395	224
[VO(L-ala) <sub>2</sub> ] <b>2b(2b')</b>	1608, 1602	1405	200
[VO(DL-val) <sub>2</sub> ] <b>3a(3a')</b>	1623, 1616	1398	221
[VO(DL-val) <sub>2</sub> ] <b>3b(3b')</b>	1609, 1602	1406	200
[VO(DL-val)(gly)] <b>4a</b>	1622	1393	229
[VO(DL-val)(gly)] <b>4a'</b>	1614	1408	206
[VO(L-ala)(gly)] <b>5a</b>	1622	1387	235
[VO(L-ala)(gly)] <b>5a'</b>	1614	1402	212
[VO(DL-val)(L-ala)] <b>6a</b>	1622	1398	224
[VO(DL-val)(L-ala)] <b>6a'</b>	1616	1404	212

### Литература

- Шагиева Л.С., Берестова Т.В. // Вест. Башк. ун-та, №1, 2016, с. 41-46.

© Гизатов Р.Р., Берестова Т.В., 2016 г.

**ВЛИЯНИЕ ОЗОНА И ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА  
НА ОКИСЛИТЕЛЬНУЮ ДЕСТРУКЦИЮ  
ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА**

Кутлугильдина Г.Г., Амирова Р.Р., Зимин Ю.С.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Окислительная деструкция поливинилового спирта (ПВС) является перспективным способом его модификации. Достаточно удобными деструктурирующими агентами являются озон и  $H_2O_2$ , применение которых не требует дополнительной очистки образующихся продуктов реакции от остатков окисляющих агентов. Ранее в работах кафедры было показано, что воздействие  $O_3$ - $O_2$ -смеси (или  $H_2O_2$ ) на водные растворы ПВС при повышенных температурах приводит к деструкции его макромолекул, сопровождающейся накоплением кислых продуктов реакции ( $[-COOH] = a \cdot t + b \cdot t^2$ , где  $a$  и  $b$  – эффективные параметры, характеризующие, соответственно, первый и второй каналы накопления -COOH групп).

В настоящей работе изучено одновременное влияние двух окислителей ( $O_3$ - $O_2$ -смеси и  $H_2O_2$ ) на деструкцию поливинилового спирта в водной среде (331-363 К). За кинетикой процесса следили по накоплению карбоксильных групп, уменьшению массы осадков окисленных фракций ПВС и изменению характеристической вязкости водных растворов полимера.

Анализ полученных результатов показал, что степень деструктивных превращений поливинилового спирта в реакционной системе «ПВС +  $O_3$  +  $O_2$  +  $H_2O_2$  +  $H_2O$ » существенным образом зависит от времени проведения процесса и температуры. Окислительной деструкции полимера способствует увеличение в исследуемой системе начальной концентрации  $H_2O_2$ .

Обнаружено, что кинетика накопления карбоксильных групп при одновременном воздействии двух окислителей ( $O_3$ - $O_2$ -смесь и  $H_2O_2$ ) на водные растворы поливинилового спирта не претерпевает изменений. Параметры  $a$  и  $b$ , характеризующие накопление -COOH групп, с увеличением начальной концентрации  $H_2O_2$  линейно возрастают. В интервале температур 331-363 К изучена температурная зависимость эффективного параметра  $b$  и определены активационные параметры процесса накопления карбоксильных групп.

*Работа выполнена при поддержке проекта № 4.299.2014/К, исполняемого в рамках проектной части государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации в сфере научной деятельности, гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект 14-03-97026 p\_поволжье\_a) и гранта Республики*

УДК 541.15

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИОНОВ СЕРЕБРА ЭКСТРАКТАМИ МУРРАЙИ**

Кошкина О.А., Антропова И.Г.

Российский химико-технологический университет имени Д.И.

Менделеева, г. Москва, Россия

Данная тема работы очень актуальна на сегодняшний день, т.к. мы видим, как стремительно развивается «наномедицина», молниеносно появляются все новые и новые инфекции, болезни, которые с каждым годом молодеют, т.е. поражают людей в более раннем возрасте, и это лишь не большая область применения наночастиц серебра. Муррайя обладает антиопухолевыми и бактериальными свойствами, что дает работе новую жизнь, получая наночастицы с большим набором актуальных свойств. В настоящее время существует большой интерес к так называемым ‘зеленым агентам’, которые также являются восстановителями [1]. Покрывающие агенты определяются ‘зелеными’, потому что получены из возобновляемых источников: деревьев, листьев, плодов, водорослей, грибов и так далее. В работе рассмотрены влияние ионов серебра в присутствии экстрактов муррайи из Мьянмы. Есть сведения об антибактериальной активности полученных наночастиц серебра [2].

В настоящем исследовании рассматривается «зеленый» синтез наночастиц серебра с помощью водно или водно-спиртового экстракта листьев Муррайи метельчатой и водного раствора нитрата серебра 1 мМ. Задачами исследования были исследования влияния ионов серебра на спектры оптического поглощения водных и водно-спиртовых экстрактов листьев муррайи в зависимости от концентрации муррайи; охарактеризовать образование частиц серебра путем измерения спектров поглощения и ПЭМ анализа после воздействия дневного рассеянного света и фото-облучения. Облучение произведено на лампе ОСЛ-1 №700027 фирмы «Омо», активность лампы  $3.8 \times 10^{15}$  квант/с.



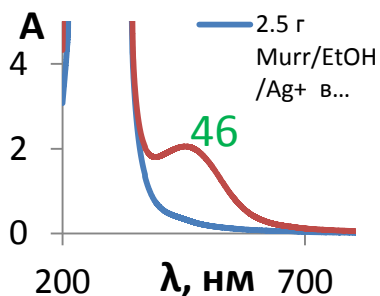


Рис. 1. Спектры оптического поглощения муррайи (2.5 г навески на 50 мл растворителя) в присутствии ионов серебра. Хранение в темноте (синия линия) и под воздействием рассеянного света (красная линия).

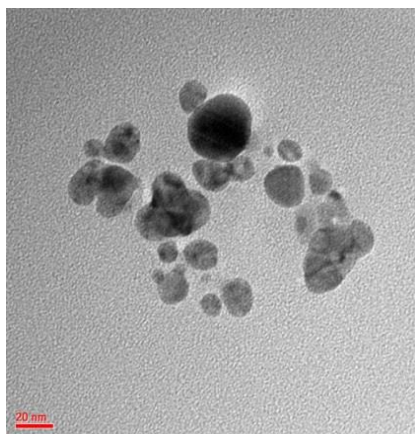


Рис. 2. Изображение полученное с помощью ПЭМ при увеличении 97000. Система 2,5 г Мурр/Этанол+Ag<sup>+</sup>. Растворы хранили под действием света

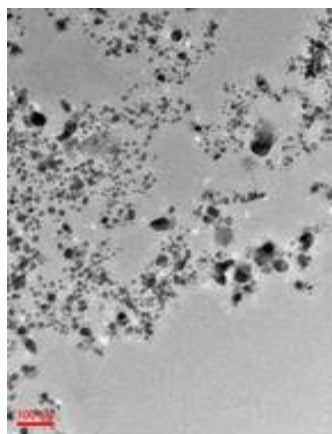


Рис. 3. Изображение полученное с помощью ПЭМ при увеличении равном 19500. Система 2,5 г Мурр/Этанол+Ag<sup>+</sup> после фото-облучения 90 минут. Растворы хранили без доступа света

Показано влияние ионов серебра на спектры оптического поглощения муррайи под действием света, зарегистрирована новая полоса в видимой области спектра 460-480 нм, что представлено на рис. 1. Установлено, что с ростом концентрации муррайи интенсивность полосы 460-480 нм растёт. При хранении в темноте изменений в растворах

не зарегистрировано. Методом ПЭМ анализа подтвержден факт образования и структуры наночастиц серебра при использовании экстракта муррай в водной и водно-спиртовой среде. Размер наночастиц равен порядка 50 нм. При фотооблучении образование новой полосы спектрофотометрически обнаружено при 486,7 нм. ПЭМ-анализ показал образование наночастиц сферической формы. На рис. 3 мы видим, что плотность наночастиц высокая, размеры порядка 20 нм и выше, но меньше 60 нм.

### Литература

1. Franco Cataldo, Ornella Ursin, Giancarlo Angelini. Synthesis of silver nanoparticles by radiolysis, photolysis and chemical Reduction of  $\text{AgNO}_3$  in Hibiscus sabdariffa infusion (karkade) // J. Radiation Nucl Chem, 2016. – Vol. 307. PP. 447-455.

2. Е.А. Шкаранова, А.Р. Азнагулова, А.Ф. Кривощепов, В.В. Смагина, Г.В. Авраменко. Антибактериальные свойства гидрозолей серебра. Сборник научных трудов конф. “Современные проблемы химической технологии биологически активных веществ”. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. - Вып. 188. - С. 149-150.

© Кошкина О.А., Антропова И.Г., 2016 г.

УДК 544.1

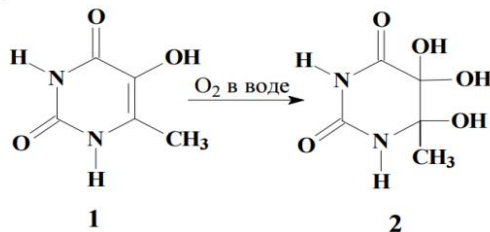
### ТАУТОМЕРЫ

#### 5,5,6-ТРИОКСИ-6-МЕТИЛПИРИМИДИН-2,4-ДИОНА

Миншарапова Е. Р., Хамитов. Э. М.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

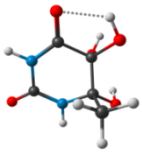
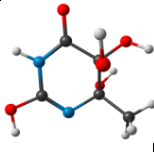
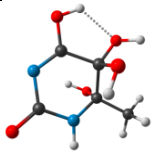
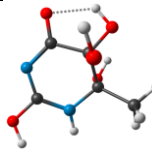
Известно, что урацилы взаимодействуют с различными окислителями. Установлено, что 5-гидрокси-6-метилурацил в водных растворах в присутствии хлорида меди(2) окисляется молекулярным кислородом с образованием гликоля-5,5,6-триокси-6-метилпиримидин-2,4-диона [1].



В настоящей работе были рассчитаны энергетические характеристики гликоля и его таутомеров, в частности ряды устойчивости всех ассоциатов. Квантово-химические расчеты проводили с использованием программного пакета Gamess. Поиск равновесных геометрических параметров и вычисление термодинамических характеристик проводились DFT методом, с использованием функционала TPSS в сочетании с валентно-расщепленным базисным набором с включением поляризационных функций d- и p- типа - 6-311+G(d,p).

В таблице приведены ряды устойчивости таутомеров относительно дикето-формы. В ряду II диапазон значений  $\Delta H$  значительно шире по 255 сравнению с результатами, полученными без учета растворителя. В целом, из таблицы следует, что учет сольватации приближает по значению относительной энергии енольные таутомерные формы к дикето-таутомеру.

Таблица. Относительная энергия таутомерных форм гликоля—5,5,6-триокси-6-метилпиримидин—2,4-диона с учетом сольватации, кДж/моль.

Структура				
<b>I</b> Вакуум	0,0	91,0	102,3	96,2
<b>II</b> ДМСО	0,0	60,6	115,3	66,9
<b>III</b> РСМ (ДМСО)	0,0	83,6	84,1	72,1
<b>IV</b> H <sub>2</sub> O	0,0	86,9	104,3	71,6
<b>V</b> РСМ(H <sub>2</sub> O)	0,0	83,4	83,4	71,9

### Литература

1. Т. Р. Нугуманов, С. П. Иванов, А. А. Насыров, Р. К. Гайфутдинова, Ю. И. Муринов, Башк. Хим. журн., 14, 48(2007)

© Миншарапова Е. Р., Хамитов. Э. М., 2016 г.

## ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ЧАСТОТЫ КОМПЛЕКСОВ [Co(<sup>b</sup>L<sub>1</sub>)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>] (<sup>b</sup>L<sub>1</sub> = gly, L-ala, DL-val) В СПЕКТРАХ МНПВО

Михалевич А.П., Берестова Т.В.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Известно, что хелатные комплексы α-аминокислот с ионами Co<sup>2+</sup> обладают широким спектром биологического действия и являются перспективными в качестве БАДов.

С целью установления характеристических полос поглощения структурных изомеров хелатных аминокислотных комплексов Co(II) были синтезированы соединения [Co(<sup>b</sup>L<sub>1</sub>)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>] **1-3a,b** (где <sup>b</sup>L – бидентантный лиганд, <sup>b</sup>L<sub>1</sub> = gly, L-ala, DL-val) и проведена их идентификация методом МНПВО ИК-спектроскопии (таблица).

Таблица

Соединение	Полосы поглощения, см <sup>-1</sup>				
	v <sub>s, as</sub> (NH <sub>2</sub> )	v <sub>as,s</sub> (CH, CH <sub>3</sub> )	v <sub>as</sub> (COO)	v <sub>s</sub> (COO)	Δv <sub>as,s</sub> (COO)
Глицин (glyH)	-	2855ср 2922ср	1596с	1412ср	196
Аланин (L-alaH)	-	2853ср 2923ср	1593с	1410ср	183
Валин (DL-valH)	-	2899сл 2961ср	1595с	1416ср	179
[Co(gly) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ] ( <b>1a</b> )	3163	2854ср	1653с	1387ср	266
[Co(gly) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ] ( <b>1b</b> )	2333 3288	2922ср 2968сл	1646с	1393ср 1374ср	253 272
[Co(L-ala) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ] ( <b>2a</b> )	3142	2859ср	1653с	1387ср	266
[Co(L-ala) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ] ( <b>2b</b> )	3259 3263	2926ср 2950сл	1647с	1393ср 1375ср	254 272
[Co(DL-val) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ] ( <b>3a</b> )	3138	2853ср	1651с	1387ср	264
[Co(DL-val) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ] ( <b>3b</b> )	3229 3243	2923ср 2967сл	1647с	1393ср 1373ср	254 274

Установлено, что в спектрах МНПВО полученных соединений наблюдается две полосы поглощения в области антисимметричных валентных колебаний карбоксилат-иона. Так, для *цис*-изомеров наблюдалось смещение полос поглощения в более длинноволновую область по сравнению с *транс*-изомерами (таблица).

© Михалевич А.П., Берестова Т.В., 2016 г.

**ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОГО РАСТВОРИТЕЛЯ  
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛЕНОК  
ИЗ ПОЛИ-2-[(1S)-ЦИКЛОПЕНТ-2-ЕН-1-ИЛ]АНИЛИНА**

Патрушев Н. В., Биглова Ю. Н., Мустафин А. Г.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Синтез электропроводящих полимеров – одно из перспективнейших направлений современной химии. Уже сейчас на их базе получают электрохромные устройства, органические солнечные элементы и светоизлучающие диоды, проводящие покрытия. Одним из самых главных недостатков известных на нынешний момент электропроводящих полимеров является плохая растворимость в органических растворителях.

Целью нашей работы был подбор органического растворителя для формирования качественных пленок из поли-2-[(1s)-циклопент-2-ен-1-ил]анилина. Все образцы были получены по известной методике с выдержкой 24 часа [1]. Далее устанавливалось количество растворимой части полимера в том или ином растворителе (табл.1). Затем растворимость уже самой растворимой части необходимой для формирования пленок (табл.2).

Таблица 1. Эффективность растворения

Растворитель	Количество растворимой части (%)
Толуол	0,7
Хлороформ	3,5
Ацетонитрил	5,5
ДМФА	22,2
Этанол	12,3
Хлорбензол	4,8

Таблица 2. Растворимость

Растворитель	Растворимость (мг/мл)
Толуол	24,0
Хлороформ	20,3
Ацетонитрил	20,4
ДМФА	37,6
Этанол	24,7
Хлорбензол	35,8

В ходе эксперимента было установлено, что самым оптимальным растворителем является ДМФА.

**Литература**

[1] Патрушев Н. В., Тагирова З. С., Биглова Ю. Н. Синтез поли-2-[(1s)-циклопент-2-ен-1-ил]анилина // Тезисы докладов XIX Всероссийской конференции молодых ученых-химиков. - Нижний Новгород, 2016. – С. 94.

© Патрушев Н. В., Биглова Ю. Н., Мустафин А. Г., 2016 г.

УДК 547.854.4

## ИЗУЧЕНИЕ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО РАВНОВЕСИЯ 5-(1-ПЕНТИЛ-4-МЕТИЛ-1,2,3-ТРИАЗОЛ-4-ИЛ)-6- МЕТИЛУРАЦИЛА В ВОДНЫХ И ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДНЫХ РАСТВОРАХ

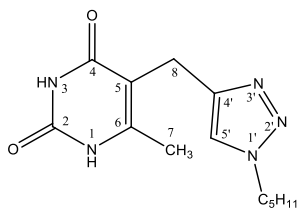
Рамазанова Л.А.<sup>1</sup>, Лобов А.Н.<sup>2</sup>, Сайфина Л.Ф.<sup>3</sup>, Семенов В.Э.<sup>3</sup>,  
Файзрахманов И. С.<sup>1</sup>, Иванов С.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup>Уфимский Институт химии РАН, г. Уфа, Россия

<sup>3</sup>Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ  
РАН, г. Казань, Россия

Производные урацила и 1,2,3-триазолов являются интересными соединениями с точки зрения координационной химии в связи с наличием в их составе ряда групп, способных к комплексообразованию с переходными металлами. Механизм комплексообразования зависит, в большинстве случаев, от кислотно-основных свойств исходных лигандов в используемых растворителях.



В данной работе изучено кислотно-основное равновесие 5-(1-пентил-4-метил-1,2,3-триазол-4-ил)-6-метилурацила (TMU) в воде и ДМСО методами УФ и ЯМР спектроскопии. Спектры поглощения TMU в водных растворах при различных pH (рис.) записаны на спектрофотометре Shimadzu UV-1800.

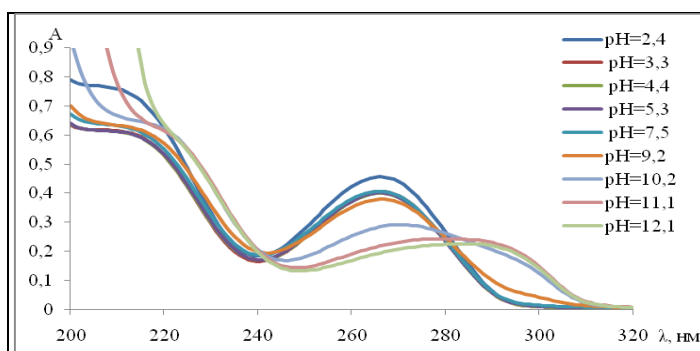


Рис. УФ-спектры 5-(1-пентил-4-метил-1,2,3-триазол-4-ил)-6-метилурацила в водных растворах при различных pH.

При увеличении pH наблюдается bathochromное смещение максимума поглощения при 263 нм на 20 нм, что, вероятно, обусловлено смещением кислотно-основного равновесия в сторону образования анионной формы.

С целью изучения структурных изменений ТМУ в щелочных растворах были записаны ЯМР  $^{13}\text{C}$  спектры исходного урацила и образца ТМУ+КОН в диметилсульфоксидных растворах (табл.) на импульсном спектрометре "Bruker" Avance III 500 MHz. Отнесение сигналов произведено на основании корреляционных спектров.

Таблица.

№ атома	Химический сдвиг, м.д.		$\Delta\delta$ м.д.
	ТМУ	ТМУ+КОН	
C(2)	150,84	158,15	-7,31
C(4)	164,25	166,48	-2,23
C(5)	106,84	103,36	3,48
C(6)	149,55	161,15	-11,6
C(7)	16,15	20,71	-4,56
C(8)	20,31	21,24	-0,93
C(4')	145,69	147,46	-1,77
C(5')	122,2	121,56	0,64
C(1'')	49,24	48,99	0,25
C(2'')	29,24	29,37	-0,13
C(3'')	27,89	27,97	-0,08
C(4'')	21,39	21,42	-0,03
C(5'')	13,67	13,69	-0,02

При добавлении к раствору ТМУ гидроксида калия в мольном соотношении 1:1 наблюдается существенное смещение в слабое поле сигналов углерода C(2), C(6) и C(7). Такие изменения в ЯМР спектрах свидетельствуют, видимо, об образовании анионной формы с отрывом протона от азота N(1) пиримидинового кольца.

Таким образом, на основании данных ЯМР спектроскопии показано, что при взаимодействии 5-(1-пентил-4-метил-1,2,3- триазол-4-ил)-6-метилурацила с КОН в эквимольных количествах в ДМСО происходит образование анионной формы ТМУ с отрывом протона от азота N(1) пиримидинового кольца.

*УФ и ЯМР спектры записаны на оборудовании ЦКП «Химия» УФИХ РАН.*

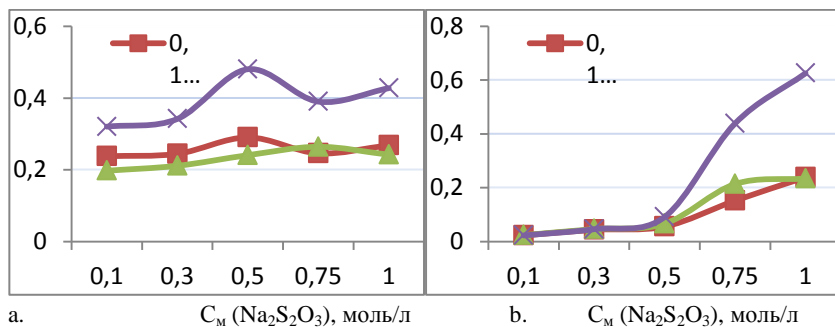
© Рамазанова Л.А., Лобов А.Н., Сайфина Л.Ф., Семенов В.Э.,  
Файзрахманов И. С., Иванов С.П., 2016 г.

## ОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТИЦ S<sub>8</sub> ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> С ДВУХОСНОВНЫМИ КИСЛОТАМИ

Сабитова Э.Р., Мухаметнурова А.А., Берестова Т.В., Массалимов И.А.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Известно, что с увеличением концентрации реагентов в реакции Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с кислотами скорость реакции увеличивается, что приводит к росту размера частиц молекулярной серы S<sub>8</sub> [1].

В данной работе исследована динамика образования дисперсных частиц S<sub>8</sub> в реакции Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с янтарной и винной кислотами в зависимости от концентрации. Размер образующихся частиц S<sub>8</sub> измеряли на лазерном анализаторе SALD-7071 (Shimadzu). Результаты исследования взаимодействия Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с двухосновными кислотами в малых концентрациях представлены на рисунке 1 (a,b).



а.  $C_m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ , моль/л      б.  $C_m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ , моль/л  
Рис. Динамика роста размера частиц серы, образующихся в реакции Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с янтарной (а) и винной (б) кислотами,  $\mu\text{m}$

Было обнаружено, что область взаимодействия растворов низких концентраций Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не стабильна: этот период характеризуется изменениями нелинейного характера и включает минимум три периода. Подобные колебания могут быть обусловлены ступенчатой диссоциацией двухосновных кислот.

### Литература

1. Flinn Scientific, Inc. All Rights Reserved, 2009, 91860.

© Сабитова Э.Р., Мухаметнурова А.А., Берестова Т.В.,  
Массалимов И.А., 2016 г.



## СИНТЕЗ И ЭПР СПЕКТРОСКОПИЯ ПАРАМАГНИТНЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК В ВОДНОЙ СРЕДЕ.

Сагдеев Д.О.<sup>a</sup>, Шамилов Р.Р.<sup>a</sup>, Воронкова В.К.<sup>b</sup>, Суханов А.А.<sup>b</sup>,  
Галяметдинов Ю.Г.<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Казанский Национальный Исследовательский Технологический  
Университет, г. Казань, Россия

<sup>b</sup> Казанский Физико-Технический Институт КазНЦ РАН, г. Казань, Россия

Квантовые точки (КТ), легированные ионами марганца могут быть использованы в качестве составляющей биологического агента для анализа Люминесценция-МРТ и покрытия фотоэлектродов солнечных батарей с целью повышения их чувствительности. Также исследуется возможность использования КТ в качестве элементов памяти. Синтез парамагнитных КТ в коллоидных растворах позволяет контролировать размер, а значит и люминесцентные свойства наночастиц, однако широко изученный коллоидный синтез в органических растворителях требует использования высоких температур и токсичных растворителей.

Настоящая работа посвящена исследованию методик синтеза КТ Mn:CdSe в низкокипящих растворителях и свойств получаемых нанокристаллов. Были получены водорастворимые КТ Mn:CdSe, с молярным соотношением Cd:Mn 0,95:0,05, стабилизированные L-цистеином, а также, для сравнения оптических свойств, чистые КТ CdSe, также стабилизированные L-цистеином.

Были сняты и сравнены спектры фотолюминесценции и поглощения КТ Mn:CdSe и CdSe.

Подтверждения внедрения ионов  $Mn^{2+}$  в квантовые точки были получены двумя методами: путём рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) и ЭПР-спектроскопии. Спектр ЭПР показал 6 линий Зеемановского расщепления, характерные для ионов  $Mn^{2+}$ .

### Литература

1. S. Wang, B. Jarrett, S. Kauzlarich, A. Louie, J. Am. Chem. Soc., 129, 13, 3848-3856 (2007)
2. Q. Dai, E. M. Sabio, W. Wang, J. Tang, Applied Physics Letters, 104, 183901 (2014)
3. Сагдеев Д. О., Шамилов Р. Р., Воронкова В. К., Суханов А. А., Галяметдинов Ю. Г., Вестник Казанского Технологического Университета, 19, 14, 36-38 (2016).

© Сагдеев Д. О., Шамилов Р. Р., Воронкова В. К., Суханов А. А.,  
Галяметдинов Ю. Г., 2016 г.

## **ВЛИЯНИЕ рН-СРЕДЫ И МОРФОЛОГИИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА АДСОРБЦИЮ НЕИОНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Фасхутдинова А.И., Гатауллин А.Р., Богданова С.А., Галяметдинов Ю.Г.

Казанский национальный исследовательский технологический  
университет, г. Казань, Россия

Углеродные нанотрубки (УНТ), обладая необычной структурой и присущими ей полезными свойствами, являются перспективным армирующим материалом для полимерных композитов. Тем не менее, склонность УНТ к агрегации, препятствует получению стабильных дисперсий нанотрубок в воде и органических средах, равномерному распределению наномодификатора в объёме полимерной матрицы. Решением данной проблемы является использование в качестве диспергирующих и стабилизирующих агентов неионогенных поверхностно-активных веществ (НПАВ). В связи с этим, целью данной работы было исследование влияния морфологии углеродных нанотрубок и рН-среды на характер адсорбции НПАВ из водных растворов, на стабильность и размер частиц получаемых дисперсий.

В работе были использованы одностенные и многостенные УНТ с различной степенью полярности поверхности. В качестве НПАВ использовались оксиэтилированные алкилфенолы со средней степенью оксиэтилирования  $n=8$  и  $n=12$ , нашедшие применение при получении и переработке полимерных материалов [1].

Адсорбция НПАВ на УНТ, коллоидно-химические свойства дисперсий нанотрубок были исследованы методами абсорбционной спектроскопии, динамического и электрофоретического рассеяния света.

В ходе исследования было показано, что изотерма адсорбции по классификации Гильса соответствует лэнгмюровской изотерме адсорбции L2. Установлено, что с увеличением количества оксиэтиленовых групп величина предельной адсорбции уменьшается, что может быть связано с конформационными изменениями молекул НПАВ. Установлено, что в основе адсорбции НПАВ на УНТ лежат гидрофобные взаимодействия между углеводородным радикалом амфифила и графеновой поверхностью нанотрубки. Показано, что использование НПАВ способствует существенному увеличению содержания дисперсной фазы и стабильности получаемых дисперсий УНТ, снижению размера частиц и полидисперсности коллоидной системы.

### **Литература**

1. Богданова, С. А. Получение наномодифицированных полимерных бумаг с углеродными нанотрубками и неионными поверхностно-

активными веществами / С. А. Богданова, А. О. Эбель, А. Р. Гатауллин, И. М. Закиров, Ю. Г. Галяметдинов // Российские нанотехнологии. – 2014. – Т. 9. – № 11-12. – С. 5-11.

© Фасхутдинова А.И., Гатауллин А.Р., Богданова С.А., Галяметдинов Ю.Г., 2016 г.

УДК: 544.165

**QSAR-МОДЕЛИРОВАНИЕ АГОНИСТОВ СУБЪЕДИНИЦЫ  $\alpha_9\alpha_{10}$  НИКОТИНОВОГО АЦЕТИЛХОЛИНОВОГО РЕЦЕПТОРА В РЯДУ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 2-(АРИЛОКСИМЕТИЛ) АЗЕТИДИНА И ПИРРОЛИДИНА**

Хайруллина В.Р.<sup>1</sup>, Абдуллина Д.<sup>1</sup>Р., Герчиков А.Я.<sup>1</sup>, Ф.С. Зарудий<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup>Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа, Россия

Цель настоящей работы заключалась в построении и валидации QSAR-моделей прогноза численных значений параметра  $K_i$  для селективных агонистов субъединицы  $\alpha_9\alpha_{10}$  никотинового ацетилхолинового рецептора (НАХР) крыс. В качестве моделируемых соединений выбраны 44 производных 2-(ариллоксиметил) азетидина и пирролидина, агонистическая активность которых находилась в диапазоне значений  $K_i$  3,1-6889,0 нмоль/л. QSAR-моделирование выполнено с использованием программы GUSAR 2013. С использованием данной программы на основе MNA- и QNA-дескрипторов, а также их сочетания, построено девять статистически значимых консенсус моделей QSAR, характеризующихся высокой точностью прогноза  $K_i$  для структур обучающих и тестовой выборок. Выявлены структурные признаки, как снижающие, так и повышающие эффективность агонистов субъединицы  $\alpha_9\alpha_{10}$  НАХР. Эта информация может быть учтена при молекулярном дизайне новых модуляторов данного рецептора. Установлено, что влияние природы атомов на эффективность действия производных 2-(ариллоксиметил) азетидина и пирролидина в отношении НАХР неоднозначно и зачастую зависит от их положения в бензольном фрагменте. Кроме того, при анализе вклада атомов в активность необходимо учитывать, в какую функциональную группу они входят. В целом, функциональные группы в орто- и пара-положении бензольного фрагмента независимо от их природы вносят отрицательный вклад в

моделируемую активность, в то время как электроноакцепторные группы в мета-положении способствуют повышению целевого свойства. Выводы о влиянии структурных фрагментов на активность агонистов субъединицы  $\alpha_9\alpha_{10}$  НАХР, сделанные нами на основе структурного анализа моделируемых соединений с использованием программы GUSAR 2013, не противоречат результатам, основанным на экспериментальных данных.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России (проект №4. 299. 2014 / К) и РФФИ (грант 14-04-97035).*

© Хайруллина В.Р., Абдуллина Д.Р., Герчиков А.Я.,  
Ф.С. Зарудий, 2016 г.

УДК: 544.165

### СТЕРИЧЕСКАЯ КОМПЛЕМЕНТАРНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПИРИМИДИНА И ДИОКСОИЗОИНДОЛА С АКТИВНЫМИ ЦЕНТРАМИ ИЗОФОРМ ЦИКЛООКСИГЕНАЗ

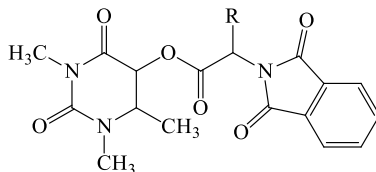
Хайруллина В.Р.<sup>1</sup>, Акбашева Ю.З.<sup>1</sup>, Мустафин А.Г.<sup>1</sup>, Гимадиева А.Р.<sup>2</sup>,  
Зарудий<sup>3</sup> Ф.С.

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup>Уфимский Институт химии РАН, г. Уфа, Россия

<sup>3</sup>Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа, Россия

Целью настоящей работы было изучение стерической комплементарности и аффинности двух производных пириимидина и диоксоизоиндола I-II, с общей формулой, представленной на рис., с активными центрами изоформ циклооксигеназ (ЦОГ).



R=CH<sub>3</sub> (I), CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>SCH<sub>3</sub> (II)

Рис. Структурные формулы моделируемых соединений.

Исследования выполнены методом молекулярного докинга с использованием программы AutoDock 4.2 с параметрами по умолчанию.

Установлено, что оба протестированных соединения характеризуются достаточно высокими численными значениями свободных энергий связывания с активными центрами изоформ ЦОГ, сопоставимыми с аналогичными характеристиками для референсных ингибиторов данных ферментов: ДВ НПВП «Диклофенак», «Флурбипрофен», «Целекоксиб». На основании этих данных можно предположить, что структуры моделируемых соединений способны в циклооксигеназном пуле изоформ ЦОГ замещать арахидоновую кислоту. Установлено, что вследствие достаточно высокого структурного сходства в активных центрах данных ферментов они позиционируются в том же кластере, что и структуры референсных ингибиторов – ДВ НПВП «Целекоксиб» и соединения-лидера с кодом SC-558. Положение соединений I и II в активном центре ЦОГ-1 и ЦОГ-2 стабилизируют водородные связи с Tyr355, Ser530, а также T-стэкинг-подобные взаимодействия с His90, Tyr355, Trp387, Phe518. На основе сравнительного исследования оценочных термодинамических характеристик (свободной энергии связывания, константы ингибирования) показано, что оба соединения будут, вероятно, ингибировать в большей степени ЦОГ-2.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России (проект №4. 299. 2014 / К) и РФФИ (грант 14-04-97035).*

© Хайруллина В.Р., Акбашева Ю.З., Мустафин А.Г.,  
Гимадиева А.Р., Зарудий Ф.С., 2016 г.

УДК: 544.165

## **QSAR-МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТАГОНИСТОВ СУБЪЕДИНИЦЫ $\alpha_4\beta_2$ НИКОТИНОВОГО АЦЕТИЛХОЛИНОВОГО РЕЦЕПТОРА В РЯДУ НЕКОТОРЫХ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

Хайруллина В.Р.<sup>1</sup>, Асфина Д.<sup>1</sup>Р., Герчиков А.Я.<sup>1</sup>, Васильев М.Н.<sup>1</sup>,  
Ф.С. Зарудий<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup>Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа, Россия

Целью настоящей работы было изучение количественной взаимосвязи «структура-активность» в ряду 31 производного бис-никотина, бис-пиридина, бис-пиколина, бис-хинолина и бис-изохинолина, являющихся эффективными агонистами субъединицы  $\alpha_4\beta_2$  никотинового ацетилхолинового рецептора (НАХР) крыс. Построение QSAR-моделей прогноза численных значений параметра  $K_i$  для селективных

антагонистов  $\alpha_4\beta_2$  НАХР проводили с использованием программы GUSAR 2013. Агонистическая активность моделируемых соединений находилась в диапазоне значений  $K_i$  1,4-100000,0 нмоль/л. С использованием программы GUSAR 2013 на основе MNA- и QNA-дескрипторов, а также их сочетания, построено шесть статистически значимых консенсус моделей QSAR, характеризующихся высокой точностью прогноза  $K_i$  для структур обучающих и тестовой выборок. В результате структурного анализа производных бис-никотина, бис-пиридина, бис-пиколина, бис-хинолина и бис-изохинолина, участвующих в построении моделей QSAR, выявлены структурные признаки, как снижающие, так и повышающие эффективность антагонистов субъединицы  $\alpha_4\beta_2$  НАХР. Эта информация может быть учтена при молекулярном дизайне новых агонистов данного рецептора. Среди производных бис-никотина наиболее мощными антагонистами  $\alpha_4\beta_2$  являлись производные бис-никотина, содержащих от 10 до 11 атомов углерода в алифатическом линкере. Простые аналоги бис-пиридина по эффективности связывания с НАХР в 10 раз уступали производным бис-никотина. Увеличение длины алифатического линкера у представителей данного класса соединений от 5 до 12 метиленовых групп приводило к увеличению их активности на порядок. Производные бис-хинолина обладали низкой эффективностью связывания с субъединицей  $\alpha_4\beta_2$  НАХР.

Следует отметить, что результаты структурного анализа антагонистов субъединицы  $\alpha_4\beta_2$  НАХР, сделанные нами с использованием программы GUSAR 2013, не противоречат результатам, основанным на экспериментальных данных.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России (проект №4. 299. 2014 / К) и РФФИ (грант 14-04-97035).*

© Хайруллина В.Р., Асфина Д.Р., Герчиков А.Я., Васильев М.Н.,  
Ф.С. Зарудий, 2016 г.

УДК 541.49:547.587.11

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЦИКЛОДЕКСТРИНОВ С АМИНОСАЛИЦИЛОВЫМИ КИСЛОТАМИ**

Мурзакова Л.И., Ибракова Н.Ф., Борисова Н.С., Зимин Ю.С.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Циклодекстрины (ЦД) – это природные макроциклические олигосахариды, способные, благодаря своей уникальной структуре,

формировать комплексы включения по типу «гость – хозяин» с различными типами молекул. Известно, что активные субстанции в молекулярных комплексах с ЦД (по сравнению с исходными) обладают не только улучшенными фармакокинетическими характеристиками, но и приобретают новые полезные свойства, повышающие их фармакотерапевтическую ценность. В связи с этим настоящая работа, посвященная изучению комплексообразования физиологически активных 4- и 5-аминосалициловых кислот с  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -циклодекстринами в водной среде, является весьма актуальной.

Комплексы включения получали в равновесных условиях при низких концентрациях исходных реагентов ( $10^{-5} \div 10^{-4}$  моль/л) в водных растворах. Комплексообразование изучали спектрофотометрически на максимумах поглощения 4- и 5-аминосалициловых кислот.

Обнаружено, что добавление  $\alpha$ -ЦД,  $\beta$ -ЦД или  $\gamma$ -ЦД к водным растворам 4- или 5-аминосалициловой кислот приводит к батохромным сдвигам максимумов поглощения и уменьшению интенсивностей пиков полос поглощения. Данный факт можно рассматривать как результат межмолекулярных взаимодействий, происходящих в исследуемых реакционных системах и приводящих к образованию молекулярных комплексов.

В ходе исследований установлено, что  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -циклодекстрины образуют с 4- и 5-аминосалициловыми кислотами достаточно прочные комплексные соединения (константы устойчивости  $K \sim 10^3 \div 10^4$  л/моль) гость : хозяин = 1 : 1 (по методу Жоба). В интервале 293 – 321 К изучена температурная зависимость значений  $K$  и оценены термодинамические параметры комплексообразования ( $\Delta H^\circ$ ,  $\Delta S^\circ$  и  $\Delta G^\circ$ ). Показано, что процесс комплексообразования протекает самопроизвольно и с выделением тепла.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -циклодекстринов при создании более эффективных и безопасных лекарственных форм 4- и 5-аминосалициловых кислот.

*Работа выполнена при поддержке проекта № 4.299.2014/К, исполняемого в рамках проектной части государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации в сфере научной деятельности, гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект 14-03-97026 р\_поволжье\_а) и гранта Республики Башкортостан для молодых ученых и молодежных научных коллективов (договор № 2, 25.03.2016 г.)*

© Мурзакова Л.И., Ибракова Н.Ф., Борисова Н.С.,  
Зимин Ю.С., 2016 г.

## КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АНТИОКСИЛИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ СЛАБЫХ АНТИОКСИДАНТОВ

Шарипова Г.М., Мусина Г.Н., Сафарова И.В.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Антиоксиданты - вещества, способные тормозить свободно-радикальное окисление органических веществ. Тормозящее действие антиоксиданта зависит от механизма его действия, совокупности реакций, приводящих к торможению и побочных реакций. При этом, механизм действия слабых антиоксидантов заметно отличается от механизма действия сильных антиоксидантов, что проявляется в кинетической картине реакции. Результаты наших исследований при изучении 5-амино-6 метилурацила (I) и фуллерена C<sub>60</sub> (II) при инициированном окислении 1,4-диоксана демонстрируют особенности, характеризующие слабые ингибиторы (табл.) [1,2].

Таблица. Кинетические параметры антиокислительной активности изучаемых соединений

	$k_7 \cdot 10^{-4}$ , M <sup>-1</sup> c <sup>-1</sup>	$fk_7 \cdot 10^4$ , M <sup>-1</sup> c <sup>-1</sup>	$\nu$	$k_8/k_2$	$k_8[RH] > k_6n$
I	-	2.2±0.2	96-14**/78-12	0.8	76>2
II	2.0±0.1	1.0±0.4	59-19**/480-160	0.6	37>0.6

где  $k_2$  – константа скорости передачи цепи на радикал,  $k_6$  – константа скорости рекомбинации двух RO<sub>2</sub><sup>•</sup> радикалов,  $k_7$  – константа скорости взаимодействия перекисных радикалов 1,4-диоксана с молекулами изучаемых соединений,  $k_8$ - константа скорости взаимодействия радикала ингибитора с субстратом окисления и  $n = [X\bullet] + [RO_2\bullet (HO_2\bullet)]$ .

### Литература

1. Герчиков А.Я., Ахатова Г.Р., Шарипова Г.М. и др. // Кинетика и катализ 2015. Т. 56. № 5. С. 571-576
2. Ахатова Г.Р., Сафарова И.В., Герчиков А.Я. // Бутлеровские сообщения. 2010. Т. 20. № 5. С. 11-15

*Работа выполнена при поддержке проекта №4.299.2014/К, исполняемого в рамках проектной части государственного задания Минобрнауки РФ в сфере научной деятельности.*

© Шарипова Г.М., Мусина Г.Н., Сафарова И.В., 2016 г.



## ОПТИМИЗАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ГЛИЦИНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО ВЕРМИКУЛИТА

Юнусова А.В., Ильясова Р.Р., Массалимов И.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Известно, что биогенные аминокислоты расходуются в растительных тканях на синтез белков в процессе роста и развития, что приводит к изменению их концентрации в сторону уменьшения со временем, в результате это может привести к потере всхожести семян растений и их гибели, поэтому необходимо поддерживать необходимую концентрацию аминокислот, особенно в период прорастания [1].

Авторами изучено влияние модифицированного вермикулита, полученного в результате сорбционного концентрирования «металла жизни» - иона Zn (II) на содержание глицина с целью оптимизации его содержания на этапе прорастания семян фасоли зерновой.

Вермикулит  $(Mg^{+2}, Fe^{+2}, Fe^{+3})_3 [(Al, Si)_4 O_{10}] \cdot (OH)_2 \cdot 4H_2O$  – природный минерал. Добывается на Урале, в Мурманской области и т.д. Авторами вермикулит модифицирован с помощью концентрирования катионов Zn (II) на его поверхности и испытан в качестве питательного вещества на этапе прорастания семян фасоли зерновой. Результаты испытаний проанализированы по изучению в динамике содержания аспарагина методом тонкослойной хроматографии.

В результате при вышеуказанных оптимальных условиях сорбции катионов Zn (II) на вермикулит, содержание глицина в вытяжке семян фасоли увеличилось в 5-6 раз по сравнению с контрольным опытом, где в качестве питательного вещества для ускорения прорастания семян использовался природный вермикулит без модифицирования.

Таким образом, можно рекомендовать модифицированный вермикулит в качестве питательного вещества на этапе прорастания семян фасоли зерновой.

### Литература

1. <http://www.activestudy.info/rost-rastenij-i-aminokislotnyj-obmen>

© Юнусова А.В., Ильясова Р.Р., Массалимов И.А., 2016 г.

## ХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ И СЕРЫ ИЗ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ РАСТВОРОВ

Самсонов М.Р., Латыпов Р.Н., Массалимов И.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Наночастицы карбоната кальция привлекают внимание исследователей из-за отсутствия токсичности и широкого спектра полезных свойств. Например, наночастицы карбоната кальция применяются: в строительстве для производства керамических изделий, также входят в состав гидрофобизатора, в косметике для изготовления кремов; в бумажной промышленности для изготовления высококачественной мелованной бумаги и кальки. Синтезированные наночастицы карбоната кальция в форме арагонита являются биологически совместимыми и, потому перспективны для применения при лечении сломанных костей и разработки передовых лекарственных и противораковых препаратов

В данной работе предлагается простой в исполнении и универсальный метод химического осаждения наночастиц карбоната кальция и серы из раствора полисульфида кальция барботированием последних углекислым газом.

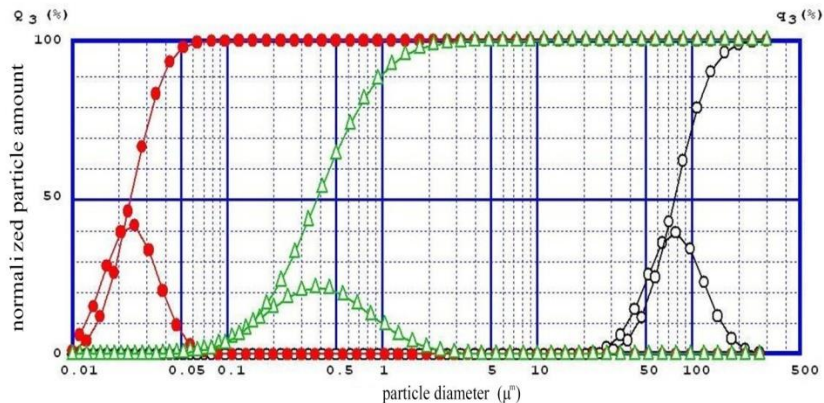


Рис. Интегральные и дифференциальные распределения частиц карбоната кальция, полученные из полисульфидов пропусканием через раствор углекислого газа с соляной кислотой, наблюдаемые сразу после образования частиц (кривая ●), после первого укрупнения (кривая △) и после второго укрупнения (кривая ○).

На рисунке приведены интегральные и дифференциальные распределения частиц серы по размерам после отделения частиц карбоната кальция. На первом этапе образуются первичные наночастицы со средними размерами 20 нм, которые устойчивы в течение определенного (10-15 минут) времени, затем наночастицы начинают собираться в более крупные частицы (агрегаты) с размерами в диапазоне от 80 нм до 200 нм. Агрегаты с размерами от 80 нм до 200 нм постепенно (в течение 6-7 часов) укрупняются и образуют агломераты в диапазоне от 30 мкм до 250 мкм. Было выявлено, что использование ультразвукового диспергатора дает возможность расщеплять агломераты частиц серы субмикронных и микронных размеров в исходные частицы размерами 20 нм.

Полученные результаты указывают на возможность создания простого в реализации, универсального с использованием доступных и недорогих химических реагентов метода осаждения наночастиц карбонатов щелочноземельных металлов из растворов полисульфидов для изготовления медицинских косметических средств, таких как зубные пасты, пудры, кремы и др.

### **Литература**

1. Массалимов И.А., Шайнурова А.Р., Хусаинов А.Н., Мустафин А.Г. Получение наночастиц серы из водного раствора полисульфида калия. Журнал прикладной химии, 2012, т.85, №11, С. 1944-1949.

© Самсонов М.Р., 2016 г.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ АНИЛИНА

Шишкина А.Н.

Башкирский Государственный Университет, г. Уфа, Россия

Полианилин (ПАНИ) – один из представителей класса электропроводящих полимеров, датой открытия которых считается 1997 г. Исследования ПАНИ и других органических высокомолекулярных соединений, таких как полиацетилен, политиофен, полипиррол, показало, что они обладают свойствами полупроводников. В 2000 году за их открытие и исследование была присуждена Нобелевская премия по химии [1].

ПАНИ может находиться в трех окисленных формах: эмеральдиновая, перниграллиновая и лейкоэмеральдиновая. В зависимости от окислительного состояния и степени протонирования полианилина могут изменяться электропроводность, магнитные и оптические свойства [2]. Благодаря своим уникальным свойствам ПАНИ уже имеет огромный спектр применений, но, несмотря на многочисленные исследования этого полимера, до сих пор нет единой точки зрения на механизм его получения. В связи с этим, масштабное применение этого полимера в производстве затрудняется [3].

В данной работе изучены механизмы окислительной полимеризации анилина, которые были опубликованы за последние несколько десятилетий. Решением прямой и обратной кинетической задачи, был выбран механизм, который наилучшим образом согласуются с экспериментальными данными.

### Литература

1. MacDiarmid, A.G. A novel role for organic polymers (Nobel lecture) / A.G. MacDiarmid // *Angew. Chem. Int. Edit.* – 2001. – V. 40 – P. 2581 – 2590.
2. Bhadra, S. Progress in preparation, processing and applications / S. Bhadra, D Khastgir, N K. Singha, J H Lee // *Progress in Polymer Science.* – 2009. – V. 34. – P. 783-810.
3. Sapurina, I. Oxidative polymerization of aniline: Polyaniline molecular synthesis and the formation of supramolecular strutures. / I. Sapurina, M. Shishov // *New polymers for special applications Edited by A.S. Gomes INTECH.* 2012. – V. 9. – P. 215 – 312.

©Шишкина А.Н., 2016 г.

## СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ХИМИИ»

УДК 159.9

### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА ПО ХИМИИ В РБ ЗА 2016 ГОД

Гарифуллина Г.Г., Насретдинова Р.Н.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В Республике Башкортостан во всех этапах проведения ЕГЭ-2016 по химии участвовали 3534 человек, из которых 3 347 выпускники республиканских общеобразовательных организаций (школ, гимназий, лицеев) текущего года; 149 – выпускника прошлых лет и выпускники учреждений профессионального образования, и 3 выпускника, не завершивший среднее (полное) образование. Средний балл, показанный первыми, равен 54,3 баллам, вторыми – 37,4 баллам, в среднем – 53,6 баллам. Всего 496 выпускников школ, к сожалению, не смогли преодолеть минимальный порог в 36 баллов, что составляет 14% (в 2015 году – 8,2%). Процент «высокобалльных» работ (более 80 баллов) равен 4,4%.

В контрольно-измерительных материалах по химии в 2016 г. по сравнению с 2015 г. были приняты следующие изменения.

1. В части 1 работы изменен формат шести заданий базового уровня сложности с кратким ответом. Это следующие задания:

□ №6, его выполнение предусматривает применение обобщенных знаний о классификации и номенклатуре неорганических веществ. Результатом выполнения задания является установление трех правильных ответов из шести предложенных вариантов;

□ №11 и №18, их выполнение предусматривает применение обобщенных знаний о генетической связи неорганических и органических веществ. Результатом выполнения заданий является установление двух правильных ответов из пяти предложенных вариантов;

□ №24, №25 и №26, ответом к этим заданиям является число с заданной степенью точности (вместо номера правильного ответа в работе 2015 г.).

© Гарифуллина Г.Г., Насретдинова Р.Н., 2016 г.

**ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ  
ХИМИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ»**

Биглова Р. З.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одной из важнейших проблем, стоящих перед ВУЗами в настоящее время является повышение качества подготовки специалистов. Соответственно повышается уровень основных требований к подготовке кадров в Государственном стандарте высшего профессионального образования. Кроме того, присоединение России к Болонской конвенции обязывает российскую систему высшего образования пересмотреть содержание рабочих программ в направлении значительного увеличения количества часов, отводимых на самостоятельную работу (и контроль самостоятельной работы) студентов.

Обучающийся студент и выпускник высшего учебного заведения должны не только получать знания, но и научиться применять эти знания к анализу и решению проблем, уметь самостоятельно приобретать научные сведения. Развитию подобных умений и навыков способствует правильная организация самостоятельной работы.

Под индивидуальной самостоятельной работой следует понимать такую работу, которая предусматривает выполнение индивидуализированных заданий. Поэтому целесообразно создание сборника типовых задач по медицинской химии для работы на семинарских занятиях. Общеизвестно, что только незначительная часть студентов будет справляться с решением задач самостоятельно. Как представляется, наиболее удобоваримым способом решения этой проблемы может быть выполнение типовых расчетов в аудитории, причем задания следует дифференцировать по уровню сложности: слабым студентам предложить несложные задачи, а сильным – более сложные. При подобной организации работы со студентами преподаватель не только учитывает их индивидуальные особенности, но и стремится развить положительные стороны их деятельности, преодолевать характерные для них затруднения.

Неотъемлемой частью самостоятельной работы студентов являются занятия с использованием компьютеров. В этой связи целесообразно создание электронных учебных комплексов, а на их базе и тестовые задания, которые дают возможность студентам самостоятельно заниматься и проверять свои знания в удобное для себя время и в оптимальном темпе.

© Биглова Р.З., 2016 г.

**ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ПРИЕМ «ФИШБОУН»  
ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
УЧЕБНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ**

Назарова О.Ю., Ильясова Р.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время развивающаяся система химического и педагогического образования предъявляет новые требования к профессиональной подготовке современного преподавателя, знания современных форм, способов, методов и технологий обучения химии.

Прием «Фишбоун» является одним из приемов технологии критического мышления (ТКМ), который можно использовать при обучении в группах. Дословно он переводится с английского как «Рыбная кость» или «Скелет рыбы» и направлен на развитие критического мышления учащихся в наглядно-содержательной форме. Суть данного методического приема — установление причинно-следственных взаимосвязей между объектом анализа и влияющими на него факторами, совершение обоснованного выбора. Дополнительно метод позволяет развивать навыки работы с информацией и умение ставить и решать проблемы.

В основе Фишбоуна — схематическая диаграмма в форме рыбьего скелета и представляет собой графическое изображение, позволяющее наглядно продемонстрировать определенные причины конкретных событий, явлений, проблем и соответствующие выводы или результаты обсуждения.

Технология «Фишбоун» апробирована при проведении внеклассного мероприятия в 10 классе МОБУ СОШ с. Нугуш Мелеузовского района по теме «Загрязнение окружающей среды» через чтение и письмо. Использование данной технологии оправдано с точки зрения внедрения ФГОС нового поколения, так как предполагает личную вовлеченность школьника в процесс обучения, способствует самообразованию и саморазвитию обучающихся.

В результате были решены следующие задачи: получены знания об особенностях экологических проблем, умениях и навыках экологически целесообразного поведения в окружающей среде; развитие способности обучающихся к самостоятельному приобретению новых знаний и практических умений; создание условий, способствующих формированию устойчивых установок социально-ответственного поведения в окружающей среде.

© Назарова О.Ю., Ильясова Р.Р., 2016 г.

УДК 001.92:37

**О ПРЕПОДАВАНИИ ПРЕДМЕТА «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ  
ХИМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ»  
АСПИРАНТАМ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ 04.06.01  
«ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»**

Талипов Р.Ф., Латыпова Э.Р., Фаттахов А.Х.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа

Программа подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки ориентирована на фундаментально-прикладную подготовку специалистов-химиков, способных на основе полученных теоретических знаний и практических навыков занять конкурентное место на рынке труда, максимально полно реализовать себя в социокультурном пространстве. Выпускники данной программы аспирантуры смогут работать в научно-исследовательских институтах и высших учебных заведениях. Поэтому одной из составляющих данной образовательной программы является Методика преподавания в высшей школе химических дисциплин.

Учебный курс нацелен на решение задач, связанных с развитием педагогического мышления аспирантов, формированием у них педагогических знаний и умений, необходимых для повышения профессиональной преподавательской деятельности, развитие навыков комплексной психолого-педагогической, социально-экономической и информационно-технологической подготовки аспиранта к научно-педагогической деятельности.

Курс призван:

1. Содействовать формированию педагогического мышления, которое предполагает:

- а) усвоение идеи уникальности и неповторимости каждого человека;
- б) отношение к личности как высшей ценности, исключающее манипулирование человеком и использование его как средства достижения других целей;
- в) формирование представлений об активном, творческом характере человеческой психики;
- г) признание отношений человека с другими людьми в качестве главной движущей силы;
- д) принятие идеи единства органической и духовной жизни.

2. Ознакомить с современными трактовками предмета педагогической науки, предмета педагогики высшей школы. Изложить основные тенденции развития высшей школы в условиях ее модернизации.



3. Дать представление об истории и современном состоянии высшего образования в России.

4. Сформировать установку на постоянный поиск приложений философских, социально-экономических, психологических и других знаний к решению проблем обучения и воспитания.

5. Способствовать глубокому усвоению норм профессиональной этики педагога, пониманию его ответственности перед студентами.

6. Дать информацию об особенностях профессионального труда преподавателя химии.

В качестве основного оценочного средства текущего контроля используются индивидуальная проверка заданий по самостоятельной работе, дискуссии на лекционном и практических занятиях по прочитанной литературе. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – письменная контрольная работа. Аттестация по итогам освоения дисциплины – экзамен.

©Талипов Р.Ф., Латыпова Э.Р., Фаттахов А.Х., 2016 г.

## МАТЕМАТИКА

### СЕКЦИЯ «КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И ТЕОРИЯ ФУНКЦИЙ»

УДК 517.53 : 517.574

#### ГОЛОМОРФНАЯ МИНОРАНТА ДЛЯ СУБГАРМОНИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

Байгускаров Тимур Юлаевич, Хабибуллин Булат Нурмиевич  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Пусть функция  $d: D \rightarrow \mathbb{R}$  в области  $D \subset \mathbb{C}$  удовлетворяет условию  
 $0 < d(z) < \text{dist}(z, C \setminus D)$  для всех  $z \in D$   
вместе с ограничением

$$d(z) \leq \text{const} \text{ для всех } z \in D.$$

Если функция  $u$  субгармоническая на  $D$ , тождественно не равна бесконечности и выполнено хотя бы одно из трёх условий

- (i) замыкание  $D \neq \mathbb{C}$  (частный случай – ограниченность области  $D$ );
  - (ii) для меры Рисса  $\nu_u$  функции  $u$  выполнено неравенство  $\nu_u(D) > 1$ ;
  - (iii) область  $D$  односвязная, например,  $D = \mathbb{C}$ ,
- то найдётся ненулевая голоморфная функция  $f$ , для которой

$$\log|f(z)| \leq \frac{1}{\pi d^2(z)} \int_{D(z, d(z))} u d\lambda + \log \frac{1}{d(z)} \text{ при всех } z \in D,$$

где  $D(z, r)$  – открытый круг с центром  $z$  радиуса  $r$ .

*Работа поддержана грантом РФФИ №16-01-00024.*

#### 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., 2016г.

## ФОРМУЛА Н. В. ГОВОРОВА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОРЯДКА ФУНКЦИИ, РЕГУЛЯРНОЙ В КРУГЕ, И ЕЕ ОБОБЩЕНИЕ

Гайсина Галия Ахтяровна

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Пусть  $\Lambda = \{\lambda_n\}$  ( $0 < \lambda_n \uparrow \infty$ ),  $\ln n = o(\lambda_n)$  при  $n \rightarrow \infty$ , и область сходимости ряда Дирихле

$$F(s) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{-\lambda_n s} \quad (1)$$

есть полуплоскость  $\Pi_0 = \{s = \sigma + it : \sigma > 0\}$ . Класс всех неограниченных в  $\Pi_0$  функций  $F$  вида (1) обозначим  $D_0(\Lambda)$ . Величина

$$\rho_F = \overline{\lim}_{\sigma \downarrow 0} \frac{\ln \ln M_F(\sigma)}{-\ln \sigma}, \quad M_F(\sigma) = \sup_{|t| < \infty} |F(\sigma + it)| \quad (\sigma > 0),$$

называется порядком суммы ряда Дирихле (1). В [1] – [3] приводятся некоторые достаточные условия на  $\lambda_n$  или  $a_n$ , при выполнении которых справедлива формула

$$\frac{\rho_F}{\rho_F + 1} = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln^+ \ln^+ |a_n|}{\ln \lambda_n}.$$

Вопрос о точности условий до сих пор оставался открытым. Здесь обнаружен критерий, а именно доказана

**Теорема.** Для того, чтобы для любой функции  $F \in D_0(\Lambda)$  порядок  $\rho_F$  вычислялся по формуле (2), необходимо и достаточно, чтобы

$$\alpha \stackrel{\text{def}}{=} \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \frac{\ln \ln n}{\ln \lambda_n} = 0.$$

Из (2) вытекает известная формула Говорова – Мак-Лейна – Шереметы для порядка функции  $f(z) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n z^n$ , регулярной в единичном круге.

### Литература

1. Бойчук В. С. О росте абсолютно сходящихся в полуплоскости рядов Дирихле // Матем. сб., К.: Наукова думка, 1976, с. 238–240.
2. Галь Ю. М., Шеремета М. Н. О росте аналитических в полуплоскости функций, заданных рядами Дирихле // ДАН Украинской ССР. Серия «А». Физико-математические и технические науки, 1978, №12, с. 1065–1067.
3. Гайсин А. М. О росте функции, представленной рядом Дирихле, вблизи прямой сходимости // Исследования по теории аппроксимации функций. Уфа: Башкирский филиал АН СССР, 1981, с. 5–13.

© Гайсина Г.А., 2016г.

## ИНВАРИАНТНЫЕ ПОДПРОСТРАНСТВА С ПОЧТИ ВЕЩЕСТВЕННЫМ СПЕКТРОМ

Кривошеева Олеся Александровна

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Пусть  $\Lambda = \{\lambda_k, n_k\}_{k=1}^{\infty}$  - кратная последовательность,  $|\lambda_k| \rightarrow \infty$ .  $\Lambda$  назовем почти вещественной, если  $\operatorname{Re}\lambda_k > 0$ ,  $\operatorname{Im}\lambda_k/\operatorname{Re}\lambda_k \rightarrow 0$ . Пусть  $a \in \mathbb{R}$  и  $\Pi(a) = \{z: \operatorname{Re}z < a\}$ . Через  $W(\Lambda, a)$  обозначим замыкание в пространстве  $H(\Pi(a))$  линейной оболочки системы  $\mathcal{E}(\Lambda) = \{z^n \exp(\lambda_k z)\}_{k=1, n=0}^{\infty, n_k-1}$ . Тогда  $W(\Lambda, a)$  — нетривиальное замкнутое подпространство инвариантное относительно дифференцирования. Основной задачей в теории инвариантных подпространств является проблема представления произвольной функции из  $W(\Lambda, a)$  при помощи элементов системы  $\mathcal{E}(\Lambda)$ . Для формулировки результата, в котором решается эта задача, нам понадобятся некоторые понятия. Введем банаховы пространства для  $m \geq 1$ :

$$\mathcal{B}_m(\Lambda) = \left\{ \{d_{k,n}\}: \sup_{k,n} |d_{k,n}| m^n \exp((a-1/m)|\lambda_k|) < \infty \right\}.$$

Через  $\mathcal{B}(\Lambda, a)$  обозначим проективный предел  $\mathcal{B}_m(\Lambda)$ , а через  $\mathcal{L}(\Lambda, a)$  — оператор, действующий из  $\mathcal{B}(\Lambda, a)$  в  $W(\Lambda, a)$  по следующему правилу: последовательность  $d \in \mathcal{B}(\Lambda, a)$  ставится в соответствие сумма ряда

$$g(z) = \sum_{k=1, n=0}^{\infty, n_k-1} d_{k,n} z^n \exp(\lambda_k z), \quad z \in \Pi(a), \quad (1)$$

если он сходится равномерно на компактах из полуплоскости  $\Pi(a)$ .

Пусть  $S_{\Lambda}$  - величина, введенная в работе [1]. Теперь мы можем сформулировать критерий фундаментального принципа.

**Теорема.** Пусть  $a \in \mathbb{R}$  и  $\Lambda = \{\lambda_k, n_k\}_{k=1}^{\infty}$  — почти вещественная. Следующие утверждения эквивалентны.

1) Каждая функция  $g \in W(\Lambda, a)$  раскладывается в ряд (1), сходящийся равномерно на компактах в  $\Pi(a)$ .

2)  $S_{\Lambda} = 0$ .

3) Оператор  $\mathcal{L}(\Lambda, a) : \mathcal{B}(\Lambda, a) \rightarrow W(\Lambda, a)$  — изоморфизм линейных топологических пространств.

### Литература

1. Кривошеев А. С. Фундаментальный принцип для инвариантных подпространств в выпуклых областях // Изв. РАН. Сер. мат.. – 2004. Т. 68. – № 2. – С. 71–136

© Кривошеева О.А., 2016г.

## ЛОГАРИФМИЧЕСКАЯ ПЛОТНОСТЬ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ.

Кужаев Арсен Фанилевич, Рафиков Азат Ильгизович  
Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Связь вопросов полноты системы экспонент с вопросами поведения целых функций специального вида, обращающихся в нуль на последовательности показателей указанной системы – известный факт. Так, например, работы [1], [2] показывают, что критерий полноты в неограниченной выпуклой области специального вида можно дать в терминах такой характеристики последовательности нулей  $\Lambda = \{\lambda_n\}_{n \geq 1}$ , как верхняя логарифмическая «блочная» плотность  $\bar{L}(\Lambda)$  (в дальнейшем для краткости – логарифмическая плотность):

$$\bar{L}(\Lambda) := \lim_{a \rightarrow +\infty} \overline{\lim}_{t \rightarrow +\infty} \frac{1}{\ln a} \sum_{t < \lambda_n \leq at} \frac{1}{\lambda_n}.$$

В связи с вышесказанным мы полагаем, что получение каких-либо соотношений для величины  $\bar{L}(\Lambda)$  будет полезно для получения новых результатов в упомянутых вопросах полноты.

Пусть  $\Lambda = \{\lambda_n\}_{n \geq 1}$  – строго возрастающая последовательность положительных чисел с единственной предельной точкой  $+\infty$ , а через  $\nu_n$  будем обозначать кратность точки  $\lambda_n$ . Введём в рассмотрения величины:

$$\sigma(\Lambda) := \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\nu_n}{\lambda_n}, \quad \eta(\Lambda) := \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\lambda_{n+1}}{\lambda_n} \geq 1.$$

Тогда имеет место следующая

**Теорема.** Если величины  $\sigma(\Lambda)$  и  $\eta(\Lambda)$  существуют и конечны, при этом  $(\sigma(\Lambda))^2 + (\eta(\Lambda) - 1)^2 \neq 0$ , то имеет место формула:

$$\bar{L}(\Lambda) = \frac{\sigma(\Lambda)}{\ln \eta(\Lambda)}.$$

### Литература

1. Malliaven P., Rubel L. A. On small entire functions of exponential type with given zeros.
2. Хабибуллин Б. Н. О малости роста на мнимой оси ц.ф.э.т. с заданными нулями. Матем. заметки. 1988. Т.43. №5. С. 644-650.

© Кужаев А.Ф., Рафиков А.И., 2016г.

## СМЕЩЕНИЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Кужаев Арсен Фанилевич, Рафиков Азат Ильгизович  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Известно, что при изучении вопросов полноты систем экспоненциальных мономов (в частности, экспонент) большую роль играют специальные целые функции экспоненциального типа, обращающиеся в нуль по крайней мере на последовательности показателей  $\Lambda = \{\lambda_n\}_{n \geq 1}$  указанной системы. Это означает, что исследование геометрических характеристик последовательностей комплексных чисел является важным для получения результатов, касающихся полноты. Работы [1], [2] показывают, что большое значение имеют верхняя плотность  $\bar{n}(\Lambda)$ , максимальная плотность  $\bar{n}_0(\Lambda)$ , а так же верхняя логарифмическая «блочная» плотность  $\bar{L}(\Lambda)$  положительной последовательности  $\Lambda$ , которые можно определить следующим образом:

$$\bar{n}(\Lambda) := \overline{\lim}_{t \rightarrow +\infty} \frac{1}{t} \sum_{\lambda_n \leq t} 1, \quad \bar{n}_0(\Lambda) := \lim_{\delta \rightarrow 0+} \overline{\lim}_{t \rightarrow +\infty} \frac{1}{\delta t} \sum_{t(1-\delta) < \lambda_n \leq t} 1,$$

$$\bar{L}(\Lambda) := \lim_{a \rightarrow +\infty} \overline{\lim}_{t \rightarrow +\infty} \frac{1}{\ln a} \sum_{t < \lambda_n \leq at} \frac{1}{\lambda_n}.$$

Наше исследование заключается в следующем. Пусть  $\Lambda' = \{\lambda'_n\}_{n \geq 1}$  и  $\Lambda = \{\lambda_n\}_{n \geq 1}$  – неубывающие последовательности положительных чисел с единственной предельной точкой  $+\infty$ , связанные соотношением  $\lambda_n = \lambda'_n - \alpha_n$ ,  $\alpha_n \geq 0$ ,  $n \geq 1$ . Предположим, что существует предел

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\alpha_n}{\lambda'_n} =: A \leq 1. \quad (1)$$

С использованием введённых обозначений сформулируем следующий результат.

**Теорема.** Если  $(1 - A)^2 + (\bar{L}(\Lambda'))^2 \neq 0$ , то справедливы следующие формулы:

$$\bar{n}(\Lambda) = \frac{\bar{n}(\Lambda')}{1 - A}, \quad \bar{n}_0(\Lambda) = \frac{\bar{n}_0(\Lambda')}{1 - A}, \quad \bar{L}(\Lambda) = \frac{\bar{L}(\Lambda')}{1 - A}.$$

## Литература

1. Malliaven P., Rubel L. A. On small entire functions of exponential type with given zeros.
2. Хабибуллин Б. Н. Полнота систем экспонент и множества единственности. Уфа, РИЦ БашГУ. 4-е изд. 2012.

© Кужаев А.Ф., Рафиков А.И., 2016г.

**ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ИНТЕГРАЛОВ**

Луценко Анастасия Владимировна, Луценко Владимир Иванович  
Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Пусть  $W(t)$  положительная функция на интервале  $(-a; a)$  и  $L^2(W)$  пространство локально интегрируемых на интервале  $(-a; a)$  функций, для которых конечна норма  $\|f\|^2 = \int_{-a}^a |f(t)|^2 / W(t) dt$

Пространство  $L^2(W)$  --- гильбертово, такие пространства изучались в различных работах, в частности (см. список в [1]), на тему описания сопряженных пространств с помощью преобразования Фурье - Лапласа.

Мы будем предполагать, что все экспоненты входят в это пространство и система экспонент полна в этом пространстве. Отсюда следует, что преобразование Фурье-Лапласа устанавливает изоморфизм сопряженного пространства  $L^2(W)$  и некоторого пространства целых функций с наведенной структурой гильбертового пространства.

В работе [3] показано, что когда  $W(t) = e^{2h(t)}$  с выпуклой функцией  $h$ , то  $L^2(W)$  изоморфно пространству целых функций, удовлетворяющих ограничению на рост  $F(z) < C e^{\overline{h(x)}}$ , с нормой

$$\|F\|^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |F(x + iy)|^2 / K(x) dy d\overline{h(x)}$$

При помощи данного результата доказывается следующая теорема

**Теорема.** Пусть  $W(t) = e^{2h(t)}$  с выпуклой ограниченной функцией  $h(t)$ , то преобразование Фурье-Лапласа функции из  $L^2(W)$  является целой функцией  $F(z)$ , удовлетворяющей ограничению на рост  $F(z) < C e^{\overline{h(x)}}$ , и для которой, эквивалентны следующие интегралы

$$m \int_{-\infty}^{\infty} |F(iy)|^2 dy < \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|F(x + iy)|^2}{K(x)} dy d\overline{h(x)} < M \int_{-\infty}^{\infty} |F(iy)|^2 dy$$

Здесь  $\overline{h(x)}$  - сопряженная по Юнгу, т.е.  $\overline{h(x)} = \sup_{|t| < a} (xt - h(t))$  и  $K(x) = \int_{-a}^a e^{2xt - 2h(t)} dt$ .

**Литература**

1. Lutsenko V.I., Yulmukhametov R.S. Generalization of the Paley-Wiener theorem in weighted spaces. ~Math. Notes. 48:5, 1131–1136 (1990).

© Луценко А.В., Луценко В.И., 2016г.

## ОПЕРАТОРЫ ОБОБЩЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ

Рахимова Алсу Ильдаровна

Башкирский Государственный Университет, г. Уфа, Россия

Обобщенное пространство Фока по определению имеет вид:  $F_\beta =$

$$\left\{ f(z) \in H(\mathbb{C}): \|f\|^2 = \frac{1}{\pi^{\frac{2}{\beta}} \Gamma(\frac{2}{\beta})} \int_{\mathbb{C}} |f(z)|^2 e^{-|z|^\beta} d\mu < \infty \right\}, \beta > 0,$$

где  $H(\mathbb{C})$  — пространство целых функций с топологией компактной сходимости,  $d\mu$  — мера Лебега на плоскости.[1]

Введем обозначение  $k = \frac{2}{\beta}$ . Рассматриваем оператор умножения на переменную  $z$   $S = z \cdot$ . Сопряженный оператор является оператором дифференцирования

$$S^* = c_1 \frac{d}{dz} + c_2 z \frac{d^2}{dz^2} + \dots + c_{n-1} z^{n-2} \frac{d^{n-1}}{dz^{n-1}} +$$

$c_n z^{n-1} \frac{d^n}{dz^n} + \dots$  конечного или бесконечного порядка. Также он совпадает

с оператором обобщенного дифференцирования  $D$ , порожденным последовательностью  $\{m_n\}_{n=0}^\infty$ , который действует по правилу  $Df(z) =$

$$\frac{1}{z} \sum_{n=0}^\infty a_n m_n z^n, \text{ где } m_n = \frac{\Gamma(\frac{2}{\beta}(n+1))}{\Gamma(\frac{2}{\beta}n)}, n \geq 1, m_0 = 0. \text{ В силу условий на}$$

последовательность  $\{m_n\}_{n=0}^\infty$  оператор  $D$  действует из пространства  $H(\mathbb{C})$  в пространство  $H(\mathbb{C})$  линейно и непрерывно.

**Теорема 1.** Для коэффициентов оператора  $S^*$  порядка  $n_0$

$$c_n = \sum_{s=1}^n \frac{(-1)^{n-s} \Gamma(k(s+1))}{s!(n-s)! \Gamma(ks)}, n = \overline{(1; n_0)}, \text{ верна асимптотическая оценка}$$

$$|c_n| \leq \frac{k^k n^{k-n+\frac{1}{2}} e^n \left(1+\frac{1}{n}\right)^{k-\frac{1}{2}}}{\sqrt{2\pi}} \text{ и выполняется соотношение } \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|c_n|} = 0.$$

**Теорема 2.** Для оператора

$$D_k = c_1 \frac{d}{dz} + c_2 z \frac{d^2}{dz^2} + \dots + c_{k-1} z^{k-2} \frac{d^{k-1}}{dz^{k-1}} + c_k z^{k-1} \frac{d^k}{dz^k},$$

действующего  $n$  раз на аналитическую в определенной области функцию

$f(z)$ , выполняется оценка  $\left| \frac{D_k^n}{(k(n+1))!} \right| \leq \frac{C}{r^n}$ , где  $r$  — радиус области,  $C$  —

определенная постоянная величина.

## Литература

1. Дильмухаметова А.М., Муллабаева А.У., Напалков В.В. Обобщение пространства Фока / Уфимский математический журнал. – Уфа. 2010. – Т. 2, №1. С. 52 – 58.

© Рахимова А.И., 2016г.



## СЕКЦИЯ «ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ»

УДК 517.956.25

### СУЩЕСТВОВАНИЕ РЕШЕНИЙ АНИЗОТРОПНЫХ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ С ПЕРЕМЕННЫМИ НЕЛИНЕЙНОСТЯМИ В НЕОГРАНИЧЕННЫХ ОБЛАСТЯХ

Кожевникова Лариса Михайловна, Камалетдинов Александр Шамилович  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Пусть  $\Omega$  — произвольная область пространства  $\mathbb{R}^n = \{x = (x_1, x_2, \dots, x_n)\}$ ,  $\Omega \subsetneq \mathbb{R}^n$ ,  $n \geq 2$ . Для квазилинейных эллиптических уравнений второго порядка рассматривается задача Дирихле

$$\sum_{i=1}^n (a_i(x, u, \nabla u))_{x_i} - a_0(x, u, \nabla u) = 0, \quad x \in \Omega, \quad u|_{\partial\Omega} = 0. \quad (1)$$

Для изотропного уравнения с постоянными степенными нелинейностями Ф. Браудер [1] установил существование решения задачи Дирихле в произвольной области, доказательство основано на абстрактной теореме для псевдомонотонных операторов. В настоящей работе доказана теорема существования обобщенных решений задачи (1) для анизотропных эллиптических уравнений с переменными нелинейностями без предположения ограниченности области  $\Omega$  и гладкости ее границы.

Пусть  $\vec{p}(x) = (p_0(x), p_1(x), \dots, p_n(x)) \in (L_\infty^+(\Omega))^{n+1} \cap (C^+(\bar{\Omega}))^{n+1}$ .

Предполагается, что для каратеодориевых функций  $a_i(x, s_0, s)$  существуют положительные числа  $\hat{a}, \bar{a}$  и измеримые неотрицательные функции  $\phi(x) \in L_1(\Omega)$ ,  $\Phi_i(x) \in L_{p_i(\cdot)}'(\Omega)$ ,  $i = 0, 1, \dots, n$ , такие, что для п.в.  $x \in \Omega$  и любых  $s = (s_0, s) \in \mathbb{R}^{n+1}$  справедливы неравенства

$$|a_i(x, s_0, s)| \leq \hat{a} \left( |s_i|^{p_i(x)-1} + |s_0|^{p_0(x)/p_i(x)} \right) + \Phi_i(x),$$

$$i = 0, 1, \dots, n; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n (a_i(x, s_0, s) - a_i(x, s_0, t))(s_i - t_i) > 0, \quad s \neq t; \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^n a_i(x, s_0, s) s_i \geq \bar{a} \sum_{i=0}^n |s_i|^{p_i(x)} - \phi(x). \quad (4)$$

Положим

$$p_+(x) = \max\{p_1(x), p_2(x), \dots, p_n(x)\}, \quad \bar{p}(x) = n \left( \sum_{i=1}^n 1/p_i(x) \right)^{-1},$$

$$p_*(x) = n\bar{p}(x)/n - \bar{p}(x) \text{ при } \bar{p}(x) > n, \quad p_*(x) = +\infty \text{ при } \bar{p}(x) \leq n.$$

Предполагаем, что

$$p_+(x) \leq p_0(x) < p_*(x), \quad x \in \Omega. \quad (5)$$

**Теорема.** Если выполнены условия (2)-(5), то существует обобщенное решение задачи (1).

#### **Литература**

1. Browder, F. E. Pseudo-monotone operators and nonlinear elliptic boundary value problems on unbounded domains / F.E. Browder // Proc. Nati. Acad. Sci. USA. — 1977. — Vol. 74, № 7. — P. 2659–2661.

© Кожевникова Л.М., Камалетдинов А.Ш., 2016 г.

## СЕКЦИЯ «СПЕКТРАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОПЕРАТОРОВ»

УДК 517.94

### ВТОРАЯ ПОПРАВКА ТЕОРИИ ВОЗМУЩЕНИЙ ДЛЯ ВОЗМУЩЁННОГО ОПЕРАТОРА ЛАПЛАСА-БЕЛЬТРАМИ

Атнагулов Арсэн Ильгизович

Башкирский государственный аграрный университет, г.Уфа, Россия

В работе изучается в  $L^2(S^2)$  оператор Лапласа-Бельтрами (формулу см., например, в [1]), возмущённый оператором умножения на функцию  $\nu(\omega)$ . Целью работы является оценка второй поправки теории возмущений для более слабых, чем ранее, ограничений на возмущение  $\nu(\omega)$  при вычислении формулы регуляризованного следа для собственных чисел оператора  $L$ .

С этой целью в работе более подробно изучаются свойства ядра резольвенты невозмущенного оператора  $R_0(z) = (L_0 - z)^{-1}$ , которое для этого сводится к функциям, выражаемым через функции Бесселя 1 и 2 рода. После чего вторая поправка теории возмущений разбивается на сумму двух интегралов: от 0 до  $\pi/2$  и от  $\pi/2$  до  $\pi$ . Функции на втором промежутке можно выразить через функции на первом, коэффициенты легко вычисляются. После чего производится оценка отдельных слагаемых в подынтегральных выражениях(см. [2]).

#### Литература

1. Садовничий В.А., Фазуллин З.Ю., Атнагулов А.И. Свойства резольвенты оператора Лапласа-Бельтрами на двумерной сфере и формула следов. Доклады Академии наук. 2011. Т. 441. № 2. С. 174-176.
2. Атнагулов А.И. К вопросу о второй поправке теории возмущений для возмущённого оператора Лапласа-Бельтрами. В сборнике: Современные тенденции в науке, технике, образовании Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 3-х частях. 2016. С. 129-131.

© Атнагулов А.И., 2016г.

УДК 621.81

## МОДАЛЬНЫЙ ПРИМЕР ОБРАТНОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ

Валиахметова Гузель Вилевна

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

В  $n$ -мерном евклидовом пространстве  $\mathbb{E}^n$  рассматривается пучок операторов при выполнении следующих условий:

$$(1) L(\mu, \varepsilon) = (A_0 + \varepsilon A_1) - \mu(B_0 + \varepsilon B_1) : \mathbb{E}^n \rightarrow \mathbb{E}^n,$$

$$(2) \max_{\mu \in \mathbb{C}} \{\text{rank} L(\mu, 0)\} = m < n$$

Было введено понятие квазиспектра пучка  $L_0(\mu)$ , рассмотрены его основные свойства и способ его вычисления.

Показано, что для того, чтобы вычислить квазирегулярный спектр пучка  $L_0(\mu) = A_0 - \mu B_0$  его сначала необходимо привести к виду, удовлетворяющего условию:

$$C_0(\mu) = \begin{pmatrix} C_{11} - \mu I_1 & C_{12} \\ C_{21} & 0 \end{pmatrix} : \mathbb{E}^n \rightarrow \mathbb{E}^n,$$

где  $C(\mu, \varepsilon) = S_1 L(\mu, \varepsilon) S_2 = C_0(\mu) + \varepsilon C_1(\mu)$

Далее найти спектр матрицы  $C_{11}$ , который и будет являться квазиспектром исходного пучка.

Все теоретические факты проверены на модельном примере операторного иррегулярного пучка размерности 4. Построено 2 модельных примера самого пучка, и изучен ряд его возмущений.

### Литература

1. Валеев Н. Ф. Об одном спектральном свойстве иррегулярных пучков, Уфимск. матем. журн., 4:4(2012), 45-53

© Валиахметова Г.В., 2016г.

УДК 517.927.25

## О СПЕКТРАЛЬНОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ НЕСАМОСПРЯЖЕННОГО ОПЕРАТОРА ШТУРМА-ЛИУВИЛЛЯ С ЛОГАРИФМИЧЕСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ

Валиуллина Ляйсан Габдулловна

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Пусть  $T_0$  – замкнутый оператор, действующий в сепарабельном гильбертовом пространстве  $H$ . Будем говорить, что спектр оператора  $T_0$

локализован около луча  $\arg \lambda = \theta$  если для любого  $\varepsilon > 0$  оператор  $T_0$  вне угла  $\{|\arg \lambda - \theta| < \varepsilon\}$  имеет конечное число собственных значений, каждое из которых конечной кратности. Из теоремы Келдыша [1] следует, что если оператор  $T_0$  положителен и  $T_0^{-1} \in \sigma_p$  при некотором  $p < \infty$ , то любое возмущение  $V$ , компактное относительно  $T_0$  (то есть  $VT_0^{-1} \in \sigma_\infty$ ), сохраняет локализацию спектра.

Рассмотрим оператор  $(H = L^2(0, +\infty))$   $D(T_0) = \{y \in H: y' \in AC[0, +\infty), -y'' + e^{i\theta} q_0(x)y \in H, y(0) = 0\}$ ,  $T_0 y = -y'' + e^{i\theta} q_0(x)y$ , где  $0 \leq \theta < \pi$ , функция  $q_0$  локально суммируема на  $[0, +\infty)$  и  $\lim_{x \rightarrow +\infty} q_0(x) = +\infty$ . В работе [2] показано, что если  $q_0(x) = x^\alpha$ ,  $\alpha > 0$ , то

1) собственные числа оператора  $T_0$  имеют вид:  $\lambda_k = e^{2\alpha\theta i/(2+\alpha)} r_k$ ,  $r_k > 0$  и  $r_k \sim k^{2\alpha/(2+\alpha)}$ ,  $k \rightarrow \infty$ ;

2) добавление к  $q_0$  некоторой финитной суммируемой функции  $V(\cdot)$  приводит к появлению в спектре оператора  $T = T_0 + V$  серии собственных чисел, локализованных около луча  $\arg \lambda = 0$ .

Метод работы [2] в существенном использует факт  $T_0^{-1} \in \sigma_p$  при некотором  $p < \infty$ , потому неприменим в ситуации, когда  $q$  растет медленнее любой степени  $x^\alpha$ . Справедлива

**Теорема 1.** Пусть  $q = \ln x$  и  $V$  – оператор умножения на финитную, суммируемую на своем носителе  $[0; a]$  функцию  $V(\cdot)$ , которая в некоторой полукрестности точки  $a$  допускает представление  $V(x) = (a - x)^m W(x)$ , где  $m \geq 0$ ,  $W(a - 0)$  существует, конечен и не равен 0. Тогда спектр оператора  $T = T_0 + V$  состоит из 2 серий  $\{\lambda_n^{(1)}\}_1^\infty$  и  $\{\lambda_n^{(2)}\}_1^\infty$ , имеющих следующие асимптотики:  $\lambda_n^{(1)} \sim e^{i\theta} \ln n$ ,

$$\lambda_n^{(2)} \sim \left[ \frac{\pi n}{a} + i \frac{m+2}{2a} \ln n + O(1) \right]^2, n \rightarrow \infty.$$

#### Литература

1. Келдыш М.В. О собственных значениях и собственных функциях некоторых классов несамосопряженных уравнений// ДАН СССР. Т.77. №1. 1951. С. 11-14.
2. Ишкин Х.К. О спектральной неустойчивости оператора Штурма – Лиувилля с комплексным потенциалом// Дифф. уравнения. Т.45. №4. 2009. С. 480-495

© Валиуллина Л.Г., 2016г.

## ОБ ИНДЕКСЕ ДЕФЕКТА ОПЕРАТОРА, ПОРОЖДЕННОГО ПРОИЗВЕДЕНИЕМ КВАЗИДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ВЫРАЖЕНИЙ

Конечная Н.Н., Тагирова Р.Н.

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В.Ломоносова,  
г. Архангельск, Россия

Пусть вещественная функция  $\sigma(x)$  измерима на  $I := [1, +\infty)$  и  $\sigma^2 \in L_{loc}^1(I)$ . Определим матрицу  $F$  типа Шина-Зеттла равенством

$$F := \begin{pmatrix} \sigma & 1 \\ -\sigma^2 & -\sigma \end{pmatrix}.$$

Известно, что  $F$  порождает квазипроизводные  $y^{[1]}(x) := y'(x) - \sigma(x)y(x)$ ,  $y^{[2]}(x) := (y^{[1]}(x))' + \sigma(x)y^{[1]}(x) + \sigma^2(x)y(x)$  и симметрическое в смысле Лагранжа выражение  $I[y](x) := -y^{[2]}(x)$  (см. [1]). В [2] показано, что  $I[y](x)$  можно трактовать как выражение  $I[y](x) = -y''(x) + \sigma'(x)y(x)$ , где всюду производные означают производные в смысле теории распределений.

Рассмотрим матрицу

$$G := \begin{pmatrix} F & M & O \\ O & F & M \\ O & O & F \end{pmatrix},$$

где  $M$  – матрица, все элементы которой равны нулю, кроме единицы в левом нижнем углу;  $O$  – нулевая матрица. Матрица  $G$  также является матрицей типа Шина-Зеттла и порождает симметрическое в смысле Лагранжа выражение шестого порядка  $\tau[y] = I^3[y]$ . Справедливы утверждения:

**Теорема.** Пусть  $\sigma(x), \sigma^2 \in L_1(I)$ . Тогда уравнение  $\tau[y](x) = \lambda y(x)$ ,  $\lambda \in \mathbb{C}$ , имеет фундаментальную систему решений  $y_k(x)$  такую, что  $y_k(x) = c_k e^{z_k x} (1 + o(1))$ ,  $z_k = \sqrt[6]{-\lambda}$ ,  $k = 1, \dots, 6$ , при  $x \rightarrow +\infty$ .

**Следствие.** Пусть выполняются условия теоремы. Тогда индекс дефекта минимального симметрического оператора  $L_0$ , порожденного выражением  $\tau[y]$  в  $L_2(I)$ , равен (3,3).

### References

1. Everitt W.N. Linear ordinary quasi-differential expressions // Lecture notes for the Fourth International Symposium on Differential equations and Differential Geometry, Beijing, Peoples' Republic of China, 1986. – pp. 1-28.

2. Савчук А.М., Шкалик А.А. Операторы Штурма-Лиувилля с сингулярными потенциалами // Математические заметки. 1999.– Т. 66. – № 3.– С. 847-912.

© Конечная Н.Н., Тагирова Р.Н., 2016г.

УДК 517.984.4

**О КВАЗИРЕГУЛЯРНОСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО  
ОПЕРАТОРА, ПОРОЖДЁННОГО КВАДРАТОМ  
КВАЗИДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ВЫРАЖЕНИЯ ВТОРОГО  
ПОРЯДКА**

Сафонова Т.А., Рябченко С.В.

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В.  
Ломоносова, г.Архангельск, Россия

Пусть действительнзначная функция  $\sigma(x)$  определена и измерима на полуоси  $R_+ := [0; +\infty)$  и  $\sigma^2(x) \in L^1_{loc}(R_+)$ . Эти условия позволяют определить посредством матрицы  $F := \begin{pmatrix} \sigma & 1 \\ -\sigma^2 & -\sigma \end{pmatrix}$  квазипроизводную  $y_F^{[1]}$  заданной локально абсолютно непрерывной на  $R_+$  функции  $y$  и квазидифференциальное выражение, полагая

$$y_F^{[1]} := y' - \sigma y, \quad l_F[y] := -(y_F^{[1]})' - \sigma y_F^{[1]} - \sigma^2 y,$$

(при определении  $l_F[y]$  мы предполагаем, что  $y_F^{[1]} \in AC_{loc}(R_+)$ ).

Рассмотрим далее матрицу  $G = \begin{pmatrix} F & M \\ O & F \end{pmatrix}$ , где  $M$  – матрица второго

порядка, все элементы которой равны нулю, кроме единицы в левом нижнем углу, и  $O$  – нулевая матрица второго порядка. Следуя той же процедуре, легко найти квазипроизводные и квазидифференциальное выражение, порождённые посредством матрицы  $G$ , а именно

$$y_G^{[1]} = y' - \sigma y, \quad y_G^{[2]} = (y_G^{[1]})' + y_G^{[1]} + \sigma^2 y = -l_F[y],$$

$$y_G^{[3]} = (y_G^{[2]})' - \sigma y_G^{[2]} = -(l_F[y])_F^{[1]}, \quad l_G = (y_G^{[3]})' + y_G^{[3]} + \sigma^2 y = -l_F[-l_F[y]].$$

Квазидифференциальное выражение  $l_G[y] (= l_F^2[y])$  известным

образом определяет минимальный замкнутый симметрический оператор  $L_0$  в гильбертовом пространстве  $L^2(R_+)$ . Символом  $(n_+, n_-)$  обозначим индекс дефекта этого оператора. Известно, что  $2 \leq n_+ = n_- \leq 4$ .

Если же производные трактовать в смысле теории распределений, то можно показать, что оператор  $L_0$  порождается выражением вида

$$l_G[y] := y^{(4)} - 2(\sigma' y')' + ((\sigma')^2 - \sigma''')y \quad (1)$$

в том же пространстве.

Пусть далее  $x_k (k=0,1,\dots)$  - возрастающая последовательность положительных чисел такая, что  $x_0 = 0$ ,  $\lim_{k \rightarrow +\infty} x_k = +\infty$ .

Справедлива следующая теорема.

**Теорема.** Минимальный замкнутый симметрический оператор  $L_0$ , порождённый выражением (1) в пространстве  $L^2(R_+)$ , в случае, когда  $\sigma(x)$  является ступенчатой функцией со скачками в точках  $x_k$  и величинами скачков  $h_k$ , имеет индекс дефекта  $(4,4)$  в том и только в том случае, когда при  $k=1,2,\dots$  все решения линейной однородной системы разностных уравнений

$$\begin{aligned} & -\frac{1}{d_{k+1}r_{k+1}r_{k+2}} \begin{pmatrix} 1 & -1/3d_{k+1}^2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Z_{k+1}^0 \\ Z_{k+1}^1 \end{pmatrix} + \\ & + \frac{1}{r_{k+1}^2} \left[ \frac{1}{d_{k+1}} \begin{pmatrix} 1 & 2/3d_{k+1}^2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \alpha_k & 0 \\ 0 & \alpha_k \end{pmatrix} + \frac{1}{d_k} \begin{pmatrix} 1 & 2/3d_k^2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \right] \begin{pmatrix} Z_k^0 \\ Z_k^2 \end{pmatrix} + \\ & + \frac{1}{d_k r_k r_{k+1}} \begin{pmatrix} 1 & -1/3d_k^2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Z_{k-1}^0 \\ Z_{k-1}^1 \end{pmatrix} = 0, \end{aligned}$$

принадлежат пространству  $l^2$ , где  $d_k = x_k - x_{k-1}$ ,  $r_{k+1} = \sqrt{d_{k+1} + d_k}$  и

$$\alpha_k = h_{k+1} - h_k.$$

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (грант Президента РФ № МК-3941.2015.1), первый автор также поддержан РФФИ (грант № 14-01-00349).*

© Сафонова Т.А., Рябченко С.В., 2016г.



## СЕКЦИЯ «МЕХАНИКА»

УДК 534.113

### ОДНОЗНАЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕХ ПАРАМЕТРОВ КОНЦЕВОГО ГРУЗА СТЕРЖНЯ ПО ЧЕТЫРЕМ СОБСТВЕННЫМ ЧАСТОТАМ ЕГО КОЛЕБАНИЙ

Аитбаева А.А.

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

Рассматриваются однородный стержень, левый конец которого заделан, а на правом конце сосредоточен груз массой  $m$  и моментом инерции  $I_1$ , упруго закрепленный на пружинке с жесткостью  $c_2$ , которая препятствует повороту стержня (см. Рис.1). Требуется по собственным частотам изгибных колебаний стержня найти неизвестные параметры концевого груза:  $m$ ,  $I_1$ ,  $c_2$ .

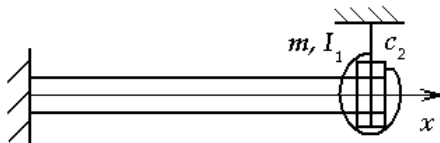


Рис. 1. Стержень с грузом на конце

В работе [1] был приведен метод решения данной задачи нахождения трех параметров по пяти собственным частотам изгибных колебаний стержня. Здесь же, было уменьшено количество собственных частот и показано, что для однозначной идентификации трех параметров достаточно использования не пяти, а четырех собственных частот. Также приведены формулы идентификации и контрпримеры, показывающие, что при использовании меньшего числа собственных частот возникает двойственность решения задачи.

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (проект № 16-31-00077 мол\_а и проект № 16-31-00113 мол\_а).*

#### Литература

1. Аитбаева А.А. Идентификация коэффициента жесткости пружины, закрепленной на конце балки Эйлера-Бернулли, а также массы и момента инерции груза сосредоточенного на этом конце // Обратные краевые задачи и их приложения: материалы конференции (г. Казань, 20-24 октября, 2014г.) [Электронный ресурс]. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2014.

© Аитбаева А.А., 2016 г.

**ДИАГНОСТИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
ЗВЕЗДООБРАЗНОЙ СТРУКТУРЫ**Аксенова З. Ф.<sup>1</sup>, Ахтямов А. М.<sup>2</sup><sup>1</sup>Башкирский государственный университет, Уфа, Россия<sup>2</sup>Институт механики УНЦ РАН, Уфа, Россия

Ставится задача диагностирования закреплений состоящих из упруго закрепленных сосредоточенных масс на тупиковых вершинах струнного (параметров геометрического графа) по собственным частотам его колебаний. Моделирование колебаний геометрического графа  $G$  в виде звезды из трех ребер-струн с одним общим концом в нуле описывается уравнениями колебаний струны на каждом ребре. Длины струн одинаковы и равны  $l$ , толщина струн одинаковая, струны не растяжимы. Тупиковые концы струн упруго закреплены, причем каждая из струн может быть закреплена как пружинками жесткости  $h_i$ , в местах закрепления подвешены сосредоточенные массы  $m_i$ . Представлены контрпримеры, показывающие, что если взять такое же число собственных значений, что и число неизвестных параметров, то этого будет недостаточно для однозначности восстановления неизвестных с точностью до перестановок пар  $(h_i, m_i)$  местами. Показано, что для однозначности восстановления  $h_i$  с точностью до перестановок пар  $(h_i, m_i)$  местами требуется использовать четыре собственных значения, а для однозначности восстановления  $h_i$  и  $m_i$  с точностью до перестановок пар достаточно девяти собственных значений.

**Литература**

1. Аксенова З.Ф., Ахтямов А.М. Акустическая диагностика сосредоточенных масс на концах струнного графа с упругим закреплением на концах // Вестник Башкирского университета. 2014. Т. 19. № 1. С. 158-163.
2. Ахтямов А.М., Аксенова З.Ф. О диагностике механической системы из струн по конечному набору собственных значений // Фундаментальные исследования. 2015. № 5-1. С. 27-31.

© Аксенова З.Ф., Ахтямов А.М., 2016г.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА И ДВУХ ПАРАМЕТРОВ ДЕФЕКТА  
СТЕРЖНЯ ПО ТРЕМ СОБСТВЕННЫМ ЧАСТОТАМ  
ЕГО ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ**

Ахтямов А.М., Зубайдуллина З.Р.

Башкирский государственный университет + Институт механики им.  
Р.Р. Мавлютова УНЦ РАН, Уфа, Россия;

Рассматривается задача определения вида дефекта стержня и двух его параметров по трем собственным частотам его изгибных колебаний. В качестве видов дефекта рассматриваются трещина и полость.

Ранее рассматривались задачи идентификации параметров дефекта известного вида [1-5]. Отличие рассматриваемой постановки задачи в том, что неизвестными являются не только параметры, но и вид дефекта.

В работе показано, что вид и параметры дефекта и двух его параметров можно однозначно определить по трем собственным частотам колебаний.

*Работа поддержана РФФИ (проект 15-01-01095 а).*

**Литература**

1. Gladwell G. M. L. Inverse problems in vibration. – Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 2004. (Русский перевод: Глэдвелл Г.М.Л. Обратные задачи теории колебаний. – М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. –608 с.
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. Ахтямов А.М, Аюпова А.Р. Диагностирование полости в стержне методом отрицательной массы // Дефектоскопия. 2010, Т.46, №5, С.29-3..
4. Ахтямов А.М, Аюпова А.Р. О решении задачи диагностирования дефектов в виде малой полости в стержне // Журнал Средневолжского математического общества. 2010. Том 12, № 3. С. 38-43.
5. Ватульян А. О., Солуянов Н. О. Идентификация полости в упругом стержне при анализе поперечных колебаний // ПМТФ. 2008. Т. 49, № 6. С. 152–158.

© Ахтямов А.М., Зубайдуллина З.Р., 2016 г.

**IDENTIFICATION OF DIFFERENT DENSITIES OF THE  
STRINGS-EDGES FOR STAR GRAPH**

Akhtyamov A.M.<sup>1</sup>, Mamedov Kh.R.<sup>2</sup>, Cetinkaya A.F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bashkir State University+Mavlutov Institute of Mechanics, Ufa, Russia;

<sup>2</sup>Mersin University, Mersin, Turkey

The work is devoted to the solution of the inverse spectral problem for Sturm-Lioville differential operators on the star graphs with 3 strings-edges  $x_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ). The inverse problem consists of recovering constant densities  $\rho_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) of the strings-edges  $x_i$  from 4 eigenvalues of strings graph vibrations. It is shown that this inverse problem has an infinite number of solutions  $\rho = (\rho_1, \rho_2, \rho_3)$  in  $\mathbb{R}^3$  and unique solution in a sufficiently small area  $\subset \mathbb{R}^3$ . Besides, it is shown that the inverse problem of recovering  $\rho = (\rho_1, \rho_2, \rho_3)$  with different densities  $\rho_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) from 4 eigenvalues of strings graph vibrations and 4 eigenvalues of strings graph vibrations with other boundary conditions has unique solution in  $\mathbb{R}^3$ .

Related problems were considered in the works. However, not the densities, but the boundary conditions were found of these works.

*This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project 15-01-01095 a) and by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK).*

**References**

1. Аксенова З.Ф., Ахтямов А.М. Акустическая диагностика сосредоточенных масс на концах струнного графа с упругим закреплением на концах // Вестник Башкирского университета. 2014. Т. 19. № 1. С. 158-163.
2. Ахтямов А.М., Аксенова З.Ф. О диагностике механической системы из струн по конечному набору собственных значений // Фундаментальные исследования. 2015. № 5-1. С. 27-31.

© Akhtyamov A.M., Mamedov Kh.R., Cetinkaya A.F., 2016 г.

## IDENTIFICATION OF BOUNDARY CONDITIONS FOR STAR GRAPH WITH DIFFERENT DENSITIES OF THE STRINGS-EDGES

Akhtyamov A.M.<sup>1</sup>, Mamedov Kh.R.<sup>2</sup>, Nur E.Y.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bashkir State University+Mavlutov Institute of Mechanics, Ufa, Russia;

<sup>2</sup>Mersin University, Mersin, Turkey

The work is devoted to the solution of the inverse spectral problem for Sturm-Liouville differential operators on the star graphs with  $n$  strings-edges

$$x_i \quad (i = 1, 2, \dots, n).$$

The inverse problem consists of recovering the coefficients  $h_1, h_2, \dots, h_n$  in boundary conditions of star-graph with strings-edges  $x_i$  with different densities

$$\rho_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

from eigenvalues of strings graph vibrations.

We show that this inverse problem has a unique solution  $(h_1, h_2, \dots, h_n)$  in  $\mathbb{R}^n$ . Consider boundary problem  $L$  with equations

$$-y_1'' + q_1(x) y_1 = \lambda^2 \rho_1 y_1, \quad (1)$$

$$-y_2'' + q_2(x) y_2 = \lambda^2 \rho_2 y_2, \quad (2)$$

$$-y_3'' + q_3(x) y_3 = \lambda^2 \rho_3 y_3, \quad (3)$$

the conjugation conditions

$$y_1(0) = y_2(0) = y_3(0), \quad y_1'(0) + y_2'(0) + y_3'(0) = 0, \quad (4)$$

and the boundary conditions

$$y_1'(\pi) + h_1 y_1(\pi) = 0, \quad y_2'(\pi) + h_2 y_2(\pi) = 0, \quad y_3'(\pi) + h_3 y_3(\pi) = 0. \quad (5)$$

We show that if the densities  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$  are different then the inverse problem of recovering  $h = (h_1, h_2, h_3)$  from four eigenvalues of problem (1)–(3) has unique solution in  $\mathbb{R}^3$ . Related problems were considered in the works [1,2]. However, in [1,2] boundary conditions were found for star graph with the same densities.

*This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project 15-01-01095a) and by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK).*

### References

1. Аксенова З.Ф., Ахтямов А.М. Акустическая диагностика сосредоточенных масс на концах струнного графа с упругим закреплением на концах // Вестник Башкирского университета. 2014. Т. 19. № 1. С. 158-163.
2. Ахтямов А.М., Аксенова З.Ф. О диагностике механической системы из струн по конечному набору собственных значений // Фундаментальные исследования. 2015. № 5-1. С. 27-31.

© Akhtyamov A.M., Mamedov Kh.R., Nur E.Y., 2016 г.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА И ПАРАМЕТРОВ ДЕФЕКТА СТЕРЖНЯ  
ПО СОБСТВЕННЫМ ЧАСТОТАМ ЕГО ПРОДОЛЬНЫХ  
КОЛЕБАНИЙ**

Ахтямов А.М., Фазлетдинова Д.Р.

Башкирский государственный университет + Институт механики им.  
Р.Р. Мавлютова УНЦ РАН, Уфа, Россия;

Рассматривается задача определения вида дефекта стержня по собственным частотам его продольных колебаний. В качестве видов дефекта рассматриваются трещина, полость и налипание инородного предмета (льда и т.п.)

Ранее рассматривались задачи идентификации параметров дефекта известного вида [1-5]. Отличие рассматриваемой постановки задачи в том, что неизвестными являются не только параметры, но и вид дефекта.

В работе показано, что вид и параметры дефекта (объем полости, величину трещины) можно однозначно определить по трем собственным частотам колебаний.

*Работа поддержана РФФИ (проект 15-01-01095а).*

**Литература**

1. Gladwell G. M. L. Inverse problems in vibration. – Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 2004. (Русский перевод: Глэдвелл Г.М.Л. Обрат- ные задачи теории колебаний. – М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. –608 с.
2. Ильгамов М.А. Диагностика повреждений вертикальной штанги. Труды института механики УНЦ РАН. 2007. Вып. 5. С.201-211.
3. Ахтямов А.М, Аюпова А.Р. Диагностирование полости в стержне методом отрицательной массы // Дефектоскопия. 2010, Т.46, №5, С.29-3..
4. Ахтямов А.М, Аюпова А.Р. О решении задачи диагностирования дефектов в виде малой полости в стержне // Журнал Средневолжского математического общества. 2010. Том 12, № 3. С. 38-43.
5. 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.

© Ахтямов А.М., Фазлетдинова Д.Р., 2016 г.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА И ПАРАМЕТРОВ ДЕФЕКТА СТЕРЖНЯ  
ПО ПЯТИ СОБСТВЕННЫМ ЧАСТОТАМ  
ЕГО ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ**

Ахтямов А.М., Хуснутдинова Г.А.

Башкирский государственный университет + Институт механики им.  
Р.Р. Мавлютова УНЦ РАН, Уфа, Россия;

Рассматривается задача определения вида дефекта стержня и четырех его параметров по собственным частотам его изгибных колебаний. В качестве видов дефекта рассматриваются трещина, полость, возникшая снизу опора и налипание инородного предмета (льда и т.п.)

Ранее рассматривались задачи идентификации параметров дефекта известного вида [1-5]. Отличие рассматриваемой постановки задачи в том, что неизвестными являются не только параметры, но и вид дефекта.

В работе показано, что вид и параметры дефекта и четырех его параметров можно однозначно определить по пяти собственным частотам колебаний.

*Работа поддержана РФФИ (проект 15-01-01095а).*

**Литература**

1. Gladwell G. M. L. Inverse problems in vibration. – Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 2004. (Русский перевод: Глэдвелл Г.М.Л. Обратные задачи теории колебаний. – М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. –608 с.
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. Ахтямов А.М, Аюпова А.Р. Диагностирование полости в стержне методом отрицательной массы // Дефектоскопия. 2010, Т.46, №5, С.29-3..
4. Ахтямов А.М, Аюпова А.Р. О решении задачи диагностирования дефектов в виде малой полости в стержне // Журнал Средневолжского математического общества. 2010. Том 12, № 3. С. 38-43.
5. Ватульян А. О., Солуянов Н. О. Идентификация полости в упругом стержне при анализе поперечных колебаний // ПМТФ. 2008. Т. 49, № 6. С. 152–158.

© Ахтямов А.М., Хуснутдинова Г.А., 2016 г.

## ЗАДАЧА ИДЕНТИФИКАЦИИ ТИПОВ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ТРУБОПРОВОДА ПО СОБСТВЕННЫМ ЧАСТОТАМ

Ахтямов А. М., Шагиев В. Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Рассмотрим колебания трубопровода, содержащего жидкость. Трубопровод закреплён на левом и правом концах определённым способом: заделка, свободное опирание, плавающая заделка, свободный конец, упругое закрепление (пружины).

**Задача:** зная собственные частоты изгибных колебаний трубопровода и физические параметры механической системы (масса, плотность, длина, внешний и внутренний радиусы трубы; масса и плотность жидкости), необходимо определить вид закреплений на обоих концах. В [1, с. 129] данная задача решается с использованием девяти собственных частот, когда жидкость не течёт по трубопроводу, и с использованием 14 собственных частот, когда жидкость движется. Проблеме поиска минимального количества собственных частот, достаточного для решения данной задачи, и посвящена данная работа.

В [2] описан случай, когда жидкость не течёт по трубопроводу, и не рассматриваются упругие виды закреплений. Таким образом, возникает 16 вариантов закреплений. Показано, что вариант, когда трубопровод на одном конце закреплён заделкой, а на другом свободен, и вариант (свободное опирание)-(плавающая заделка) можно идентифицировать всего лишь по одной ненулевой собственной частоте. Остальные 12 вариантов определяются по одной ненулевой собственной частоте и информации, является ли ноль собственным значением конкретного случая. Добавляя в рассмотрение упругие закрепления, количество собственных частот, необходимых для идентификации краевых условий, увеличивается.

Результаты данных исследований применимы для выбора закрепления, при котором колебания трубопровода имели бы нужный (безопасный) спектр частот. Кроме того, они применимы и для акустической диагностики закрепления трубопровода (правда, в этом случае требуется очень высокая точность приборов, измеряющих собственные частоты).

### Литература

1. Ахтямов А. М. Теория идентификации краевых условий и ее приложения. М.: Физматлит, 2009. 272 с.
2. Шагиев В. Р., Ахтямов А. М. Идентификация неупругих видов закреплений трубопроводов // Вестник Башкирского университета. 2016. Т. 21. № 1. С. 21-26.

© Ахтямов А.М., Шагиев В.Р., 2016г.



## ИССЛЕДОВАНИЯ В СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЯХ ГРУЗОВОГО ВАГОНА

Башарова Л.М., Сафина Г.Ф.

Нефтекамский филиал БашГУ, г. Нефтекамск, Россия

В работе рассмотрены собственные колебания динамической модели грузового вагона (рисунок 1).

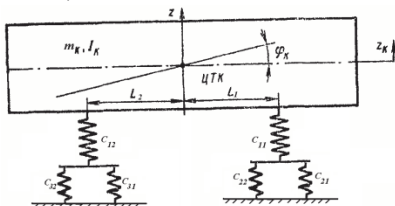


Рис. 1 – Упрощенная модель грузового вагона

Система уравнений, описывающая колебания, имеет вид:

$$\begin{cases} m_K z_K'' + (c_1 + c_2)z_K + (c_1 l_1 - c_2 l_2)\varphi_K = 0; \\ J_K \varphi_K'' + (c_1 l_1^2 + c_2 l_2^2)\varphi_K + (c_1 l_1 - c_2 l_2)z_K = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь  $c_1$ ,  $c_2$  – приведенные жесткости левой и правой опор вагона,,  $m_K$  – масса кузова,  $I_K$  – момент инерции кузова,  $l_1 + l_2$  – база кузова,  $z_K$  – текущее вертикальное перемещение центра тяжести кузова,  $\varphi_K$  – текущее угловое перемещение кузова. Получено частотное уравнение свободных колебаний рассматриваемой динамической модели вагона:

$$\omega^4 - \left( \frac{c_1 + c_2}{m_K} + \frac{c_1 l_1^2 + c_2 l_2^2}{I_K} \right) \omega^2 + \frac{c_1 c_2 (l_1 + l_2)^2}{I_K m_K} = 0. \quad (2)$$

Решение (2) найдено в виде:

$$\omega_{1,2} = \frac{1}{2} \left( \sqrt{\left( \frac{c_1 + c_2}{m_K} + \frac{c_1 l_1^2 + c_2 l_2^2}{I_K} \right)} \pm \sqrt{\left( \frac{c_1 + c_2}{m_K} + \frac{c_1 l_1^2 + c_2 l_2^2}{I_K} \right)^2 - 4 \frac{c_1 c_2 (l_1 + l_2)^2}{I_K m_K}} \right).$$

По решению прямой задачи исследовано влияние жесткостных и массовых параметров вагона на частоты его свободных колебаний.

### Литература

1. Тимошенко, С.П. Колебания в инженерном деле. Издательство «Наука». – 1967. – 444 с.

© Башарова Л.М., Сафина Г.Ф., 2016г.

УДК 620.18

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ J-ИНТЕГРАЛА И КОЭФФИЦИЕНТА ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ТРЕЩИНЫ ОТРЫВА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SIMULIA Abaqus**

Дияров К.А., Сухарев К.В., Миннихметова А.А., Ибрагимов Р.Р.  
Уфимский государственный нефтяной технический Университет, г. Уфа

Научной основой расчетов безопасности по критериям трещиностойкости и живучести конструкций является механика развития трещин в их элементах [1].

Трещиной в твердом теле называется область поверхности разрыва смещений, способная под воздействием внешних факторов к распространению, т.е. к увеличению своей площади [2].

Трещины начинают развиваться задолго до полного разрушения. В связи с этим встает задача моделирования роста трещины и расчета числа циклов до достижения трещины критического размера.

Одним из методов изучения возникновения и характера распространения трещины, в программном комплексе Abaqus является метод анализа развития трещины с помощью контурных интегралов (A contour integral analysis).

В рамках рассмотрения данного метода развития трещины с помощью контурных интегралов в ПК Abaqus была построена геометрическая модель плоской детали со следующими параметрами: длина 40 мм, ширина 10 мм, толщина 2 мм, а также с шириной трещины 2 мм. Нижняя грань модели жестко закреплена, а к верхней грани прикладывается усилие  $F=1000$  Н.

При помощи данного метода были найдены значения J-интеграла и коэффициента интенсивности напряжений для трещины отрыва образца с плоским напряженным состоянием.

Выяснилось, что погрешность значений J-интеграла ( $0,141$  МДж/мм<sup>2</sup>) и коэффициента интенсивности напряжений ( $173,849$  МПа·мм<sup>1/2</sup>), полученных в ПК Abaqus, в сравнении с аналитическим решением ( $J = 0,148$  МДж/мм<sup>2</sup>,  $K_I = 171,830$  МПа·мм<sup>1/2</sup>) составляет менее 5 %.

### **Литература**

1. Зайнуллин, Р.С. Критерии безопасного разрушения элементов трубопроводных систем с трещинами / Р.С. Зайнуллин, Е.М. Морозов, А.А. Александров. - М.: Наука, 2005.-316 с.
2. Морозов, Е.М. Механика развития трещин в деталях конструкций при испытаниях и эксплуатации / Е.М. Морозов, Р.С. Зайнуллин, Р.Г. Шарафиев. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 1996.-88 с.

© Дияров К.А., Сухарев К.В., Миннихметова А.А., Ибрагимов Р.Р., 2016 г.

УДК 66.041.45

## **АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗМЕЕВИКА ТРУБЧАТОЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ ПОСРЕДСТВОМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ABAQUS**

Султанов И.М., Тляшева Р.Р.

Уфимский государственный нефтяной технический Университет, г. Уфа

К настоящему времени обеспечение промышленной безопасности технологического оборудования в области нефтепереработки является важной и многоаспектной задачей. Одним из агрегатов обладающих повышенным риском возникновения аварий при работе является трубчатая нагревательная печь. Большое количество аварий происходит вследствие разгерметизации трубчатого змеевика печи с выбросом нагреваемой среды в объем печи. В результате образуется взрывоопасная смесь и при взаимодействии с открытым огнем от факела приводит к возгоранию или взрыву. К тому же рассматриваемый агрегат относится к постоянным источникам зажигания [1,2].

Трубчатый змеевик является важнейшим элементом трубчатой нагревательной печи и подвергается двустороннему воздействию высоких температур: изнутри – от технологического сырья и снаружи от открытого пламени и излучающих поверхностей. В связи с оценкой условий работы к змеевику предъявляются особые меры при изготовлении и особенно безопасной эксплуатации. При эксплуатации поверхность, непосредственно контактирующая с нагреваемым сырьем, подвергается эрозионному и коррозионному износам. Наружная поверхность труб в процессе эксплуатации подвержена: прогарам и окалинообразованию, а также коррозии в результате воздействия дымовых газов [3-6].

Прочностный анализ трубчатого змеевика, как системы, имеющей сложную геометрическую конфигурацию с различными конструктивными элементами, выполнялся посредством хорошо зарекомендовавшего себя программного комплекса «Abaqus», позволяющий решать прочностные задачи методом конечных элементов, при заданных условиях эксплуатации [7-10].

Конечно-элементный метод моделирования позволяет производить детальный анализ змеевиков трубчатых нагревательных печей, с целью оптимизации условий эксплуатации и обеспечения безопасности технологических процессов. В целях получения данных, для произведения расчета данным методом моделирования, был проведен натурный эксперимент на физической модели трубчатой нагревательной печи.

Футерованный корпус экспериментальной модели выполнен из огнеупорного кирпича, каркас выполнен из уголка стального. В топочном пространстве смонтирован змеевик из нержавеющей стали. Давление подачи газа (пропан-бутан) в горелку регулируется при помощи мембранного редуктора. Уходящие газы отводятся через вытяжную трубу. Во внутреннее пространство трубчатого змеевика воздух подается при минимальном избыточном давлении компрессором [12].

Сконструированная модель трубчатой нагревательной печи, позволила осуществить анализ распределения температур на трубчатом змеевике, при помощи тепловизионной съемки. Далее после произведения анализа полученных данных была построена трехмерная геометрическая модель трубчатого змеевика в программном комплексе Abaqus и соответственно приложены нагрузки от давления и заданы температурные поля как от воздействия сырья на внутреннюю поверхность змеевика, так и поля воздействующие на наружную поверхность от действия факела [13]. Таким образом, конечно-элементный метод моделирования позволил произвести прочностной анализ змеевика трубчатой печи, что в свою очередь позволило получить точную оценку напряженно-деформированного состояния змеевика с учетом рабочих термосиловых нагрузок.

#### Литература

1. Тляшева Р.Р., Кузеев И.Р., Чиркова А.Г. Мониторинг степени опасности производственных объектов нефтегазовой отрасли. - Уфа: УГНТУ, 2008. – С. 260.
2. Тляшева Р.Р., Чиркова А.Г., Идрисов В.Р., Ковалев Е.М., Давыдова Е.В. Мониторинг опасных производственных объектов нефтегазовой отрасли // Нефтегазовое дело. – 2006. – Т. 4. - № 2. – С. 108-123.
3. Иванова Е.И., Тляшева Р.Р., Абызгильдин А.Ю. Анализ опасности технологической системы с применением графических моделей. «Мировое сообщество: проблемы и пути решения », том 17 – Уфа: УГНТУ, 2005 г. -С.41-47.
4. Тляшева Р.Р. Роль печных агрегатов на нефтеперерабатывающем предприятии // Башкирский химический журнал. – 2004. – Т. 10. - № 1. – С . 22-24.
5. Тляшева Р.Р., Кузеев И.Р. Оптимизация расположения тепловоспринимающей поверхности труб печных агрегатов НПЗ // Башкирский химический журнал. – 2004. – Т. 10. - № 1. – С. 20-21.
6. Тляшева Р.Р., Баязитов М.И. Оптимизация теплообмена в радиантной секции трубчатой печи // Материалы конференции «Промышленная и

- технологическая безопасность: проблемы и перспективы». – Уфа: УГНТУ, 2002. – С. 121-132.
7. Тляшева Р.Р., Кузеев И.Р., Гостенова Е.А. Исследования напряженно-деформированного состояния аппаратов колонного типа с трубопроводной обвязкой при взрывном воздействии ударной волны // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов.- 2009. – Вып. 2 (76). – С.111-115.
  8. Тляшева Р.Р., Решетников А.А., Демин А.П. К вопросу оценки напряженно-деформированного состояния систем трубопроводов предприятий нефтепереработки методом конечно-элементного анализа // Сборник научных статей. "Мировое сообщество: проблемы и пути решения" – Уфа: УГНТУ, 2005. - №18 – С.154-158.
  9. Тляшева Р.Р., Яковлев А.В., Демин А.П., Решетников А.А. Анализ напряженно-деформированного состояния опор технологических трубопроводов под воздействием рабочих условий и нагрузок, возникающих при нештатных ситуациях // Мировое сообщество: проблемы и пути решения. 2007, № 21, с. 59-63
  10. Байрамгулов А.С., Зубаиров С.Г., Тляшева Р.Р. Исследование напряженно-деформированного состояния конструкции модуля пиролиза с учетом нелинейности свойств материала //Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2015. - № 3. – С. 376-395.
  11. Байрамгулов А.С., Зубаиров С.Г., Тляшева Р.Р., Халитов Р.Ш. Оценка напряженно-деформированного состояния усовершенствованной конструкции модульной установки термической переработки нефтяных шламов // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2014. - № 5. – С. 238-264.
  12. Тухватуллин Р.Р., Кульшарипов И.М., Тляшева Р.Р., Баязитов М.И. Верификация модели трубчатой нагревательной печи// В сборнике: Инженерные системы - 2016. Материалы Международного форума. - 2016. – С. 31-32.
  13. Тухватуллин Р.Р., Султанов И.М., Зайнуллина С.Р., Габзалилов Р.Ф., Тляшева Р.Р., Баязитов М.И. Сравнительный анализ распределения температур в камере радиации трубчатой печи посредством сопоставления результатов натурального и численных экспериментов //Башкирский химический журнал. - 2015. – Т. 22. - № 4. – С. 71-79.

© Султанов И.М., Тляшева Р.Р., 2016г.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СВЧ ЭМ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДОНЕФТЯНЫЕ ЭМУЛЬСИИ

Тухбатова Э.Р., Мусин А.А.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Эмульсии встречаются в различных отраслях промышленности. Одним из способов разрушения эмульсий типа вода в масле является воздействие на них сверхвысокочастотным электромагнитным (СВЧ ЭМ) полем.

В работе моделируется воздействие СВЧ ЭМ поля на водо-нефтяные эмульсии. Математическая модель процесса сформулирована в диффузионном приближении с учетом свободно-конвективных течений в приближении Буссинеска [1]. Диссипация энергии СВЧ поля моделируется введением распределенных источников тепла в каплях воды. Для решения задачи используется открытая интегрируемая платформа «OpenFOAM». На рис. 1 изображены: стрелками - вектор скорости теплового движения эмульсии, цветом - распределение концентрации эмульсии в ячейке.

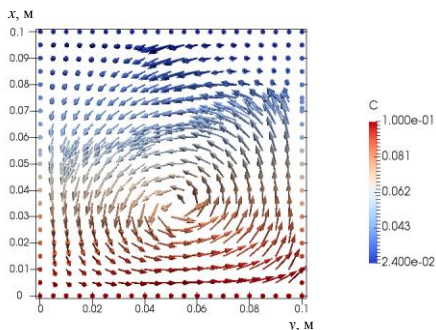


Рис. 1. Вектор скорости и распределение концентрации в ячейке.

Показано, что в среде формируется одновихревая структура слабого теплового движения. При этом поле концентрации эмульсии удовлетворяет стационарному решению задачи о распределении концентрации дисперсных частиц в поле сил тяжести.

Работа выполнена при поддержке грантов Президента РФ МК-9398.2016.1, Министерства образования и науки Российской Федерации (государственное задание №3.1251.2014 К) и РФФИ № 14-01-97005.

### Литература

1. Глухов А.Ф., Демин В.А., Третьяков А.В. О влиянии термодиффузии на перераспределение примеси при остывании столба бинарной жидкости // Известия ТПУ. Т. 326, № 11. 2015. С. 118-127.

© Тухбатова Э.Р., Мусин А.А., 2016г.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ КРАЕВЫХ УСЛОВИЙ СТРУНЫ С УЧЕТОМ СИММЕТРИЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УПРУГОЙ СРЕДЫ

Утяшев Ильнур Мирзович

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

В работе рассматривается решение задачи идентификации вида и параметров краевых условий для краевой задачи о колебаниях струны с учетом характеристик внешней среды. Показано, что в случае симметричных характеристиках упругой среды для идентификации как вида, так и параметров краевых условий достаточно двух собственных частот.

Подобные исследования встречались в работах многих авторов. Главное отличие заключается в том, что в этих работах вид краевых условий был известен – это условие Штурма. Например, в [1] краевые условия идентифицировались вместе с коэффициентами дифференциальных уравнений. Причем, для решения требовалось несколько спектров собственных частот, либо спектр и дополнительные данные.

Для решения поставленной задачи привычный способ моделирования закреплений в виде граничных условий предлагается заменить на матрицу, составленной из коэффициентов граничных условий. В зависимости какой из элементов матрицы равен нулю можно смоделировать 9 видов закреплений струны: жесткое, свободное, упругое и всевозможные комбинации этих закреплений. Для того чтобы эта матрица соответствовала реальным условиям, на нее накладываются ограничения: ранг матрицы равен 2 и для элементов матрицы должно выполняться условие Плюккера.

Показано, что матрица краевых условий восстанавливается по двум собственным частотам с точностью до линейных преобразований строк. Причем, в результате получаются две матрицы, это объясняется тем, что при перестановки концов струны местами, собственные частоты не меняются.

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ и АН РБ (проект № 16-31-00077-мол\\_а, проект № 14-01-97010-р\\_поволжье\\_а, проект № 14-01-97013-р\\_поволжье\\_а, проект № 14-01-00740-А).*

### Литература

1. Ахтямов А.М. Теория идентификации краевых условий и ее приложения. М.: Физматлит, 2009. 272 с.

© Утяшев И.М., 2016г.

## **НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ОТ ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВНОЙ ВОЛНЫ С УЧЕТОМ СВОЙСТВ ФУНДАМЕНТА**

Фатхутдинов Р.З., Хасбутдинова Е.В., Бердин В.К.

Уфимский государственный нефтяной технический Университет, г. Уфа

В последние годы отмечен рост аварийности на объектах нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, приводящей к взрывам и поражению персонала и оборудования, а также постоянное ужесточение требований по обеспечению безопасности промышленных объектов. Среди основных проблем обеспечения требуемого уровня безопасности на опасных производственных объектах можно выделить крайне низкий уровень защищенности объектов нефтегазового комплекса от аварий с тяжелыми последствиями. В связи с этим резко увеличивается потребность в создании новых и усовершенствовании существующих защитных устройств, обеспечивающих безопасность персонала и оборудования предприятий от воздействий взрывных волн. В процессе исследования использовалась линейная расчетная модель защитного устройства с гасящими пластинами [1, 2], на каждую линию которой задавалось определенное сечение и свойства. Устройство было установлено на бетонное основание и жестко закреплено к нему. К узлам конструкции была приложена сосредоточенная нагрузка, далее проведены исследования поведения данной конструкции и ее основания от действия ударной волны с помощью численных методов, реализуемых программным комплексом Abaqus. При этом учитывались и свойства фундамента. В результате были построены графики зависимости силы реакции опор от времени по осям X, Y, Z. Данные зависимости позволяют определить максимальные напряжения передаваемые фундаменту, что позволит правильно спроектировать защитное устройство и его фундамент.

### **Литература**

1. Рафикова, З.Р. Исследование динамического поведения защитного устройства при воздействии ударной волны/ З.Р. Рафикова, С.Н. Тропкин, Р.Р. Тляшева, Е.В. Хасбутдинова. - Остаточный ресурс нефтезаводского оборудования. Материалы Международной научно-технической конференции. 2014. С. 126-127.
2. Рафикова, З.Р. Оценка напряженно-деформированного состояния устройства для защиты объектов нефтегазовой отрасли/ З.Р. Рафикова, Е.В. Хасбутдинова 65-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ. 2014. С. 253.

© Фатхутдинов Р.З., Хасбутдинова Е.В., Бердин В.К., 2016г.



## **ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБОЛОЧКОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ИЗ СТАЛИ 20 МАГНИТНЫМИ И ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ**

Хайбуллина Л.В., Гаффаров А.А., Наумкин Е. А.

Уфимский государственный нефтяной технический Университет, г. Уфа

Одним из способов получения достоверной информации о техническом состоянии объекта при оценке ресурса безопасной эксплуатации является использование методов неразрушающего контроля для оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) оборудования с выявлением зон концентраторов напряжений (КН), в которых в процессе эксплуатации наблюдается более высокий уровень поврежденности. Проведенный анализ различных методов определения действующих напряжений в металле выявил, что для оценки НДС металла нефтегазового оборудования положительно зарекомендовали себя магнитные методы неразрушающего контроля. В качестве магнитных параметров для оценки НДС используются анизотропия коэрцитивной силы (АКС), которая монотонно увеличивается в условиях двухосного напряженного состояния объекта с ростом уровня эквивалентных напряжений [1, 2], в упругой области нагружения трубчатых образцов из стали 17Г1С измерением коэрцитивной силы ( $H_c$ ) в направлении деформирования, при которой величина  $H_c$  возрастает при отрицательной относительной деформации и убывает при положительной [3], при исследованиях металла трубопроводов из стали 17ГС зависимость снижения величины напряженности поля остаточной намагниченности при повышении механических напряжений в области упругой деформации [4], магнитной проницаемостью и магнитной восприимчивостью металла [5-9], по измерениям напряженности собственного магнитного поля рассеяния (СМПР) [10-15]. Таким образом, существующие магнитные методы оценки НДС металла наиболее адаптированы для контроля фактического состояния металла элементов оборудования и металлоконструкций. Однако, в случае практического применения, погрешность оценки НДС металла может быть значительной из-за неконтролируемого влияния внешних факторов и параметров исследуемых объектов. Применение дополнительной информации о металле, а также калибровка технических средств контроля НДС металла на стандартных образцах из конструкционных сталей поможет снизить неопределенность результатов магнитного контроля. В связи с этим в работе проведены исследования по выявлению изменения напряженности собственного магнитного поля рассеяния (СМПР) цилиндрических образцов диаметром 57 мм, длиной 300 мм, толщиной 3 мм трех типов: без отверстия, с надсверловкой диаметром 2 мм и со сквозным

отверстием диаметром 2 мм из стали 20 при воздействии растягивающих нагрузок в упругой области ступенчато с шагом 5 кН. Напряженно – деформированное состояние создавалось на динамометрической машине ИР 5113-100, изменение напряженности СМПП регистрировалось прибором ИКН-2М-8, основанным на методе магнитной памяти металла. Также в работе был проведен расчет напряженно-деформированного состояния оболочки в ПК ANSYS, так как применение численных методов расчета с целью определения реального НДС при различных уровнях нагрузок исследуемого оборудования является перспективным направлением. Оболочка имела ограничения всех перемещений с одного конца и испытывала растягивающие напряжения с другого. Характер распределения нормальной составляющей напряженности СМПП по длине окружности образца в зоне отверстия совпадает с распределением максимальных напряжений по Мизесу, рассчитанным в ПК ANSYS. При этом было выявлено, что наличие концентратора напряжения изменяет распределение напряженности СМПП. Причем для нормальной составляющей напряженности СМПП наблюдается максимальное значение в зоне отверстия, а для тангенциальной составляющей напряженности СМПП и результирующей напряженности СМПП наблюдается минимальное значение в зоне отверстия. Таким образом, проведенные исследования показывают, что при статическом нагружении цилиндрических образцов в материале происходят изменения магнитных свойств, параметры, которых коррелируют с распределением механических напряжений, рассчитанных в ПК ANSYS, что дает возможность проводить оценку напряженно-деформированного состояния конструкций магнитными методами.

### **Литература**

1. Агинец, Р.В. Алгоритм определения механических напряжений в металле трубопроводов по коэрцитивной силе металла / Р.В. Агинец, А.С. Кузьбожев, И.Н. Андронов // Нефтегазовое дело. – 2007. – Том 5. – №1. – С. 235-240.
2. Агинец, Р.В. Учет состояния материала конструкции при определении механических напряжений коэрцитиметрическим методом / Р.В. Агинец, А.С. Кузьбожев, Ю.А. Теплинский, И.Н. Андронов // Контроль. Диагностика. –2005. – №5. – С. 6-8.
3. Бердник, М.М. Развитие метода оценки напряженно-деформированного состояния нефтегазопроводов по коэрцитивной силе металла: авт. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.19/ Мария Михайловна Бердник. – Ухта, 2010. - 23 с.
4. Макаров, П.С. Совершенствование методов магнитного контроля напряженно-деформированного состояния элементов конструкций

- магистральных трубопроводов: авт. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.19./ Павел Сергеевич Макаров. - Уфа, 2007. - 25 с.
5. Орехов, Г.Г. Влияние структуры и некоторых видов обработок ферромагнетиков на магнитоупругий эффект / Г.Г. Орехов - Дефектоскопия. 1980. - № 4. - С. 86-90.
  6. Кулеев, В.Г. Влияние упругих напряжений на обратимую восприимчивость ферромагнитных сталей в разных магнитных состояниях/ В.Г. Кулеев, Л.В. Атангулова// Физика металлов и металловедение. - 1999. - Т. 87. - № 5. - С. 52-57.
  7. Бида, Г.В. Влияние упругой деформации на магнитные свойства сталей с различной структурой/ Г.В. Бида, В.Г. Кулеев// Дефектоскопия. - 1998. - № 11. - С. 12—26.
  8. Makar J. M., Atherton D. L. Effect of uniaxial stress on the reversible and irreversible permeabilities of 2 % Mn pipeline steel // IEEE Trans. on Magnetics. 1990. Vol. 30, N 4. P. 1380-1387.
  9. Сандовский, В.А. Исследование магнитной проницаемости стальных образцов в однородном переменном поле при упругой деформации на растяжение/ В.А. Сандовский, Е.М. Файншмидт// Изв. вузов. Приборостроение. - 2013. - Т. 56. - № 3. - с. 58 – 64.
  10. Захаров, В.А. Влияние внешних напряжений на коэрцитивную силу углеродистых сталей / В.А. Захаров, М.А. Боровкова, В.А. Комаров, В.Ф. Мужицкий. - Дефектоскопия, 1992. - № 1 - с. 41 - 46.
  11. Кондрашова, О.Г. Определение ресурса безопасной эксплуатации нефтегазового оборудования путем оценки адаптивных свойств металла по изменению его магнитных характеристик / О.Г. Кондрашова, Е.А. Наумкин, И.Р. Кузеев. // Мировое сообщество: проблемы и пути решения: Сб. науч. ст. – Уфа: Изд-во УГНТУ. - 2006. - №19. - с.16–26.
  12. Дубов, А.А. Диагностика трубопроводов, оборудования и конструкций с использованием магнитной памяти металла. Сборник статей и докладов/ А.А. Дубов. - М.: Энергодиагностика - 2001.
  13. Бида, Г.В. Коэрцитиметрия в неразрушающем контроле / Г.В. Бида, А.П. Ничипурук. - Дефектоскопия, 2000, № 10 - 3–27 с.
  14. John WILSON, Gui Yun TIAN, Simon BARRANS. Residual Magnetic Field Sensing for Stress Measurement and Defect Detection. / ECNDT 2006 - We.4.2.1. <http://www.ndt.net/article/ecndt2006/doc/We.4.2.1.pdf>.
  15. Shougao ZHU, Ping WANG, Gui Yun TIAN, Haitao WANG. Metal Magnetic Memory Testing Technique for Stress Measurement/ 17th World Conference on Nondestructive Testing, 25-28 Oct 2008, Shanghai, China.

## **НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МОДЕЛИ СВАРНОГО КАРКАСА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ОТ ДЕЙСТВИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ**

Юлдашев Р.Р., Хасбутдинова Е.В.

Уфимский государственный нефтяной технический Университет, г. Уфа

Современное предприятие нефтепереработки и нефтехимии представляет собой сложный комплекс, состоящий из различных технологических установок. На его территории располагаются сооружения, в которых размещается персонал и дорогостоящее оборудование для управления технологическими процессами. В качестве сырья, продуктов и полуфабрикатов выступают смеси углеводородов, которые обладают взрывопожароопасными свойствами. В связи с этим актуальной становится проблема повышения устойчивости оборудования, зданий и сооружений от действия ударных волн путем разработки конструкций специальных защитных устройств.

Основной задачей работы является определение напряженно-деформированного состояния модели сварного каркаса защитного устройства от действия ударной волны. В качестве основного теоретического метода выбран метод конечных элементов, позволяющий учитывать механику деформируемого твердого тела и теорию ударных волн, а в качестве основного инструмента моделирования – программный комплекс Abaqus.

В исследованиях используется линейная модель сварного каркаса защитного устройства [1, 2]. Каждой линии модели присвоены определенный материал и сечение. К защитному устройству приложена нагрузка в виде постоянной силы, а также давления, действующего по определенному закону в течение заданного времени. Выбраны характерные точки, для которых определены распределения перемещений во времени по трем направлениям. Для каждой точки, в те моменты времени, когда амплитуда перемещений достигает максимального и минимального значений, построены графики распределения напряжений во времени.

Полученные значения напряжений позволят проектировать новые защитные устройства с учетом напряженно-деформированного состояния их каркаса, в зависимости от конкретного проектного сценария аварийной ситуации и предполагаемой мощности взрывного воздействия.

### **Литература**

1. Исследование динамического поведения защитного устройства при воздействии ударной волны. Рафикова З.Р., Тропкин С.Н., Гляшева Р.Р., Хасбутдинова Е.В. Остаточный ресурс нефтезаводского

- оборудования. Материалы Международной научно-технической конференции. 2014. С. 126-127.
2. Оценка напряженно-деформированного состояния устройства для защиты объектов нефтегазовой отрасли. Рафикова З.Р., Хасбутдинова Е.В. 65-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ. 2014. С. 253.

© Юлдашев Р.Р., Хасбутдинова Е.В., 2016г.

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

УДК 517.946

### ЗАДАЧА КОШИ ДЛЯ СИСТЕМ УРАВНЕНИЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ТИПА ПЕРВОГО ПОРЯДКА НА ПЛОСКОСТИ

Жураев Даврон Аслонкулович

Каршинский государственный университет, г. Карши, Узбекистан

В работе рассмотрена задача Коши для системы уравнений эллиптического типа первого порядка с постоянными коэффициентами, факторизуемым оператором Гельмгольца в двумерной ограниченной области.

Известно, что задача Коши для эллиптических уравнений некорректна: решение задачи единственно, но неустойчиво [4]. Задача продолжения ограниченных аналитических функций в случае, когда данные задаются точно на части границы, была рассмотрена Т. Карлеманом [1]. Используя идеи М.М. Лаврентьева [2], Ш. Ярмухамедовым было построено в явном виде регуляризованное решение задачи Коши для уравнения Лапласа [3].

Пусть  $\mathbf{R}^2$  – двумерное вещественное евклидово пространство,  $x = (x_1, x_2) \in \mathbf{R}^2$  и  $y = (y_1, y_2) \in \mathbf{R}^2$ .  $G \subset \mathbf{R}^2$  – ограниченная односвязная область, граница которой состоит из отрезка  $a \leq y_1 \leq b$  и некоторой гладкой кривой  $S$  ( $S \in C^1$ ), лежащей на полуплоскости  $y_2 > 0$ , т.е.  $\partial G = S \cup T$ .

Введем следующие обозначения

$$x^T = (x_1, x_2)^T \text{ – транспонированный вектор } x, \quad r = |y - x|, \quad \alpha = |y_1 - x_1|,$$

$$w = i\sqrt{u^2 + \alpha^2} + y_2, \quad u \geq 0, \quad \frac{\partial}{\partial x} = \left( \frac{\partial}{\partial x_1}, \frac{\partial}{\partial x_2} \right)^T, \quad U(x) = (U_1(x), \dots, U_n(x))^T,$$

$$u^0 = (1, \dots, 1) \in \mathbf{R}^n, \quad n = 2^m, \quad m = 2, \quad E(z) \text{ – диагональная матрица,}$$

$$z = (z_1, \dots, z_n) \in \mathbf{R}^n.$$

Пусть  $D(x^T)$ ,  $(n \times n)$  – матрица с элементами, состоящими из множества линейных функций с постоянными коэффициентами комплексной плоскости, для которых выполняется условие:

$$D^*(x^T)D(x^T) = E((|x|^2 + \lambda^2)u^0),$$

где  $D^*(x^T)$  – эрмитово сопряженная матрица  $D(x^T)$ ,  $\lambda$  – вещественное число.

Рассмотрим в области  $G$  систему дифференциальных уравнений

$$D\left(\frac{\partial}{\partial x}\right)U(x) = 0, \quad (1)$$

где  $D\left(\frac{\partial}{\partial x}\right)$  – матрица дифференциальных операторов первого порядка.

Обозначим через  $H(G)$  – класс вектор-функций в области  $G$ , непрерывные на  $\bar{G} = G \cup \partial G$  и удовлетворяющую систему (1).

**Постановка задачи.** Пусть  $U(y) \in H(G)$  и

$$U(y)|_S = f(y), \quad y \in S, \quad (2)$$

Здесь,  $f(y)$  – заданная непрерывная вектор-функция на  $S$ . Требуется восстановить вектор-функцию  $U(y)$  в области  $G$ , исходя из её значений  $f(y)$  на  $S$ .

**Теорема.** Пусть  $U(y) \in H(G)$  удовлетворяет неравенству

$$|U(y)| \leq 1, \quad y \in [a; b], \quad (3)$$

Если

$$U_\sigma(x) = \int_S N_\sigma(y, x) U(y) ds_y, \quad x \in G. \quad (4)$$

тогда верна следующая оценка

$$|U(x) - U_\sigma(x)| \leq C(\lambda, x) \sigma e^{-\sigma x^2}, \quad \sigma > 1, \quad x \in G. \quad (5)$$

Здесь  $C(\lambda, x)$  функция, зависящая от  $\lambda$  и  $x$ . Причем в различных неравенствах она различная.

**Следствие.** Предельное равенство

$$\lim_{\sigma \rightarrow \infty} U_\sigma(x) = U(x),$$

имеет место равномерно на каждом компакте из области  $G$ .

### Литература

1. Carleman T. Les fonctions quasi analytiques, Paris. Gautier-Villars et Cie. 1926.
2. Лаврентьев М.М. О некоторых некорректных задачах математической физики. Изд. СО АН СССР. – Новосибирск. 1961.2. – 92 с.
3. Ярмухамедов Ш. Функция Карлемана и задача Коши для уравнения Лапласа // Сиб. мат. журнал. 2004. – Т. 45. – № 3. – С. 702–719.
4. Тихонов А.Н. О решении некорректно поставленных задач и методе регуляризации // Докл. АН СССР. 1963. – Т. 151. – № 3. – С. 501–504.

© Жураев Д.А., 2016г.

**О ЗАДАЧЕ КОШИ ДЛЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ**

Жураев Даврон Аслонкулович

Каршинский государственный университет, г. Карши, Узбекистан

Задача Коши для эллиптических уравнений является, некорректна поставленной: решение задачи единственно, но неустойчиво. Для того что постановка задачи была корректной, необходимо сузить класс рассматриваемых решений [4].

В некорректных задачах теорема существования не доказывается, существование предполагается заданным априори. Более того, предполагается, что решение принадлежит некоторому заданному подмножеству функционального пространства, обычно компактному [3]. Единственность решения следует из общей теоремы Холмгрена ([5], с. 58). После установления единственности в теоретических исследованиях некорректных задач возникают важные вопросы получения оценки условной устойчивости и построения регуляризирующих операторов. В 1926 г. Т. Карлеман ([1], с. 41) построил формулу, которая связывает значения аналитической функции комплексного переменного в точках области с ее значениями на куске границы этой области. На основе этой формулы ([3], с. 34) введено понятие функции Карлемана задачи Коши для уравнения Лапласа и в некоторых случаях указан способ ее построения. Конструкция функции Карлемана дает возможность в этих задачах построить регуляризацию и получить оценку условной устойчивости.

На протяжении последних десятилетий не ослабевал интерес к этой классической некорректной задаче математической физики. Это направление в исследовании свойств решений задачи Коши для уравнения Лапласа начато в пятидесятых годах XX века в работах [2], [7]–[9] и развивалось впоследствии в [10]–[11].

Регуляризованное решение определяет устойчивый метод приближенного решения задачи. Исследования Т. Карлемана [1] были продолжены Г.М. Голузиным и В.И. Крыловым [7]. В работе [6] построено многомерный аналог формулы Карлемана для аналитических функций многих переменных. Использование классической формулы Грина для построения регуляризованного решения задачи Коши для уравнения Лапласа было предложено академиком М.М. Лаврентьевым [3], в его известной монографии. Используя идеи М.М. Лаврентьева [2-3], Ш. Ярмухамедовым [8] было построено в явном виде регуляризованное решение задачи Коши для уравнения Лапласа [10]. Во многих корректных задачах для системы уравнений эллиптического типа первого порядка с постоянными коэффициентами факторизуемым оператором Гельмгольца,



недоступно вычисление значение вектор-функции на всей границе. В работе [12] построено регуляризованное решение задачи Коши для системы уравнений эллиптического типа первого порядка с постоянными коэффициентами факторизуемым оператором Гельмгольца в трехмерной ограниченной области.

### Литература

1. Carleman T. Les fonctions quasi analytiques. Paris. Gautier-Villars et Cie. 1926.
2. Лаврентьев М.М. О задаче Коши для уравнения Лапласа // Изв. АН СССР. Сер. мат. 1956. Т. 20. – С. 819–842.
3. Лаврентьев М.М. О некоторых некорректных задачах математической физики. – Новосибирск: Наука, 1962. – 96 с.
4. Тихонов А.Н. О решении некорректно поставленных задач и методе регуляризации // Докл. АН СССР. 1963. Т. 151. – № 3. – С. 501–504.
5. Берс А., Джон Ф., Шехтер М. Уравнения с частными производными. – М.: Мир, 1966. – 351 с.
6. Айзенберг Л.А. Формулы Карлемана в комплексном анализе. Новосибирск. Наука. 1990. – С.116.
7. Голузин Г.М., Крылов В.М. Обобщенная формула Карлемана и ее приложение к аналитическому продолжению функций // Мат. сб., 1993. Т. 40. № 2. – С. 144–149.
8. Лаврентьев М.М. О задаче Коши для линейных эллиптических уравнений второго порядка // ДАН СССР. 1957. Т. 112. №2. – С. 195–197.
9. Иванов В.К. Задача Коши для уравнения Лапласа в бесконечной полосе // Дифференц. уравнения. –1965. Т. 1. №1. – С. 131–136.
10. Ярмухамедов Ш.Я. О задаче Коши для уравнения Лапласа, ДАН СССР 235 (2), 281–283 (1977).
11. Tarkhanov N.N. The Cauchy problem for solutions of elliptic equations. Mathematical topics (Akad. Verl., Berlin, 1995), V. 7.
12. Жураев Д.А. Регуляризация задача Коши для систем уравнений эллиптического типа первого порядка // Узбекский математический журнал. №2. Ташкент-2016 г. С.61-71.

© Жураев Д.А., 2016г.

## СЕКЦИЯ «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ»

УДК 519.62

### ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ РЕШЕНИЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ С РАЗРЫВНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

Арисова Ольга Григорьевна

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

В работе изучается проблема численного решения одномерных эллиптических краевых задач с разрывными коэффициентами [1], которые имеют следующий вид:

$$\frac{d}{dx} \left( -k(x) \frac{du}{dx} \right) = f(x),$$

$$0 < x < 1, \quad u(0) = u(1) = 0.$$

Для решения данного класса задач был рассмотрен и применен модифицированный метод конечных объемов (ММКО). Данный метод позволяет численно решать задачи не только с условиями сопряжения

типа идеального контакта  $k^+ \frac{du_2}{dx} = k^- \frac{du_1}{dx}$ , но и с условиями

неидеального контакта:  $k^+ \frac{du_2}{dx} \neq k^- \frac{du_1}{dx}$ . Однако для задач с

условиями неидеального контакта явные расчетные формулы для ММКО описываются только для кусочно-постоянного коэффициента диффузии. Преимущество данного метода заключается в том, что не зависимо от расположения точки разрыва, ММКО сходится со вторым порядком точности [2].

Основная идея метода заключается в следующем: записывается исходное дифференциальное уравнение с помощью уравнения баланса. Введем сетку:  $x_0 = 0, x_i = x_{i-1} + h, x_N = 1, h = 1/N$  - шаг сетки.

Расчетную область разбиваем на конечные объемы:  $\left( x_{i-\frac{1}{2}}; x_{i+\frac{1}{2}} \right)$ , где

$x_{i\pm 0.5} = x_i + h/2$  (см. [3]). На каждом конечном объеме записываем интегро-балансное уравнение:

$$W_{i+0.5} - W_{i-0.5} = \frac{1}{h} \int_{x_{i-0.5}}^{x_{i+0.5}} f(x) dx.$$

Затем аппроксимируем непрерывное балансное уравнение сеточными аналогами и получаем:

$$-\left(1 + a_{i+\frac{1}{2}} - a_{i-\frac{1}{2}}\right)^{-1} \frac{1}{h} \left( k_{i+\frac{1}{2}} \frac{y_{i+1} - y_i}{h} - k_{i-\frac{1}{2}} \frac{y_i - y_{i-1}}{h} \right) = \varphi_i,$$

где  $y_i$  - аппроксимация исходного потока, а коэффициенты  $k$  и  $a$  выражаются следующим образом:

$$k_{i+\frac{1}{2}} = \left( \frac{1}{h} \int_{x_i}^{x_{i+1}} \frac{dx}{k(x)} \right)^{-1}, \quad k_{i-\frac{1}{2}} = \left( \frac{1}{h} \int_{x_{i-1}}^{x_i} \frac{dx}{k(x)} \right)^{-1},$$

$$a_{i+\frac{1}{2}} = k_{i+\frac{1}{2}} \frac{1}{h^2} \int_{x_i}^{x_{i+1}} \frac{(x - x_{i+0.5})}{k(x)} dx, \quad a_{i-\frac{1}{2}} = k_{i-\frac{1}{2}} \frac{1}{h^2} \int_{x_{i-1}}^{x_i} \frac{(x - x_{i-0.5})}{k(x)} dx,$$

$$\varphi_i = \frac{1}{h} \int_{x_{i-0.5}}^{x_{i+0.5}} f(x) dx.$$

коэффициент диффузии в точках  $x_{i\pm\frac{1}{2}}$  соответственно. Путем

элементарных алгебраических преобразований получаем СЛАУ вида  $Au = G$ . Причем получившаяся матрица  $A$  будет симметричная и трехдиагональная. В нашей работе СЛАУ решается методом верхней релаксации [1].

В работе были проведены вычислительные эксперименты, которые подтвердили эффективность данного метода: сходится быстрее и точнее в отличие от классического метода конечных объемов. Программа была написана в среде Embarcadero RAD Studio.

#### Литература

1. Самарский А.А., Введение в теорию разностных схем. М.: Наука, 1971.
2. Самарский А.А., Введение в численные методы. М.: Наука, 1987.
3. Рояк М.Э., Соловейчик Ю.Г., Сеточные методы решения краевых задач математической физики. Н.: НГТУ, 1998.

© Арисова О.Г., 2016г.

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СТАТИСТИКА»

УДК 519.2

### СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

Арсланова Ралина Рафиковна

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Здоровье населения обусловлено комплексным воздействием факторов, определяющих образ жизни человека и состояние среды его обитания. Причем одни факторы влияют на состояние здоровья населения положительно, а другие, наоборот, оказывают отрицательное воздействие. Для разработки программ, направленных на улучшение здоровья россиян, необходимо проведение ряда научных исследований и всесторонний статистический анализ, позволяющий выявить причины заболеваний, факторы, влияющие на них, и, в соответствии с этим, методы их лечения. Цель данной работы: разработка статистического исследования здоровья населения, в частности в области онкологии.

Поставим задачу выявить наличие (или отсутствие) взаимосвязи онкологических заболеваний (новообразования) от выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников (корреляционный анализ), а также установить является ли линейная форма взаимосвязи соответствующей данным статистики (регрессионный анализ). В данной работе использовались методы корреляционного, регрессионного, факторного, дисперсионного анализа, анализ временных рядов и прогнозирование. У нас имеются данные по числу (тыс. человек) зарегистрированных онкологических заболеваний и данные по количеству (тыс. тонн) выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников с 2005 по 2014 год по Республике Башкортостан.

В нашем случае,  $y$  – заболеваемость новообразованиями,  $x_1$  – годы наблюдения,  $x_2$  – выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников. Получаем уравнение множественной регрессии:

$$y = 151,3347 + 2,6050 * x_1 + 0,2821 * x_2 \quad (1)$$

Прогнозирование по уравнению множественной регрессии получается очень близким к статистическим данным. Качество модели, исходя из относительных отклонений по каждому наблюдению, признается хорошим, т.к. средняя ошибка аппроксимации составляет 1,67% .

## Литература

1. О. П. Щепин, В. А. Медик. Общественное здоровье и здравоохранение: учебник – 2011.

© Арсланова Р.Р., 2016г.

УДК 620.17

### РАЗРУШЕНИЕ ОБОЛОЧКОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПК ABAQUS

Арсланова Л.И., Миннихметова А.А.

Уфимский государственный нефтяной технический Университет, г. Уфа

Оболочковые конструкции широко применяются на предприятиях нефтепереработки, нефтехимии, и в других отраслях промышленности. Оболочковая конструкция - это сварное изделие, которое состоит из цилиндрической обечайки, днищ и штуцеров для ввода и вывода рабочей среды. Например: негабаритные емкости, сооружения и сосуды работающие под давлением.

Основными видами повреждений и дефектов оболочковых конструкций являются: коррозионный износ, различные трещины, дефекты сварных соединений, искажение формы стенки, наличие вмятин и выпучин критических размеров, течь днища. Характер разрушения оболочковых конструкций зависит от материала, скорости, от вида напряженного состояния и частоты нагрузок.

Основой механики разрушения является теория о наличии в материалах микротрещин, которые под действием внешней нагрузки увеличиваются и коагулируются, следовательно происходит разрушение. Процесс разрушения можно разделить на две стадии: зарождение трещины и её развитие.

Внедрение расширенного метода конечных элементов дает возможность моделировать рост трещины по произвольным путям, не зависящим от границ элементов. Трещина зарождается в месте максимальной концентрации растягивающих напряжений. Критерии разрушения определяют наступление предельного состояния, при котором трещина начинает распространяться. Вторая стадия описывает скорость распространения трещины [1].

В настоящее время предложено значительное количество моделей разрушения, в которых наибольшее распространение получили критерии, реализованные в расчетных программных комплексах.

В работе [2] были проведены исследования, направленные на выявление потенциально опасной зоны разрушения в материале

оболочковой конструкции из стали 20, подверженной, статическому нагружению внутренним давлением. Оболочковая конструкция представляет собой сварное изделие, состоящее из цилиндрической обечайки, эллиптических днищ и штуцеров для подачи и вывода рабочей среды. Разрушение образца наблюдалось при давлении равном 31 МПа в зоне технологического утонения толщины стенки цилиндрической обечайки.

Для проведения процедуры верификации была поставлена задача разрушения конечно-элементной модели оболочковой конструкции с использованием программного комплекса ABAQUS и сравнение полученных результатов. Также была создана аналогичная модель образца в ПК ABAQUS, но с заданным технологическим утонением в цилиндрической части. Сначала был применен критерий разрушения - Бао-Вербицки, применяемый для прогнозирования наступления повреждения в результате зарождения, роста и слияния пустот в пластичных металлах, который в результате численного эксперимента показал разрушение в зоне технологического утонения оболочковой конструкции при давлении равном 30 МПа. На основании результатов численного моделирования было показано, что напряжения в обечайке распределяются неравномерно, образуя локальные повышенные напряженные зоны. Повышенные напряженные зоны наблюдались в сварных швах, околошовной зоне штуцеров и цилиндрической части оболочки. Модель, созданная в САЕ системе ABAQUS, совпадает с натурной моделью. Следовательно, данный программный продукт приемлем для моделирования разрушения аппаратов.

В дальнейшем планируется проведение эксперимента с использованием других критериев разрушения, таких как критерий Джонсона-Кука и критерий максимальных напряжений и деформаций (Maxps Damage, Maxre Damage).

### **Литература**

1. Электронное методическое пособие «SIMULIA Abaqus. Решение прикладных задач». – Москва: ТЕСИС, 2015. – 121 с.
2. Самигуллин, А.В. Выявление потенциальной зоны разрушения в материале нефтехимического оборудования оболочкового типа, подверженного статическому нагружению / А. В. Самигуллин, Е. А. Наумкин, «Экологические проблемы нефтедобычи – 2014» Сборник докладов научно-практической конференции: сб. науч. ст. – Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2014. С. 194.

© Арсланова Л.И., Миннихметова А.А., 2016г.

## АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА СОПРЯЖЕННЫХ И СОПОСТАВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Гайсин Тимур Ильдусович

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

В настоящее время, в связи с развитием компьютерных систем и информационных технологий набирает все большую популярность автоматизация и робототехника, как в промышленности и науке, а также в повседневной жизни. В последние годы все больше и больше внимания уделяется системам с использованием машинного зрения в качестве основного источника информации. Целью данной работы является изучение алгоритмов распознавания объектов на двумерных изображениях и выявление наиболее подходящего из них для построения трехмерной модели на основе данных изображений.

В общем случае, методика сопоставления изображения  $(xL1, yL1)$  к его эталонному изображению  $(xR1, yR1)$  включает следующие шаги:

- 1) Детектирование особых (опорных) точек изображения  $(xL1, yL1)$ ;
- 2) Составление описания опорных точек или определение дескриптора;
- 3) Обучение и заполнение «эталонной» базы данных об опорных точках изображения;
- 4) Составление описания объектов на изображении  $(xR1, yR1)$ ;
- 5) Поиск связей или расстояния между дескрипторами особых точек на сравниваемых изображениях. Предполагается, что если между точками в паре расстояние по дескрипторам маленькое, то пара более «качественная» и, в первую очередь, метод проверяет подобные пары;
- 6) Синтез модели преобразования изображений, с помощью которой из одного изображения можно получить другое.

Ключевая проблема стереозрения - как на двух изображениях могут быть организованы сопряженные точки? Проблема заключается в установлении соответствия конкретных фрагментов двух изображений, которые являются проекциями одной и той же части.

В работе рассматриваются различные методы решения этой задачи, каждый из которых имеет свою область применения.

### Литература

1. Лекции НОУ ИНТУИТ по теме “Детекторы и дескрипторы ключевых точек”

© Гайсин Т.И., 2016г.

## КОНФОРМАЦИОННАЯ ДИНАМИКА МОЛЕКУЛЫ ДНК В СРЕДЕ С БОЛЬШОЙ ВЯЗКОСТЬЮ

Закирьянова Л.Ф., Закирьянова Г.Т.

Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа, Россия

Одной из базовых моделей конформационной динамики молекулы ДНК является так называемая  $Y$ -модель [1]. При учёте влияния внутриклеточной среды, в которой функционирует молекула, эта модель сводится к модифицированному уравнению синус-Гордона

$$\varphi_{tt} - \varphi_{xx} + \sin \varphi = -\gamma \varphi_t. \quad (1)$$

Решения в виде бегущих волн, описывающие конформационные переключения в молекуле ДНК, получаются при переходе к переменной  $\xi = x - st$ , где  $s$  – скорость волны. Уравнение (1) приводится к виду

$$(1 - s^2)\varphi_{\xi\xi} + \gamma s\varphi_{\xi} = \sin \varphi. \quad (2)$$

Обычно решения уравнения (1) ищутся в предположении о *малости* диссипативного слагаемого в правой части ( $\gamma \ll 1$ ). Решение уравнения (2) в виде  $2\pi$ -кинка, соответствующего затухающей конформационной волне, имеет вид

$$\varphi(\xi) = 4 \arctg(\exp(\xi/\sqrt{1-s^2})), \text{ где } s = \exp(-\gamma t) / \sqrt{1 + \exp(-2\gamma t)}.$$

В данной работе рассмотрен случай среды с *большой вязкостью* ( $\gamma \sim 1$ ), что больше соответствует реальности. При этом можно получить новые решения.

При *больших* скоростях  $s$  бегущей волны, близких к скорости звука в среде ( $s \rightarrow 1$ ), уравнение (2) переходит в уравнение

$$\gamma s\varphi_{\xi} = \sin \varphi,$$

решение которого в виде  $\pi$ -кинка имеет вид

$$\varphi(\xi) = 2 \arctg(\exp(\xi/\gamma s)).$$

При *малых* скоростях ( $s \rightarrow 0$ ) уравнение (2) преобразуется к виду

$$\varphi_{\xi\xi} + \gamma s\varphi_{\xi} = \sin \varphi. \quad (3)$$

Решением уравнения (3), соответствующим стационарной волне переключения, будет  $2\pi$ -кинк

$$\varphi(\xi) = 2 \arccos(\text{th}(\xi/\sqrt{2})).$$

Таким образом, учёт большой вязкости среды расширяет возможные типы конформационных переключений в стандартной  $Y$ -модели молекулы ДНК.

### Литература

1. Якушевич Л.В. Нелинейная физика ДНК. – М., Ижевск: НИЦ РХД, 2007. 252 с.

© Закирьянова Л.Ф., Закирьянова Г.Т., 2016 г.



## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОДОВ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ТРУБ

Канкасова Н.С., Сафина Г.Ф.

Нефтекамский филиал БашГУ, г. Нефтекамск, Россия

В работе получена математическая модель для расчета электродов для сварного соединения трубопроводов типа С17 (рисунок 1).

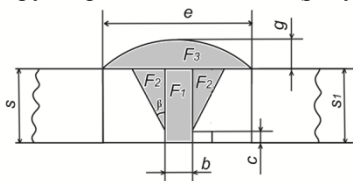


Рис. 1 – Схема сварного соединения труб типа С17

Здесь:  $\beta$  – угол скоса кромок;  $s$ ,  $s_1$  – толщины стенок свариваемых деталей;  $b$  – зазор между кромками свариваемых деталей;  $e$  – ширина сварного шва;  $c$  – притупление кромки;  $g$  – высота сварного шва;  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  – составные части площади наплавленного металла  $F$ .

Математическая модель для расчета электродов получена как аналитическими, так и численными методами.

Разработано также программное приложение на языке программирования Delphi для автоматизации проводимых расчетов. Пример работы программы представлен на рисунке 2.

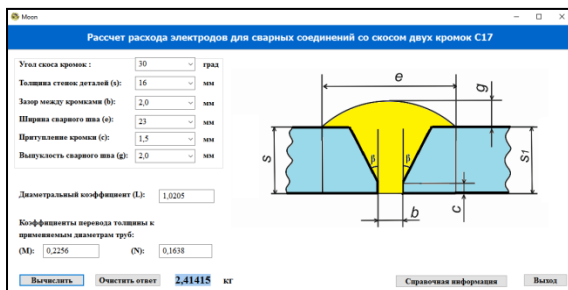


Рис. 2 – Пример вычисления расхода электродов к сварному соединению труб типа С17

© Канкасова Н.С., Сафина Г.Ф., 2016г.

УДК 004.62

**МЕТОД УНИВЕРСАЛЬНОГО ОПИСАНИЯ СВЯЗИ МЕЖДУ  
ТАБЛИЧНЫМИ ДАННЫМИ В EXCEL-ФОРМАТЕ И БАЗОЙ  
ДАННЫХ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ЗАНЕСЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ  
В БД**

Марков Александр Вадимович

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

На настоящий момент очень широкое распространение получило компьютерное моделирование. Данный подход позволяет провести множественные тесты над компьютерной моделью без создания дорогостоящих образцов. В процессе моделирования образуется большой объем данных, которые подчинены определенному выходному формату. Чаще всего данная информация хранится в файлах excel. В итоге образуется сложная файловая система, поиск по которой связан с большими сложностями. Резонный выход – создание базы данных с последующим занесением всей информации из файлов в бд. Но на данный момент не существует инструментов, которые могут собрать информацию о структуре таблиц из бд и сопоставить ее с форматом excel, в котором хранятся данные, для унифицированной записи в бд без привязки к структуре таблиц. Задача, которую я стараюсь решить, это разработать метод описания связи базы данных с форматом хранения в файле.

Результатом работы стало создание конфигурационного файла в формате json, позволяющий описать связь между бд и форматом в excel. Такой выбор хранения информации обусловлен удобным методом чтения json-объектов в большинстве языков программирования, таких как: C++, Power Shell, C#. Это позволило написать программу, которая, используя информацию из конфигурационного файла, экспортирует данные из excel-файлов в БД.

© Марков А.В., 2016г.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ЗЕРНА

Павленко Виктор Александрович

Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия

Система дифференциальных уравнений, описывающая изменение температуры, влагосодержания и давления в процессе сушки влажных тел, имеет вид (см. [1]):

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a_T \Delta T + \frac{\varepsilon \tau}{c_{Я}} \frac{\partial U}{\partial \tau} + \frac{Q_{ИК}}{c_{Я} \rho_0}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = a_{m_2} \Delta U + a_{m_2} \delta \Delta T + \varepsilon \frac{\partial u}{\partial \tau}; \quad (2)$$

$$\frac{\partial P}{\partial \tau} = a_p \Delta P - \frac{\varepsilon}{c_0} \frac{\partial U}{\partial \tau}. \quad (3)$$

Основная проблема заключается в том, что данная система не решается в элементарных функциях. Более того, для многих зерновых культур не найдено даже численное решение данной системы. А при уборке зерновых остро встаёт вопрос о сушке, каким методом лучше всего сушить. Поэтому изучение системы (1) – (3) является актуальной и интересной задачей.

В работе показан расчёт убыли влагосодержания при инфракрасной и вакуумной сушке ячменя. Также были получены графики зависимости температуры и давления от времени. Система дифференциальных уравнений (1) – (3) была решена численно с помощью пакета Mathcad. Данные, полученные при решении системы (1) – (3), проверены на эксперименте.

### Литература

1. Лыков А. В. Теория сушки: – М.: «Энергия», 1968, 472с.

© Павленко В.А., 2016г.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В СФЕРЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Печатнова Е.В., Паршина К.С.

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

Проникновение математических методов в самые разнообразные сферы человеческой деятельности означает возможность пользоваться новыми, как правило, весьма плодотворными средствами исследования. Одной из задач современного развития общества является решение проблем на автомобильном транспорте. Возрастание интенсивности дорожного движения в городах и за их пределами способствует обострению проблем в данной сфере. С точки зрения общества и экономики регионов и страны они имеют огромное социальное воздействие, а для математики открывает область приложения различных теорий, охватывающих большое число математических методов. Одним из методов решения проблем дорожного движения является математическое моделирование. Ситуации моделируют для разных целей. Одна из них - необходимость предсказывать новые результаты или новые свойства явления и разрабатывать на их основе управленческие решения. Математическому моделированию поддаются, в частности и проблемы безопасности движения [1,2].

Одну из основных опасностей в области дорожного движения представляют ДТП на федеральных дорогах, поскольку они характеризуются высоким уровнем тяжести последствий. Поэтому важно определить факторы влияния и функциональную зависимость между их значениями и величиной опасности. Одним из значимых факторов является протяженность прямых участков. При проезде таких участков у водителей снижается уровень внимания и контроль за дорожной обстановкой [3].

Исходными данными для установления функциональной зависимости являются значения протяженности прямых участков  $q$  и соответствующие им коэффициенты аварийности  $K_1$ , выведенные российским ученым Бабковым В.Ф [3]. Функциональная зависимость была представлена в виде уравнения квадратичной регрессии вида:

$$f(x)=aq^2+bq+c \quad (1)$$

Коэффициенты  $a$ ,  $b$ ,  $c$  рассчитаны согласно МНК. В результате расчетов получено уравнение квадратичной регрессии, имеющей вид:

$$K_1=-0.0007q^2+0.0674q+0.7927 \quad (2)$$

Для оценки адекватности предлагаемой регрессионной модели данного параметра и последующих использован F-критерий Фишера. Для

оценки с использованием такого метода необходимо сравнить дисперсии экспериментальных и теоретических данных. Расчетное значение F-критерия можно найти из выражения:

$$F_{\text{эксп}} = \frac{\sigma_{\text{эксп}}^2}{\sigma_{\text{теор}}^2}, \quad (3)$$

где  $\sigma_{\text{эксп}}^2$ ,  $\sigma_{\text{теор}}^2$  – дисперсии экспериментальных (полученных при установлении зависимости) и теоретических (исходных) данных соответственно.

Дисперсия может быть рассчитана по формуле:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{\text{ср}})^2}{n - 1}, \quad (4)$$

Подставляя в выражение (4) известные данные, получены значения дисперсий для экспериментальных ( $\sigma_{\text{эксп}}^2 = 0,173$ ) и теоретических ( $\sigma_{\text{теор}}^2 = 0,168$ ) данных. Подставив значения дисперсий в уравнение (1) расчетное значение F-критерия:  $F_{\text{эксп}} = 1,03$ . Табличное значение для уровня значимости 0,05 составляет  $F_{\text{крит}} = 5,05$ . Поскольку  $F_{\text{эксп}} < F_{\text{крит}}$ , то с вероятностью 95 % можно утверждать, что модель является адекватной.

С помощью полученной функциональной зависимости можно оценивать величину дорожной опасности от воздействия прямых участков дорог.

### Литература

1. Математическое моделирование / Под ред. Дж. Эндрюса и Р. Мак-Лоуна. – М.: Издательство Мир, 1979. – 280 с.
2. Печатнова Е.В., Банушкина Н.А. Повышение эффективности прогнозирования ДТП на автомобильных дорогах вне населенных пунктов на основе разработки экспертной системы // Известия Алтайского государственного университета: математика. – 2015. – №1-2(85). – с.86-90
3. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов / В.Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.

© Печатнова Е.В., Паршина К.С., 2016г.

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КАЧЕСТВЕННОГО И КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА РИСКОВ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Сидорова М. Н., Хасбутдинова Е.В.

Уфимский государственный нефтяной технический Университет, г. Уфа

Основой достижения устойчивого развития общества является оценка риска и безопасности сложных технических систем, а также разработка методов по снижению последствий техногенных аварий.

Из-за постоянного усовершенствования технологий объектов нефтегазового комплекса, связанных с возрастанием температур и давлений, увеличением мощностей аппаратов, наличием токсичных и взрывоопасных веществ, возрастает угроза для здоровья и жизни людей, окружающей среды. В связи с этим в последнее время развитые страны внедряют новый принцип обеспечения безопасности «прогнозировать и предупреждать».

В последнее время мировое сообщество пережило несколько крупнейших катастроф, которые нанесли во многом невосполнимый ущерб природе и унесли много жизней. Примерами могут служить катастрофа на Саяно-Шушенской ГЭС, Чернобыльская АЭС, катастрофа на магистральном продуктопроводе под Уфой, авария с буровой платформой в Мексиканском заливе. Вследствие этого безопасность является важным критерием современных систем, для определения которой необходимо проводить анализ отказов, для количественной оценки которого используется понятие риска.

Согласно стандарту [2] риск определяется как сочетание вероятности события и его последствий, при условии, что существует хотя бы одно негативное последствие этого события. Таким образом, риск является случайной многопараметрической величиной, что и определяет всю методическую сложность его нормирования.

В России изучение вопросов, связанных с оценкой риска, проводится на основе статистических данных, в отличие от Запада, где для оценки риска используют вероятностный риск-анализ и вероятностный анализ безопасности.

Сравнительный анализ используемых методов оценки рисков позволяет выделить два подхода: качественный и количественный.

Качественный анализ должен проводиться на стадии планирования деятельности для выявления рисков проекта, стоимостной оценки последствий риска, разработки мероприятий по предотвращению или снижению негативного влияния риска. Наиболее часто в промышленной безопасности используются следующие методы [1,3]: метод анализа дерева событий, анализ видов и последствий отказов, анализ дерева

неисправностей, метод экспертных оценок. Методы с использованием всевозможных деревьев наиболее наглядны для представления об уровнях риска, однако быстро вырастают до больших размеров и становятся трудны в понимании, решение в каждый момент времени зависит от предыдущего и влияет на последующее развитие событий.

Использование данных методов предполагает наличие полной информации о вероятности первичных отказов, взаимных влияниях отказов элементов и др. Качественный подход к определению степени риска не дает возможности численно оценить величину риска, возможный ущерб, оценить стоимость мероприятий по предотвращению или же снижению негативного влияния риска (страхование), однако является основой для выполнения количественной оценки.

Количественный анализ основан на инструментарии теории вероятности и математической статистики. К сожалению, методы количественной оценки риска по-прежнему в стадии становления и не внедрены в систему нормативно-методической документации по промышленной безопасности, поэтому является перспективным направлением для изучения рисков. На практике часто применяются методы аналогий, логико-вероятностные методы, методы с учетом и без учета распределения вероятностей, имитационное моделирование (метод Монте-Карло), марковский анализ, метод нечетких множеств. Среди статистических методов можно выделить анализ колеблемости, индексный метод, метод средних величин, метод группировок, регрессионный анализ и др. Для определения размера ущерба последствий риска применяют также анализ чувствительности основанный, например, на базе финансовой отчетности предприятия.

Алгоритмы выбора метода, который необходимо применить при оценке риска на разных этапах проектирования и эксплуатации объектов, изложены в [3]. Однако перед этим необходимо классифицировать основные опасности, которые могут возникнуть в нефтегазовом комплексе. В [4,5] предложен алгоритм определения опасности оборудования с использованием интегрального параметра.

Обеспечение необходимой информацией является важным условием проведения оценки риска. Поэтому недостатками существующих методов является невозможность учесть опасности, ранее неизвестные для данного типа систем. Использование широко распространенного статистического метода измерения риска имеет существенные ограничения по применению. Также серьезной проблемой является достоверность получаемых оценок, которая напрямую зависит от опыта и априорных знаний специалистов.

Таким образом, рассмотренные выше методы качественной и количественной оценки риска имеют ряд недостатков, решение которых позволит перейти к новой концепции развития общества.

### **Литература**

1. Хусниязов, М.Х. Техногенный риск и управление промышленной безопасностью нефтеперерабатывающих предприятий: учебное пособие. /Хусниязов М.Х., Веревкин А.П., Кузеев И.Р., Тляшева Р.Р., Матвеев Д.С., Гаевская О.И., Чикуров А.В., Харисов Р.М., Наумкин Е.А., Симарчук А.С.. – Уфа: «Нефтегазовое дело», 2012. 312 с.
2. ГОСТ Р 51897-2011 Менеджмент риска. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2012.
3. ГОСТ Р 51901.11-2005 Менеджмент риска. Руководство по применению анализа надежности. М.: Госстандарт России, 2005.
4. Давыдова, Е.В. Совершенствование метода расчета параметров потенциальной опасности оборудования установок нефтеперерабатывающих предприятий: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук /Уфимский государственный нефтяной технический университет. Уфа, 2008.
5. Буркина Е.Н., Давыдова Е.В., Кузеев И.Р. Оценка поражающих факторов аварий на промышленных установках./В сборнике: Промышленная безопасность на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах. II-ая международная научно-практическая конференция. Уфа, 2008. С.329-337

© Сидорова М. Н., Хасбутдинова Е.В., 2016г.



## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА КОНДЕНСАЦИИ ПАРОГАЗОВОЙ СМЕСИ ПРИ ТЕРМОКОНДУКТИВНОМ ПИРОЛИЗЕ ДРЕВЕСИНЫ.

Тунцев Денис Владимирович, Касимов Алмаз Мунирович, Хайруллина  
Эльвира Камилевна, Китаев Сергей Васильевич.

Казанский национальный исследовательский технологический  
университет, г.Казань, Россия

Для максимального выхода жидких продуктов (до 75%) термокондуктивного пиролиза древесины важную роль играет процесс конденсации выделяющейся парогазовой смеси[1].

При гидравлическом распыливании средний диаметр капли пиролизной жидкости можно определить эмпирическим соотношением:

$$d = We^{-0,266} Lp^{-0,0733} d_c \quad (1.1)$$

Расход охлаждающей жидкости через форсунку можно определить:

$$G_{ж} = \rho_{ж} f_c \mu_{расх} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_{ж}}} \quad (1.2)$$

Изменение температуры парогазовой смеси и распыливаемого ладагента определяется с помощью дифференциальных уравнений:

$$\frac{dT_{пгс}}{dz} = \frac{\alpha}{c_{пгс} \rho_{пгс}} (T_{пгс} - T_{жс}) \frac{f}{g_r} \quad (1.3)$$

Изменение средней температуры распыливаемой жидкости можно определить:

$$\frac{dT_{жс}}{dz} = \frac{\alpha}{c_{жс} \rho_{жс}} (T_r - T_{жс}) \frac{f}{g_r} + \frac{1}{c_{жс} \rho_{жс}} \sum_{i=1}^n \frac{d\rho_i}{dz} \cdot r_i \quad (1.4)$$

Концентрация компонентов парогазовой смеси и диаметр капли по оси конденсатора определяются по уравнениям[2]:

$$\frac{d\rho_i}{dz} = \frac{\beta}{R_i T_{жс}} (P_i - P_{нас}) \frac{f}{g_r} \quad (1.5)$$

$$\frac{dd_k}{dz} = \frac{2 \sum_{i=2}^n \frac{d\rho_i}{dz} \frac{1}{f}}{\rho_{жс}} \quad (1.6)$$

Коэффициенты теплоотдачи и массоотдачи можно определить по критериальным уравнениям:

$$\alpha = \frac{(2 + 0,495 Re^{0,5} Pr^{0,33}) \lambda}{d_k} \quad (1.7)$$

$$\beta = \frac{(2 + 0,552 \text{ Re}^{0,5} \text{ Sc}^{0,33}) D_i}{d_k} \quad (1.8)$$

В результате математического моделирования была определена зависимость относительной концентрации паров по длине конденсатора для различных компонентов, в которой представлено на рис. 1.

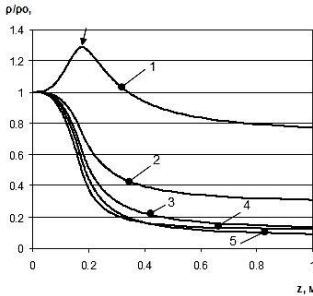


Рис. 1. Зависимость относительной концентрации паров по длине конденсатора для различных компонентов: 1-Альдегиды, 2-Кетоны 3-Ангидросахара, 4-Вода, 5-Фенолы (температура хладагента 70 °С)

При повышении температуры хладагента концентрационные профили некоторых низкокипящих компонентов (альдегиды, кетоны, и др.) начинают приобретать характерную «волну» - начальный участок профиля, имеющий максимум. Волна возникает в результате испарения части низкокипящих компонентов, фактически находящихся в перегретом состоянии, с поверхности капель вначале процесса конденсации, когда температура парогазовой смеси очень высока, развитая поверхность еще не сформировалась и градиент концентрации по данным низкокипящим компонентам направлен от хладагента.

Данная математическая модель позволяет с высокой точностью моделировать процесс конденсации парогазовой смеси[2].

### Литература

1. Хисматов, Р.Г. Установка переработки низкокачественной древесины в уголь/ Р.Г. Хисматов, Е.В. Хисматова, М.Р. Хайруллина, А.С. Савельев, И.С. Романчева// Вестник Казанского технологического университета. – 2014. –Т.17. - № 22. – С. 297 – 300.
2. Тунцев Д.В. Математическая модель термического разложения древесины в условиях кипящего слоя и конденсации продуктов разложения/ Д.В. Тунцев, А.Н. Грачев, Р.Г. Сафин// Вестник Казанского технологического университета. -2011. - № 14. - С. 94-100.

© Тунцев Д.В., Касимов А.М., Хайруллина Э.К., Китаев С.В., 2016г.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ОТРАБОТАННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ШПАЛ

Хайруллина Милауша Рашатовна, Китаев Сергей Васильевич,

Хайруллина Эльвира Камиловна

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

Рассмотрим математическое описание процесса термического разложения отработанных деревянных шпал, расчетная схема которой представлена на рис. 1. Загруженное в реактор сырье прогревается по всему объёму проходящими через него нагретыми в теплообменнике рециркулирующими газами [1].

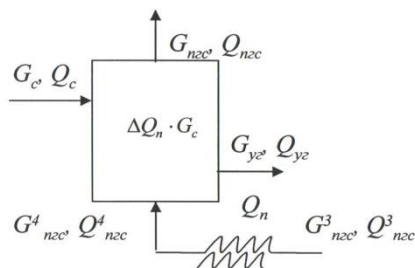


Рис. 1 - Расчетная схема стадии термического разложения ОДШ

$c_2$  – теплоемкость газа, Дж/(кг·К);  $T_{nsc}^4, T_{nsc}^3$  – температура ПГС на выходе и входе в теплообменник, °С;  $G_{nsc}^3$  – расход ПГС поступающий в теплообменник.

Тепло газов  $Q_{nsc}^4$  количественно определяется по уравнению

$$Q_{nsc}^4 = c_y T_n G_c Y_y + (c_{nsc} \cdot T_n + r_{nsc}) G_{nsc} (1 - Y_y) - c_c T_c G_c - \Delta Q_n G_c,$$

где  $c_y, c_{nsc}, c_c$  – теплоемкость угля, ПГС и сырья;  $T_n, T_c$  – температура процесса пиролиза и сухого сырья, °С.

Требуемая температура парогазовой смеси на входе в реактор  $T_{nsc}^4$  определяется выражением:

$$T_{nsc}^4 = \frac{Q_{nsc}^4}{c_2 G_{nsc}^4}.$$

При этом расход рециркулирующего газа из условий устойчивости зрнового слоя определяется соотношением:

$$G_{nsc}^4 = v_2 S_{сеч} \rho_2,$$

Тепло, необходимое для осуществления процесса:

$$\begin{aligned} Q_n &= Q_{nsc}^4 - Q_{nsc}^3 = \\ &= c_2 (T_{nsc}^4 - T_{nsc}^3) G_{nsc}^3, \end{aligned}$$

где  $S_{сеч}$  – площадь сечения, м<sup>2</sup>;  $\rho_2$  - плотность газа, кг/м<sup>3</sup>.

Теплота парообразования ПГС  $r_{nzc}$  определяется по правилу аддитивности:

$$r_{nzc} = \sum r_i \cdot y_i.$$

Поток парогазовой смеси  $j_{nzc}$  рассчитывается как произведение массового расхода сырья в реакторе на долю образовавшейся ПГС:

$$j_{nzc} = \frac{\rho_n}{\tau_n f_{y\partial}} \cdot (1 - Y_y).$$

где  $\rho_n$  - начальная плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $f_{y\partial}$  - удельная поверхность, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

Продолжительность процесса пиролиза  $\tau_n$  определяется по эмпирической зависимости, полученной обработкой экспериментальных данных по кинетике процесса пиролиза [2]

$$\tau_n = 8,222 \times 10^4 \times h^{0,52} \times \omega^{0,41} \times T_{II}^{-1,17}.$$

Массовую долю угля образующуюся при термическом разложении  $Y_y$  можно определить по эмпирическому уравнению

$$Y_y = \frac{1}{-4,61 + 0,020285381 \cdot T_n}.$$

Принимая производительность пиролизного реактора равной расходу сухого сырья:  $B=G_c$ , можно определить его объем:

$$V_{an} = \frac{B}{\rho_n} \cdot \tau_n.$$

Представленное математическое описание процесса термического разложения ОДШ, позволяет определить основные конструктивные и технологические параметры реактора пиролиза.

### Литература

1. Тунцев, Д.В. Ресурсосбережение при утилизации отработанных деревянных шпал [Текст]/ Д.В. Тунцев, Р.Г. Сафин, Р.Г. Хисматов, М.Р. Хайруллина, Э.Е. Антипова, И.Ф. Гараева // Вестник казанского технологического университета, 2015. – Т.18. – №5. - С. 248-250.
2. Тунцев, Д.В. Математическое моделирование процесса термического разложения отработанных деревянных шпал [Текст]/ Д.В. Тунцев, Р.Г. Сафин, М.Р. Хайруллина, Э.К. Хайруллина, А.С. Савельев // Вестник казанского технологического университета, 2015. – Т.18. – №15. - С. 152-154.

© Хайруллина М.Р., Китаев С.В., Хайруллина Э.К., 2016г.

## СЕКЦИЯ «ГРУППОВОЙ АНАЛИЗ»

УДК 517.9

### ПОСТРОЕНИЕ ФОРМУЛЫ ПРОДОЛЖЕНИЯ ДЛЯ ДРОБНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОТЕНЦИАЛОМ РИССА

Белевцов Никита Сергеевич

Уфимский государственный авиационный технический университет,  
г. Уфа, Россия

Рассматривается задача построения продолжения группы точечных преобразований на нелокальную переменную, представляющую собой потенциал Рисса [1], общий вид которого записывается как

$$R_\alpha u = \frac{1}{\gamma_n(\alpha)} \int_{R^n} \frac{u(y)}{|x-a|^{n-\alpha}} dy,$$

где  $\gamma_n(\alpha)$  - известная постоянная.

Инфинитезимальный оператор группы точечных преобразований имеет вид

$$X = \xi^i \frac{\partial}{\partial x^i} + \eta \frac{\partial}{\partial u},$$

где  $\xi^i = \xi^i(x, u)$ ,  $\eta = \eta(x, u)$ ,  $x = (x^1, x^2, \dots, x^n)$ .

Было доказано следующее

**Утверждение.** Продолжение инфинитезимального оператора группы точечных преобразований на потенциал Рисса имеет вид

$$X = \xi^i \frac{\partial}{\partial x^i} + \eta \frac{\partial}{\partial u} + \zeta_\alpha \frac{\partial}{\partial (R_\alpha u)},$$

где координата  $\zeta_\alpha [x_1, \dots, x_n]$  дается формулой продолжения

$$\zeta [x_1, \dots, x_n] = R_\alpha (\eta - \xi^1 u_{x_1} - \dots - \xi^n u_{x_n}) + D_{x_1} R_\alpha u + \dots + D_{x_n} R_\alpha u.$$

### 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.

© Белевцов Н.С., 2016г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ДВУХ ОДУ ВТОРОГО ПОРЯДКА С МАЛЫМ ПАРАМЕТРОМ

Гайнетдинова А.А., Газизов Р.К.

Уфимский государственный авиационный технический университет,  
г.Уфа

В [1] был предложен алгоритм для исследования и интегрирования системы двух обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка, инвариантных относительно четырехпараметрической группы Ли преобразований. Согласно алгоритму, с помощью оператора инвариантного дифференцирования и используя инвариантное представление системы, можно получить выражение для первого интеграла системы и далее записать решение в квадратурах.

В данной работе этот алгоритм расширен на системы с малым параметром вида

$$\begin{cases} x''(t) = f_0(t, x, y, x', y') + \varepsilon f_1(t, x, y, x', y'), \\ y''(t) = g(t, x, y, x', y') + \varepsilon g_1(t, x, y, x', y'), \end{cases} \quad (1)$$

которые допускают приближенные алгебры Ли операторов

$$\begin{aligned} X_i &= \tau \frac{\partial}{\partial t} + \xi \frac{\partial}{\partial x} + \eta \frac{\partial}{\partial y}, \quad i = 1, 2, 3, 4, \\ \tau &= \tau_i^{(0)}(t, x, y) + \varepsilon \tau_i^{(1)}(t, x, y), \\ \xi &= \xi_i^{(0)}(t, x, y) + \varepsilon \xi_i^{(1)}(t, x, y), \\ \eta &= \eta_i^{(0)}(t, x, y) + \varepsilon \eta_i^{(1)}(t, x, y). \end{aligned} \quad (2)$$

Рассмотрены случаи полного и неполного наследования. Показано, что в случае полного наследования точной алгебры, алгоритм применяется без изменений. В случае неполного наследования системы вида (1) являются системами с разделяющимися (частично разделяющимися) уравнениями, либо сводятся к таковым.

### Литература

1. Гайнетдинова А.А., Газизов Р.К. Интегрирование систем двух обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка, инвариантных относительно четырехмерных алгебр Ли операторов // Дифференциальные уравнения и процессы управления, № 2, 2016, С. 78-86 <http://www.math.spbu.ru/diffjournal/pdf/herzen2016.pdf#page=78>

© Гайнетдинова А.А., Газизов Р.К., 2016г.

**РЕАЛИЗАЦИЯ ШЕСТИМЕРНОЙ АЛГЕБРЫ ЛИ С ДВУМЯ  
ДВУХМЕРНЫМИ ПОДАЛГЕБРАМИ В ПРОСТРАНСТВЕ  
ЧЕТЫРЕХ ПЕРЕМЕННЫХ**

Кадырова Карина Рамилевна

Уфимский государственный авиационный технический университет,  
г.Уфа, Россия

Рассматривается шестимерная алгебра Ли, имеющая две двухмерные разрешимые подалгебры, с ненулевыми коммутационными соотношениями

$$[X_1 X_3] = X_1, [X_2 X_3] = X_2. \quad (1)$$

В работе [1] найдены все классы неподобных четырехмерных алгебр Ли в пространстве  $R^n$ . В данной работе на основе классификации из [1] строятся представители шестимерных неподобных алгебр Ли с коммутационными соотношениями (1) в пространстве  $R^4$ . Всего таких классов оказалось 14.

Для некоторых алгебр Ли выписан общий вид инвариантной системы трех обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка

$$\begin{cases} \ddot{x} = f(t, x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}), \\ \ddot{y} = g(t, x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}), \\ \ddot{z} = h(t, x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}). \end{cases} \quad (2)$$

Кроме того, доказано, что не для всех найденных алгебр Ли существуют инвариантные системы (2).

### Литература

1. R.O. Popovych, V.M. Boyko, M.O. Nesterenko, M.W. Lutfullin Realizations of Real Low-Dimensional Lie Algebras. Institute of Mathematics of NAS of Ukraine. 2005.

© Кадырова К.Р., 2016г.

**ПРИБЛИЖЕННЫЕ СИММЕТРИИ И ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ  
ДЛЯ УРАВНЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ С МАЛЫМ  
ПАРАМЕТРОМ**

Ковалевская Анна Вадимовна

Уфимский государственный авиационный технический университет,  
г. Уфа, Россия

Рассматривается уравнение нелинейной фильтрации

$$u_t + \varepsilon u_{tt} = k(u_x)u_{xx}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  – малый параметр. Будем искать оператор приближенной группы преобразований в виде:

$$X = (\xi_{(0)}^1 + \varepsilon \xi_{(1)}^1) \partial_t + (\xi_{(0)}^2 + \varepsilon \xi_{(1)}^2) \partial_x + (\eta_{(0)} + \varepsilon \eta_{(1)}) \partial_u, \quad (2)$$

где  $\xi_{(j)}^i, \eta_{(j)}$  функции от  $(t, x, u)$ ,  $i = 1, 2, j = 0, 1$ . При  $\varepsilon = 0$  уравнение (1) принимает вид  $u_t = k(u_x)u_{xx}$ , групповая классификация которого зависит от вида функции  $k(u_x)$ . Для каждого класса таких функций известна группа преобразований и построены законы сохранения [1].

В работе выполнена групповая классификация для уравнения (1). Например, показано, что при произвольной функции  $k(u_x)$  уравнение (1) допускает 8-параметрическую приближенную группу преобразований с операторами

$$\begin{aligned} X_1 = \partial_t, X_2 = \partial_x, X_3 = \partial_u, X_4 = 2t\partial_t + x\partial_x + u\partial_u, X_5 = \varepsilon\partial_t, \\ X_6 = \varepsilon\partial_x, X_7 = \varepsilon\partial_u, X_8 = \varepsilon(2t\partial_t + x\partial_x + u\partial_u). \end{aligned} \quad (3)$$

Для каждого случая групповой классификации найдены приближенные законы сохранения вида

$$D_t C^1 + D_x C^2 \approx 0.$$

В частности, для операторов (3) координаты сохраняющего вектора будут:

$$\begin{aligned} C^1 &= -(1 + 2\varepsilon)u_t - \varepsilon u_{tt}, \quad C^2 = (1 + 2\varepsilon)k(u_x)u_{tx} \\ C^1 &= -(1 + 2\varepsilon)u_x - \varepsilon u_{tx}, \quad C^2 = (1 + 2\varepsilon)k(u_x)u_{xx} \\ C^1 &= 1 + 2\varepsilon, \quad C^2 = 0 \\ C^1 &= (1 + 2\varepsilon)(u - 2tu_t - xu_x) - \varepsilon(u_t + 2tu_{tt} + xu_{tx}), \\ C^2 &= (1 + 2\varepsilon)k(u_x)(2tu_{tx} + xu_{xx}). \end{aligned}$$

**Литература**

1. Alexandrova A.A., Ibragimov N.H., Lukashchuk V.O. Group classification and conservation laws of nonlinear filtration equation with a small parameter. – Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul., 19:2 (2014), 364–370.

© Ковалевская А.В., 2016г.



## ГРУППОВАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИБЛИЖЕННОГО ДИФFUЗИОННО-ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ

Сабурова Регина Дамировна

Уфимский государственный авиационный технический университет,  
г. Уфа, Россия

Рассматривается нелинейное диффузионно-волновое уравнение дробного порядка [1]:

$$D_t^\alpha u = (k(u)u_x)_x, \quad \alpha \in (1, 2). \quad (1)$$

При  $\alpha = 2 - \varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – малый параметр, уравнение (1) с точностью до  $O(\varepsilon^2)$  может быть записано в виде

$$u_{tt} + \varepsilon \left\{ \left( \ln t + \gamma - \frac{3}{2} \right) u_{tt} - \frac{u}{t^2} + 2 \frac{u_t}{t} + 2 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^k t^k}{k(k+2)!} \right\} = (k(u)u_x)_x. \quad (2)$$

Решается задача групповой классификации уравнения (2), где функция  $k(u)$  имеет вид  $k(u) = k_0(u) + \varepsilon k_1(u)$ , относительно приближенных точечных симметрий вида

$$X = (\xi^{0(0)} + \varepsilon \xi^{0(1)}) \frac{\partial}{\partial t} + (\xi^{1(0)} + \varepsilon \xi^{1(1)}) \frac{\partial}{\partial x} + (\eta^0 + \varepsilon \eta^1) \frac{\partial}{\partial u}.$$

Допускается следующее утверждение.

**Утверждение.** Приближенное диффузионно-волновое уравнение (2) в случае произвольной функции  $k(u)$  допускает пятимерную алгебру Ли приближенных точечных симметрий. Расширение алгебры имеет место в следующих случаях:

- 1)  $k(u) = u^\sigma \left[ 1 + \varepsilon \left( B_0 + \frac{\sigma B_1}{u} + B_2 \ln u \right) \right]$ , алгебра является семимерной.
- 2)  $k(u) = u^{-4} \left[ 1 + \varepsilon \left( B_0 + \frac{\sigma B_1}{u} + B_2 \ln u \right) \right]$ , алгебра является девятимерной.
- 3)  $k(u) = u^{-\frac{4}{3}} \left[ 1 + \varepsilon \left( B_0 + \frac{\sigma B_1}{u} + B_2 \ln u \right) \right]$ , алгебра является девятимерной.

### Литература

1. Gazizov R.K., Kasatkin A.A., Lukashchuk S.Y. Symmetry properties of fractional diffusion equations. // Phys. Scr. – 2009. – Т.136. – 5p.

© Сабурова Р.Д., 2016г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЗАДАЧИ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ МЕТОДАМИ ГРУППОВОГО АНАЛИЗА

Фокеева Нина Олеговна

Уфимский государственный авиационный технический университет,  
г. Уфа, Россия

В 1904 г. Людвиг Прандтль показал, что течение в окрестности тела можно разделить на две области, одна из которых находится вблизи объекта, и трение в ней играет существенную роль. Так началась история теории пограничного слоя, которая стала ключевой в вопросах аэродинамики и гидродинамики.

Рассмотрим задачу ламинарного пограничного слоя при естественном конвективном течении. Целью данной работы является исследование этой задачи методами группового анализа. Рассматривается два случая: стационарный и нестационарный. Задачи такого типа имеют непосредственное практическое применение в области безопасности корабельной ядерной энергетики при аварийных увеличениях мощности ядерных реакторов. Течение описывается системой уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0, \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + g\beta(T_w - T_\infty)\theta, \\ \frac{\partial \theta}{\partial t} + u \frac{\partial \theta}{\partial x} + v \frac{\partial \theta}{\partial y} = \alpha \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2}. \end{cases} \quad (1)$$

Граничные и начальные условия

$$\begin{aligned} t = 0: u = 0, \theta = 0, v = 0, y \geq 0, \\ t > 0: u = 0, \theta = 1, v = 0, y = 0, \\ u = 0, \theta = 0, \quad y \geq 0, \\ u = 0, \theta = 0, \quad y \rightarrow \infty. \end{aligned} \quad (2)$$

В работе повторены известные результаты стационарной задачи (см. [1]), а также продемонстрирована автомодельность решения нестационарной задачи (1), (2).

### Литература

1. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука. 1974. – 712 с.

© Фокеева Н.О., 2016г.

УДК 517.958

## ПРИВЕДЕНИЕ ИНВАРИАНТНОЙ ПОДМОДЕЛИ РАНГА 2 ОДНОАТОМНОГО ГАЗА К КАНОНИЧЕСКОМУ ВИДУ

Шаяхметова Рената Фуатовна

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

Система уравнений газовой динамики с уравнением состояния одноатомного газа допускает группу преобразований с 14-мерной алгеброй Ли. Особенностью данной алгебры является наличие проективного оператора. В работе [1] построена оптимальная система неподобных подалгебр, включающая 1248 представителей. Подалгебр, содержащих проективный оператор, значительно меньше. Все они представлены в работе [2] в компактном виде (73 представителя).

В работе рассмотрена двумерная подалгебра с номером 2.1 работы [2]. Для нее построена инвариантная подмодель ранга 2 стационарного типа. Подмодель приведена к каноническому виду, указанному в работе [3]. Необходимые замены найдены на основе способа приведения к каноническому виду подмоделей ранга 3 работы [4]. Приведение к каноническому виду необходимо для дальнейшего исследования и перенесения свойств подмодели стационарных движений на полученную подмодель. Для подмодели вдоль линии тока получен интеграл энтропии и ОДУ на первую компоненту скорости. Аналогично интегралу Бернулли для двумерных стационарных движений, для подмоделей получено ОДУ на две другие компоненты скорости вдоль линии тока.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант 14-01-97027.

### Литература

1. Черевко А. А. Оптимальная система подалгебр для алгебры Ли операторов, допускаемых системой уравнений газовой динамики с уравнением состояния  $p=f(S)\rho^5/3$ . Новосибирск, 1996. (Препринт/РАН. Сиб. отд-ние. Ин-т гидродинамики, № 4-96). С. 3--37.
2. Шаяхметова Р.Ф. Вложенные инвариантные подмодели движения одноатомного газа. Сибирские электронные математические известия, 2014. Т. 11. С. 605--625.
3. Хабиров С.В. Лекции аналитические методы в газовой динамике. БГУ, Уфа, 2013. С. 58--69.
4. Хабиров С.В. Приведение инвариантной подмодели газовой динамики к каноническому виду. Математические заметки, 1999. Т.66. Выпуск 3. С. 439--444.

© Шаяхметова Р.Ф., 2016г.

**СЕКЦИЯ «ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ»**

УДК 514.7

**ИЗОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ  
МЕТРИКИ В КАСАТЕЛЬНОМ РАССЛОЕНИИ ЕВКЛИДОВА  
ПЛОСКОСТИ  $T(E_2)$**

Алтыншина Г.Р.

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

$E_2$  – евклидова плоскость с метрическим тензором  $\delta_{ij} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

является базой. В касательном расслоении над этой базой  $T(E_2)$  рассмотрели синектическую метрику  $(G_{\alpha\beta}) = \begin{pmatrix} a_{ij} & \delta_{ij} \\ \delta_{ij} & 0 \end{pmatrix}$  [1], где  $a_{ij}$  имеет

вид  $a_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & -ax_1x_2 \\ -ax_1x_2 & 0 \end{pmatrix}$ .

Задача состояла в том, чтобы отыскать проектируемые операторы движения в  $T(E_2)$ . Итак, приходим к следующим результатам, операторами движения в  $T(E_2)$  являются

$$X_1 = \frac{\partial}{\partial x^1} + \frac{1}{2} p(x^2)^2 \frac{\partial}{\partial x^3};$$

$$X_2 = \frac{\partial}{\partial x^2} + \frac{1}{2} p(x^1)^2 \frac{\partial}{\partial x^4};$$

$$X_3 = \frac{\partial}{\partial x^3};$$

$$X_4 = \frac{\partial}{\partial x^4};$$

$$X_5 = -x^2 \frac{\partial}{\partial x^3} + x^1 \frac{\partial}{\partial x^4};$$

$$Y = -x^2 \frac{\partial}{\partial x^1} + x^1 \frac{\partial}{\partial x^2} + \left( -x^4 + \frac{1}{2} p(x^1)^2 x^2 - \frac{1}{6} p(x^2)^3 \right) \frac{\partial}{\partial x^3} + \left( x^3 - \frac{1}{2} p(x^2)^2 x^1 + \frac{1}{6} p(x^1)^3 \right) \frac{\partial}{\partial x^4}$$

**Литература**

1. Талантова Н.В., Замечание об одной метрике в касательном расслоении [Текст] / Талантова Н.В., Широков А.П. // – Изд. Вузов, Матем. – 1975.- №6. С.143–146.

© Алтыншина Г.Р., 2016 г.

УДК 517.95

## ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ДЛЯ ПОДМОДЕЛИ РАНГА ДВА В СЛУЧАЕ СИСТЕМЫ НЕ ТИПА КОШИ

Сираева Дилара Тахировна

Уфимский государственный авиационный технический университет,  
г. Уфа, Россия

Уравнения газовой динамики [1] с давлением, разделенным в сумму функций плотности и энтропии, допускают 12-и мерную алгебру Ли, для которой оптимальная система неподобных подалгебр построена [2].

Двумерная подалгебра с номером 2.36 [2] имеет один базисный оператор в виде суммы переноса по аппликату и галилеевого переноса по абсциссе. Другой базисный оператор есть сумма переносов по давлению и по абсциссе.

Инвариантная подмодель в лагранжевых координатах линеаризуется. Тип системы не всегда гиперболический.

Для системы, не являющейся системой типа Коши, получены точные решения, зависящие от четырех существенных постоянных.

Для одного из решений получены мировые линии частиц, траектории, звуковые поверхности. Показано, что величина объема из одних и тех же частиц не изменяется со временем. Звуковая поверхность представляет собой две параллельные плоскости, разделяющие дозвуковую и сверхзвуковую области. Со временем дозвуковая область исчезает. Построен звуковой коноид, задающий распространение слабого разрыва.

Для системы выписаны определяющие уравнения, получены преобразования эквивалентности.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №14-01-97027 р\_поволжье\_a.*

### Литература

1. Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2003. 336 с.
2. Сираева Д.Т. Оптимальная система неподобных подалгебр суммы двух идеалов. Уфимский математический журнал. Т. 6, №1 (2014) С. 94-107.

© Сираева Д.Т., 2016г.

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ВЫБОРЕ ЛУЧШЕЙ ИЗ ДВУХ СХЕМ  
ИНВЕСТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ  
МЕХАНИКИ**

Зиннатуллин Фарит Флюрович  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Вопросам инвестирования посвящено много работ. В большинстве из них рассматривается распределение инвестиционного капитала среди множества альтернативных вариантов капиталовложений. Настоящая работа отличается от традиционных работ тем, что рассматриваются две различных схемы инвестирования в одно и то же предприятие (одну отрасль), которые имеют одинаковый объем инвестирования за некоторый промежуток времени. Задача состоит в том, чтобы найти правила, с помощью которых только по виду графиков сразу можно было бы сказать, по какой из двух схем инвестирования предприятие произведет больший объем продукции за рассматриваемый промежуток.

Для разностной модели акселератора получены три теоремы о выборе лучшей из двух схем инвестирования предприятия с одинаковым горизонтом планирования и объемом инвестирования. Теоремы позволяют, не решая разностного уравнения, только по виду двух схем инвестирования выбрать ту, которая даст больший объем продукции. В первой теореме 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. Приводится механический смысл теорем и иллюстрирующие примеры. Также решена обратная задача инвестирования.

**Литература.**

2. 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., 2016г.

## СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ»

УДК 371.261

### ПЛЮСЫ И МИНУСЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ В ВОПРОСАХ СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Атнагулов Арсэн Ильгизович

Башкирский государственный аграрный университет, г.Уфа, Россия

Развитие и изменение современного образования в наше время определяются несколькими основными тенденциями. Одной из них является повышение роли техники и всевозможных программ и приложений, которые способны изменить подход к преподаванию отдельных дисциплин, как в части работы с теоретическим материалом, так и при проверке знаний.

В частности, если обычно большую часть информации студенты заочной формы обучения получали на занятиях в предельно сжатые сроки или вынуждены были искать самостоятельно, теперь стала появляться возможность изменить данный подход. Для этого используются, например, системы дистанционного образования, позволяющие размещать множество различных материалов по отдельным предметам для каждой специальности, имеющейся в вузе, а также поддерживать связь со студентами, в том числе и интерактивно.

Помимо этого, различные приложения вполне себе современные учебные пособия, в которых возможно не просто изучение, а структурирование информации и проведение промежуточного контроля в различных формах, от результатов которого зависит перемещение между изучаемыми темами.

В то же время возможность онлайн-решения многих задач математики в интернете с получением не только ответа, но, зачастую, и решения, усложняет процесс контроля за самостоятельностью решения и вынуждает придумывать различные методы проверки знаний.

#### Литература

1. Павленко В.А., Атнагулов А.И. О технологиях и их влиянии на роль преподавателя в современном образовании. В сборнике: НАУКА СЕГОДНЯ сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции: в 4 частях. Научный центр «Диспут». 2015. С. 51-52.
2. Атнагулов А.И. Соревновательные формы контроля знаний. В сборнике: Наука и образование в XXI веке сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 17 частях. 2014. С. 13-14.

© Атнагулов А.И., 2016г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ БУЛЕВЫХ МАТРИЦ В WOLFRAM MATHEMATICA

Карабанова Т.А.

Саратовский национальный исследовательский государственный  
университет имени Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

Системы компьютерной математики (Maple, Mathematica, MatLab, Derive и др.) применяются в различных областях науки. Они содержат процедуры для численных и аналитических расчетов, средства программирования, визуализации. Рассмотрим задачу нахождения строчного и столбового базисов булевой матрицы в программе Wolfram Mathematica.

Пусть дана матрица  $A$ , построенная над  $B_2^5$  пятой степенью двухэлементной булевой алгебры  $B_2 = \{0, 1\}$  [1]. Матрицу задаем в виде списка `mat`.

```
in[1]:= mat = {{{1, 1, 1, 0, 0}, {0, 1, 1, 0, 0}, {0, 0, 0, 0, 0}}, {{0, 0, 1, 1, 1}, {0, 0, 1, 1, 0}, {0, 0, 0, 0, 1}}, {{1, 1, 1, 1, 1}, {0, 1, 1, 1, 0}, {0, 0, 0, 0, 1}}};
```

В матрице можно найти два строчных базиса  $b^1 = \{A^1, A^2\}$  и  $b^2 = \{A^3\}$ , так как  $A^1 = (11100) \cap A^3$  и  $A^2 = (00111) \cap A^3$ . Задаем массив `newmat`, в котором будем записан результат умножения данной матрицы на  $(11100)$ .

```
in[2]:= newmat = Array[ {3, 3}];
in[3]:= Do[newmat[[i, j]] = mat[[i, j]] {1, 1, 1, 0, 0}, {i, 3}, {j, 3}]
in[4]:= newmat
out[4]= {{{1, 1, 1, 0, 0}, {0, 1, 1, 0, 0}, {0, 0, 0, 0, 0}}, {{0, 0, 1, 0, 0}, {0, 0, 1, 0, 0}, {0, 0, 0, 0, 0}}, {{1, 1, 1, 0, 0}, {0, 1, 1, 0, 0}, {0, 0, 0, 0, 0}}};
```

Столбцовый базис единственен и состоит из  $b_1 = \{A_1\}$ , так как  $A_2 = (01110) \cap A_1$  и  $A_3 = (00001) \cap A_1$ .

```
in[5]:= b2 = Array[ {1, 3}];
in[6]:= Do[b2[[1, i]] = mat[[i, 1]] {0, 1, 1, 1, 0}, {i, 3}]
in[7]:= b2
out[7]= {{{0, 1, 1, 0, 0}, {0, 0, 1, 1, 0}, {0, 1, 1, 1, 0}}
in[8]:= b3 = Array[ {1, 3}];
in[9]:= Do[b3[[1, i]] = mat[[i, 1]] {0, 0, 0, 0, 1}, {i, 3}]
in[10]:= b3
out[10]= {{{0, 0, 0, 0, 0}, {0, 0, 0, 0, 1}, {0, 0, 0, 0, 1}}}
```

### Литература

1. Поплавский, В.Б. О рангах, классах Грина и теории определителей булевых матриц // Дискретная математика. 2008. Т.20. №4. С. 42-60.

© Карабанова Т.А., 2016 г.



## ПОСТРОЕНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ТОЧЕК ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ ПРЯМОЙ В ДВИЖЕНИИ КАРДАНА

Мехтиева С.М.

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

Одним из классических движений, рассматриваемых в кинематике, является эллиптическое движение Кардана (рис. 1), при котором плоскость  $\alpha$  перемещается по совпадающей с ней плоскости  $\beta$  с ортогональными прямыми  $a$  и  $b$  так, что точка  $A$  ( $B$ ) плоскости  $\alpha$  движется по прямой  $a$  ( $b$ ).

На языке Wolfram Language написана программа построения траекторий точек генерирующей прямой  $AB$  в движении Кардана. Программа может быть использована при изучении темы «Метод координат на плоскости».

```
Manipulate[Show[ParametricPlot[{m n Cos[t], m (1 - n) Sin[t]}, {t, 0.01, T}, PlotStyle->Thickness[0.01], PlotRange->2+m, PerformanceGoal->"Quality", PlotLabel->Style[If[n == 0.5, "Окружность", "Эллипс"], 20, Red, Italic]], Graphics[{PointSize[0.02], Point[{m n Cos[T], m (1-n) Sin[T]}], PointSize[0.02], Point[{0, (m(1-n) Sin[T])/n}], PointSize[0.02], Point[{(m n Cos[T])/(1-n), 0}], Red, Thickness[0.01], Line[{{0, (m(1 - n) Sin[T])/n}, {(m n Cos[T])/(1-n), 0}}], Black, Text[Style["M", Medium], {m n Cos[T]+0.1, m (1-n) Sin[T]-0.4}], Text[Style["A", Medium], {-0.2, (m (1 - n) Sin[T])/n-0.4}], Text[Style["B", Medium], {(m n Cos[T])/(1-n),-0.4}]}],{m, 2, "Длина отрезка AB"}, 1, 5}, {{n, 0.6,"Отношение, в котором точка M делит отрезок AB"}, 0.1,1},{{T, 0, "Время"}, 0, 15}].
```

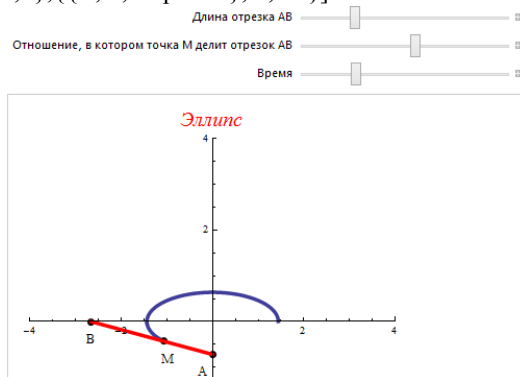


Рис. 1. Траектория точки генерирующей прямой  $AB$  в движении Кардана.

© Мехтиева С.М., 2016г.

## **ИГРОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО МАТЕМАТИКЕ**

Павленко Виктор Александрович

Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Россия

На практических занятиях студенты на практических занятиях по математике решают задачи. В начале занятия преподаватель подробно показывает решение типовых примеров, потом уже студенты решают у доски подобные примеры. После изучения определённого блока или модуля преподаватель проводит контрольную работу. В конце семестра студенты сдают РГР. Не секрет, что такое однообразие надоедает студентам, и самые нерадивые начинают пропускать занятия, остальные просто сидят и скучают.

Чтобы внести что-то позитивное в проведение практических занятий по математике, необходимо как-то разнообразить серые будни студентов. Поэтому предлагается некоторые практические занятия по математике проводить в игровой форме.

Можно всю группу поделить на несколько подгрупп по 3 человека в каждой. Деление должно происходить случайным образом. Потом вызывать подгруппу из трёх человек к доске и дать им однотипные задачи. Кто быстрее правильно решит, тот и проходит дальше. Желательно делить так, чтобы подгрупп было либо 4, либо 8, либо 16. Чтоб победители потом, участвовали в полуфинале, четвертьфинале. Либо сделать так, чтобы, скажем, четвертьфинал проходил также среди трёх студентов, а в полуфинале бились уже по два студента за выход в финал. Как показывает опыт и практика, студентам это очень интересно.

Ещё можно проводить практику в формате известных телевизионных передач. Например, «Своя игра». Также должны быть вопросы за 100 очков, за 200, 300, 400 и 500. Чем больше очков, тем больше сложность задачи. Студент видит только категории. Сами задачи он не видит. Студент выбирает категорию и цену. Только потом преподаватель открывает задачу и даёт отмашку для решения, оговорив, сколько минут даётся для решения открывшейся задачи. У кого больше очков, тот и выиграл. Можно провести финал. Как показывает опыт и практика, студентам это тоже очень интересно.

© Павленко В.А., 2016г.

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ТЕНЗОРНОГО АНАЛИЗА В WOLFRAM MATHEMATICA

Фёдорова О.Н.

Саратовский национальный исследовательский государственный  
университет имени Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

Использование систем компьютерной математики (Maple, Mathematica, MatLab и др.) в процессе обучения дифференциальной геометрии способствует визуализации математических объектов, упрощению сложных расчетов.

Рассмотрим задачу нахождения производной Ли в направлении векторного поля  $v(x, y) = y \frac{\partial}{\partial x} + x \frac{\partial}{\partial y}$  от ковекторного поля

$\alpha = (x + y)dx^1 + (x - y)dx^2$ . Программа написана на языке Wolfram Language. Программу можно обобщить для вычисления производной Ли от произвольного тензорного поля. Аналогично можно вычислить координаты тензора кривизны и тензора Риччи [1].

Задаем ковекторное поле  $\alpha$ , векторное поле  $v$  в виде списков.

In[1]:= v={y, x};

In[2]:=  $\alpha$ ={x+y, x-y};

Вводим вспомогательный массив.

In[3]:= var={x,y};

Используя формулу  $L_v \alpha = (v^j \partial_j \alpha_i + \alpha_j \partial_i v^j) du^i$ , задаем массив  $T$ .

In[4]:= T=Array[,{1,2}];

In[5]:= Do[T[[1,i]]=Sum[v[[s]]D[ $\alpha$ [[i]],var[[s]]],{s,2}]+Sum[ $\alpha$ [[s]]D[v[[s]],var[[i]]],{s,2}],{s,2}],{i,2},{j,2}

In[6]:=T

Получим

Out[6]={{2x, 2y}}

### Литература

1. Букушева, А.В. Применение Wolfram Language для выделения специальных классов почти контактных метрических структур // Компьютерные науки и информационные технологии : Материалы Междунар. науч. конф. Саратов : Издат. центр."Наука", 2016. С. 105-107.

## **БИОЛОГИЯ**

### **СЕКЦИЯ «ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ»**

УДК 58.1

#### **ХАРАКТЕРИСТИКА ПУЗЫРЧАТКИ ОБЫКНОВЕННОЙ В ОЗЕРЕ АСЛЫ-КУЛЬ**

Баянова Эвелина Рафисовна

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Проводили морфометрические исследования особей популяции пузырчатки обыкновенной. *Utricularia L.* - крупное водное растение с погруженными в воду стеблями. Листья 1.5 – 5 см длиной, многократноперистые, рассечённые, с крупными пузырьчками 3 - 4 мм длиной на всех листьях. Пузырьки косойцевидной формы, несколько сжатые с боков. По морфометрическим исследованиям были составлены таблицы, в которых представлены данные по количеству клеток водорослей разных отделов на ловчих пузырьках: среднее число клеток 106, из них диатомовых 44, цианопрокариот 15, зеленых водорослей 16, водоросли других отделов встречались единично. Морфометрия ширины листовой пластинки пузырчатки обыкновенной, размеров ловчих пузырьков показала, что у разных особей они изменяются в широких пределах. У 15 изученных особей среднее значение размеров пузырьков составляло 1279 мкм. При этом среднее значение пузырьков в популяции изменялось от 538 до 1738 мкм в зависимости от особи вида, а абсолютные минимальные размеры составили 200 мкм, максимальные – 2800 мкм. В популяции встречены особи с маленькими размерами ловчих аппаратов, они составляли меньше 1000 мкм, что очевидно связано с возрастом особей. Размеры их пузырьков варьировались от 200 мкм до 880 мкм. В то время как у большинства особей размеры варьировались в широких пределах, принимая значения от 1000 мкм до 2800 мкм.

Анализ количества клеток водорослей показал, что эпифитных водорослей на ловчих пузырьках больше, чем на листьях пузырчатки обыкновенной. На протяжении всего периода отбора проб на всех глубинах доминировали по встречаемости диатомовые водоросли.

#### **Литература**

Шарипова М.Ю. Альгофлора экотонов озера Асылыкуль//Вестник Башкирского университета, 2005- №2. –С. 56-60.

© Баянова Эвелина Рафисовна, 2016 г.

## ЛИПОФИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ШИИТАКЕ, ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ НА БЕРЕЗОВОМ СУБСТРАТЕ

Галимова Г.Ф., Шпирная И.А., Ибрагимов Р.И.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Для создания лечебных и профилактических средств могут быть использованы высшие базидиальные грибы [1].

Особый интерес представляют биологически активные вещества представителей шиитаке, обладающие противоопухолевой, антиоксидантной и иммуномодулирующей активностью [2,3].

Целью нашей работы является определение липофильных компонентов плодовых тел шиитаке, выращенных на березовом субстрате.

В качестве объекта исследования использовали коммерческие образцы мицелия шиитаке, высаженные на древесный субстрат (береза). Образующиеся плодовые тела срезали, гомогенизировали, проводили экстракцию гексаном 1:10. Компонентный состав гексановых и спиртовых образцов определяли методом газовой хроматографии.

Доминирующими компонентами гексанового экстракта являются *жирные кислоты*: азелаиновая, миристиновая, пентадекановая, пальмитолеиновая, пальмитиновая, линолевая и олеиновые кислоты. Кроме того, гексаном были проэкстрагированы следующие производные лупана: лупеол, бетулин и бетулоновый альдегид. С наличием трех последних компонентов связывают противоопухолевую активность чаги, произрастающей исключительно на березе.

Обращает внимание высокое содержание  $\beta$ -ситостерола и бетулина в плодовых телах шиитаке. Как и многие терпеновые соединения бетулин проявляет высокую биологическую активность: антиоксидантную, противовирусную, противоопухолевую, антимикробную, антисклеротическую.

### Литература

1. Гарибова Л.В. Японский гриб шиитаке // Наука и жизнь. 2003. № 4. , С. 21-28.
2. Цивилева О.М. Изменение жирнокислотного состава общих липидов и лектиновой активности *Lentinus edodes* в процессе морфогенеза// Микология и фитопатология. 2007. № 5. Т. 41. С. 450-455.
3. Manjit Singh, Bhuvnesh Vijay, Shwet Kamal, G.C. Wakchaure Mushrooms Cultivation, Marketing and Consumption- © Directorate of Mushroom Research (ICAR), Solan (India)- 2011-P.207,211.

© Галимова Г.Ф., Шпирная И.А., Ибрагимов Р.И., 2016 г.

## **ПИЩЕВАЯ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА К РАЗЛИЧНЫМ СОРТАМ КАРТОФЕЛЯ**

Ибрагимов Р.И., Умаров И.А., Шпирная И.А., Цветков В.О.  
Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Колорадский жук является специализированным вредителем, способным питаться различными видами растений семейства пасленовых. Наши исследования показывают, что данный вредитель проявляет не только выраженную межвидовую, но внутривидовую избирательность, т.е. избирательность по отношению к различным сортам и линиям картофеля. Избирательность насекомых, и соответственно, признаки устойчивости / восприимчивости растений начинают проявляться уже на самых ранних этапах взаимодействия насекомых и растений: на стадиях заселения, кладки яиц и развития личинок. В этот период, на поверхности листьев устойчивых сортов выявлялось небольшое число кладок яиц, и соответственно, уровень заселенности этих растений личинками насекомых был невысоким. В то же время у восприимчивых растений данные показатели были значительно выше, соответственно, потери массы листьев от поедания насекомыми достигали 10-20% от контроля. Интересно отметить, что показатели пищевой привлекательности и заселенности насекомыми положительно коррелируют с уровнем антипротеолитической активности в листьях растений. Уровень активности ингибиторов протеиназ колорадского жука в листьях устойчивых, мало заселяемых насекомыми сортов, значительно, в два и более раз, была выше, чем в листьях восприимчивых сортов. Соответственно, и степень повреждаемости листьев устойчивых сортов личинками насекомых была в 2-4 раза ниже, чем у восприимчивых сортов и гибридов. В целом, растения с высоким содержанием ингибиторов ферментов (сорта Башкирский, Луговской и гибрид 4281) оказались менее привлекательными для заселения насекомыми, показатели выживаемости насекомых на них были низкими. Сорта Удача, Невский и новые селекционные образцы (гибриды 4270, 4292, 4273) с низким уровнем антипротеолитической активности оказались более привлекательными для заселения и развития насекомых.

В связи с вышесказанным, представляет интерес выявление интенсивности ответных реакций разных сортов картофеля в ответ на поедание листьев насекомыми. В частности, при повреждении насекомыми существенно изменяется уровень антипротеолитической активности в листьях. При этом, что изученные сорта картофеля проявляют различную реакцию в ответ на повреждение личинками жука.

Таким образом, выявлена корреляция между уровнем активности ингибиторов протеиназ в листьях исследуемых сортов картофеля и

параметрами их устойчивости к фитофагу, такими как повреждаемость листьев, заселяемость и плодовитость насекомых.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания (№ госрегистрации 01201456414)

© Ибрагимов Р.И., Умаров И.А., Шпирная И.А., Цветков В.О. , 2016 г.

УДК 58.085

## **МЕТОДЫ БИОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ**

Халиуллин Денис Аликович, Шарипова Гульшат Азатовна  
Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия  
Научный руководитель: проф., д.б.н. Ишмуратова М.М.

К настоящему времени биотехнологические методы широко используются в фармакологии и в растениеводстве. При использовании промысловых дикорастущих лекарственных видов растений из естественных популяций возникают следующие проблемы: снижения их численности в естественных местах обитания, вплоть до включения видов в региональные Красные книги (КК), негативное влияние загрязнения окружающей среды на метаболизм растений, накопление вредных для человека химических соединений в биомассе растений. Метод культуры тканей (*in vitro*) позволяет решать эти проблемы без изъятия растений из природных популяций. Выращивание в условиях *in vitro* сельскохозяйственных растений имеет ряд преимуществ перед традиционными методами: 1) получение большого числа посадочного материала районированных сортов, 2) оздоровление посадочного материала, 3) выращивание растений в течение всего года.

В Республике Башкортостан многие промысловые лекарственные виды растений включены в КК (2011) [1, 2], в Башкирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства (БНИИСХ) созданы высокопродуктивные районированные сорта плодово-ягодных культур [3, 4], отсутствующие, к сожалению, на рынке.

Нами разрабатываются протоколы клонального микроразмножения редких и ресурсных видов растений - виды рода *Valeriana* (*V. alternifolia*, *V. dubia*, *V. officinalis*, *V. tuberosa*, *V. wolgensis*) и плодово-ягодных культур - жимолости (*Lonicera* L.) сорт «Гала», винограда (*Vitis* L.) селекции БНИИСХ сорт «Карагай». Отработаны методы стерилизации, введения эксплантов в культуру тканей, мультипликации побегов. Индивидуально для каждого объекта исследования подобраны оптимальные состав питательной среды и условия выращивания.

### **Литература**

[1] Красная книга Республики Башкортостан. Т. 1. Растения и грибы / под ред. д-ра. биол. наук, проф. Б. Н. Миркина. — 2-е изд., доп. и переработ. — Уфа: МедиаПринт, 2011. — 384 с.

[2] Ишмуратова М.М., Ткаченко К.Г. Семена травянистых растений: особенности латентного периода, использование в интродукции и размножении *in vitro* // Уфа: Гилем, 2009. — 116 с.

[3] Абдеева М.Г., Демина Т.Г., Шафиков Р.А., Фазлиахметов Х.Н., Майстренко Н.В., Зарипова В.М. Садоводство в Башкортостане. —Уфа: Мир печати, 2006. — 140 с.

[4] Головина Л.А., Ишмуратова М.М. Введение в культуру *in vitro* смородины // Биологические аспекты распространения, адаптации и устойчивости растений: материалы Всерос. (с междунар. участием) науч. конф. (Саранск, 15-18 мая 2016 г.). — Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та, 2016. С. 91-94.

© Халиуллин Денис Аликович, Шарипова Гульшат Азатовна, 2016 г.

УДК 581.143.6:582.717.7

## **ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* ЭФИРНОМАСЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ**

Газиева Эльмира Миниахметовна

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Научный руководитель: проф., д.б.н. Ишмуратова М.М.

Перспективным и экономически выгодным способом размножения декоративных растений является метод культуры *in vitro* широко используется в настоящее время. Применение этого метода позволяет решить проблему оздоровления растений от вирусных инфекций, проблему массового размножения новых гибридов и медленно размножаемых в культуре видов [1]. Целью данной работы явилось изучение особенностей введения в культуру *in vitro* лавра благородного (*Laurus nobilis*), розмарина лекарственного (*Rosmarinus officinalis*), мирта обыкновенного (*Myrtus communis*).

На территории Республики Башкортостан имеется теплица круглогодичного действия «Лимонарий», где произрастает более 10 эфирномасличных видов растений [2]. Из них самыми востребованными являются лавра благородного (*Laurus nobilis*), розмарина лекарственного (*Rosmarinus officinalis*), мирта обыкновенного (*Myrtus communis*).

Исходным материалом для исследования послужили л. благородный (*L. nobilis*), р. лекарственный (*R. officinalis*), м. обыкновенный (*M. communis*), культивируемые в «Лимонарий». Побеги были взяты для исследования в декабре.



Подготовка лабораторной посуды, инструментов и приготовление питательной среды для работы проводили по общепринятым методикам.

Поверхностная стерилизация растительного материала была дробной. Простерилизованные экспланты вводили в культуру *in vitro* на среду Мурасиге и Скуга. При стерилизации эксплантов получены следующие результаты: 16,6 % эксплантов л. благородного заражены грибковой инфекцией, 33,3 % м. мелколистного заражены бактериями. Жизнеспособность побегов составило: л. благородного – 84,0 %, р. лекарственного – 100,0 %, м. мелколистного 74,0 % и м. крупнолистного – 100,0 %.

В результате проведенных на этапе введения в культуру *in vitro* был подобран оптимальный режим стерилизации для эфирномасличных растений, при использовании которого наблюдается максимальное число стерильных эксплантов.

#### Литература

[1] Черевченко Т.М., Лаврентьева А.Н., Иванников Р.В. Биотехнология тропических и субтропических растений *in vitro*. Монография. – Киев: Наукова думка, 2008. – 633 с.

[2] Садыкова Ф.В. Тропические и субтропические плодовые растения в лимонарии Республики Башкортостан. – Уфа: Китап, 2016. – 128 с.

© Газиева Эльмира Миниахметовна, 2016 г.

УДК 577.1

### **ВЛИЯНИЕ НИТРОПРУССИДА НАТРИЯ НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ *TRITICUM AESTIVUM* L. ПРИ МЕТАЛЛИНДУЦИРОВАННОМ СТРЕССЕ Zn**

Рахматуллина Светлана Рифовна

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Изучено влияние экзогенного нитропрусида натрия (SNP) на ростовые, физиологические и биохимические показатели побегов и корней 14-дневных растений пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта Казахстанская 10, выращенных в присутствии цинка. Установлено, что SNP стимулировал накопление массы, как побегов, так и корней растений пшеницы (в 1,14 и 1,2 раза, соответственно), по сравнению с контрольными растениями. У растений, выращенных в присутствии цинка, наблюдалось снижение ростовых параметров, использование экзогенного SNP увеличивало накопление массы надземной и подземной частей растений пшеницы (в 1,05 и 1,14 раза, соответственно). В присутствии цинка SNP активизировал суммарное темновое дыхание,

которое увеличивалось (в 1.36 и 1.17 раза) в побегах и корнях, соответственно. С помощью ингибиторного анализа было выявлено, что под влиянием SNP доля цитохромного пути дыхания усиливалась в побегах, а доля альтернативного цианидрезистентного пути дыхания - в корнях. О степени окислительного стресса судят по накоплению малонового диальдегида (МДА) – цитотоксического продукта перекисного окисления липидов (ПОЛ), индикатора образования свободных радикалов и последующего повреждения тканей [1]. Выявлено, что SNP в присутствии цинка усиливал активность пероксидазы в побегах (в 1,05 раза), а активность каталазы в корнях (в 1,17 раза). Содержание МДА при действии цинка повышалось как в побегах, так и в корнях (в 1,2 и 1,21 раза, соответственно) по сравнению с контролем, что свидетельствует о возникновении состояния окислительного стресса. SNP снижал уровень МДА в присутствии цинка в побегах и в корнях (в 1,47 и 1,44 раза), способствуя, тем самым, улучшению антиоксидантного баланса в клетках исследуемых растений и уменьшению в них процессов перекисного окисления липидов. Полученные нами результаты соответствуют литературным данным [2].

#### **Литература**

1. Shahid M, Pourrut B, Dumat C, Nadeem M, Aslam M, Pinelli E. Heavy-metal-induced reactive oxygen species: phytotoxicity and physicochemical changes in plants. Rev Environ Contam Toxicol. 2014. V. 232. P. 1-44.
2. Чжан Х., Ли Я.Х., Ху Л.Ю. и др. Влияние обработки листьев пшеницы донором окиси азота на антиокислительный метаболизм при стрессе, вызванном алюминием // Физиология растений. 2008. Т. 55. № 4. С. 523-528.

© Рахматуллина С.Р. , 2016 г.

УДК 574.5

### **ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ БЕНТОСНОГО СООБЩЕСТВА ВЕРХНЕ-ИРЕМЕЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

Валеева Гульсия Миннахатовна.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Верхнеремельское водохранилище, образованное плотиной на реке Верхний Ирмель, расположено на границе территорий Челябинской области и Республики Башкортостан.

Продукция отдельных групп зообентоса рассчитывалась по формуле

$$P = B \times C_w \times 150,$$

где:  $B$  – средняя биомасса;  $C_w$  – удельная продукция; 150 – продолжительность вегетационного сезона для водоемов умеренной зоны [1,2,3]. Продукция бентоценозов определялась как сумма показателей «мирных» и хищных видов, за вычетом рациона хищников:

$$P = P_m + P_x - C_x [2].$$

В донной фауне Верхне-Ирмельского водохранилища зарегистрировано 23 вида донных беспозвоночных, относящихся к 5-ти классам: Oligochaeta, Hirudinea, Gastropoda, Bivalvia и Insecta.

Наибольшую численность в составе донной фауны имели личинки хирономид, а биомассу – моллюски. Суммарная численность беспозвоночных составила 2051,25 экз/м<sup>2</sup>, а биомасса – 38 г/м<sup>2</sup>. Следует отметить, что хотя наибольший вклад в суммарную биомассу беспозвоночных вносили брюхоногие и двустворчатые моллюски (61,11 %), однако биомасса кормового бентоса на 57,33 % обеспечивалась личинками хирономид.

Продукция «мирных форм» составила 38,69 г/м<sup>2</sup>, а продукция хищников – 18,41 г/м<sup>2</sup>. С учётом рациона хищников, средняя величина продукции бентосного сообщества Верхнее-Ирмельского водохранилища в период исследования составила 9,36 г/м<sup>2</sup>.

Согласно шкале трофности [4] этот водоем относится к мезотрофному типу с признаками олиготрофизации. По рыбохозяйственной шкале [5] Верхнее-Ирмельское водохранилище относится к малокормным.

### Литература

1. Алексеева М.С. Структура донных зооценозов Камского водохранилища // Сб. научн. тр. ГосНИОРХ. - Л., 1988. Вып. 281. С. 87-91.
2. Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 151 с.
3. Заика В.Е. Сравнительная продуктивность гидробионтов. - Киев, 1983. - 206 с.
4. Китаев С.П. О соотношении некоторых трофических уровней и «шкалах трофности» озер разных природных зон // V съезд Всесоюз. гидроб. об-ва.: тез. докл. Ч. 2. - Куйбышев, 1986. - С. 254-255.
5. Пидгайко М.Л., Александров Б.М., Иоффе Ц.И., Максимова Л.П., Петров В.В., Саватеева Е.Б., Салазкин А.А. Краткая биолого-продукционная характеристика водоемов Северо-Запада СССР // Изв. ГосНИОРХ, Л., 1968. Т. 67. С. 205-228.

© Валева Г.М., 2016

УДК 58.1

# ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОПРЕПАРАТА НА РАЗВИТИЕ *NOSTOC COMMUNE* И *SCENEDESMUS QUADRICAUDA* В ПОЧВЕННОЙ СРЕДЕ И ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Муртазина Маргарита Тагировна

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

С помощью методов биотестирования можно определить уровень токсичности среды для живых организмов. Часто в качестве тест-объектов используются зеленые водоросли и цианобактерии: они в большом количестве находятся в почве, воде, воздухе. По состоянию их колоний можно судить о влиянии того или иного препарата на окружающую среду в целом. В качестве тест-объектов были выбраны представители зеленых водорослей - *Scenedesmus quadricauda* и цианобактерий - *Nostoc commune*. Было выбрано несколько методов биотестирования: добавление опытного раствора в питательную агаризованную среду, метод лунок и обработка почвы опытным раствором фунгицида для последующего количественного подсчета колоний цианобактерий и водорослей.

Произвели апробацию биопрепарата на основе лиофилизированной культуральной жидкости грамотрицательных бактерий, разработанного во ВНИИ «Фитопатологии». Были выбраны следующие концентрации раствора биопрепарата: 0,5 г/л, 5 г/л, 50 г/л. Затем на агаризованную среду с опытным раствором сплошным газоном высевали культуры цианобактерий и водорослей. Через 60 дней было отмечено, в чашках с концентрацией биопрепарата 50 г/л *N. commune* и *S. quadricauda* полностью лизировались; в чашках с концентрацией 5 г/л рост культур обоих видов сократился приблизительно на 40%; концентрация 0,5 г/л не оказала существенного влияния на рост колоний. Метод лунок в аналогичных концентрациях результатов не дал. Для проведения опытов в почвенной среде отбирались пробы в Иглинском районе Республики Башкортостан на злаковых обрабатываемых полях (рожь, пшеница, гречиха), характеризующихся серыми лесными почвами. Почвы обрабатывали растворами биопрепарата в концентрациях 0,5 г/л, 5 г/л и 50 г/л. Далее будет проведено сравнение видового разнообразия цианобактерий и зеленых водорослей в почвах и количества их колоний с контрольным образцом.

## Литература

Шарипова М.Ю., Дубовик И.Е. Современные методы альгологии: Учебное пособие. - Уфа: РИЦ БашГУ, 2012. – 116с.

© Муртазина Маргарита Тагировна, 2016 г.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЗЕИНОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГРИБОВ РОДА *PLEUROTUS*

Шляпникова С.В., Шпирная И.А., Ибрагимов Р.И.  
Башкирский Государственный Университет, Уфа, Россия

Казеинолитические ферменты являются необходимыми компонентами при производстве сыров.

Помимо натурального сычужного фермента в настоящее время используются молокосвертывающие препараты, получаемые путем микробиального синтеза. Также одними из альтернативных источников казеинолитических ферментов являются базидиальные грибы, многие из которых уже детально изучены и применяются в пищевой промышленности.

Целью нашей работы является определение активности секретируемых молокосвертывающих ферментов грибов рода вешенка (*Pleurotus*).

Объектами исследования были выбраны: в.индийская (*P. pulmonarius*), в. золотая (*P. citrinopileatus*) и в. обыкновенная (*P. ostreatus*).

Культивировали объекты глубинным методом в среде Чапека (рН 4,0), при температуре 26-28°C, в течение 5–ти суток, в шейкерной установке. В качестве субстрата использовали пастеризованное сборное молоко [1].

Важнейшими характеристиками молокосвертывающего препарата являются скорость коагуляции молока и время образования устойчивого сгустка.

В данных условиях культивирования фильтрат в. обыкновенной не оказывал влияние на створаживания молока.

Показано, что для при использовании фильтрата в. индийской время свертывания молока было наименьшим, среди исследуемых образцов. Однако образовавшийся после 16-ти минут сгусток не отделялся от водной части молока и был мелкодисперсным, что делает данные ферменты непригодными для использования в производстве сыров.

Секретируемые ферменты вешенки золотой характеризуются как высоким значением молокосвертывающей активности, так и образованием устойчивого сгустка, четко отделяющегося от сыворотки молока.

Таким образом, из трех исследуемых образцов только один, а именно в. золотая, секретировал ферменты, эффективно створаживающие молоко.

### Литература:

1. Лебедева Г.В. Очистка и характеристика молокосвертывающих ферментов вешенки обыкновенной / Г.В. Лебедева, М.Т. Проскуряков // Прикладная биохимия и микробиология. -2008-№1-С.1813

© Шляпникова С.В., Шпирная И.А., Ибрагимов Р.И. , 2016 г.

**БИОФУНГИЦИД ФИТОСПОРИН: ОПТИМИЗАЦИЯ  
ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОМАССЫ В ПРОЦЕССЕ  
КУЛЬТИВИРОВАНИЯ**

Ахмадуллина Регина Рафисовна

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Наиболее перспективным направлением в разработке экологически безопасных средств защиты растений является использование биологических препаратов, действующим началом которых являются живые бактерии, выделенные из эндотканей здоровых растений и обладающие высокой антагонистической активностью к фитопатогенным грибам и бактериям.

Целью исследования являлось разработка путей оптимизации получения производственной биомассы штамма *Bacillus subtilis* 26Д для производства «Биофунгицида Фитоспорин». Бактерии производственного штамма *Bacillus subtilis* 26Д - грамположительные споровые палочки, обладающие широким спектром гидролитических ферментов и антагонистической активностью против фитопатогенных грибов. Производственную биомассу препарата «Фитоспорин», основой которой является штамм *Bacillus subtilis* 26Д получают методами жидкостного культивирования в реакторах и методом твердофазного культивирования на питательном агаре. Неоптимальные параметры проведения периодического процесса культивирования имеет ряд недостатков: длительность культивирования до 32 часов, наличие лаг фазы 4 часа и низкий процент спор в производственной биомассе. Оптимизация периодического культивирования бактериальной биомассы включает: подбор дозы маточной культуры, уровни аэрации и перемешивания. Оптимальными параметрами проведения процесса культивирования является:

- посевная доза маточной культуры 0,3 x 10<sup>9</sup> кл/мл;
- уровень аэрации 1 л воздуха на 1 л питательной среды в мин;
- перемешивание со скоростью вращения мешалки 250 об/мин.

**Литература**

[1] Логинов О.Н., Мелентьев А.И., Силищев Н.Н., Роль бактерий – антагонистов фитопатогенов в защите сельскохозяйственных растений от болезней, Уфа.: Гилем. 2001 - 66с.

© Ахмадуллина Регина Рафисовна, 2016 г.

## АНАЛИЗ НЕЙРОГЛИАЛЬНЫХ СООТНОШЕНИЙ В ПЕРЕДНЕМ КОРТИКАЛЬНОМ ЯДРЕ МИНДАЛЕВИДНОГО ТЕЛА МОЗГА КРЫС В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛА

Башарова Эльгина Римовна, Садртдинова Индира Илдаровна  
Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Исследования структур головного мозга при половом диморфизме представляют собой актуальную проблему нейробиологии. По данным литературы, переднее кортикальное ядро миндалевидного тела мозга является зоной полового диморфизма, нейросекреторные клетки которого имеют рецепторы к половым стероидам. Целью настоящего исследования стало проведение сравнительного анализа количественных показателей нейронов, суммарной и сателлитной глии в переднем кортикальном ядре миндалевидного тела мозга у половозрелых крыс линии WAG/Rij обоего пола ( $n=40$ ), массой тела 200-220 г. Изучали серийные фронтальные срезы толщиной 10 мкм, окрашенных крезилковым фиолетовым по Нисселю с помощью микроскопа МБИ-11 (ЛОМО, Россия) на площади  $0,031 \text{ мм}^2$  при увеличении в 400 раз. Статистическую обработку данных проводили с помощью U-критерия Манна-Уитни в программе «Statistica» v.7.0 (Stat Soft Inc., США). Различия считали статистически значимыми при  $p<0,05$ . В составе переднего кортикального ядра выявлены 3 зоны: поверхностная, поверхностная клеточная и глубокая. В поверхностной зоне нами обнаружены единичные нейроны в связи с чем, сравнительный анализ проводили в двух вышележащих клеточных слоях. Результаты исследования показали, что количество нервных клеток у самцов крыс было выше, чем у самок: в поверхностной клеточной зоне  $11,93\pm 0,21$  и  $10,23\pm 0,24$  соответственно ( $p<0,05$ ), в глубокой зоне  $15,47\pm 0,36$  и  $13,68\pm 0,29$  соответственно ( $p<0,05$ ). Плотность суммарной глии в поверхностной клеточной зоне было достоверно ниже у самок  $21,45\pm 0,53$ , чем у самцов  $23,97\pm 0,50$  ( $p<0,05$ ), в глубокой зоне достоверных различий нами не обнаружено. Кроме того, мы определяли процентное соотношение сателлитной глии к общей, т.к. количество сателлитной глии указывает на степень активности нейронов. Доля сателлитной глии в общем числе глиальных клеток в поверхностной клеточной зоне составила у самцов 9,32%, у самок - 11,26%, а в глубокой зоне 8,61% и 14,75% соответственно ( $p<0,05$ ). Таким образом, полученные нами данные по нейроглиальному соотношению в изучаемой нами структуре головного мозга указывают на половые различия у крыс линии WAG/Rij.

© Башарова Эльгина Римовна, Садртдинова Индира Илдаровна, 2016 г.

## РАЗМНОЖЕНИЕ ЦИТРУСОВЫХ В КУЛЬТУРЕ *IN-VITRO*

Билалова Эльвира Гизаровна

ГБПОУ «Уфимский лесотехнический техникум», г. Уфа, Россия

Башкирский государственный университета, г. Уфа, Россия

Научный руководитель проф., д.б.н. Ишмуратова М. М.

Виды рода *Citrus* являются широко используемыми растениями, благодаря своим полезным свойствам.

При вегетативном размножении цитрусовых наследственные признаки маточного растения сохраняются, но не всегда удается получить безвирусный материал. В настоящее время наиболее эффективным способом вегетативного размножения растений является клональное микроразмножение *in vitro*, позволяющее не только получать оздоровленный посадочный материал, но и ускорять размножение новых сортов. Нами начаты работы по размножению в культуре *in vitro* сортов лимона [1], в т. ч. и башкирской селекции [2].

Целью данной работы является разработка начальных этапов клонального микроразмножения *in vitro* сортов лимона.

В качестве эксплантов использовали сегменты молодых побегов и семена из плодов разной степени зрелости растений лимона сортов Юбилейный и Ташкентский. Была проведена дробная поверхностная стерилизация растительного материала, подробно описанная в предыдущей работе [1]. В качестве питательной среды использовали модифицированную питательную среду Мурасиге-Скуга [3] с гормональными добавками 6-бензиламинопурина (6 - БАП), индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) в различных концентрациях (0,1 мг/л – 1,0 мг/л), pH 5,5-5,8.

Подобранная схема стерилизации оказалась эффективной. Доля проросших семян у сорта Юбилейный выше, чем у сорта Ташкентский. В целом, у семян из полужеленых плодов обоих сортов доля проросших семян ниже, чем у семян, изолированных из переспелых сортов.

### Литература

- [1] Билалова Э.Г., Ишмуратова М.М. Размножение цитрусовых в культуре *in vitro* // Биологические аспекты распространения, адаптации и устойчивости растений: материалы Всерос. (с междунар. участием) науч. конф. (Саранск, 15-18 мая 2016 г.). – Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та, 2016. С. 53-55.
- [2]. Садыкова Ф.В. Опыт выращивания лимонов в Башкортостане. - Уфа, 2009. - 63 с.
- [3]. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiol. Plant.* 1962. Vol. 15, N 13. P 437-497.

© Билалова Эльвира Гизаровна, 2016 г.



**ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В  
ИШИМБАЙСКОМ ЗАКАЗНИКЕ РЕСПУБЛИКИ  
БАШКОРТОСТАН**

Давлетова Альбина Шамилевна

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Лишайники, являясь наиболее чувствительными организмами, на атмосферное загрязнение реагируют гораздо быстрее и интенсивнее многих высших сосудистых растений и выступают как индикаторы даже незначительного загрязнения окружающей среды, причем чувствительность разных видов лишайников несколько различается [1].

В работе приведены результаты исследований видового состава лишайников на территории Ишимбайского заказника Республики Башкортостан. В результате изучения биоразнообразия лишайнобиоты заказника нами был составлен список лишайников, состоящих из 50 видов. Выявленные виды лишайников относятся к одному классу *Ascolichenes*, 4 порядкам: *Pyrenocarpales*, *Peltigerales*, *Lecanorales* и *Pertusariales*, 16 семействам и 24 родам. Исследуемая территория находится в зоне среднего загрязнения атмосферного воздуха, что связано с тем, что район исследования находится на пути следования господствующих западных и юго-западных воздушных масс, где выпадает большое количество осадков, содержащих примеси  $SO_2$ . По результатам данного исследования можно сделать вывод о том, что исследуемая территория Ишимбайского заказника находится в зоне среднего загрязнения атмосферного воздуха, что объясняется тем, что район исследования находится в предгорной части Уральских гор на пути следования господствующих западных и юго-западных воздушных масс, где выпадает большое количество осадков, содержащих примеси различных химических веществ.

**Литература**

[1] Саитова З.Р., Михайлова В.М., Фархутдинов Р.Г. Сравнительная характеристика популяций *Physcia stellaris* в лесах Гафурийского района и в зеленых насаждениях города Стерлитамак Республики Башкортостан. В сборнике: Теоретические проблемы экологии и эволюции: Шестые Люблинские чтения, 11-й Всероссийский популяционный семинар и Всероссийский семинар «Гомеостатические механизмы биологических систем» с общей темой «Проблемы популяционной экологии» Под ред. Г.С. Розенберга. 2015. С. 258-262.

© Давлетова Альбина Шамилевна, 2016 г.

**МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КЛОНОВ ЦИАНОБАКТЕРИИ  
*NOSTOC PUNCTIFORME* (KUTZ.) HARIOT ИЗ РАЗНЫХ  
МЕСТООБИТАНИЙ**

Егупова Е.Ю.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

В настоящее время исследование морфологического разнообразия цианобактерий необходимо для решения как общебиологических, так и прикладных задач [1]. *Nostoc punctiforme* (Kutz.) Hariot широко распространен в различных местообитаниях [2], включая и пещеры [3]. Целью работы является морфометрический анализ клонов цианобактерии *Nostoc punctiforme*, выделенных из трех разных местообитаний.

Исследовали три клона *Nostoc punctiforme*, выделенные из грунта пещеры Северная в Свердловской области (Св31ж), из грунта пещеры Геологов-2 в Пермском крае (Пк20ж) и грунта пещеры Гондурас в Красноярском крае (Кр6). Максимальное значение ширины клеток отмечено у клона Пк20ж, минимальное – у Св31ж. Максимальные и минимальные значения длины клеток также выявлены у клонов Пк20ж и Св31ж соответственно. При этом по изученным параметрам имеют значимое различие клоны Пк20ж и Св31ж, а также Пк20ж и Кр6 ( $p < 0,05$ ). Клоны Св31ж и Кр6 по длине и ширине значимого различия не имеют ( $p > 0,05$ ). У всех клонов длина клеток превышает ширину, что характерно для молодых трихомов. Наибольший индекс формы отмечен у клона Св31ж, наименьший – у Кр6. Обычно на ранних стадиях роста клетки трихомов *Nostoc punctiforme* имеют ширину 3-5 мкм и длину 3-6 мкм [2]. Полученные нами результаты согласуются с данными литературы.

Таким образом, клоны вида *Nostoc punctiforme*, выделенные из пещер Северная и Гондурас, имеют сходные морфометрические параметры, а клон цианобактерии из пещеры Геологов-2 от них отличается.

**Литература**

- [1] Кондратьева Н. В. Морфология популяций прокариотических водорослей. – Киев: Наук. думка, 1989. – 176 с.
- [2] Komarek J. Susswasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19 (3). Cyanoprokaryota. III. Heterocytous genera. Springer-Verlag. – Berlin, Heidelberg, 2013. – 1033 pp.
- [3] Абдуллин Ш.Р., Миркин Б.М. Синтаксономия цианобактериально-водорослевых ценозов пещер России и некоторых сопредельных государств // Растительность России. 2015. № 27. С. 3-23.

© Егупова Е.Ю. , 2016 г.

## ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ОБМЕН РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ

Ярмухаметова Ильзида Айдаровна

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

На проростках пшеницы, семена которых подвергались предпосевной обработке - потенциальными фунгицидными препаратами аминного ряда: 1,3 – аминосульфида и производного бисамина и тиомочевины, а также выпускаемыми промышленностью, известными фунгицидными препаратами марок «Бисол», «Купробисан» и регулятора роста «Биодукс» было изучено их действие на окислительно-восстановительный обмен [1]. Установлена высокая скорость образования супероксид-аниона в проростках пшеницы, при предпосевной обработке «Бисолом» и 1,3 – аминосульфидом - ди-{ 4-[ (тетрагидро-4н-1,4-оксазин-4-ил) - метилсульфанил] - фенилового} эфир щавелевокислый). Показан различный характер активности ферментов каталазы и пероксидазы в побегах и корнях проростков после предпосевной обработки изучаемыми препаратами [2]. Таким образом, предпосевная обработка препаратами разных биологически активных химических соединений с фунгицидной активностью приводит к значительным изменениям в работе про-/антиоксидантную системы проростков пшеницы, в функционировании системы образования и разрушения некоторых активных форм кислорода, в оценке эффективности её работы по накоплению продукта перекисного окисления липидов - малонового диальдегида (МДА) и в морфометрических показателях.

### Литература

- [1] Р.А. Набеева, В.В. Федяев, Р.Г. Фархутдинов, И.А. Ярмухаметова, Р.Р. Хайруллина, А.А. Ямалеева, А.Г. Ибрагимов Влияние некоторых фунгицидных препаратов на окислительно-восстановительный обмен растений пшеницы // Современные проблемы науки и образования. № 2 (часть 2). 2015. URL:<http://www.science-education.ru/128-22332>
- [2] Ямалеева А.А., Хайруллина Р.Р., Набеева Р.А., Ямалеев А.М., Фархутдинов Р.Г., Ибрагимов А.Г. Синтез 1,3-аминосульфидных комплексов, их биологическая эффективность к фитопатогенам, вызывающих корневые гнили и индуцирование реакции устойчивости у *Triticum aestivum* L. Вестник Башкирского университета. 2015. Т. 20. № 1. С. 66-72.

© Ярмухаметова Ильзида Айдаровна, 2016 г.

**ПОДБОР МЕТОДОВ РАЗМНОЖЕНИЯ *ORCHIS MILITARIS* L. В УСЛОВИЯХ *IN VITRO*.**

Мигманова Айгуль Маратовна

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

*Orchis militaris* L. (Ятрышник шлемоносный) – редкий вид сем. *Orchidaceae*, включен в Красные книги Российской Федерации (2008), Республики Башкортостан (2011) и многих других субъектов нашей страны [1, 2]. В клубнях лекарственного растения ятрышника мужского обнаружены эфирное масло, горькие вещества и слизь (крахмал, полисахарид, пентозан, метилпентозан) [3]. Ятрышник применяют при лечении воспаления мочевых путей (цистите и простатите), аденоме простаты. Салеп из корня ятрышника считается одним из наилучших средств для лечения полового бессилия и его предотвращения. В гинекологии применяется для лечения бесплодия, при фиброме матки, гиперплазии шейки матки, эндометрите, воспалении яичников.

Актуальной проблемой является сохранения природных популяций этих растений с одновременной разработкой технологии получения биомассы с последующей экстракцией биологически активных веществ [4]. Поэтому весьма актуальным является подбор методов ускоренного размножения *Orchis militaris* L. из вегетативных и генеративных органов в условиях *in vitro*.

**Литература**

[1] Ишмуратова, М. М. Состояние ценопопуляций некоторых видов сем. *Orchidaceae* на Южном Урале [Текст]. / М. М. Ишмуратова, И. В. Суюндуков, А. Р. Ишбирдин, Т. В. Жирнова // Растительные ресурсы. 2003. Т. 39, № 2. С. . 117.

[2] Барлыбаева М. Ш., Горичев Ю. П., Ишмуратова М. М. Орхидные Южно-Уральского заповедника: систематический состав, ботанико-географический анализ, распространение // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. №5-2 С.55-59.

[3] Государственная фармакопея Российской Федерации. - XII изд. – М.: Научный центр экспертизы средств медицинского применения, 2008. – Ч. 1. - 704 с.

[4] Valletta, A., Attorre, F. ; Bruno, F. ; Pasqua, G. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 2008, Vol.142(3), p.653-655

© Мигманова Айгуль Маратовна, 2016 г.

## ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЬГОФЛОРЫ КАЛТЫМАНОВСКОГО БОЛОТА

Мухаметшина Регина Жавдатовна

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Калтымановское болото – памятник природы. Оно расположено в карстовой котловине среди залесенной ложбины вблизи села Калтыманово, имеет овальное очертание. Площадь болота около 1,5 гектара. Осока дернистая, сфагновый мох, сабельник болотный, белокрыльник болотный почти сплошь покрывают болото. Встречается здесь росянка круглолистная. Она является насекомоядным растением. На болоте отмечены также вейник тростниковидный, вахта трехлистная, шлемник колпаконосный, рогоз широколистный. Клюква и росянка занесены в "Красную книгу Республики Башкортостан" (2001). Места отбора проб водных и почвенных: участок 1. 11,12,13,14- окраинная часть болота (сосновая); участок 2. 15,16,17,18-самое высокое место болота (сфагново-березовое); участок 3. 19,20-центральная часть болота (сфагновое). Исследование слагалось из нескольких последовательных этапов: сбор материала в природе; качественная и количественная обработка почвенных образцов; поверхностных разрастаний водорослей; анализ экспериментальных данных. Отбор проб водорослей проводился в летний сезон 2014-2015года (Мухаметшина, Шарипова, 2015).

В водных пробах с болота «Калтыманово» было обнаружено 24 вида водорослей, относящихся к 5 отделам: Chlogophyta – 11 видов, Суанoprokaryota – 9, Bacillariophyta-2, Euglenophyta и Xanthophyta – 1 вид. К видам доминантам относились *Nostoc punctiforme* (Ag.) Elenk. *Nostoc commune* Vauch. *Spirulina abbreviata* Lemmerm. Кроме болота, подобного Калтымановскому, имеются болота и в других местах Иглинского района. Например, на "Зыбун-озере" около села Пушкинское торфяно-моховые сплавины перегоняются ветром от одного берега к другому. При этом меняется очертание озера. Такие же плавающие острова обнаружены и на некоторых озерах в пойме реки Тауш.

### Литература

Мухаметшина Р.Ж., Шарипова М.Ю. Альгофлора низинных болот Башкортостана//II Международная научно-практическая конференция, посвященная 105-летию со дня рождения профессора Эмили АдриановныШтиной «Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах» 19 - 23 октября 2015 г., Киров

© Мухаметшина Регина Жавдатовна, 2016 г.

## **ПОЛУЧЕНИЕ ПЕПТИДОВ С ИНСУЛИНОВОЙ АКТИВНОСТЬЮ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ КОСМАТЫХ КОРНЕЙ**

Мусин Х.Г., Кулуев Б.Р., Гарипова М.И  
Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Пептиды важнейшее составляющее всех живых организмов. На сегодняшний день они выступают наиболее перспективными соединениями в сфере фармакологических исследований. В отличие от большинства известных традиционных препаратов пептиды полностью метаболизируются в организме человека и не имеют побочных эффектов.

Многие пептиды являются гормонами или их заменителями. Одним из наиболее востребованных гормонов в мире является инсулин. В Российском рынке около 98% синтезированного инсулина импортируется из других стран. Синтез генно-инженерного инсулина осложнен дороговизной расходных материалов и необходимостью тонкой очистки продукта. Одним из выходов из данной ситуации является синтез коротких инсулиноподобных последовательностей аминокислот. Известно о трех системах, которые чаще всего используются в качестве продуцентов биологически активных веществ: бактерии, дрожжи, растения. К последней из этих систем относятся так называемые косматые корни, способные к неограниченному росту в дешевых безгормональных средах [1]. Целью нашей работы является создание линии косматых корней-продуцентов пептидов с инсулиновой активностью. Одной из задач является разработка методов обнаружения, выделения и очистки целевых продуктов из культуры косматых корней. Так же ставится задача по определению биологической активности очищенных пептидов.

### **Литература**

1. Кулуев Б.Р., Вершинина З.Р., Князев А.В., Чемерис Д.А., Баймиев Ан.Х., Чумаков М.И., Баймиев Ал.Х., Чемерис А.В. «Косматые» корни растений – важный инструментарий для исследователей и мощная фитохимбиофабрика для производителей. // Биомика. 2015.Т 7. № 2. – С. 70-120.

© Мусин Х.Г., Кулуев Б.Р., Гарипова М.И., 2016 г.

**ВЛИЯНИЕ ДЕФИЦИТА ПОЛОВЫХ ГОРМОНОВ НА ПОВЕДЕНИЕ САМОК КРЫС В ТЕСТЕ «ОТКРЫТОЕ ПОЛЕ»**

Сагадеева Алия Алифовна

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

По данным литературы вынужденная или естественная гипозэстрогения часто сопровождается комплексом расстройств, включая подавленное настроение и депрессию [1,2]. Однако связь гормонального статуса с такими составляющими поведения, как эмоциональность, тревожность, двигательная и исследовательская активность изучена недостаточно. В связи с этим целью исследования стала оценка влияния дефицита половых гормонов на поведение крыс в тесте «открытое поле». Опыты выполнены на двух группах животных - половозрелых самках крыс линии WAG/Rij,  $m=200-230$  г: контрольная ( $n=30$ ) и овариоэктомированная ( $n=30$ ). Статистическую обработку данных проводили с помощью U-критерия Манна-Уитни в программе «Statistica» v.8.0 (Stat Soft Inc., США). Различия считали статистически значимыми при  $p<0,05$ . Результаты исследования показали, что двигательная активность овариоэктомированных самок была ниже по сравнению с контрольной группой как в центре ( $1,75\pm0,36$  против  $17,75\pm1,99$ , при  $p<0,05$ ), так и на периферии ( $55,63\pm5,76$  против  $149,25\pm7,98$  при  $p<0,05$ ). Кроме того, у них наблюдали низкий уровень исследовательской деятельности: количество вертикальных стоек в группе контроль равнялось  $38,38\pm4,17$ , а после овариоэктомии  $7,50\pm1,25$  (при  $p<0,05$ ). У овариоэктомированных крыс мы наблюдали редкие, но продолжительные эпизоды груминга по сравнению с контрольными животными, что характеризует эмоциональную тревожность. Также отмечались частые акты дефекации, что свидетельствовало о развитии у самок тревоги, страха и эмоционального дискомфорта. Таким образом, овариоэктомия негативно воздействует на поведенческие показатели крыс.

**Литература**

- [1] Взаимосвязь уровня нейроактивных стероидов в мозге, поведения и тревожности у созревающих и половозрелых самок крыс в течение эстрального цикла/ В.А.Сашков, Н.Б.Сельверова, Э.Д. Моренков и др.//Нейрохимия.- 2009. – Т.26.-№ 1. – С. 42-50
- [2] Подковкин В.Г. Изменение показателей метаболизма коллагена у крыс с различным эмоциональным статусом при остром стрессе/ В.Г.Подковкин, Д.Г.Иванов // Успехи современного естествознания. – 2008. -№ 11. – С.17-21.

© Сагадеева Алия Алифовна, 2016 г.

**МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ШЛЕМНИКА  
БАЙКАЛЬСКОГО *Scutellaria baicalensis* Georgi**

Саматова Маргарита Ильдаровна

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Шлемник байкальский издавна применяется в китайской, тибетской и дальневосточной народной медицине. Установлено, что это растение снижает кровяное давление при гипертонии и при этом значительно облегчает общее состояние больного, действует успокаивающе на нервную систему.

Целью данной работы является отработка приемов культивирования *in vitro* шлемника байкальского для получения устойчивой пролиферирующей культуры и определения потенциальных возможностей для массового размножения [1]. Ведению эксплантов в культуру *in vitro* предшествует стерилизация растительного материала. Эффективность стерилизующего агента оценивается по степени освобождения от инфекции и по токсичности для эксплантов.

Для прорастания семян использованы агаровая безгормональная питательная среда, содержащая минеральные соли по прописи Мурасиге и Скуга (MS), а также питательная среда дополнена витаминами и регуляторами роста. Разработана схема стерилизации семян, при которой получено 67,2 % жизнеспособных семян. При культивировании семян шлемника байкальского *in vitro* морфогенез проявляется в образовании побегов и в дальнейшей их мультипликации. Достигнут высокий коэффициент мультипликации 6-7. Оптимальной для побегообразования оказалась среда, содержащая БАП в концентрации 2 мг/л и ИУК в концентрации 0,5 мг/л.

Для всех растений, которые культивировали на питательной среде Мурасиге и Скуга, дополнительные регуляторы роста использовали в дальнейшем для размножения побегов, т.е. для процесса мультипликации.

**Литература**

[1] Зарипова А.А., Манчу Я.В., Фархутдинов Р.Г. Микроразмножение *Arnica montana* L. В сборнике: Лекарственные растения: фундаментальные и прикладные проблемы материалы I Международной научной конференции. 2013. С. 43-45.

© Саматова Маргарита Ильдаровна , 2016 г.



## ОЦЕНКА ФУНГИЦИДНЫХ СВОЙСТВ ЭКСТРАКТОВ РАСТЕНИЙ В ОТНОШЕНИИ *ASCOSPHAERA APIS* L.

Шангареева Айгуль Магировна

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

С целью предотвращения негативного эффекта химических препаратов на состояние пчелиной семьи нами была разработана более безопасная препаративная форма на основе экстракта растительного сбора. Использование растительных экстрактов и компонентов естественного происхождения в лечение и профилактике болезней пчелиной семьи стимулирует неспецифический иммунитет у пчел и позволяет им самостоятельно подавлять заболевания [1].

Нами были исследованы: трава вероники *Veronica longifolia*, лист березы *Betula pendula*, трава лабазника *Filipendula ulmariae*, цветки календулы *Calendula officinalis*, хвоя ели или пихты *Picea abies* или *Abies sibirica*, трава эхинацеи *Echinacea purpurea*, листья эвкалипта *Eucalypti viminalis*, трава хвоща *Equiseti arvensis*, цветки бессмертника *Helichrysum arenarium*, трава Melissa *Melissa officinalis*, трава чабреца *Thymus serpyllum*, кора осины *Populus tremula*, трава чистотела *Chelidonium majus*, слоевища исландского мха *Lichen islandicus*, чеснок *Allium sativum* [2].

Определение антигрибкового действия экстрактов отдельных растений входящих в состав сбора показало, что активность была различной. В определенной степени это связано с тем, что помимо растений фунгицидного действия, в его состав были включены растения, обладающие стимулирующими свойствами. Наиболее эффективными в фунгицидном действии по отношению к *A. apis*, оказались экстракты травы вероники, чистотела, листа березы, хвоя пихты и чеснока. Однако суммарное фунгицидное действие фитосбора было выше, чем отдельных его компонентов, т.е. можно судить об их синергетическом действии.

### Литература

[1] Фархутдинов Р.Г., Юмагужин Ф.Г., Ильясов Р.А., Шафикова В.М., Уразбахтина Н.А. Фитоаск - высокое качество зимовки семей, их весеннего развития и профилактика аскосфероза. Пчеловодство. 2016. № 6. С. 26-29.

[2] Фархутдинов Р.Г. Туктарова Ю.В., Ильясов Р.А., Иванов А.А., Воронков Ю.П., Шафикова В.М. Состав для стимуляции развития пчелиных семей, профилактики и лечения аскосфероза (Патент РФ 2552672, от 10.06.2015)

© Шангареева Айгуль Магировна , 2016 г.

## **ПЧЕЛЫ И ПРОДУКТЫ ПЧЕЛОВОДСТВА КАК БИОИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

Владимерец Е.С.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Одним из способов наблюдения за загрязнением атмосферы тяжелыми металлами считается использование высокоорганизованных социальных насекомых, таких как пчелы. Пчелы или их продукты, как биоиндикаторы, несут на своем теле или во всех продуктах следы анализируемых вредных веществ.

Пчелы исключительно приспособлены для работы на анализируемых территориях. Они могут безошибочно ориентироваться в пространстве, удаляются за нектаром на несколько километров, так что своей деятельностью покрывают более чем 7 км<sup>2</sup> территории. Кроме того, отбор пчел и продуктов пчеловодства не является трудным и не наносит вреда популяции [1, 2].

Такой способ мониторинга окружающей среды наиболее актуален для Республики Башкортостан, которая издавна славится своим превосходным медом и продуктами пчеловодства. Изучение пчел как биоиндикаторов загрязнения биосферы тяжелыми металлами основывается на анализе трофической цепи «почва – растение – пчелы – продукты пчеловодства».

Для оценки содержания тяжелых металлов в биологической цепи был проведен анализ почв, медоносных растений, пчел и продуктов пчеловодства. В результате анализа этих образцов установили, что в меду, в пчелах и в пчелином молочке обнаружены следы кадмия, свинца и цинка, которые, при этом, однозначно коррелировали с содержанием этих веществ в почве и в медоносах. Содержание тяжелых металлов в почве было наибольшим и в несколько раз превышало значения, соответствующие последующим элементам цепи.

### **Литература**

1. Колбина Л.М. Хозяйственно полезные и биологические особенности медоносных пчел в медосборных условиях Западного предуралья: автореф. дисс... д-ра с.-х. наук. Ижевск, 2009.
2. Туктарова Ю.В., Фахрутдинов Р.Г. Экологическая оценка миграции веществ в трофической цепи «почва – растение – пчела – мед»//Вестник БГАУ, 2012. №4. С. 58-59.

©Владимерец Е.С., 2016

## **РАЗВИТИЕ ПЧЕЛОВОДСТВА В ИГЛИНСКОМ РАЙОНЕ КАК УСЛОВИЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Владимерец Е.С.

Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Башкирский, а в частности, Иглинский, мед своей славой обязан липе. Его так и называют «липец». Он не только вкусен и ароматен, но и удивительно целебен. По запасам насаждений липы республика занимает первое место в России, имея на своей территории треть липовых лесов страны – 1091,5 тысяч гектаров, из которых большая часть расположена в Иглинском районе [1].

По результатам опроса пчеловодов Иглинского района, было установлено, что по форме собственности частные пасеки занимают первое место (92%), крестьянские фермерские хозяйства (КФХ) и индивидуальные предприниматели составляют 8%. Из общего числа опрошенных менее 10 пчелиных семей содержат 11% владельцев пасек; от 10 до 30 семей — 45%; от 30 до 50 семей — 24%; 50 семей и более — 20%. В 2014 г. в Иглинском районе было получено от 30 до 3500 кг товарного меда, среднее его количество на одну пасеку было 873,12 кг, а средняя продуктивность одной семьи — 21,43 кг.

В последние годы в Иглинском районе наблюдается положительная динамика изменения количества пчелосемей в личных подсобных хозяйствах и КФХ. К 2009 году общее количество пчелосемей составило 18000 пчелосемей (в 2002 году – 3986, в 2004 году – 5043).

Иглинский район имеет все необходимые ресурсы и природно-климатические условия для дальнейшего развития пчеловодства и значительного расширения ассортимента производимой продукции пчеловодства. Увеличение количества специализированных пчеловодческих хозяйств, открытие в районе научно-экспериментальной станции обеспечит возрастание роли профессиональных методов содержания и разведения пчёл, внедрение современных методов получения продукции пчеловодства, а также позволит обеспечить племенным материалом пчеловодческие хозяйства района.

### **Литература**

1. Ишемгулов А.М. Рациональные использования биологических ресурсов Башкортостана для развития пчеловодства. Рыбное: ГНУ НИИ пчеловодства Россельхозакадемия, 2005. 207 с.

© Е.С. Владимерец, 2016

**МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРВИЧНОЙ  
СОМАТОСЕНСОРНОЙ КОРЫ НА ФОНЕ ВВЕДЕНИЯ  
КОРТЕКСИНА**

Пилюга М.А., Ишбулатова Р.Р.

Научный руководитель: доц., к.б.н. Федорова А.М.

Кафедра физиологии человека и зоологии,

Башкирский Государственный Университет, Россия, Уфа

Целью работы явилось изучить цитоархитектонику, определить плотность нейронов и глии, особенности нейро – глиальных соотношений II и V слоев первичной соматосенсорной коры у крыс линии WAG/Rij до и после внутрибрюшинного введения инъекции препарата «кортексин».

Объектами исследования данной работы являются крысы линии Wag/Rij, для которых свойственна генерализованная несудорожная форма – абсансной эпилепсии.

Подсчет количества нейронов, содержащих ядрышки, проводили в поле зрения микроскопа МБИ-11 (ЛОМО, Россия) на 10 микронных срезах при увеличении в 400 раз (объектив 40, окуляр 10), площадь поля зрения при этом составляла 0,031 мм<sup>2</sup>. На основании полученных данных определяли величину глиального индекса.

Периоральное поле первичной соматосенсорной коры в составе этой коры появляется на уровне брегмы 1,6 мм. На фронтальном срезе мозга этого уровня большую площадь занимают базальные ядра конечного мозга, хорошо выражена комиссуральная связка мозга – мозолистое тело, вентральные области полушария заняты палеокортикальными формациями – обонятельным бугорком и диагональной связкой Брока, распознаются роstralные части прозрачной перегородки мозга. ПППСС простирается каудально до уровня брегмы 0,7 мм.

Для цитоархитектоники периорального поля первичной соматосенсорной коры характерно наличие шести слоев, с нерегулярным расположением крупных пирамидных клеток в V слое. Второй, третий, четвертый слой плохо отграничены, и распознаются на основании размеров, форм тел нейронов и выраженности хроматофилии их цитоплазмы. При изучении количественных показателей нейронов и глии при внутрибрюшинном введении препарата «Кортексин», было показано достоверно большее количество глии во II и V слоях ( $p < 0,05$ ). Количественные показатели нейронов не имеют достоверных различий.

© Пилюга М.А., Ишбулатова Р.Р. , 2016 г.

## **ПАТТЕРНЫ АБСАННОЙ ЭПИЛЕПСИИ У КРЫС ЛИНИИ WAG/Rij НА ФОНЕ ВНУТРИБРЮШИННОГО И ИНТРАНАЗАЛЬНОГО ВВЕДЕНИЯ КОРТЕКСИНА**

Федорова А.М. Пилюга М.А.

Кафедра физиологии человека и зоологии,  
Башкирский Государственный Университет, Россия, Уфа

Наиболее широкое распространение в диагностике эпилепсии, а также ее проявлений, получил метод электроэнцефалографии (ЭЭГ). При диагностике данного заболевания является наличие в ЭЭГ комплексов «пик-волна» или асимметричных медленных волн, характеризующих очаг эпилепсии и его местоположение, эти комплексы характеризуют высокую судорожную готовность всего мозга. Кортиксин хорошо зарекомендовал себя при лечении сосудистых заболеваний мозга и при конвульсивной эпилепсии, однако, его эффект при абсансной эпилепсии ранее не изучался.

Целью работы явилось изучение структурно-количественных характеристик пик-волновых разрядов на ЭЭГ первичной - соматосенсорной коры крыс линии Wag/Rij при внутрибрюшинном и интраназальном введении кортексина.

Объектами исследования данной работы являются крысы линии Wag/Rij, для которых свойственна абсансная эпилепсия. Для регистрации электроэнцефалограммы в первичную соматосенсорную кору с координатами: AP: +3; L: 3 (Paxinos, Watson 1998) был вживлен электрод, представляющий собой стальной микровинт. Референтный электрод располагали над мозжечком. Операции на крысах проводили в стерильных условиях, в качестве наркоза использовали хлоралгидрат в дозе 400 мг/кг.

Оценка количественных характеристик пик-волновых разрядов (продолжительность, количество) на ЭЭГ первичной соматосенсорной коры на 3, 6 и 9 сутки на фоне внутрибрюшинного и интраназального введения препарата «кортексин» крысам линии Wag/Rij показало:

а) количество пик-волновых разрядов достоверно снижается на 9 день внутрибрюшинного и интраназального введения препарата, ( $p < 0, 05$ );

б) продолжительность пик-волновых разрядов достоверно ниже на 6 день интраназального введения препарата, ( $p < 0, 05$ );

2) Количественные характеристики пик-волновых разрядов на ЭЭГ первичной соматосенсорной коры у крыс линии Wag/Rij при внутрибрюшинном и интраназальном введении не имеют достоверных различий.

## КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМИЛОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПО ГИДРОЛИЗУ СУБСТРАТА, ИММОБИЛИЗОВАННОГО В ПОЛИАКРИЛАМИДНОМ ГЕЛЕ

Баянова Э.Б., МаксUTOва В.О., Хусаинова А.А., Цветков В.О.,  
Ибрагимов Р.И.  
Башкирский Государственный Университет, Россия, Уфа

Электрофоретическое разделение ферментов в иммобилизованном субстрате, или зимография, позволяет обнаружить молекулы ферментов после их разделения в денатурирующих условиях в соответствии с молекулярной массой и последующей ренатурации. Как известно из литературных источников, данный метод используется практически исключительно для качественного определения наличия или отсутствия ферментов в образце.

Перед разделением методом зимографии фермент необходимо частично денатурировать, чтобы избежать гидролиза субстрата непосредственно в процессе разделения. При этом денатурация должна быть обратимой, чтобы после разделения возможно было визуализировать активность ферментов. Для подбора оптимальной температуры денатурации мы определяли активность амилазы *Bacillus subtilis*, амилаз колорадского жука и человеческой амилазы после прогревания при различной температуре в нативных условиях и в присутствии додецилсульфата натрия.

Амилазы выявлялись в виде неокрашенных полос в геле. Полученные изображения обрабатывали в компьютерной программе, позволяющей измерить яркость точек на определенных участках изображения.

В ходе корреляционного анализа методом подбора нами было установлено, что при использовании вместо активности фермента ее логарифма по основанию 2 зависимость во всех трех случаях имеет линейный характер с высоким коэффициентом корреляции. Использование препарата амилазы *Bacillus subtilis* с известной удельной активностью позволила вывести формулу для перевода данных денситометрии в единицы активности фермента.

© Баянова Э.Б., МаксUTOва В.О., Хусаинова А.А., Цветков В.О.,  
Ибрагимов Р.И., 2016 г.

## СЕКЦИЯ «МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ»

УДК 57.575.577.2.27. 61.616-006.04.618.1.11.

### ПОИСК НОВЫХ ГЕНОВ-КАНДИДАТОВ, ВОВЛЕЧЕННЫХ В ПАТОГЕНЕЗ РАКА ЯИЧНИКОВ

Мингажева Э.Т.<sup>1</sup>, Прокофьева Д.С.<sup>1</sup>, Сакаева Д.Д.<sup>2</sup>, Хуснутдинова Э.К.<sup>1,3</sup>

1 Башкирский государственный университет, кафедра генетики и фундаментальной медицины, г.Уфа, Россия

2 ГБУЗ Республиканский клинический онкологический диспансер, г.Уфа, Россия

3 Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН, г.Уфа, Россия

Рак яичников (РЯ) является одной из самых актуальных проблем онкогинекологии вследствие высокой летальности и неуклонного роста его частоты. Для лучшего понимания механизмов, лежащих в основе развития РЯ, а также разработки новых подходов к ранней диагностике и персонализации лечения необходимо проводить поиск новых генов-кандидатов.

Цель данного исследования: поиск новых генетических маркеров, ассоциированных с раком яичников, с помощью технологии NGS (Next-Generation Sequencing). В качестве материала для работы послужили образцы ДНК, выделенные из венозной крови больных РЯ (n=8).

В результате секвенирования экзона выявлено в среднем 55 000 изменений ДНК на один образец. В дальнейшем был проведен анализ потенциальных генов-кандидатов согласно их роли в жизнедеятельности клетки и участия в процессах канцерогенеза. Нами были выбраны 40 генов, которые играют важную роль в процессах воспаления (*PTIH2*, *SMAP1*), иммунного ответа (*LILRA1*, *KIR3DL1*), репарации ДНК (*STX10*, *NBEAL1*), контроле клеточного цикла (*FANCC*, *RAD17*), апоптозе (*IL32*, *ICAM3*), транскрипции генов (*ZC3H14*, *MKNK2*), в регуляции процессов клеточной инвазии, пролиферации и роста (*MYH14*, *OSGIN1*, *AGBL2*, *MUC16*). Впервые выявленные мутации были подтверждены прямым секвенированием по Сэнгеру.

В целом, в результате проведенного экзомного секвенирования нами отобраны 40 генов, белковые продукты которых являются участниками жизненно важных сигнальных путей клетки и могут быть вовлечены в развитие рака яичников.

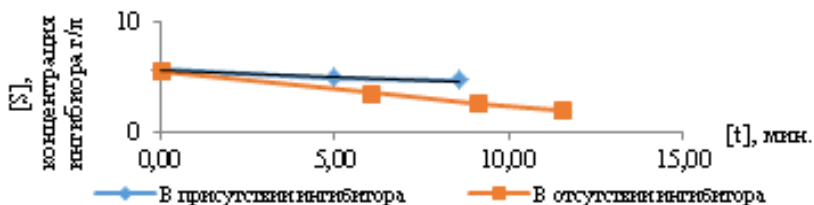
© Мингажева Э.Т. , Прокофьева Д.С., Сакаева Д.Д., Хуснутдинова Э.К. ,  
2016 г.

**ДИГИДРОКВЕРЦЕТИН В РОЛИ ИНГИБИТОРА  $\alpha$ -АМИЛАЗЫ**

Ялаев Булат Илдусович

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

На сегодняшний день в сфере здравоохранения и медико-биологических наук наиболее прогрессивной и перспективной является концепция так называемой «4Р-медицины». Она основана на предиктивной, превентивной, персонализированной и патисипативной модели медицины. Это означает, что для большинства заболеваний должны разрабатываться не только эффективные методы лечения, но и эффективные методы профилактики с оптимизацией всех возможных условий жизни людей для предотвращения влияния неблагоприятных факторов среды. Установлено, что подавляющая доля многофакторных заболеваний современности, среди которых диабет, аллергия, анемия, нарушения обменных процессов, сердечно-сосудистые заболевания и многие другие, косвенно или прямо зависят от факторов, связанных с питанием [1,2]. Нами было предположено, что дигидрокверцетин является ингибитором  $\alpha$ -амилазы и позволит расширить его функциональное применение в качестве сахароснижающей пищевой добавки при профилактике и лечении сахарного диабета 2-того типа. В ходе исследования было изучено влияние дигидрокверцетина на активность  $\alpha$ -амилазы и установлен ингибирующий эффект. На рисунке приведено сравнение графиков осахаривания в контроле и опыте.

**Литература**

- [1] M. Fenech., A. El-Sohehy et al. Nutrigenetics and Nutrigenomics: Viewpoints on the Current Status and Applications in Nutrition Research and Practice // Journal of Nutrigenetics and Nutrigenomics. 2011. vol. 4. - P. 69-89.
- [2] Р. В. Кунакова, Р. А. Зайнуллин, Э. К. Хуснутдинова, Б. И. Ялаев, Е. П. Сегура, А. Д. Ильина Растения как перспективные источники ингибиторов  $\alpha$ -амилазы при разработке функциональных продуктов питания и профилактики сахарного диабета // Вестник Академии Респ. Башкортостан. 2016. Т. 21. №1 (81). – С. 6-15.

© Ялаев Булат Илдусович, 2016 г.



**МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЕРВИЧНОЙ  
ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ**

Гарипова Эллина Зиннуровна

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Глаукома является одной из основных причин необратимой слепоты и инвалидности по зрению во всем мире. Глаукома – это нейродегенеративное заболевание, которое характеризуется прогрессирующей потерей ганглиозных клеток сетчатки. Наиболее распространенным типом глаукомы во всех популяциях является первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ). Большинство молекулярных механизмов, приводящих к развитию ПОУГ до сих пор неизвестны. Сегодня ПОУГ считается многофакторным заболеванием с пороговым эффектом, который связан с мутацией одного или нескольких генов, а также внешних воздействий.

Несмотря на то, что патогенез заболевания неизвестен, хорошо установлено, что основным фактором риска развития глаукомы является повышенное внутриглазное давление (ВГД). Вклад генетических факторов в развитии первичной открытоугольной глаукомой, по данным разных авторов, составляет от 20 до 60%. Среди всех идентифицированных генов, вовлеченных в функционирование оттока водянистой влаги из передней камеры глаза, наиболее значимым является ген миоцилина (*MYOC*). Мутации в нем обуславливают от 3 до 5% случаев возникновения ПОУГ. Большинство мутаций, которые были выявлены у пациентов с ПОУГ локализируются в ольфактомедин-подобной области. Мутации в *MYOC* имеют 3-5% пациентов в мире с ПОУГ. Среди более 70 описанных мутаций наиболее распространенной является мутация Q368X. К сожалению, патофизиология влияния мутантного белка до сих пор не известна, но есть предположение, что синтез мутантного миоцилина ведет к нарушению оттока внутриглазной жидкости через трабекулярную сеть, что приводит к повышению внутриглазного давления. В настоящее время достигнут существенный прогресс в разработке нейропротекторной терапии глаукомы в целях восстановления жизненно важных зрительных функций. Профилактика слепоты от глаукомы заключается прежде всего в ранней диагностике, своевременном лечении и оценке степени прогрессирования заболевания. На постановку диагноза начальной первичной открытоугольной глаукомы иногда могут понадобиться месяцы и даже годы повторных наблюдений.

© Гарипова Эллина Зиннуровна, 2016 г.

УДК 575.1

**ПОИСК АССОЦИИИ ПОЛИМОРФНОГО ВАРИАНТА  
RS4073 ГЕНА *IL-8* С РАКОМ ЖЕЛУДКА В РЕСПУБЛИКЕ  
БАШКОРТОСТАН**

Ямангулова Нурзида Радиковна

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Рак желудка – это злокачественная опухоль слизистой оболочки желудка человека, характеризующийся высоким метастатическим потенциалом и плохим прогнозом. Это заболевание многофакторное, в основе которого лежит наследственная предрасположенность. Кроме этого, большой вклад в патогенез злокачественных новообразований желудка вносят инфекцию *Helicobacter pylori*, культурно-бытовые условия и диетические факторы[1].

Хроническое воспаление развивается, в связи с нарушением защитных механизмов слизистой оболочки желудка и регуляции иммунных реакций цитокинами. Проведенные исследования отмечают устойчивый рост уровня противовоспалительного цитокина интерлейкина-8 (*IL8*) при злокачественных новообразованиях желудка [2].

Целью данной работы является анализ ассоциации полиморфного варианта -251T>A (*rs4073*)гена интерлейкина-8 (*IL8*)с риском развития рака желудка. Материалом исследования послужили образцы ДНК 181 пациента с клиническим установленным диагнозом «рак желудка» и 263 здоровых индивидов контрольной группы. ДНК выделяли из лейкоцитов периферической крови стандартным методом фенольно-хлороформной экстракции. Генотипирование проводилось с помощью метода ПЦР-ПДРФ.

Анализ полиморфного варианта *rs4073* гена *IL8* показал, что с наибольшей частотой во всех исследованных группах выявлялся гетерозиготный генотип *AT* (55,80% в группе больных, и в группе контроля - 51,33%). Частоты гомозиготных генотипов *AA* и *TT* в группе больных раком желудка составили 23,76% и 20,44%, соответственно, а в группе контроля - 19,39%. и 29,28%, соответственно. В нашем исследовании было показано, что полиморфный вариант *rs4073* гена *IL8* не ассоциирован с риском развития РЖ в Республике Башкортостан.

1. Adamsson J et al. Immune Responses Against *Helicobacter pylori* in Gastric Cancer Patients and in Risk Groups for Gastric Cancer // *Helicobacter*. -2013.-18 (1). - P.73-820.
2. De Oliveira J.G. et al. Influence of functional polymorphisms in TNF- $\alpha$ , IL-8, IL-10 cytokine genes on mRNA expression levels and risk of gastric cancer // *Tumor Biology*. - 2015.- V.36. - №12.P-9159-9170.

© Ямангулова Нурзида Радиковна, 2016 г.

## АФК КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ПАТОГЕННЫМ ОРГАНИЗМАМ

Яруллина Л.Г., Ибрагимов Р.И\*., Шпирная И.А\*., Цветков В.О\*.

Учреждение Российской академии наук Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН; пр. Октября, 71, 450057, Уфа, тел/факс: (347)2356088

\*Башкирский государственный университет; ул. З. Валиди, 32, 450054, Уфа, тел.: (347)2736871

В настоящее время доказано, что важную роль во взаимоотношениях растений и патогенов играют активные формы кислорода (АФК), в том числе перекись водорода. Так, резкое и многократное повышение уровня АФК (оксидативный взрыв) при инфицировании индуцирует в растениях каскад защитных реакций, а их низкая концентрация способствует росту патогенов. Возможно, что развитие или подавление защитных реакций в растительном организме, в первую очередь, зависит от концентрации  $H_2O_2$  в зоне контакта двух противоборствующих организмов.

Цель наших исследований состояла в оценке роли  $H_2O_2$  в развитии устойчивости растений к патогенным грибам и насекомым-вредителям. Объектами исследования были растения пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и картофеля (*Solanum tuberosum* L), инфицированные возбудителем серториоза *Septoria nodorum* Berk и колорадским жуком *L.decemlineata*. Оказалось, что инфицирование растений пшеницы высокоагрессивным штаммом гриба приводило к кратковременному повышению концентрации  $H_2O_2$ , подобно инокуляции восприимчивых растений штаммом *S. nodorum* средней агрессивности. Напротив, при заражении растений низкоагрессивным штаммом, генерация  $H_2O_2$  была продолжительной и более высокой, как в инфицированных тканях устойчивой пшеницы. Регуляции уровня АФК при инфицировании происходила при участии оксидоредуктаз растения (оксалактоксидаза, пероксидаза) и патогена (каталаза). В полевых условиях выявлены различия в уровне генерации  $H_2O_2$  и развитии личинок колорадского жука *L.decemlineata* на растениях картофеля различных сортов. Так, личинки *L.decemlineata* успешно поражали листья сорта Невский, в то время как на сорте Башкирский они быстро погибали. Причем, сорта картофеля Башкирский и Невский различались по содержанию  $H_2O_2$  в листьях, соответственно:  $10,2 \pm 0,94$  и  $7,4 \pm 0,02$  мкМ/мг сырой массы. Кроме того, в листьях картофеля сорта Башкирский обнаружена локальная генерация  $H_2O_2$  в местах контакта клеток растения с личинками *L.decemlineata*. Таким образом, формирование устойчивости

растений пшеницы и картофеля к патогенным грибам и насекомым-вредителям определяется концентрацией АФК в инфицированных тканях.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания (№ госрегистрации 01201456414)

© Яруллина Л.Г., Ибрагимов Р.И., Шпирная И.А., Цветков В.О. ,  
2016 г.

УДК 602.6

## **ПОЛУЧЕНИЕ ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЙ ТАБАКА И ХЛОПЧАТНИКА С КОНСТИТУТИВНОЙ ЭКСПРЕССИЕЙ ГЕНА ГЛУТАТИОН-ТРАНСФЕРАЗЫ *AtGST1***

Баймухаметова Э.А., Кулуев Б.Р.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Настоящая работа направлена на решение одной из актуальных проблем сельского хозяйства и промышленности – создание растений хлопчатника, толерантных к действию абиотических факторов среды. Для этого в данной работе был использован ген глутатион-S-трансферазы *Arabidopsis thaliana AtGST*. Глутатион-S-трансферазы (КФ 2.5.1.18) это семейство ферментов, которые играют важную роль в защите клеточных макромолекул от ряда токсичных ксенобиотиков, а также в антиоксидантной защите растений. Активность этой группы ферментов способствует повышению устойчивости растений к абиотическим факторам окружающей среды: к холоду, засухе и почвенному засолению [1]. Создание отечественных сортов хлопчатника с повышенной экспрессией глутатион-S-трансфераз и устойчивых благодаря этому к действию холода, засухи и засоления позволит создать собственную сырьевую базу и частично уменьшит зависимость от импорта из хлопкопроизводящих стран мира.

Целью данной работы было получение трансгенных растений табака и хлопчатника с конститутивной экспрессией гена *AtGST1 Arabidopsis thaliana* и их морфологический анализ, как при нормальных условиях, так и при действии стрессовых факторов.

Трансгенные растения получали методом агробактериальной трансформации.

Эффективность генно-инженерной конструкции гена *AtGST* с 35S промотором предварительно проверялась на трансгенном табаке *Nicotiana tabacum* L., так как это растение относительно легко подвергается трансформации.

Были получены следующие результаты:

1. Трансгенные растения табака с конститутивной экспрессией гена глутатион-S-трансферазы *AtGST1* характеризуются повышенной устойчивостью к засолению по сравнению с контролем, что выражается в улучшении параметров роста корней при действии 50 и 100 мМ NaCl.
2. Трансген *AtGST*, введенный в растительный геном, помогает растениям табака легче переживать условия засухи, так как интенсивность их роста, определяемая приростом биомассы в среднем в 1,5 раза выше, чем у дикого типа при дефиците влаги.
3. Конститутивная экспрессия гена *AtGST1* способствует повышению холодоустойчивости трансгенных растений табака, что выражается в удлинении длины корней и большем приросте биомассы в условиях низких температур.
4. При помощи генно-инженерной конструкции *35S::AtGST1* была проведена агробактериальная трансформация растений хлопчатника и получены трансгенные побеги этого растения.

#### Литература

1. Автономов А.И. Хлопководство: учебное пособие/ А.И.Автономов, М.З. Казиев, А.И. Шлейхер. – М.: Колос, 1983. – С.3 -23, 119 – 121.
2. Ezaki B. Mechanism of Gene Expression of *Arabidopsis* Glutathione S-Transferase, *AtGST1*, and *AtGST11* in Response to Aluminum Stress // Plant Physiology. 2004. V. 134. P. 1672 – 1682.

© Баймухаметова Э.А., Кулуев Б.Р. , 2016 г.

УДК 577.21:575.167

### АНАЛИЗ РОЛИ ГЕНОВ *PGC* И *IL10* В РАЗВИТИИ ЯЗВЕННОЙ БОЛЕЗНИ У ПАЦИЕНТОВ ИЗ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Гизатуллина А.А.

ФГБОУ ВПО Башкирский государственный университет, г. Уфа,  
Россия

Язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки (ЯБЖ и ЯБДК) – хроническое рецидивирующее заболевание, основными морфологическими признаками которого являются язвы в стенках желудка и/или двенадцатиперстной кишки.

Ген *IL10* был выбран для исследования, т.к. продукт данного гена является одним из главных иммунорегуляторов ЖКТ [1]. В рамках нашего исследования был проведен анализ распределения частот аллелей и генотипов полиморфного варианта *-1082\*AG (rs1800896)*.

Ген пепсиногена С (*PGC*) продуцирует неактивный белковый предшественник пепсина в муцинообразующих клетках желез всех отделов желудка, а также в бруннеровых железах двенадцатиперстной кишки. Нами проведен анализ распределения частот аллелей и генотипов инсерционно-делеционного полиморфизма гена *PGC*, для которого известно 6 вариантов аллелей [2], у больных ЯБ и здоровых доноров.

Целью данной работы является поиск ассоциаций с язвенной болезнью полиморфных вариантов генов *IL10*, *PGC*.

Материалом для исследования послужили образцы ДНК и РНК больных ЯБ (353) и здоровых доноров (325) в возрасте 18-80 лет, проживающих в городе Уфа РБ. ДНК выделяли из периферической крови стандартным методом фенольно-хлороформной экстракции. С помощью молекулярно-генетических методов, таких как ПЦР, ПЦР-РВ (TaqMan), электрофорез в агарозном геле и других, были получены следующие результаты:

- наиболее часто во всех исследуемых группах встречался аллель - *1082\*A* и соответственно образованный им гомозиготный генотип - *1082\*AA*;
- генотип -*1082\*AA* полиморфного варианта *rs1800896* гена *IL10* является маркером пониженного риска развития язвенной болезни у татар;
- анализ распределения частот аллелей и генотипов инсерционно-делеционного полиморфизма гена *PGC* не выявил статистически значимых различий между больными ЯБ и индивидами контрольной группы из РБ.

### Литература

1. Хаитов, Р.М. Иммунология. Учебник. – М.: ГЭОТАР-Медиа. – 2015. – 528с.
2. Yamagata, Z. Influence of pepsinogen gene polymorphisms on serum pepsinogen / Z. Yamagata, Y. Zhang , S. Shinozaki // Annals of human genetics – 1997. – V.61 – P. 93-97.

© Гизатуллина А.А. , 2016 г.

**TRITICUM SINSKAJAE – САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ ВИД?**

Кулуев А.Р., Чемерис А.В.

Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН, г. Уфа,  
Россия

Мы изучаем филогенетические связи в пшенично-эгилопсном альянсе. Одной из задач нашего исследования является точное определение самостоятельности вида *Triticum sinskajae*. Дело в том, что в начале 70-х гг. прошлого столетия при очередной репродукции образцов *T. monococtum*, привезенных еще в 1926 г. П.М. Жуковским из Турции, в пакетах с зерном на Среднеазиатской и Дагестанской станциях ВИР была обнаружена примесь голозерной формы, которая ввиду серьезных отличий получила статус самостоятельного вида, названного в честь известного российского тритиколога Е.Н. Синской - *T. sinskajae* [Филатенко, Куркиев, 1975]. В настоящее время данная пшеница рядом тритикологов принимается за самостоятельный вид, тогда как другие считают ее подвидом *T. monococtum*, причем в литературе (в статьях многих авторов, возможно не знакомых с оригинальной работой Филатенко и Куркиева) бытует мнение, что пшеница *T. sinskajae* является естественным мутантом *T. monococtum*. Во-первых, проведенное нами ранее секвенирование ряда консервативных последовательностей ДНК диплоидной пшеницы *T. sinskajae* позволяет считать, что данная пшеница представляет собой самостоятельный вид.

Для выяснения самостоятельности вида *T. sinsajae*, было произведено сравнение последовательности просеквенированного нами хлоропластного генома *T. sinsajae* и *T. monococtum* с помощью ресурса BLAST. Совпадения составили 99%, замен 330. По этим предварительным данным, можно предполагать, что *T. sinsajae* является самостоятельным видом диплоидных пшениц.

**Литература**

1. Филатенко А.А. Куркиев У.К. Пшеница Синской (Новый вид – *Triticum sinskajae* A.Filat. et Kurk.) // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. 1975. Т. 54 Вып. 1. с. 239 – 241.

© Кулуев А.Р., 2016 г.

УДК 577.21

## АНАЛИЗ ПОЛИМОРФИЗМА В ЧЕТВЕРТОМ ЭКЗОНЕ ГЕНА ГАММА-СИНУКЛЕИНА У ПАЦИЕНТОВ С АНТИТЕЛАМИ ПРОТИВ ЭТОГО БЕЛКА

Мальцев Андрей Владимирович<sup>1</sup>, Роман Андрей Юрьевич<sup>1</sup>, Устюгов  
Алексей Анатольевич<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт физиологически активных веществ Российской академии наук,  
г. Черноголовка, Россия

Белок  $\gamma$ -синуклеин способен агрегировать и формировать цитоплазматические включения амилоидного и неамилоидного типа, выявляемые при ряде нейродегенеративных заболеваний. Замена нуклеотида Т на А в 377 положении четвертого экзона в гене, кодирующим  $\gamma$ -синуклеин (*SNCG*), приводит к замене валина на глутаминовую кислоту и изменяет способность белка к агрегации. Ранее было показано, что в крови пациентов с неврологическими расстройствами могут быть выявлены антитела против  $\gamma$ -синуклеина [1]. Однако неясно, существует ли корреляция между наличием в геноме полиморфных вариантов белка  $\gamma$ -синуклеина и склонностью к развитию определенных патологий.

Мы провели анализ полиморфизма в четвертом экзоне *SNCG* у пациентов, у которых обнаружены антитела против  $\gamma$ -синуклеина. Для анализа были отобраны пять неродственных между собой пациентов славянской этнической группы в возрасте от 56 до 65 лет. Выделенные из венозной крови препараты ДНК были использованы в качестве матрицы для ПЦР-амплификации, с последующим расщеплением полученного фрагмента рестрикционной эндонуклеазой *HphI* и анализом полученных фрагментов в 3%-ном агарозном геле, который показал, что все пациенты оказались носителями аллеля *A377* в гомозиготном состоянии. Небольшой размер выборки не позволяет строго утверждать, что наличие антител к белку гамма-синуклеину характерно только для носителей гомозиготного аллеля *A377*, а присутствие другого варианта белка снижает риск выработки антител. Однако полученный результат является достаточным основанием для проведения углубленного и расширенного исследования полиморфных вариантов гена *SNCG*.

### Литература:

[1] А.Ю. Роман, Е.А. Ковражкина, О.Д. Разинская, М.С. Кухарский, А.В. Мальцев, Р.К. Овчинников, О.А. Лыткина, А.П. Смирнов, А. Московцев, Ю.В. Бородина, А.П. Сургучов, А.А. Устюгов, Н.Н. Нинкина, В.И. Скворцова. Выявление аутоантител к потенциально амилоидогенному белку гамма-синуклеину в сыворотке крови больных с боковым



амиотрофическим склерозом и нарушениями мозгового кровообращения  
// Доклады академии наук., 2016, в печати.

© Мальцев Андрей Владимирович, Роман Андрей Юрьевич, Устюгов  
Алексей Анатольевич, 2016 г.

УДК 577.21:575.167

**АНАЛИЗ АССОЦИИИ ПОЛИМОРФНОГО ВАРИАНТА  
*rs1799750* ГЕНА *MMP1* С ЯЗВЕННОЙ БОЛЕЗНЬЮ У ПАЦИЕНТОВ  
ИЗ РУСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**

Валова Я.В.

ФГБОУ ВПО Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Язвенная болезнь- хроническое рецидивирующее заболевание, основным проявлением которого является образование дефекта (язвы) в стенке желудка или двенадцатиперстной кишки [1]. Среди генов-кандидатов развития ЯБ можно выделить группу генов матриксных металлопротеиназ (MMPs), продукты которых участвуют в реакциях ферментативного расщепления почти всех компонентов внеклеточного матрикса соединительных тканей. Роль полиморфных локусов генов MMP в развития ЯБ была доказана в ряду многочисленных исследований [2].

Целью данного исследования являлось проведение ассоциативного анализа полиморфного варианта *rs1799750* гена *MMP1* с язвенной болезнью в Республике Башкортостан.

Материалом для исследования послужили образцы 305 пациентов, страдающих ЯБЖ и/или ЯБДПК и 254 практически здоровых индивидов без признаков ЖКТ патологии различного этнического происхождения (русские, татары, башкиры). Геномную ДНК выделяли из лейкоцитов периферической венозной крови классическим методом фенольно-хлороформной экстракции. Генотипирование проводили с помощью полимеразной цепной реакции со специфичными праймерами и последующей рестрикцией.

Проведенный анализ показал, что гетерозиготный генотип *rs1799750\*2/1* гена *MMP1* является маркером повышенного риска развития язвенной болезни в татарской этнической группе ( $\chi^2=4.25$ ;  $p=0.02$ ; OR=1.94; 95%CI 1.07-3.50). В то же время аллель *rs1799750\*1* и генотип *rs1799750\*1/1* оказались маркерами повышенного риска развития заболевания для лиц русской этнической принадлежности ( $\chi^2=6.8$ ;  $p=0.009$ ; OR=1.87; 95%CI 1.19-2.93;  $\chi^2=7.65$ ;  $p=0.005$ ; OR=2.7; 95%CI 1.37-5.3).

При разделении групп испытуемых на подгруппы согласно половой принадлежности была обнаружена тенденция к увеличению частоты встречаемости генотипа rs1799750\*1/1 в группе женщин, больных ЯБ, однако различия не достигли уровня статистической значимости ( $p=0,08$ ).

Таким образом, в результате проведенного исследования было показано, что полиморфный вариант *MMP1* (rs1799750) ассоциирован с риском развития ЯБ в Республике Башкортостан.

#### Литература

1. Помыткина Т.Е. Заболевание желудка. Диагностика, лечение, реабилитация, трудоспособность: Учебное пособие / Т.Е. Помыткина. - Кемерово: Кемеровская государственная медицинская академия, - 2006. - С. 17-18.
2. Hellmig S. et al. Genetic variants in matrix metalloproteinase genes are associated with development of gastric ulcer in *H. pylori* infection // The American journal of gastroenterology. – 2006. Т.101. №1. – С. 29-35.

© Валова Я.В., 2016 г.

УДК 57.575.577.

### **АНАЛИЗ АССОЦИАЦИЙ ПОЛИМОРФНОГО ВАРИАНТА с.G481A В ГЕНЕ *AGBL2* С РИСКОМ РАЗВИТИЯ РАКА ЯИЧНИКОВ**

Владими́рова Екатерина Игоревна, Прокофьева Дарья Симоновна  
Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

Рак яичников (РЯ) является одним из наиболее распространенных заболеваний онкологической природы в стране и мире. Рак этой локализации имеет один из самых высоких показатели смертности среди всех гинекологических опухолей. Причиной тому является поздняя диагностика данного заболевания. Огромную роль в развитии РЯ играют генетические факторы. С высоким риском развития рака яичников ассоциированы гены *BRCA1/2*. Однако мутации в данных генах определяют не более 15% всех случаев заболевания. Одним из потенциальных генов-кандидатов, ассоциированных с риском развития РЯ, выступает ген *AGBL2*. Белковый продукт этого гена является партнером опухолевого супрессора p53 и вовлечен в регулирование процессов пролиферации раковых клеток и резистентности к химиотерапии [1].

Цель исследования: провести анализ ассоциации полиморфного варианта с.G481A в гене *AGBL2* с риском развития рака яичников.

Материалы и методы: Выделение ДНК из периферической крови проводили методом последовательной фенольно-хлороформной экстракции. Генотипирование полиморфного локуса с.G481A осуществляли методом ПЦР-ПДРФ-анализа. Материалом для исследования послужили образцы ДНК двух групп женщин: контрольная (n=223) и больные раком яичников (n=284).

Результаты: Среди здоровых лиц генотип GG встречался с частотой 92%, генотип AA – 8%, носительниц генотипа GA обнаружено не было. В группе больных раком яичников генотип GG был выявлен у 98,6%, женщин, генотип GA – 1% и AA – 0,4%. В результате сравнительного анализа распределения частот аллелей и генотипов полиморфного варианта с.G481A в гене *AGBL2* между больными РЯ и здоровыми донорами обнаружена ассоциация данного локуса с пониженным риском развития РЯ (*A vs G*: OR=0.49, 95% CI:0.037-0.29, p=0,0005; *AA + GA vs GG*: OR=0.18, 95% CI:0.05-0.56).

#### Литература:

1. Zhu H. et al. Effects of *AGBL2* on cell proliferation and chemotherapy resistance of gastric cancer //Hepato-gastroenterology. – 2014. – Т. 62. – №. 138. – С. 497-502.

© Владимирова Е.И., Прокофьева Д.С., 2016 г.

### СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В БИОЛОГИИ»

УДК 577.118

#### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАТИОНОВ ЦИНКА МЕЖДУ СЫВОРОТКОЙ И ЭРИТРОЦИТАМИ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА

Гималетдинова Гулюса Сабирияновна

В медицинской литературе накоплено большое количество фактов, свидетельствующих о нарушениях метаболизма цинка при сахарном диабете. В связи с этим представляет интерес исследование особенностей концентрации цинка в крови больных сахарным диабетом, в частности во внутреннем объеме эритроцитов.

Проведено сравнение концентрации цинка, связанного с белками эритроцитов, в крови здоровых доноров и больных сахарным диабетом первого и второго типа;

Концентрация цинка в гемолизатах здоровых доноров, при получении которых содержимое эритроцитов разбавлено в 2 раза,

составила  $17,12 \pm 1,44$  мкмоль/л, что соответствует концентрации  $34,24$  мкмоль/л в эритроцитах обследованных. Таким образом, в эритроцитах здоровых доноров, по полученным данным содержится  $68,48$  % всего содержащегося в крови цинка. Полученные значения близки к данным литературы, согласно которым эритроциты содержат  $75-88\%$  всего цинка крови, входящего, в основном в состав карбоангидразы эритроцитов (Кон,1986). Концентрации цинка, определенные в гемолизатах больных диабетом первого и второго типов, составили соответственно,  $54,24 \pm 2,6$  мкмоль/л и  $56,8 \pm 2,98$  мкмоль/л, что достоверно выше, чем значение показателя в группе здоровых доноров. Однако, процентное содержание цинка эритроцитов при диабете первого типа составило  $68,39\%$  от общего цинка крови, при диабете второго типа –  $68,76$  %, то есть практически не отличалось от значения этого показателя в норме ( $68,48$  %). Таким образом, несмотря на достоверное увеличение концентрации цинка в эритроцитах по сравнению с нормой, процентное содержание эритроцитарного цинка при диабете соответствует норме.

### Литература

[1] Халиуллина С.В. Клиническое значение дефицита цинка в организме ребенка// Вестник современной клинической медицины.- № 3.- том 6.- 2013

© Гималетдинова Гулюса Сабирияновна, 2016 г.

УДК 577.118

### **СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ КАТИОНОВ ЦИНКА В СЫВОРОТКЕ КРОВИ ЗДОРОВЫХ ДОНОРОВ И БОЛЬНЫХ ИНСУЛИНЗАВИСИМЫМ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ**

Дацко Олеся Ильдусовна

Цинк является одним из наиболее важных для поддержания нормального метаболизма микроэлементов. Он принимает участие в синтезе гормонов, необходим для нормального функционирования иммунной, нервной систем организма, входя в состав многих ферментов, дя в состав одним из наиболее важных для поддержания нормального метаболизма микроэлементов. участвует в большинстве обменных процессов организма.

В медицинской литературе накоплено большое количество фактов, свидетельствующих о нарушениях метаболизма цинка при сахарном

диабете. Однако, данные литературы о соответствии норме концентрации катионов цинка в крови больных сахарным диабетом противоречивы [1].

В связи с этим представляет интерес проведение статистического анализа содержания катионов цинка в сыворотке крови в норме и при сахарном диабете. Проведено обследование 30 пациентов больных сахарным диабетом 1 типа, 30 пациентов больных сахарным диабетом 2 типа и 30 здоровых не болеющих сахарным диабетом пациентов. На каждого пациента заводилась карточка с данными фамилии, возраста и полученных результатов анализов, назначаемых при сахарном диабете. Определение показателей проводили с применением аппаратов: Olympus, Biosen, Afinion, AVL.

Среднее значение общей концентрации цинка в крови здоровых доноров составило  $15,68 \pm 1,28$ , что соответствует нормальному значению этого показателя, приведенному в литературе (10-23 мкмоль/л). Общая концентрация катионов цинка в крови больных сахарным диабетом первого типа достоверно выше, чем в крови здоровых доноров. Как следует из приведенных данных, общая концентрация цинка в крови больных диабетом типа I составила  $25,05 \pm 1,3$  мкмоль/л по сравнению с  $15,68 \pm 1,28$  мкмоль/л в крови здоровых доноров. Так как полученные значения концентраций цинка в крови обследованных изменялись по нормальному закону, для сравнения был использован параметрической критерий Стьюдента. Определено:  $T=3,4$  при уровне значимости  $p=0,021$ . Таким образом, с вероятностью более 95% доказано, что общая концентрация цинка в крови больных сахарным диабетом первого типа достоверно выше, чем в норме.

### Литература

[1] Халиуллина С.В. Клиническое значение дефицита цинка в организме ребенка// Вестник современной клинической медицины.- № 3.-том 6.- 2013

© Дацко Олеся Ильдусовна, 2016 г.

## СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОЛОГИИ»

УДК 57.087.1

### КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ЛЕСНОЙ КУНИЦЫ В КРАСНОКАМСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Зайнутдинова Лейла Раисовна

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Математическим показателем корреляции двух случайных величин служит коэффициент корреляции. Наиболее широко известен коэффициент корреляции Пирсона, характеризующий степень линейной зависимости между переменными. Он определяется, как

$$r_{xy} = \frac{\Sigma(d_x \times d_y)}{\sqrt{\Sigma d_x^2 \times \Sigma d_y^2}} [1].$$

Коэффициент корреляции Пирсона широко применяется и в статистических экологических исследованиях. Была проанализирована динамика численности лесной куницы в зависимости от численности основного пищевого конкурента и предполагаемого хищника – обыкновенной лисицы, - по данным материалов зимнего маршрутного учета (ЗМУ) за период 2010-2015 г. г (табл. 1) [1].

Таблица 1. Численность лесной куницы и обыкновенной лисицы в Краснокамском районе Республики Башкортостан

№	Вид	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
1.	Лесная куница ( <i>Martes martes</i> )	99	131	80	99	54	35
2.	Обыкновенная лисица ( <i>Vulpes vulpes</i> )	207	188	516	177	105	101

Полученный коэффициент корреляции 0, 216 выявил, что лисица не оказывает сильного антагонистического воздействия на состояние популяции куницы в Краснокамском районе Республики Башкортостан. Таким образом, коэффициент корреляции статистически не значителен, что свидетельствует о слабой и прямой связи между численностью лесной куницы и обыкновенной лисицы.

#### Литература

1. Гржибовский А. М. Корреляционный анализ // Экология человека. – Северный государственный медицинский университет, Архангельск. – 2008. - № 9. – С. 50-60.

© Зайнутдинова Лейла Раисовна, 2016 г.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ОЦЕНКЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РБ

Гаршин Михаил Владимирович

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Одной из причин кризисного состояния сельского хозяйства является «уровнительность» агросистем и нарушение требований о размещении культивируемых видов растений в строгом соответствии с особенностями их адаптивного потенциала[1]. Изучая агроклиматические условия отдельных районов, и сравнивая эти показатели можно проводить анализ пространственного изменения агроклиматических ресурсов, возделывания ведущих сельскохозяйственных культур, которое позволит выявить ареалы их оптимального размещения и определить границы возможных изменений этих ареалов при изменении климата. Сравнение агроклиматических ресурсов проводится на примере двух районов Республики Башкортостан: Архангельского и Давлекановского. Важным биологическим параметром является активная температура, характеризующий любую культуру.

Динамика суммы активных температур и осадков в Архангельском и  
Давлекановском районе

Год	Сумма активных температур,		Количество осадков, мм	
	Архангельский район	Давлекановский район	Архангельский район	Давлекановский район
2011	2502	2556	737	655
2012	3113	2584	551	311
2013	2548	2373	424	369
2014	2407	2255	319	246
2015	2455	2348	414	197

Проанализировав и сравнив данные, включающие сумму активных температур и осадкам, можно сделать вывод, что районы имеют значительные различия по агроклиматическим условиям. В частности дефицит осадков наблюдается в Давлекановском районе, в то время как в Архангельском районе этот показатель в норме и разница осадков по годам колеблется от 10 до 50%.

### Литература

[1] Жученко А. А. Агроэкологическое макро-, мезо- и микрорайонирование сельскохозяйственной территории // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2013. №7. С. 9-

© Гаршин Михаил Владимирович, 2016 г.

## ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ДЕНДРОИНДИКАЦИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ РАСТЕНИЙ

Ильясова И.З., Гумеров Т.Ю., Сидоренко Н. А.

Казанский национальный исследовательский университет,  
г.Казань, Россия

Работа посвящена изучению методов дендроиндикации с целью выявления асимметрии зеленых растений. Среди биоиндикационных методов исследования природных процессов и антропогенных воздействий дендроиндикация занимает особое место, так как позволяет решать многие разноплановые и междисциплинарные задачи: от оценки воздействия выбросов конкретного предприятия на ближайший лесной массив до влияния гелиофизических и астрофизических факторов на биологическое состояние экосистемы. К достоинствам дендроиндикации относятся возможность оперативного проведения исследований с минимальными затратами.

Существуют следующие методы дендроиндикации: *морфометрические* - анализ изменения прироста побегов, а также площади и массы листьев; *анатомо-цитологические* - оценка изменений анатомического строения листьев; *физиолого-биохимические* - изменение физиологических и биохимических процессов; *фенологические* - исследование закономерностей сезонного развития древесных растений; *дендрохронологические* - методы датировки природных явлений и археологических остатков, основанные на анализе *годовых колец* древесины.

В качестве объектов исследования были выбраны листья березы, тополя и клена. При отборе материала учитывалась четкость определения принадлежности растения к исследуемому виду, а также; осуществление отбора материала в сходных экологических условиях. Сбор материала проводился с нижней части кроны деревьев с максимальным количеством доступных веток, равномерно растущих вокруг объекта. Учитывался средний размер листьев. Обработка каждой выборки материала осуществлялась в определении пяти основных морфологических параметров: 1 – определение ширины левой и правой половинок листа; 2 – длина жилки второго порядка, второй от основания листа; 3 – расстояния между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 – расстояния между концами первой и второй жилок второго порядка; 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка. В результате эксперимента выявлена явная асимметрия морфологических признаков исследуемых листьев, что свидетельствует о



неблагоприятном воздействии газообразных выбросов автомобильного транспорта в конкретных районах населенного пункта города Казани.

© Ильясова И.З., Гумеров Т.Ю., Сидоренко Н. А. , 2016 г.

УДК 542.938.541.49

**МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И РАСЧЕТ ИНТЕГРАЛЬНЫХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ  
МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ**

Светлов В.В., Гумеров Т.Ю., Ильясова И.З.

Казанский национальный исследовательский университет,  
г. Казань, Россия

В последние годы в оценке экосистемы, в том числе и городской, развивается новое научное направление – биоиндикация, т.е. интегральная оценка воздействия антропогенных факторов по изменению морфологических параметров ассимиляционного аппарата – на примере листьев древесных и кустарниковых пород.

В работе представлены компромиссные решения в условиях многокритериальности контролирования качества атмосферного воздуха и защиты окружающей среды во взаимосвязи с экологическими, техническими, организационными и экономическими проблемами промышленного производства.

Исследования проводились по интегральным показателям флуктуирующей асимметрии в выборке для рассматриваемых образцов зеленых растений (листья березы, тополя и клена).

Для мерных признаков величина асимметрии листьев рассчитывалась как различие в промерах слева и справа, отнесенное к сумме промеров на двух сторонах. Интегральным показателем стабильности развития для комплекса мер признаков являлась средняя величина относительного различия между сторонами на каждый признак. Этот показатель рассчитывался как среднее арифметическое суммы относительной величины асимметрии по всем признакам у каждого материала, отнесенное к числу используемых признаков. Статистическая значимость различий между выборками по величине интегрального показателя стабильности развития определяли по t-критерию Стьюдента.

Для оценки степени выявленных отклонений от норм, их места в общем диапазоне возможных изменений показателя разработана бальная шкала. Диапазон значений интегрального показателя асимметрии, соответствующий условно нормальному фоновому состоянию,

принимался как первый балл (условная норма - отсутствие видимых неблагоприятных воздействий). Диапазон значений, соответствующий критическому состоянию принимался за шестой балл, который свидетельствуют о неблагоприятном воздействии на организм и его возможной гибели. Весь диапазон между этими пороговыми уровнями ранжируется в порядке возрастания значений показателя.

© Светлов В.В., Гумеров Т.Ю., Ильясова И.З. , 2016 г.

## **СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ БИОЛОГИИ»**

УДК 372.857

### **РАЗВИВАЮЩЕЕ ОБУЧЕНИЕ НА УРОКАХ БИОЛОГИИ**

Гизатуллина А.А.

ФГБОУ ВО Башкирский государственный университет, г. Уфа,  
Россия

Развивающее обучение – это ориентация учебного процесса на потенциальные возможности учащегося и их реализацию [1]. Развивающим и воспитывающим современное обучение может быть только при надлежащей активизации мышления учащихся. Поэтому умение учителя активизировать, т.е. пробуждать, стимулировать, направлять мышление и другие познавательные процессы учащихся, относится к числу важнейших признаков педагогического мастерства. Развивающее обучение позволяет обучающимся самостоятельно найти ответы на поставленные вопросы и освоить новый материал под руководством учителя.

Основными технологиями в развивающем обучении на уроках биологии являются: практические (экскурсии, лабораторные работы, эксперименты); информационно-коммуникационные (использование мультимедийных систем, например виртуальная 3D-модель скелета человека); учебно-игровые (пазлы, кроссворды, синквейны); творческие (рисунки, ведение альбомов); работа со справочным материалом (доклады, рефераты); проектная деятельность [2].

В рамках эксперимента были проведены уроки биологии в 8-х классах МАОУ СОШ № 35 г. Уфы, причем на занятиях в одной параллели использовались различные технологии развивающего обучения, а в другой проводились классические уроки биологии. Уже после двух-трех занятий, было показано, что:

1. Применение большого количества наглядных средств (моделей, муляжей, презентаций) в сочетании с элементами практических методов активизирует познавательную деятельность учащихся всего класса.

2. Разработанные и проведенные уроки с применением развивающих технологий способствовали формированию у учащихся не только знаний, умений и навыков, но и развитию мышления, творческих способностей и навыков самостоятельной учебно-исследовательской работы.

В учебном процессе важно соблюдать определенный баланс в степени трудности получения знаний у учеников: часть информации может даваться в готовом виде, другую часть можно преподнести иначе, применяя различные технологии.

### **Литература**

1. Васильева, М.З. Методика преподавания биологии: учебно-методический комплекс (для студентов, обучающихся по специальности «Биология») / ГорноАлтайск: РИО ГАГУ, 2008. – 138с.

2. Сальникова, Т. П. «Педагогические технологии». М.: «Просвещение». – 2010 г. – 128с.

© Гизатуллина А.А., 2016 г.

## ФИЗИКА

### RADIATION-THERMAL EFFECTS IN THE STRUCTURE OF REFRACTORY METALS

К.М. Mukashev, В.А. Kurbanova, А.Е. Mtsbekova

<sup>a</sup>Kazakh National University after al - Farabi, 050040 Almaty, 71,  
al - Farabi Avenue, Kazakhstan

#### Abstract

In this work we have performed a systematical investigation of energy dependence of the radiation defects distribution profile in three different materials – tantalum, molybdenum and stainless steel of type 10X18H10T–VD irradiated by high energy protons. It has been shown that in the stainless steel and tantalum, regardless of proton energy, the vacancy complexes similar by configuration appear which are described by the slightly expressed elastic channel. The defects recover in one annealing stage with different migration activation energy. At the same time the molybdenum radiation damageability consists of two components in each of which exists its own mechanism of defects formation. For high energy protons what's important is the inelastic channel of interaction and formation of sub cascades, which are created by primarily knocked-on atoms of considerable energies. However, for low energy protons, the processes of elastic interaction with lattice atoms and emergence of atomic hydrogen in the end of run important.

**Keywords:** positron annihilation, tantalum, molybdenum, proton irradiation, point defects, vacancy complex

\*Corresponding author, e-mail: mukash\_kanat@mail.ru

#### 1. Introduction

It is known that the effects of nuclear radiation on a matter is accompanied by a number of new phenomena [1-4]. The most important among them are nuclear reactions and a change associated with them in the elemental composition, formation and the emergence of clusters of point defects, damage to the matrix caused by cascade atom – atom collisions, etc., and as a result, disturbance in the integrity of the crystal. In order to learn the phenomena related to the changes in the material's crystal structure in the active zone of the reactor, it often suffices to conduct simulation experiments at the accelerators of charged particles. At the same time a quite important task is to study the profile of the defect distribution along the depth of the damaged layer. In the past, a computer program was developed for this purpose on the basis of theoretical research in order to calculate the profile of the displaced atoms by the depth of passing of heavy ions in the material [5]. But any computer program, regardless of how universal it is, yet cannot take into

account all aspects of the complex process of interaction of charged particles with the real crystal lattice, furthermore, it cannot be acceptable in situations when the object of study is multicomponent alloys.

Charged particles lose energy when moving in the matter. Energy losses of the incident particle can occur by various ways, including ionization and excitation of the electron shells, the atoms' polarization of the medium, the radiation losses and nuclear stopping, whose role in the formation of structural defects may be different. Consequently, the profile of the defect distribution in the depth may also be different, the location of which depends on the type and parameters of the bombarding particles of the target material, and the irradiation temperature. In this regard, experimentally obtained parameters of the defect structure may differ considerably from those calculated theoretically.

The average path traveled by a charged particle in matter to a full stop is called its range  $R$ . The latter depends on the particle energy and the properties of the target's material. The range of the particle is usually expressed through the length of the path,  $d$  and density of the material,  $\rho$ :

$$R = d \cdot \rho [g \cdot cm^{-2}] \quad (1)$$

To estimate the interaction of particles with the matter in the reference books we can find the following: particles energy –  $E$  in the lab coordinates and expressed in MeV's; particle ranges  $R(E)$ , expressed in  $g \times cm^{-2}$ ; stopping power  $S(E)$  in  $MeV \times cm^{-2} \times g^{-2}$ ; derivatives of stopping power by energy  $D(E)$ , used as a correction factor [6,7]. In order to calculate the range of a particle whose energy lies between the tabular data, one has to use the formula:

$$R(E)\Delta E = R(E) + \frac{\Delta E}{S(E)} - \frac{1}{2} \left| \frac{\Delta E}{S(E)} \right|^2 \cdot D(E), \quad (2)$$

where  $E$  is the nearest table value of energy. On the contrary, for the calculation of energy corresponding to range, the value of which lies between the values in the table, you can use the formula:

$$E(R + \Delta R) = E(R) + S(E) \cdot \Delta R - \frac{1}{2} S^3(E) \cdot D(E) \cdot (\Delta R)^2 \quad (3)$$

To find intermediate values of  $S(E)$ , which are absent in the table, a linear interpolation relationship is used:

$$S(E + \Delta E) = S(E) + D(E) \cdot \Delta E,$$

where  $S(E)$  is the closest value of the stopping power. Similarly, an intermediate value  $D(E + \Delta E)$ , which is not listed in the table, can be found by the relation:

$$D(E + \Delta E) = D(E) + \frac{\delta D}{\delta E} \cdot \Delta E, \quad (5)$$

Under these conditions, the accuracy of calculation of the tabulated data is ~ 1%.

## 2. Experimental

Because the passage of charged particles in the matter is accompanied by its successive energy losses, the study of the defect distribution profile by depth is, in principle, a task of studying the energy dependence of metal radiation damageability. One way to solve this problem is to study metal defect structure by sequential etching of the surface. From the other hand, you can solve it on the basis of variable thickness of the absorber method. Obviously the most acceptable way to solve it is the latter, non-destructive method of research, the essence of which is to irradiate by the charged particles of high energy and studying the stack of foils, the total thickness of which is greater than the mean free path of the particles in the material. By using such a technique, each foil is irradiated by particles of different energy and contains the respective structural damages typical for a given depth of the material. As the test objects we used polycrystalline Mo and Ta, and stainless steel-VD 10H18N10T as a foil with a thickness of 100  $\mu\text{m}$  and a diameter of 17 mm each. The initial state of the metals achieved by annealing at  $T = 1200^\circ\text{C}$  and for steel the temperature was at  $1050^\circ\text{C}$  for 1.5 hours in a vacuum of  $10^{-5}$  Pa. The thickness of each foil  $\Delta d$  defines a path element  $\Delta x_i = \Delta d_i \rho$ , on which there happens a loss of energy of protons  $\Delta E_i = s_i(E) \Delta x_i$ ; the mean energy of the protons on the other side of each foil will be  $E_{xi} = E_i - \Delta E_i$ . Consequently, each successive foil is irradiated with protons of different energies. If one studies the degree of damage, its energy dependence can be established. Irradiation was carried out by protons flow  $1.2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ c}^{-1}$  up to  $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$  fluence.

The main research tool in this case is the electron-positron annihilation (EPA) method. Being one of the major nuclear-physical methods of studying the state of the condensed medium, the method of electron-positron annihilation is a very sensitive tool to various kinds of damages of crystal

structure. Spectrum shape of the angular distribution of annihilation photons (ADAP), caused by annihilation of positrons with electrons of the material, changes significantly at localization of positrons near the defects in the crystal lattice, as well as from the atomic environment of defective regions. Slow positrons also react to the change of the structure's order. Therefore positron probe is an ideal tool for studying electronic states of the metallic materials local microregions [8-10].

The study of structural defects of materials was performed by the spectrometer with a linear-slit geometry with an angular resolution of 0.5 mrad. As a positrons source we used the isotope  $^{22}\text{Na}$  with 10 mCi activity. The measurement of ADAP spectrum allows to determine the relative contribution to the annihilation of positrons process with the conduction electrons and ion core electrons. To this effect, we experimentally measures the intensity of the annihilation gamma rays as the dependence of counting rate of pulses that are coincident in time of 2 photons, which are detected by opposing detectors on the displacement angle of the movable detector  $\theta$ . ADAP spectra measured for different states of the material, are normalized to a single space. It is not difficult to establish that the spectrum for the defective material has a higher intensity at the maximum and the narrow width at half maximum (see Fig 1).

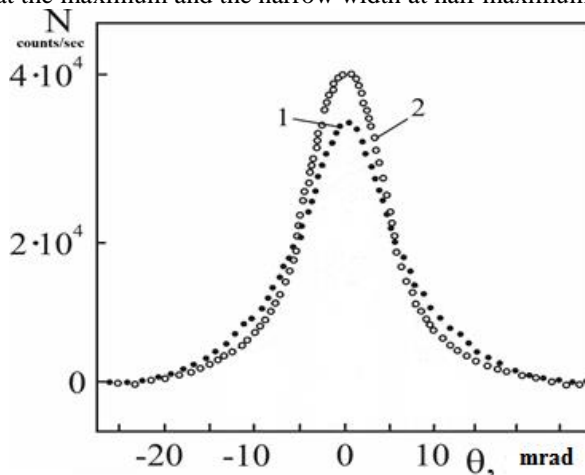


Figure 1. Experimental ADAP spectra: 1 - for annealed materials; 2- for irradiated materials

### 3. Results and discussion

To interpret the results of studies used the following structure-sensitive annihilation parameters:  $F$  – positron annihilation probability redistribution between the conduction electrons and bound electrons, as well as its corresponding increment  $\Delta F$  relative to values for the initial state, is that are recovered by processing the spectrum of the angular correlation of annihilation radiation [8]. The results of studying stainless steel according to these conditions by the annihilation parameters change data are summarized in Table 1.

Table 1. Parameters of steel annihilation by the depth of protons passage  
 $E_{initial} = 30 \text{ MeV}$  ( $Q = 2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$  – protons fluence;  $E_p$  – current value of proton energy )

Sample number	$E_p$ , MeV	$X$ , $\mu\text{m}$	$F=S_p/S_g$	$f=N(0)/N(8)$	FWHM, mrad.
annealed	-	-	0.15	3.1	6.1
19	0	-	0.27	3.9	5.6
18	2.33	1750	0.24	3.9	5.6
17	6.40	1650	0.24	3.8	5.7
16	9.09	1550	0.28	3.4	6.0
15	11.29	1450	0.25	3.7	5.7
14	13.19	1350	0.31	3.6	5.8
13	14.91	1250	0.26	3.4	5.9
12	16.49	1150	0.23	3.2	5.9
11	17.97	1050	0.27	3.5	5.8
10	19.35	950	0.28	3.8	5.7
9	20.67	850	0.27	3.5	5.7
8	21.92	750	0.29	3.6	5.7
7	23.12	650	0.27	3.5	5.9
6	24.27	550	0.21	3.4	5.9
5	25.39	450	0.25	3.6	5.8
4	26.47	350	0.23	3.3	5.9
3	27.51	250	0.25	3.4	5.9
2	28.52	150	0.24	3.7	5.7
1	29.50	50	0.26	3.7	5.7
error $\pm$	0.05	1.00	0.02	0.1	0.1

High energy protons irradiation changes considerably the spectrum's shape of annihilation photons angular distribution. The spectrum becomes



narrower in half-width and maximal intensity raises caused by the redistribution of positrons annihilation probability with conduction and ion core electrons. These factors are visible in annihilation parameters change. If for annealed sample the value  $F = 0.15$ , then after irradiation it increases almost as twice as much. The spectrum half-width (FWHM) for the initial state is equal to 6.1mrad. The protons irradiation reduces it in average down to 5.6mrad. In spite of the considerable changes in the parameters, the evident regularity between them and protons' energy in this case is not visible. Though, the certain tendency in the annihilation parameters behavior yet can be established. Thus, for example, the average value of the positrons annihilation relative probability  $F$  with particles energy increase steadily decreases. This can testify that the main contribution in the steel radiation damageability is carried in the low energy protons, which experience the elastic collisions with steel components atoms.

Therefore we can assume that the structural damages arising meanwhile in the steel samples are not much different between each other both by configuration and by positrons capture efficiency and correspond to the traps of one type. The latter is confirmed by the shape of isochronal annealing curves from the stack of the samples irradiated by different energy protons (Fig.2). At  $EP = 29.5 \div 13.2 \text{ MeV}$  protons energy the materials basic properties recovery end in the temperature range 350-600°C and at  $EP \leq 6 \text{ MeV}$  – in the range of 250 – 550°C, that is existence of a certain relationship between protons energy and defects annealing temperature is evident.

Apparently of the defects migration activation energy value, irradiation by high energy protons causes the dislocation loops with  $E_a = 2.1- 2.2 \text{ eV}$ . It is evident that in the low energy protons case the vacancy complexes as a small subcascades or connected vacancy-impurity complexes with  $E_a = 1.7 - 1.8 \text{ eV}$  are created. The most likely is the formation of connected vacancy-Cr atom state whose decomposition at annealing is trickier than that of others [9].

Unlike stainless steel, the polycrystalline tantalum irradiation at the same conditions leads to some characteristic changes in the annihilation parameters. It is very difficult to define a spectrum parabolic component for this metal in consequence of insignificant portion of free charge carriers. Therefore, the basic equivalent (instead of  $F$ ) parameter is the ratio between the counting rate in the maximum of spectrum  $N(0)$  to its value at the angle  $\theta = 8 \text{ mrad}$ , that is  $f = N(0)/N(8)$ . The dependence of this parameter on protons energy is given in Fig.3a. The maximal spectrum narrowing, as well as considerable increase of the parameter  $f = N(0)/N(8)$  is observed at low energies  $\sim 5 - 8 \text{ MeV}$ . With particles energy increase these parameters possess a steadily increasing or decreasing pattern.

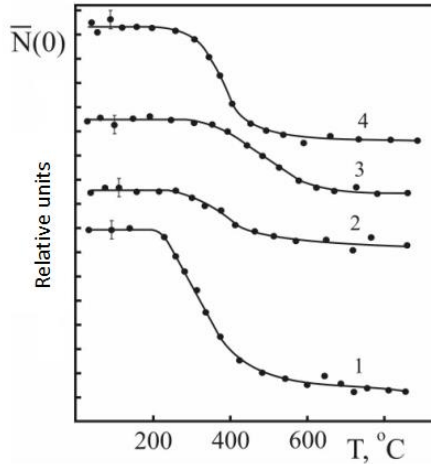


Figure 2 The energy dependence by protons irradiated 10X18H10T – BD steel annealing kinetics 1.  $E_p = 4.6$  MeV; 2.  $E_p = 31.2$  MeV; 3.  $E_p = 23.1$  MeV; 4.  $E_p = 29.5$  MeV

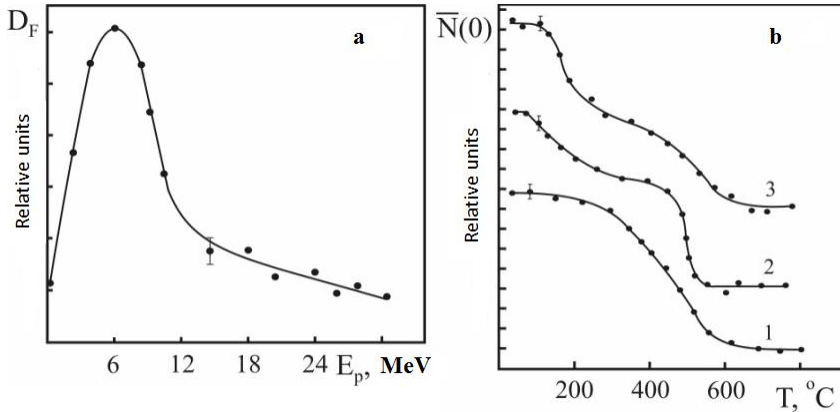


Figure. 3 The energy dependence of damageability (a) and annealing kinetics (b) of Ta, irradiated by protons with 30 MeV initial energy: 1.  $E_p = 6$  MeV; 2.  $E_p = 25$  MeV; 3.  $E_p = 30$  MeV

Such changes in parameters, which characterize the spectrum shape, are possible only at corresponding changes of capture efficiency of positrons by defects, created by protons. As far as the effectiveness maximum corresponds

to low energy protons, then we can suppose that the largest damageability tantalum is suffered consequently of elastic interactions. The nuclear reactions influence activated by inelastic interactions in the high energy region in this case is negligible. The actual picture of the structure damages in tantalum is can be determined as a result of isochronal annealing of individual samples from the stack irradiated by different energy protons (Fig.3b).

One can see that the sample irradiated by low energy protons is recover in one stage in the temperature range of 250 – 600°C with curve amplitude ~15 % (curve 1), whereas at high energy irradiation the structure damages in Ta emerge with two recovery stages (curves 2,3). And with particles energy decreasing from 30MeV to 25MeV the beginning of the point defects migration is shifted sideways towards lower temperatures with simultaneous increase in portion of vacancy defects. This confirms the decisive contribution of elastic interactions in the process of defect formation. So, at protons irradiation with  $E = 30 \text{ MeV}$  the vacancy stage portion makes up 41% from the damages common level. However, with energy decreasing to up to 25MeV it increases to up to 47%. Meanwhile the recovery second stage gets more relief appearance than in the first case. The migration activation energy's mean value for vacancy components is equal to  $E_{a1} = 1.41\text{--}1.45 \text{ eV}$ , and for dislocation and more complicated components, which are annealed during the second stage –  $E_{a2} = 2.33\text{--}2.35 \text{ eV}$ .

Still large interest in these experiments is presented by the study results of damageability distribution profiles of molybdenum, irradiated at the same conditions. For molybdenum in the annealed state, the annihilate photons angular distribution is approximated by one Gaussian, as far as the probing positrons are annihilated basically with ion core electrons. As a result, it becomes difficult to identify a parabolic component in the spectrum. But as a result of protons irradiation, the emerging structure damages enable the parabolic component responsible for positrons annihilation with free charge carriers to appear in the spectrum. Meanwhile the energy dependence of the relative annihilation probability  $F = S_p/S_g$  have a more complicated and non monotonic nature (Fig.4). After certain energetic region 5 - 10 MeV in such the relative probability  $F$  is stay constant, in the sequel it is sharply decreased and achieve the minimum at about 18 - 20 MeV is increasing again up to  $E_p = 30 \text{ MeV}$ . Such annihilation parameter dependence is can be activated by the appropriate defects distribution profile which is determine the defects both concentration and configuration along the trajectory of charged particles in matter.

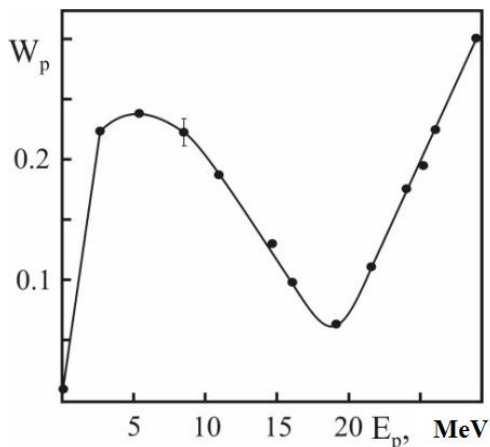


Figure. 4 The energy dependence of the Mo damageability irradiated by protons, with initial energy 30 MeV

The probable reason of such dependence is can be difference in contribution in the process of radiation defects generation of the elastic interactions at  $E_p < 18 \text{ MeV}$  energies and subcascade regions formation at  $E_p > 20 \text{ MeV}$  on the one hand, and also the nuclear reactions specified role on the other hand. But in both cases the defects structure must be of vacancy, which is revealed by isochronal annealing results. Regardless of energy, as a result of the proton irradiation there emerge the vacancy complexes in Mo and in the annealing temperature range below  $800^\circ\text{C}$  only one incomplete return stage has been observed. Meanwhile, as the proton energy increases the defects migration temperature threshold is gradually shifts towards higher temperatures ranges – from  $300 - 350^\circ\text{C}$  to up to  $450 - 500^\circ\text{C}$ , which testifies emergence of more stable in terms of temperature defects in the metal. In [12], it is stated that the full annealing of Mo irradiated by protons is completed at approximate temperatures of  $300 - 320^\circ\text{C}$ . But this temperature is considerably lower than Mo recrystallization temperature, and this gives rise to a doubt in the above mentioned conclusion in [13]. However, annealing temperature that was reached in this investigation ( $850^\circ\text{C}$ ) is also not sufficient for a completion of even the first stage of recovery (III-stage), whereas according to [13] the recrystallization temperature of Mo is higher than  $1000^\circ\text{C}$ .

#### 4. Conclusion

Thus, investigation of the defects distribution profiles by charged particles passing depth in three different materials has shown that in the stainless steel

and Ta, regardless of protons energy, there appear configuration vacancy complexes similar by configuration, which are recoverable in one annealing stage with migration activation energy  $E_a = 1.7 - 1.8 \text{ eV}$ . The total damageability of stainless steel and Ta in the whole range of protons energy is formed basically by one low-grade elastic channel, whereas for molybdenum it is created from two components in each of which its defined mechanism of defects formation is in place. If for high energy protons, the inelastic channel of interactions and subcascades appearing are the basic, then for low energy protons the elastic interactions with lattice atoms and vacancy complexes and atomic hydrogen formation in the end of run are of high importance. The probable cause of such difference in radiation damageability of Mo and Ta polycrystals is the appreciable difference in atomic masses of these elements. Almost two times excess of Ta atomic mass over atomic mass of Mo is evidently the reason of implicitly expressed damageability at the expense of inelastic channel, situated below the response limit of the testing method. The basic mechanism of the radiation defects formation in stainless steel and Ta are evidently expressed elastic interactions. The role of nuclear reactions in the structure damages creation is weakly expressed in this case. The defects created by low energy protons are annealed in one stage, whereas high energy particles influence causes emergence of the radiation defects, which are of vacancy and dislocation nature and recover in two stages.

### **Acknowledgements**

The authors would like to thank Dr. Umarov T.F. for his very useful help.

### **References**

1. Agarvala R.P. Radiation Damage in Some Refractory Metals. Materials Science Foundations, Vol.25, 2005.
2. Zinkle Steven L., Wiffen F.W. Radiation Effects in Refractory Alloys. Space Technology and Applications International Conference Proc., Vol.699 (2004), pp.733-740.
3. Leonard K.J. 4.06-Radiation Effects in Refractory Metals and Alloys. Comprehensive Nuclear Materials, Vol.4, (2012), pp.181-213.
4. Grossbeck M.L. 1.04-Effect of Radiation on Strength and Ductility of Metals and Alloys. Comprehensive Nuclear Materials. Vol.1, (2012), pp. 99-122.
5. Antonov A.G. The investigation of tritium entry in environment at liquid leady- lithium irradiation eutectic through channel wall from stainless steel // The liquid metal application in the national economy. - Obninsk, 1993. - pp. 181 - 183.

6. Myllyia R., Xostomaova J., A time-to amplitude converter with constant-fraction timing discriminators for short time interval measurements // Nucl. Instr. and Methods.- 1985. A 239. - pp.568 - 578.
7. Ibragimov Sh.Sh., Reutov V.F., Abdurashitov I. Yu. Radiation damageability of Mo at high temperature irradiation by protons with initial energy 30 MeV // VANT, ser. FRP and RM -1977, B.1(21). - pp. 76 – 79.
8. Mukashev K.M. Low positrons Physics and positron spectroscopy – Almaty. 2007. 508 p.
9. Mukashev K.M., Tronin B.A. and Umarov F.F. Behavior of Structure Defects and Hydrogen in neutron-irradiated stainless steels studied by positron-annihilation method. Rad. Effects & Defects in Solids, Vol.164, N10, (2009), pp.611-618.
10. Mukashev K.M. and Umarov F.F. Positron annihilation in Titanium Alloy modified by proton irradiation. Rad. Effects & Defects in Solids, Vol.167, N1, (2012), pp.1-11.
11. Berestetsky V.B., Livshits E.M., Litaevsky A.P. The relativistic quantum theory. M.: Nauka, 1968, Part. 1, p. 480.
12. Dextyar I.Ya., Mukashev K.M., Rustamov Sh.A., at all. The positron annihilation in irradiated by chromium- ruthenium alloys //Ukr. Fis.Jurnal.1984, V.29, N11. - P.1679 - 1681.
13. Belyaev V.N., Zemlerub P.A., Kovalev V.Yu. at all. The positrons lifetime spectrometer // Preprint ITEF - 95, M.1980. - 26 p.

© K.M. Mukashev, B.A. Kurbaanova, A.E.Mtsbekova, 2016 г.

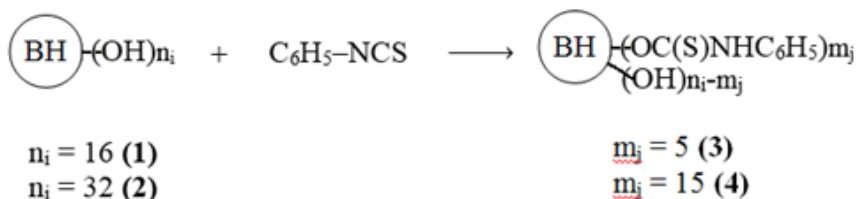
## ХИМИЯ

УДК 541.64

### СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И ФУНГИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ ГИПЕРРАЗВЕТВЛЕННЫХ ПОЛИЭФИРОПОЛИ (N-ФЕНИЛТИОКАРБАМАТОВ)

Бусыгина А.А., Рахматуллина Л.Р., Ахмадулина Э.Н., Кутырев Г.А.  
Казанский национальный исследовательский технологический  
университет, г. Казань, Россия

В данной работе были осуществлены синтезы и исследования спектральных характеристик новых фенилтиокарбаматных производных гиперразветвленных полиэфирополиолов (ГРПО) Voltorn H второй (3) и третьей (4) генераций.



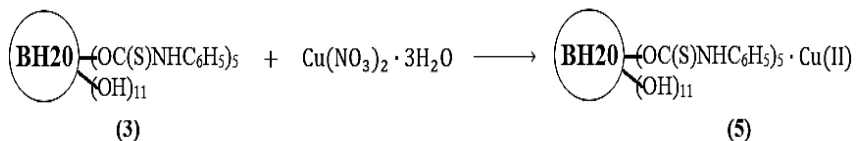
ИК-спектры полученных соединений (3, 4) показывают наличие следующих полос, см<sup>-1</sup>: 3320 ν(N-H, OH<sub>связ</sub>); 3061 ν(C-H<sub>ph</sub>); 2957-2853 ν(CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub>); 1731 ν(C=O); 1595, 1497, 1445 δ<sub>ip</sub>(C=C<sub>ph</sub>); 1537 (δ<sub>N-H</sub> + ν<sub>C-N</sub> (амид II)); 1315 ν(C<sub>ph</sub>-N); 1292, 1082 (ν<sub>C-N</sub> (амид III)); 1253 ν(C=S); 1222, 1117 ν<sub>эф</sub>(C-O); 1045 δ(OH); 757, 693 δ<sub>оор</sub>(C=C<sub>ph</sub>).

В спектрах ЯМР <sup>1</sup>H соединений (3, 4) фиксируются полосы, (CDCl<sub>3</sub>), δ, м.д.: 1.30 уш.с (CH<sub>3</sub>); 3.40-3.65 уш.с (-CH<sub>2</sub>-O); 4.25 уш.ср (-CH<sub>2</sub>-OC(O), -CH<sub>2</sub>-OC(S)); 7.08, 7.26, 7.41 м (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-); 8.51 уш.сл (NH).

Степень замещения терминальных гидроксильных групп на фенилтиокарбаматные фрагменты оценивали из расчета соотношения интегральных интенсивностей протонов концевых фенильных групп и протонов метильных групп сложноэфирного скелета полиэфира. По данным ЯМР <sup>1</sup>H спектроскопии определено, что функционализация ГРПО возрастает при переходе от второй к третьей генерации (от 31,25% до 50%), что соответствует замещению 5 и 16 гидроксильных групп.

Получен металлополимерный комплекс Cu(II) (5) с гиперразветвленным полиэфирополи(N-фенилтиокарбаматом) второй генерации. В ИК-спектре соединения (5) наблюдается смещение полос валентных колебаний C=S и C-N связей в область меньших частот (на 31 см<sup>-1</sup> и 5 см<sup>-1</sup>) по сравнению с соединением (3), но при этом интенсивность

сигнала валентных колебаний C=S связи уменьшается, а C-N связи увеличивается.



Оценена фунгицидная активность соединений **(3)**, **(4)** и **(5)** к некоторым штаммам грибов: *Candida albicans*, *Candida parapsilosis*, *Candida krusei*, *Trichoderma viride*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* и *Trichophyton rubrum*.

Наибольшую фунгицидную активность соединения **(3)**, **(4)** и **(5)** проявляют по отношению к таким штаммам грибов как *Candida albicans* и *Aspergillus niger*.

Соединение **(3)** проявляет умеренные фунгицидные свойства к большинству исследованных штаммов грибов, за исключением *Candida krusei* и *Trichoderma viride*.

Фенилтиокарбаматное производное гиперразветвленного полиэфирополиола третьей генерации **(4)** по сравнению со второй генерацией **(3)** проявляет более высокие фунгицидные свойства ко всем штаммам грибов.

Медный комплекс **(5)**, полученный на основе соединения **(3)**, обладает наиболее выраженными фунгицидными свойствами по сравнению с гиперразветвленными полиэфирополи(N-фенилтиокарбаматами).

Все полученные нами соединения обладают более высокой фунгицидной активностью по сравнению с контрольным антимикотическим препаратом «Нистатин».

© Бусыгина А.А., Рахматуллина Л.Р., Ахмадулина Э.Н.,  
Кутырев Г.А., 2016 г.



## СИНТЕЗ СТАБИЛЬНЫХ ОЛИГОМЕРОВ СТИРОЛА И ПОЛУЧЕНИЕ НА ИХ ОСНОВЕ СШИТОГО ПОЛИСТИРОЛА

Фадеева К.С., Вахонина\* Т. А., Шарипова\* С.М., Кутырев Г.А.,  
Дебердеев Р. Я., Дебердеев Т. Р.

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

\*Институт органической и физической химии им.А.Е.Арбузова  
Казанского научного центра Российской академии наук, г. Казань, Россия

Была исследована возможность синтеза реакционноспособных олигомеров стирола методом катионной полимеризации и получения на их основе сшитого полистирола[1]. Работа выполнена в рамках государственного задания. Для получения олигостирола использовали технический стирол, 88 % серную кислоту в качестве инициатора полимеризации и толуол для остановки реакции. Условия получения смол и результаты синтеза представлены в таблице.

Таблица – Условия синтеза и характеристика олигостирола полученного путём катионной полимеризации					
Шифр олигомера	Температура, °С	Время, ч	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , %/масс	Толуол, мл	Вязкость, сР
№1	20-50	0,5	0,56	4	3,6
№2	32	6,5	0,55	5	3952
№3	28	5,3	0,46	2	6
№4	30-32	5	0,69	2	-
№5	20-22	12	0,46	2	-

Структуру полученных олигостирольных смол исследовали на ЯМР спектрометре AVANCE-600 МГц (Bruker). Анализ <sup>1</sup>H ЯМР спектров позволяет предположить, что в процессе полимеризации образуются циклические и линейные димеры стирола с ненасыщенными связями в основной цепи. Учитывая наличие таких связей, синтезированные смолы отверждали с

использованием дивинилбензола (ДВБ) и перекиси бензоила (ПБ), однако получить сшитые продукты достаточной твердости не удалось, даже при большом содержании ДВБ (21 масс %) в композиции. Таким образом, можно сделать вывод, что смолы, синтезированные методом катионной полимеризации, не содержат достаточного для отверждения количества двойных связей, но характеризуются высокой стабильностью и сохраняют свои свойства в течение 6 месяцев при комнатной температуре.

## Литература

1. Шорыгина, Н.В. Стирол, его полимеры и сополимеры / Н.В.Шорыгина. - М.: Госхимиздат, 1960. - 124 с.

© Фадеева К.С., Вахонина\* Т. А., Шарипова\* С.М., Кутырев Г.А., Дебердеев Р. Я., Дебердеев Т. Р., 2016 г.

УДК 542.913

### **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ОДНОСТАДИЙНОГО СИНТЕЗА СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ ПВХ В АППАРАТЕ ЭКСТРУЗИОННОГО ТИПА**

Момзяков А.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» г. Казань, Россия

Разработана инновационная одностадийная непрерывная технология получения термостабилизаторов ПВХ - стеаратов двухвалентных металлов. Синтез ведется в аппарате экструзионного типа, конструкция которого предполагает достижение больших коэффициентов сдвиговых напряжений, действующих на материал, движущийся в аппарате. За счет механического воздействия на реагенты, инициируется реакция обмена. Синтез карбоксилатов двухвалентных металлов реализует взаимодействие в твердом порошкообразном виде, затем, на выходе получается порошкообразный готовый продукт. Отличие от растворных [1] и расплавных методов получения карбоксилатов щелочноземельных металлов состоит в том, что в синтезе идет в одну технологическую стадию [2], отсутствуют растворители и дополнительные технологические стадии, значительно удорожающие традиционную технологию.

Преимущества представляемой технологии:

- Энерго- ресурсосбережение, экологически безопасность;
- Время синтеза приблизительно 4-6 минут;
- Отсутствие стадии десятикратной промывки и сушки, что определяет экономическую эффективность технологии.

## Литература

1. Минскер К.С., Федосеева Г.Т. Деструкция и стабилизация поливинилхлорида.- М.: Химия, 1972. – 424 с.

2. Минскер К.С., Заиков Г.Е. Достижения и задачи исследований в области старения и стабилизации поливинилхлорида// Пласт. Массы.- 2001. - №4. - С.27-35.

© Момзяков А.А., 2016 г.

**РАЗРАБОТКА ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПРОИЗВОДСТВА ИЗОПРЕНА ПО «ДИОКСАНОВОМУ» МЕТОДУ В  
ПРИСУТСТВИИ ЦЕОЛИТОВ ГРУППЫ СОСТАВА  $Si_xO_y$**

Пасько П.А.<sup>1</sup>, Вакулин И.В.<sup>1</sup>, Латыпова Э.Р.<sup>1</sup>, Вакулина А.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет, г.Уфа, Россия

<sup>2</sup>УОР №1, г. В.Пышма, Россия

Методами квантовой химии и молекулярной динамики изучена возможность повышения селективности образования 4,4-диметил-1,3-диоксана реакции Принса, который является ключевым полупродуктом в синтезе изопрена по «диоксановому» методу. Нами рассмотрена стабилизации переходного состояния (ПС) этой реакции на цеолитах состава  $Si_xO_y$  с порами различного сечения (табл., рис.). Показано, что стабилизация ПС реакции образования 1,3-диоксана становится наиболее выгодной на цеолитах с размерами пор 6.25,7.01 - 7.24,7.59 Å. Очевидно, что в этом случае ПС может наиболее выгодным образом помещаться внутрь поры цеолита и стабилизироваться за счет межмолекулярных взаимодействий со всей внутренней поверхностью поры.

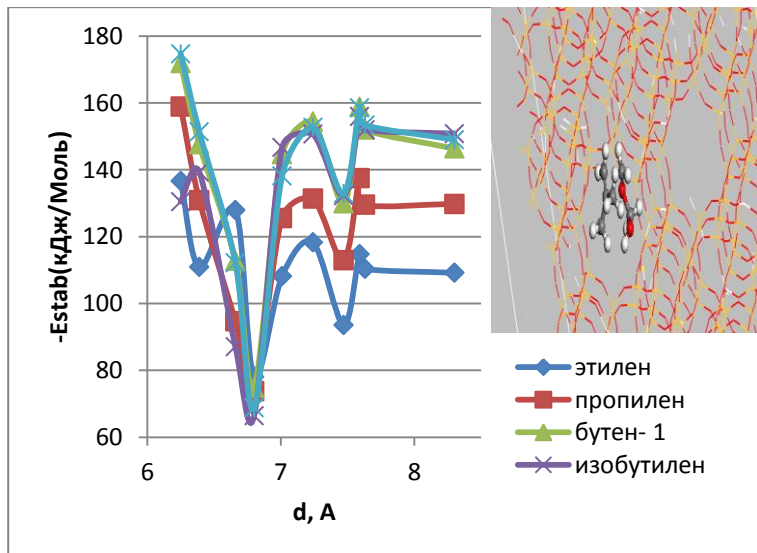
Таблица. Зависимость отрицательной энергии адсорбции переходных состояний от диаметра пор цеолитов, кДж/Моль

Цеолит	d, Å	этилен	пропилен	бутен-1	изобутилен	транс-2-бутен
MTF	6,25	136,67	158,9	171,9	130,45	174,7
VEF	6,39	110,9	130,95	147,67	139,31	151,4
SFE	6,66	127,9	94,67	112,7	87,0	112,19
STO	6,8	78,04	73,7	74,8	66,3	68,80
ISV	7,01	108,14	125,56	144,6	146,63	138,1
IFR	7,24	118,29	131,37	154,4	150,6	152,73
CFI	7,47	93,59	112,9	129,9	132,2	132,9
SFF	7,59	114,78	137,52	158,8	155,9	158,5
STF	7,63	110,39	129,58	152,0	151,9	153,4
ITE	8,3	109,18	129,79	146,3	150,8	149,2

При диаметре поры 6.8, 7.47 Å, ПС стабилизируется только частично за счет взаимодействия с поверхностью цеолита. В случае цеолитов с большим диаметром пор межмолекулярные взаимодействия могут

осуществляться с фрагментом внутренней или внешней поверхности поры.

Такой характер стабилизации ПС свидетельствует о возможности повышения селективности образования 1,3-диоксанов по реакции Принса в присутствии цеолитов с размерами пор 6.25, 7.01 - 7.24, 7.59 Å.



© Пасько П.А., Вакулин И.В., Латыпова Э.Р., Вакулина А.И., 2016 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФИЗИКА

#### СЕКЦИЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

*Тулеганова Г.Ю., Лукманов А.Р.*

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИВЫХ ВРАЩЕНИЯ ГАЛАКТИК В  
ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ КРотовых НОР 5

*Мажитова Ф.А., Гареева З.В.*

МЕЖСЛОЙНОЕ ОБМЕННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ И  
МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ДВУХСЛОЙНОЙ  
ФЕРРОМАГНИТНОЙ ПЛЕНКЕ 7

*Шаяхметов А.А., Исмаилов Р.Н., Гильманова Р.Д.*

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ АККРЕЦИОННЫХ ДИСКОВ В  
ТЕОРИИ “МИРА НА БРАНЕ” 8

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

РЕЗОНАНСНАЯ ДИНАМИКА СОЛИТОННОЙ РЕШЕТКИ В  
ОДНООСНОМ ГЕЛИМАГНЕТИКЕ 11

*Кудрявцев Р.В., Гумеров А.М., Абакумова Н.Н., Васильева Ю.С.*

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ КИНК-ПРИМЕСНЫХ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В МОДЕЛИ СИНУС-ГОРДОНА 13

*Землиханов Р.Р., Закирьянов Ф.К.*

ДИНАМИКА КИНКА В ДИСКРЕТНОЙ МОДЕЛИ МОЛЕКУЛЫ  
ДНК 14

*Мельников В.Ю., Закирьянов Ф.К.*

НЕЛИНЕЙНЫЕ ЛОКАЛИЗОВАННЫЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ В  
ДИСКРЕТНОЙ МОДЕЛИ МОЛЕКУЛЫ ДНК 15

*Каримов Р.Х., Исмаилов Р.Н.*

АНАЛИЗ СТАБИЛЬНОСТИ ШВАРЦШИЛЬД – ФАНТОМНОЙ  
КРОВОЙ НОРЫ 16

*Султанов И.Ф., Исмаилов Р.Н.*

ПРИЛИВНЫЕ СИЛЫ ВБЛИЗИ ГОРИЗОНТА СОБЫТИЙ ЧЕРНОЙ  
ДЫРЫ ХЭЙВОРДА 18

*Васильева Ю.С., Абакумова Н.Н., Кудрявцев Р.В., Гумеров А.М.,  
Муртазин Р.Р.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СОЛИТОНОВ УРАВНЕНИЯ  
СИНУС-ГОРДОНА С УЧЕТОМ ВНЕШНЕЙ СИЛЫ И  
ЗАТУХАНИЯ 20

*Галимова Ю.Ф., Гареева З.В.*

МАГНИТНЫЕ СКЕРМИОНЫ – НОВЫЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ  
СОСТОЯНИЯ В МАГНЕТИКАХ 21

<b>Балашова В.Н., Закирьянов Ф.К.</b>	
ДВИЖЕНИЕ КИНКА ДНК ВО ВНЕШНЕМ ПЕРЕМЕННОМ ПОЛЕ	22
<b>Степанов С.В., Екомасов А.Е., Ганеев А.А.</b>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МАГНИТНЫХ ВИХРЕЙ В ПРОВОДЯЩИХ МАГНИТНЫХ НАНОСТОЛБИКАХ	23
<b>Дикушина Е.А.</b>	
ДИНАМИКА СПИН-ОРБИТАЛЬНОГО ЭКСИТОНА В $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$ С УЧЕТОМ ХУНДОВСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	24
<b>Фахретдинов М.И., Закирьянов Ф.К.</b>	
ВОЗБУЖДЕНИЕ ДИСКРЕТНЫХ БРИЗЕРОВ В МОДЕЛИ ДНК ПЕЙРАРА-БИШОПА	25
<b>Янбеков А.А., Измаилов Р.Н.</b>	
ПАРАМЕТРЫ ГРАВИТАЦИОННОГО ЛИНЗИРОВАНИЯ КРОВОЙ НОРОЙ ЭЛЛИСА В ПРЕДЕЛЕ СЛАБОГО ПОЛЯ	25
<b>Шайхутдинова А.Ф.</b>	
АНАЛИЗ И УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДОЗНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ОНКОБОЛЬНЫХ	27
<b>Нигматуллина Э.Р., Юлдашева А.Р.</b>	
ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ И КРИТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В МАГНИТНЫХ НАНОПЛЁНКАХ	29
<b>Вахитов Р.М., Юмагузин А.Р., Исхакова Р.Р.</b>	
ОСОБЕННОСТИ ОДНОРОДНЫХ И НЕОДНОРОДНЫХ МАГНИТНЫХ СОСТОЯНИЙ В (210) – ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПЛЕНКЕ ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ	30
<b>Вахитов Р.М., Галинурова Р.Ф., Солонецкий Р.В.</b>	
ВЛИЯНИЕ ДЕФЕКТОВ НА ПРОЦЕССЫ ЗАРОДЫШЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ СПФП В ПЛАСТИНЕ (011) ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ	32
<b>Баязитов А.М., Дмитриев С.В.</b>	
ТРЕХМЕРНЫЕ ДИСКРЕТНЫЕ БРИЗЕРЫ В ГЦК РЕШЁТКЕ $\text{Ni}$ ИССЛЕДУЕМЫЕ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ	33

#### СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОФИЗИКА»

<b>Комина О.Ю., Жуков Е.А.</b>	
ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ОДИНОЧНОЙ ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЫ В $\text{YFeO}_3$ , ДВИЖУЩЕЙСЯ В ПОСТОЯННОМ ПОЛЕ...	34
<b>Адамова М.Е., Жуков Е.А., Каминский А.В.</b>	
ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ ПРИ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЯХ ПЛАСТИНЫ БОРАТА ЖЕЛЕЗА	35
<b>Биктимеров А.А., Космылин Д.В.</b>	

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ НА ПЕШЕХОДНОМ ПЕРЕХОДЕ 36

**СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»**

**Якшибаев Б.Р.**  
УСТРОЙСТВО РАЗМАГНИЧИВАНИЯ ЛОКАЛЬНОГО УЧАСТКА СТАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА 38

**Осинов К.О.**  
ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МАГНИТНОГО КОНТРОЛЯ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ 39

**Аминев А.Ф.**  
МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ 40

**Хайрзаманова Э.Э., Шиндров А.А.**  
ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛИТИТАНАТА КАЛИЯ С РАСТВОРАМИ СОЛЕЙ ХРОМА 41

**Доценко К. Д., Абрамова М.М., Каравалева М.В., Еникеев Н.А.**  
ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ 43

**Космылин Д.В., Канафин И.В.**  
СПОСОБ ОБЕССЕРИВАНИЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА 44

**Ильясов Р.Р., Мухаметдинова О.Э., Крымский С.В., Автократова Е.В., Ситдииков О.Ш., Михайловская А.В., Котов А.Д., Маркушев М.В.**

СВЕРХПЛАСТИЧНОСТЬ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Д16 ПОДВЕРГНУТОГО ПРОКАТКЕ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ЖИДКОГО АЗОТА 45

**Скалдин О.А., Тимиров Ю.И., Басырова Е.Р.**  
СПИРАЛЬНАЯ «РАСПЛАВЛЕННАЯ» ДИСКЛИНАЦИЯ В ХИРАЛЬНЫХ НЖК КАПЛЯХ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ СИММЕТРИИ 46

**Мурзабаева Ф., Ишембетов Р.Х., Кутербекоев К.А.**  
ИОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ТВЕРДОГО РАСТВОРА  $\text{Na}_{0.2}\text{Cu}_{1.87}\text{S}$  48

**Ишембетов Р.Х., Кубенова М.М.**  
ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ  $\text{K}_x\text{Cu}_{2-x}\text{S}$  ( $x=0.15;0.2$ ) 49

**Шираев И., Ишембетов Р.Х., Кутербекоев К.А.**  
ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ  $\text{Na}_x\text{Cu}_{2-x}\text{S}$  ( $x=0.05;0.1;0.15;0.2$ ) 50

**Мухаметдинова О.Э., Автократова Е.В., Ситдииков О.Ш., Маркушев М.В.**  
ВЛИЯНИЕ ГОМОГЕНИЗАЦИИ НА ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЗЕРЕН 51

АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1570С ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ВСЕСТОРОННЕЙ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ КОВКЕ <i>Алтыншина Г., Ишембетов Р.Х., Кубенова М.М.</i> ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕРМО-ЭДС $\text{Na}_x\text{Cu}_{2-x}\text{S}$ ( $x=0.05;0.1;0.15;0.2$ );	52
<i>Габдрахманова Л.А., Альмухаметов Р.Ф.</i> РЕНТГЕНОВСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ КОБАЛЬТЕ	53

#### СЕКЦИЯ «НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОЭЛЕКТРОНИКА»

<i>Тааев Т.А., Хизриев К.Ш., Муртазаев А.К.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ МОДЕЛИ МАГНИТОТВЕРДОГО/МАГНИТОМЯГКОГО БИСЛОЯ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО	54
<i>Беленкова Т.Е., Чернов В.М.</i> СТРУКТУРНЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ ГРАФАНОВОДОРОДНЫХ СЛОЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ	56
<i>Беленков М.Е., Чернов В.М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ФТОРОГРАФЕНОВОГО МАТЕРИАЛА	57
<i>Тиньгаев М.И., Беленков Е.А.</i> СТРУКТУРА УГЛЕРОДНОЙ ФАЗЫ, ПОЛУЧАЮЩЕЙСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК	58
<i>Бухалов А.В., Беленков Е.А.</i> УГЛЕРОДНЫЕ СЛОЕВЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ ИЗ АТОМОВ В ДВУХ- И ЧЕТЫРЁХКООРДИНИРОВАННЫХ СОСТОЯНИЯХ	59
<i>Коченгин А.Е., Беленков Е.А.</i> СТРУКТУРНЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ ГРАФЕНА, ПОЛУЧАЮЩИЕСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ СШИВКИ КАРБИНОВЫХ ЦЕПОЧЕК	60
<i>Шапвалова К.Э., Беленков Е.А.</i> СТРУКТУРА УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ОСНОВЕ ГРАФЕНОВОГО СЛОЯ $\text{L}_{5-7}$	62
<i>Смирнов К.В., Беленков Е.А.</i> СТРУКТУРА И СВОЙСТВА 3D-ГРАФИТОВОЙ ФАЗЫ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ АЛМАЗОПОДОБНОЙ ФАЗЫ $\text{CA}_4$	63
<i>Согрина Е.Э., Беленков Е.А.</i> СОЕДИНЕНИЯ ДВУХСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ОСНОВЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ	64
<i>Янов Д.Ф.</i> ИЗМЕРЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОГЕНЕРАЦИИ В ОРГАНИЧЕСКИХ ФОТОПРОВОДНИКАХ НА ПРИМЕРЕ ПОЛИ-	65



### 3-ГЕКСИЛТИОФЕНА (РЗНТ)

**Никитина Д.В.**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ВОЗДУХА НА  
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ  
ПОЛИДИФЕНИЛЕНФТАЛИДА 66

**Рахматова Л.И.**

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИВЫХ ПЕРЕХОДНОГО ТОКА В  
МЕТОДЕ CELIV 67

**Рысаева Л.Х., Баимова Ю.А.**

КОНСТАНТЫ УПРУГОСТИ УГЛЕРОДНЫХ  
АЛМАЗОПОДОБНЫХ ФАЗ 68

**Абдрахманов Н.И.**

ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ  
ПОЛИСУЛЬФОНА 69

**Абдрахманов Н.И., Салихов Р.Б., Тавлыкаев Р.Ф.**

МОДИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ  
АРОМАТИЧЕСКОГО ПОЛИСУЛЬФОНА 70

**Якупов Л.Ф., Лачинов А.Н.**

ВЛИЯНИЕ РАСЩЕПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНОВ С  
РАЗНОЙ ОРИЕНТАЦИЕЙ СПИНА НА УРОВНЕ ФЕРМИ НА  
ЭФФЕКТ ЭЛЕКТРОННОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ 71

**Лежнев С.К., Лачинов А.Н.**

ИЗЛУЧАТЕЛЬНАЯ РЕКОМБИНАЦИЯ ЭКСИТОНОВ В  
ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНКЕ С КВАНТОВОЙ ЯМОЙ 72

**Минченкин А.С., Таюпов М.М.**

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ  
ИЗМЕРЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА GW INSTRON LCR78105G 73

**Фазылов А.И., Киан М., Юсупов А.Р.**

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА CELIV ДЛЯ ОЦЕНКИ  
ПОДВИЖНОСТИ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДОВ 74

**Латыпов Р.Н., Мусавирова Л.Р., Массалимов И.А.**

МЕТОД СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ ФОСФАТА КАЛЬЦИЯ ИЗ  
ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ РАСТВОРОВ 75

**Таюпов М.М., Обухов И.В.**

ЭФФЕКТ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО МАГНЕТОСОПРОТИВЛЕНИЯ  
НА ГРАНИЦЕ ДВУХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК 77

**Обухов И.В., Таюпов М.М.**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЗМА ПРОВОДИМОСТИ,  
ПОЛУЧЕННОГО ПРИ ПРИЛОЖЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ  
К СЛОЮ ПОЛИМЕРА 79

**Таюпов М.М., Обухов И.В.**

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРУКТУРЫ 81

МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕР-МЕТАЛЛ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ ИНЖЕКЦИОННЫХ ТОКОВ	
<i>Шаяхметов Р.У., Юмагузин Ю.М., Янбеков Э.М.</i> ВЛИЯНИЕ ОКИСЛЕНИЯ ПЛЕНОЧНОГО ПОКРЫТИЯ ВОЛЬФРАМОВОГО ОСТРИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОЭМИССИОННОГО КАТОДА	83
<i>Муллагалиев И.Н., Сафаргалин И.Н., Салихов Р.Б.</i> ТОНКИЕ ПЛЕНКИ PANI В ДАТЧИКАХ АММИАКА	84
<i>Муллагалиев И.Н., Сафаргалин И.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДИМОСТИ ТОНКИХ ПЛЕНОК ПРОИЗВОДНЫХ PANI	85
<i>Хамитов С.У., Хусаинов А.Н., Массалимов, И.А.</i> СТАБИЛИЗАЦИЯ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ СЕРЫ ОСАЖДЕННЫХ ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА ПОЛИСУЛЬФИДА АММОНИЯ	86

#### СЕКЦИЯ «ПРОБЛЕМЫ РАДИОТЕХНИКИ И СВЯЗИ»

<i>Салимгареев Р.Р., Лопатюк А.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ DWDM	88
<i>Лопатюк А.В., Маркушева А.М.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ СОЛИТОННОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ	90
<i>Магзумьянова Л.Ф., Лопатюк А.В.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ 4 ГИГАБИТНОЙ ВОЛОКОННО- ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ НА УЧАСТКЕ УФА-НЕФТЕКАМСК	92
<i>Исакаева Ю.И., Лопатюк А.В.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ НА УЧАСТКЕ С. ИСЯНГУЛОВО - С. ИДЕЛЬБАКОВО	94
<i>Идельбакова Р.В., Лопатюк А.В.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ НА УЧАСТКЕ С. МРАКОВО - С. ПОДГОРНОЕ	96
<i>Борисова Р.В., Вальшин А.М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕ-НЕ ЛАЗЕРА ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ НАКАЧКЕ	98

#### СЕКЦИЯ «ГЕОФИЗИКА»

<i>Исламов Д.Ф.</i> ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ТЕМПЕРАТУРНОМ ВЛИЯНИИ СТВОЛА СКВАЖИНЫ	99
<i>Уразаева А.Р.</i>	

ФАЦИАЛЬНАЯ ТИПИЗАЦИЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФЕС ПОРД С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ И ОЦЕНКИ ИХ СВОЙСТВ	100
<b>Сахаутдинов И.Р.</b> ВОССТАНОВЛЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО КАРОТАЖА	101
<b>Файзуллин Н.Ф.</b> РАСЧЕТ ПОЛЯ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ В ГАЗОВЫХ СКВАЖИНАХ	102
<b>Шаринов А.М.</b> ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПЛАСТЕ С ТРЕЩИНОЙ ГИДРОРАЗРЫВА	104
<b>Канафин И.В., Космылин Д.В.</b> ИЗУЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ НА МОДЕЛИ ДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЫ С ЗАКОЛОННЫМ ПЕРЕТОКОМ	105
<b>Акчурин Р.З.</b> РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИНЫ	107
<b>Космылин Д.В., Канафин И.В.</b> МОДЕРНИЗАЦИЯ АЗИМУТАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛЕННОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ЗОНДА	109
<b>Волкова П.В.</b> ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО	111
<b>Егоров Е.С.</b> ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ В ПЛАСТЕ С НАРУШЕННОЙ ПРИСКВАЖИННОЙ ЗОНОЙ	112
<b>Акчурин Р.З.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТЕКАНИЯ НЕФТЯННЫХ КЛАСТЕРОВ	114
<b>Фаттахов Э.Э.</b> ПЕТРОФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ	115
<b>Хисматуллина Г.Ф.</b> АКУСТИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЕМЕР ДЛЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН	116
<b>Давлетшин Ф.Ф.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕУГОЛЬНЫХ СЕТОК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ПЛАСТЕ С ТРЕЩИНОЙ ГРП	118
<b>Татикян С.А.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАЛИЧИЯ МЕТАНОЛА И ЕГО РАСТВОРОВ В СКВАЖИНЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРОМЫСЛОВО- ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН	119

<i>Бикташева А.М.</i> РЕШЕНИЕ ОДНОЙ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ ГЕОТЕРМИИ	120
<i>Гафуров А.И., Султанова М.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ДЖОУЛЯ-ТОМПСОНА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ НЕФТИ	121
<i>Камалова К.Р., Сахарова К.С.</i> ОПТИЧЕСКАЯ ИЛЛЮЗИЯ	124

#### СЕКЦИЯ «ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА»

<i>Емельянов А.Г.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИТОКА К СКВАЖИНЕ С ГРП С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕМА СТВОЛА СКВАЖИНЫ	125
<i>Асалхузина Г.Ф.</i> ВЗАИМОВЛИЯНИЕ НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН В ЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ С НИЗКОПРОНИЦАЕМЫМ КОЛЛЕКТОРОМ	126
<i>Боронин Е.В., Шишкина А.Ф.</i> ОБ ИСТОРИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В АВИАЦИИ	128
<i>Байгузин Р.В., Марьин Д. Ф., Мусин А.А., Валиуллина В.И.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ АКТИВНОЙ ЖИДКОСТИ В МИКРОКАНАЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ ORENFOAM	129
<i>Петрова Е.Ю.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПЛАСТА ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ ТЕПЛООБМЕНЕ С ОКРУЖАЮЩИМИ ПОРОДАМИ	130
<i>Ковалева Л.А., Киреев В.Н., Зиннатуллин Р.Р., Султангузин Р.Ф., Шрубковский И.И.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С НЕФТЕНАСЫЩЕННЫМИ ПОРИСТЫМИ СРЕДАМИ	131
<i>Гаймалова Р.Р.</i> РАДИОИЗОТОПЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПОЗИТРОННО- ЭМИССИОННОЙ ТОМОГРАФИИ	132
<i>Исмагилова И.Р.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКАЧКИ «ХОЛОДНОГО» РАСТВОРИТЕЛЯ В СКВАЖИНУ С ТЕХНОГЕННОЙ ТРЕЩИНОЙ ГИДРОРАЗРЫВА В ПЛАСТЕ С ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТЬЮ	134
<i>Юлмухаметова Р.Р., Мусин А.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОСЕДАНИЕ	

ОДИНОЧНОЙ КАПЛИ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ В ПОЛЕ ГРАВИТАЦИОННЫХ СИЛ	135
<i>Созрина О.В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ В ПЛАСТЕ С НЕИДЕАЛЬНОЙ ТРЕЩИНОЙ ГРП	136
<i>Усманов А.С.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДОГАЗОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	137
<i>Валиуллина В.И., Саметов С.П., Мусин А.А., Байгузин Р.В.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ В МИКРОКАНАЛАХ С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ПУСТОТНЫМ ПРОСТРАНСТВОМ	138
<i>Бухмастова С.В., Мусин А.А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАГРЕВА РЕЗЕРВУАРА С НЕФТЯНЫМ ШЛАМОМ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ	139
<i>Мухтаров И.А.</i> БОРЬБА С СОЛЕОТЛОЖЕНИЯМИ ПОСРЕДСТВОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ	140
<i>Лепихин Е.А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ЖИДКОСТИ К СКВАЖИНЕ, С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ СТВОЛА СКВАЖИНЫ И СКИН-ЗОНЫ	141
<i>Хисамов А.А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЛИНЕЙНОГО ПРИТОКА ЖИДКОСТИ В СКВАЖИНУ С ТРЕЩИНОЙ ГИДРОРАЗРЫВА	142
<i>Терентьева Д.В., Байрамгалин А.Р., Иващенко Д.С.</i> ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ «РН-ГДИС»	143
<i>Кильдибаева С.Р.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЗАТОПЛЕННОЙ СТРУИ В УСЛОВИЯХ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ	145
<i>Галяутдинова Л.З.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ В ПЛАСТЕ С НЕИДЕАЛЬНОЙ ТРЕЩИНОЙ ГРП	146
<i>Ахметова Р.Р.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА ДАВЛЕНИЯ НА УСТЬЕ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЫ	147
<i>Иващенко Д.С. Мусин А.А. Ишимбаев М.В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ТРЕЩИН В ПЛАСТЕ СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА РН-КИМ, РН-КИН	148
<i>Сектаров Э.С., Шапиков А.В.</i>	

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА  
МОДЕЛЬ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ПЛАСТА 149

*Кабанова П.К.*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИНЫ В  
СЛОИСТО-НЕОДНОРОДНОМ ПЛАСТЕ 150

*Иващенко Д.С., Марьин Д.Ф., Сахибгареев Э.Э.*

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ  
СКВАЖИН КАК ИНСТРУМЕНТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ОБВОДНЕНИЯ 151

*Нигаметьянова Г.А.*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ФРОНТА ПРОТАИВАНИЯ  
МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ 152

### **СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ»**

*Иммамутдинова Л.Р.*

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ  
СТУДЕНТОВ УЧРЕЖДЕНИЙ СРЕДНЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ  
ИЗУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 153

*Анафина А.Е.*

К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ  
КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ 155

*Пушинская К.В., Шишкина А.Ф.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАЖЕНИЯ ИСТОРИИ АВИАЦИИ В  
КИНЕМАТОГРАФЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕРЕСА  
УЧАЩИХСЯ К НАУКЕ И ТЕХНИКЕ 157

## **ХИМИЯ**

### **СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ХИМИЯ»**

*Давыдов А.Г., Ткачев Н.К.*

АНАЛИЗ ТЕРМОДИНАМИКИ ДИМЕРИЗУЮЩИХСЯ  
ЖИДКОСТЕЙ 158

*Давыдов А.Г., Ткачев Н.К., Пешкина К.Г.*

ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ В СОЛЕВЫХ  
РАСПЛАВАХ ТИПА  $MX_2$  И  $MX_3$ . 159

<i>Диниахметова Д.Р., Фризен А.К.</i> ОБРАТИМАЯ ДИМЕРИЗАЦИЯ ФУЛЛЕРЕНИЛЬНЫХ РАДИКАЛОВ	160
<i>Грешняков В.А., Седайкин Н.А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ГРАФИТА В АЛМАЗОПОДОБНЫЕ ФАЗЫ	161
<i>Самигуллин И.С., Тулябаев А.Р., Туктаров А.Р., Хузин А.А., Халилов Л.М.</i> ДИАСТЕРЕОТОПНЫЕ ЭФФЕКТЫ И СТРОЕНИЕ ХИРАЛЬНЫХ ПИРРОЛИДИНО[60] ФУЛЛЕРЕНОВ НА ОСНОВЕ АРИЛ- И ГЕТАРИЛЭТЕНОВ	162
<i>Ильина М.Г., Хамитов Э.М.</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ $pK_a$ УРАЦИЛА И ЕГО ЗАМЕЩЕННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ	164
<i>Панкратьев Е.Ю., Хатымов Р.В.</i> НАСКОЛЬКО АДЕКВАТНО ФУНКЦИОНАЛ ПЛОТНОСТИ PERDEW-BURKE-ERNZERHOF ОПИСЫВАЕТ ЭЛЕКТРОННОЕ СРОДСТВО ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ	165
<i>Саньяров Д.Д., Диниахметова Д.Р., Фризен А.К.</i> КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЯТИКРАТНОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ ИЗОЦИАНПРОПИЛЬНЫХ РАДИКАЛОВ К ФУЛЛЕРЕНУ C <sub>60</sub>	166
<i>Шаяхметова Р.Х., Хамитов Э.М.</i> DFT И MD МОДЕЛИРОВАНИЕ САМОСБОРКИ УРАЦИЛА, 6- МЕТИЛУРАЦИЛА, 5-ГИДРОКСИ-6-МЕТИЛУРАЦИЛА И ИЗОЦИАНУРОВОЙ КИСЛОТЫ	167
<i>Юсупова А.Р., Еникеева Л.В., Сафиуллин Р.Л., Хурсан С.Л.</i> КИНЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРИМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ 2,4-ДИМЕТОКСИФЕНИЛНИТРОЗООКСИДА	168

#### СЕКЦИЯ «ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ»

<i>Арсланова И.М., Меньшенина Л.А.</i> ВЛИЯНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ ВВОДИМОГО ПОЛИМЕРА НА НЕФТЕОТМЫВАНИЕ СМЕСЬЮ ПАВ-ПОЛИМЕР	170
<i>Валиева Э.Ф., Сагитов Д.Р., Япарова А.Г., Мингалеев В.З.</i> ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ КАТАЛИЗАТОРА TiCl <sub>4</sub> -Al <sub>i</sub> -Bu <sub>3</sub> НА ВКЛАД МОНО- И БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ В ПОЛИМЕРИЗАЦИЮ ИЗОПРЕНА	172
<i>Васиятуллина Э.Р., Шуришина А.С.</i>	

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАТРИЕВОЙ СОЛИ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ С АМИКАЦИНСУЛЬФАТОМ	174
<i>Галина А.Р., Кузина Л.Г., Кулиш Е.И.</i>	
ИЗУЧЕНИЕ КОНСТАНТЫ ПРОТОНИРОВАНИЯ ЦЕФАЗОЛИНА В УСЛОВИЯХ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ С ПРОЛОНГИРОВАННЫМ ВЫХОДОМ ЛЕКАРСТВЕННОГО ВЕЩЕСТВА	175
<i>Гараев А.А., Проскурина В.Е., Галяметдинов Ю.Г.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФЛОКУЛЯЦИИ НА НАНОДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ С УЧАСТИЕМ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ	176
<i>Вильданова Р.Р., Гурина М.С.</i>	
ИНТЕРПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ НА ОСНОВЕ ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТЫ И ХИТОЗАНА	177
<i>Михневич Е.А., Сафронов А.П.</i>	
ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ФЕРРОГЕЛЕЙ	181
<i>Гимаева Ф.Р.</i>	
МАКРОПОРИСТЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ	182
<i>Зварыгина А.Е.</i>	
УСТОЙЧИВОСТЬ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ СИСТЕМ ЗОЛЬ AgI— АМИКАЦИНСУЛЬФАТ-N-ПОЛИВИНИЛПИРРОЛИДОН	183
<i>Кандыба К.С., Фаткуллина Э.Д., Проскурина В.Е., Галяметдинов Ю.Г.</i>	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ И ИХ ГИБРИДОВ НА ФЛОКУЛЯЦИЮ СУСПЕНЗИИ ОХРЫ	184
<i>Кабирова Э.Ф.</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОЙ ПОДВИЖНОСТИ ЗОЛЯ ЙОДИДА СЕРЕБРА В ПРИСУТСТВИИ ХИТОЗАНА И СУКЦИНАМИДА ХИТОЗАНА	185
<i>Казбулатова Г. М., Файзуллина Н. Р.</i>	
ВЫДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СУЛЬФИТНЫМ СПОСОБОМ	186
<i>Миниахметова С.Р., Чернова В.В.</i>	
РЕОЛОГИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ	187
<i>Меньшенина Л.А., Арсланова И.М.</i>	
ПОВЫШЕНИЕ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СШИТОГО ПОЛИМЕРА И СИСТЕМЫ ПАВ-ПОЛИМЕР	189



<b>Мусина О.В.</b> ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ РАСТВОРОВ СУКЦИНАМИДА ХИТОЗАНА В СМЕШАННОМ РАСТВОРИТЕЛЕ ВОДА- ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ И ВОДА-ЭТИЛОВЫЙ СПИРТ	191
<b>Мустакимов Р.А.</b> СОРБЦИОННО-АКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ СУКЦИНАМИД ХИТОЗАНА-ЗОЛЬ AgI	192
<b>Проворова Э.Р.</b> ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИФИКАТОРА «ЭТАЛИТЕН EVA-g-MMA» НА ТЕРМИЧЕСКИЙ И ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНЫЙ РАСПАД ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА	193
<b>Рафикова Г.М., Кузнецова Е. А.</b> СИСТЕМЫ СУКЦИНАМИД ХИТОЗАНА-ГЛИЦЕРИН В КАЧЕСТВЕ ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО В КОМПОЗИЦИЯХ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН	194
<b>Сафина А.Р.</b> ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОЛЯ НА ЗНАЧЕНИЕ $\xi$ -ПОТЕНЦИАЛА	195
<b>Темникова Н.Е., Терещенко К.А., Улитин Н.В., Шиян Д.А., Фризен А.К., Колесов С.В., Сигаева Н.Н.</b> УСТАНОВЛЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА НА ИНИЦИИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЕ «ПЕРОКСИД БЕНЗОИЛА- ТИТАНОЦЕНДИХЛОРИД»	196
<b>Захаров В.П., Ганиев Г.М., Терещенко К.А., Улитин Н.В.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ МАКРОКИНЕТИКИ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА БУТИЛКАУЧУКА В ТРУБЧАТОМ ТУРБУЛЕНТНОМ РЕАКТОРЕ ДИФФУЗОР-КОНФУЗОРНОЙ КОНСТРУКЦИИ	198
<b>Зиганшина А.С., Терещенко К.А., Захаров В.П., Улитин Н.В.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО- МАССОВЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПОЛИБУТАДИЕНА, ПОЛУЧАЕМОГО ИОННО-КООРДИНАЦИОННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИЕЙ В ПРИСУТСТВИИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ В ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКАХ ТИТАНОВОЙ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	200
<b>Улитин Н.В., Шиян Д.А., Терещенко К.А., Фризен А.К., Хамитов Э.М., Колесов С.В., Сигаева Н.Н.</b> КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ И КИНЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ СТИРОЛА, ИНИЦИИРУЕМОЙ РАДИКАЛЬНЫМ ИНИЦИАТОРОМ ИЛИ УФ-ОБЛУЧЕНИЕМ СОВМЕСТНО С ФЕРРОЦЕНОМ	202

<i>Терещенко К.А., Фризен А.К., Буракова А.О., Хамитов Э.М., Шиян Д.А., Улитин Н.В., Колесов С.В.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДАМИ КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОГО И КИНЕТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИКАЛЬНО ИНИЦИИРОВАННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА, ПРОТЕКАЮЩЕЙ В ПРИСУТСТВИИ ФЕРРОЦЕНА	205
<i>Тихонова А.А.</i>	
ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ СМОЛ ДЛЯ СНЯТИЯ ЖЕСТКОСТИ ГРУНТОВЫХ ВОД	207
<i>Вильданова Р.Р., Фаянова Е.А., Сигаева Н.Н., Куковинец О.С.</i>	
СОЗДАНИЕ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА И ПЕКТИНА	209
<i>Хайруллина Р.Р., Шуришина А.С.</i>	
МОДИФИКАЦИЯ ПЕКТИНОВЫХ ПЛЕНОК С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ ПРОЛОНГИРОВАННЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМ	210
<i>Шаброва Е.С., Назипова А.Ш., Проскурина В.Е.</i>	
ПОЛИМЕР-НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ГИБРИДЫ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ В ПРОЦЕССАХ ФЛОКУЛЯЦИИ СУСПЕНЗИИ $ZrO_2$	211
<i>Янтурина Р.Р., Шуришина А.С.</i>	
СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОЧНОЙ СИСТЕМЫ ХИТОЗАН-ДИОКСИДИН	212

#### СЕКЦИЯ «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

<i>Ахметова В.Р., Файзрахманов И.С., Клецкова Д.И.</i>	
ПРОДУКТЫ КОНДЕНСАЦИИ 4-АМИНОМОРФОЛИНА С ФОРМАЛЬДЕГИДОМ	213
<i>Билялова Р.Р., Ямансарова Э.Т.</i>	
ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ МОДИФИКАЦИИ ПОЛИСАХАРИДОВ	214
<i>Денисова К.С., Выдрин В.А., Мингалеева Г.Р., Яковлева М.П., Ишмуратов Г.Ю.</i>	
ОДНОСТАДИЙНЫЙ СИНТЕЗ ЭНАНТИОМЕРНО ЧИСТЫХ МАКРОЛИДОВ ИЗ КАСТОРОВОГО МАСЛА	216
<i>Денисова К.С., Выдрин В.А., Вильданова Р.Р., Мингалеева Г.Р., Яковлева М.П., Ишмуратов Г.Ю.</i>	
L-МЕНТОЛ В СИНТЕЗЕ ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ МАКРОЛИДОВ С ГИДРАЗИДНЫМИ ФРАГМЕНТАМИ	218
<i>Зефирова Н.А.</i>	
КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРОГНОЗ, СИНТЕЗ И БИОТЕСТИРОВАНИЕ АНАЛОГОВ ТУБУЛОКЛАСТИНА	219

<b><i>Кириллов Д.А., Горских В.А., Фассалова И.И., Юлбарисова Р.Р., Овчинников Г.А., Тухватшин В.С., Талипов Р.Ф.</i></b>	
КИНЕТИКА АДСОРБЦИИ ФОРМАЛЬДЕГИДА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЦЕОЛИТАМИ В ПРИСУТСТВИИ ОРТОФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ	220
<b><i>Кириллова И.А., Залимова М.М., Гатауллин Р.Р.</i></b>	
ПОЛУЧЕНИЕ N-ТОЗИЛАТОВ МЕТОКСИЗАМЕЩЕННЫХ ТЕТРАГИДРОКАРБАЗОЛА И ЦИКЛОПЕНТА[ $\beta$ ]ИНДОЛА	223
<b><i>Легостаева Ю.В., Гарифуллина Л.Р., Назаров И.С., Ильясова З.З.</i></b>	
ПРЕВРАЩЕНИЯ ПЕРОКСИДНЫХ ПРОДУКТОВ ОЗОНОЛИЗА ОЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГИДРОХЛОРИДОВ ГИДРОКСИЛАМИНА И СЕМИКАРБАЗИДА В МЕТАНОЛЕ	225
<b><i>Легостаева Ю.В., Гарифуллина Л.Р., Кравченко А.А., Нуриева Э.Р.</i></b>	
ТОЗИЛГИДРАЗИД В ПРЕВРАЩЕНИЯХ ПЕРОКСИДНЫХ ПРОДУКТОВ ОЗОНОЛИЗА (+)-3-КАРЕНА И (-)- $\alpha$ -ПИНЕНА	226
<b><i>Мингалеева Г. Р., Яковлева М.П., Мухамадуллина И.О., Ишмуратов Г. Ю.</i></b>	
$\Delta^3$ -КАРЕН В СИНТЕЗЕ ОПТИЧЕСКИ ЧИСТЫХ МАКРОЦИКЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ЦИКЛОПРОПАНОВЫЕ, СЛОЖНОЭФИРНЫЕ, АЗИННЫЙ ИЛИ ГИДРАЗИДНЫЕ ФРАГМЕНТЫ	227
<b><i>Мусабиоров А.Ф., Громыко Н.В., Латыпова Э.Р.</i></b>	
ПРОГНОЗ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ ПРИНСА НА ОСНОВЕ СЕСКВИТЕРПЕНОВ, ГЕМИТЕРПЕНОВ И ГАЛОГЕНТЕРПЕНОВ С ПОМОЩЬЮ ВЭБ РЕСУРСА PASS ONLINE	228
<b><i>Нуриахметова З.Ф., Загитов В.В., Торосян С.А., Биглова Ю.Н., Мифтахов М.С.</i></b>	
РАДИКАЛЬНАЯ СОПОЛИМЕРИЗАЦИЯ ФУЛЛЕРЕНСОДЕРЖАЩИХ МЕТАКРИЛАТОВ С ВИНИЛОВЫМИ МОНОМЕРАМИ	229
<b><i>Саяхов Р.Р., Выдрина В.А., Яковлева М.П., Мингалеева Г.Р., Ишмуратов Г.Ю.</i></b>	
СИНТЕЗ КЛЮЧЕВЫХ ДИКЕТОДИЭФИРОВ ИЗ БЕТУЛИНА В ХИМИИ МАКРОЦИКЛОВ	230
<b><i>Овчинников Г.А., Горских В.А., Фассалова И.И., Кириллов Д.А., Булатова Г.С., Тухватшин В.С., Талипов Р.Ф.</i></b>	
ВЛИЯНИЕ ПОРИСТОСТИ МАТЕРИАЛА НА СКОРОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ 4,4-ДИМЕТИЛДИОКСАНА-1,3 ПО РЕАКЦИИ ПРИНСА	232
<b><i>Сагитова Г.Ф.</i></b>	

СИНТЕЗ ЦИС/ТРАНС-4-ПРОПИЛ-2-ФЕНИЛ-1,3-ДИОКСОЛАНА  
МЕТОДОМ ДИХЛОРКАРБЕНИРОВАНИЯ 233

*Тажетдинов М.С., Аминов Р.И., Хуснутдинов Р.И.*  
НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ИОННАЯ ЖИДКОСТЬ  $\text{Et}_3\text{N}\cdot\text{HCl}\cdot 2\text{AlCl}_3$  -  
ЭФФЕКТИВНЫЙ КАТАЛИЗАТОР СИНТЕЗА ДИАМАНТАНА 235

*Хакимзянов Д.М., Аминов Р.И., Хуснутдинов Р.И.*  
НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ИОННАЯ ЖИДКОСТЬ  $\text{Me}_3\text{N}\cdot\text{HCl}\cdot 2\text{AlCl}_3$  -  
ЭФФЕКТИВНЫЙ КАТАЛИЗАТОР СИНТЕЗА ТРИАМАНТАНА 236

*Чориев А.У., Абдушукуров А.К.*  
СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ ЦИТИЗИНА В РЯДУ ФЕНОЛОВ 237

#### СЕКЦИЯ «АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

*Денисова О.С.*  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-  
ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОБ ВОДЫ 239

*Дубровский Д.И., Яркаева Ю.А., Хаблетдинова А.И.,  
Зильберг Р.А., Сидельников А.В.*  
ХИРАЛЬНЫЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ  
«ЭЛЕКТРОННЫЙ ЯЗЫК» ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ  
ОПТИЧЕСКИХ ИЗОМЕРОВ ПРОПРАНОЛОЛА 240

*Габдульманова А.Ф., Гареева А.Н., Тимергазина А.Ф.,  
Юсупова Я.Р., Гайнуллина Ю.Ю., Гуськов В.Ю.*

АДСОРБЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ НА ПОВЕРХНОСТИ  
ПОРИСТОГО ПОЛИМЕРА, МОДИФИЦИРОВАННОГО  
СМЕШАННОЙ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРОЙ  
МЕЛАМИН-ЦИАНУРОВАЯ КИСЛОТА 241

*Габдульманова А.Ф., Гареева А.Н., Тимергазина А.Ф.,  
Юсупова Я.Р., Гайнуллина Ю.Ю., Гуськов В.Ю.*  
СМЕШАННЫЕ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СТРУКТУРЫ И ИХ  
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ 242

*Гайнуллина Ю.Ю., Габдульманова А.Ф., Гареева А.Н.*  
ЭНАНТИОСЕЛЕКТИВНОСТЬ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫХ  
СТРУКТУР УРАЦИЛА 243

*Италмасова А.А., Абдрахманова З.Х., Бадикова А.Д.*  
АНАЛИЗ ДИКЕТОПИПЕРАЗИНА, ИМИНОДИУКСУСНОЙ  
КИСЛОТЫ И ГЛИЦИНА В РЕАКЦИОННОЙ МАССЕ МЕТОДОМ  
ВЭЖХ 245

*Бадикова А.Д., Рулло А.В., Сахибгареев С.Р., Ялалова Р.А.,  
Казбулатова Г.М.*  
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА НЕФТЯНОГО  
ШЛАМА 246

- Нурисламова А.Д., Ягафарова С.Т., Бадикова А.Д.*  
 РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
 КАЛЬЦИЯ В ОБРАЗЦАХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ 247
- Максютова Э.И., Сидельников А.В., Тихонова А.А., Гуськов В.Ю.*  
 ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ  
 ЭНАНТИОМЕРОВ ПРОПРАНОЛОЛА НА ПЛЕНОЧНЫХ  
 ЭЛЕКТРОДАХ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕЛАМИНОМ  
 И ЦИАНУРОВОЙ КИСЛОТОЙ 248
- Максютова Э.И., Тихонова А.А., Сидельников А.В., Гуськов В.Ю.*  
 PLS-ДИСКРИМИНАНТНЫЙ АНАЛИЗ И РАСПОЗНАВАНИЕ  
 S(-) И R(+)-ПРОПРАНОЛОЛА В УСЛОВИЯХ  
 ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ НА ПЛЕНОЧНЫХ  
 КОМПОЗИТНЫХ ЭЛЕКТРОДАХ 249
- Проворова Ю.Р., Мурзина К.Р., Хаблетдинова А.И., Яркаева  
 Ю.А., Зильберг Р.А., Сидельников А.В.*  
 ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ  
 ПРЕПАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
 ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЙ МУЛЬТИСЕНСОРНОЙ  
 СИСТЕМЫ 250
- Проворова Ю.Р., Максютова Э.И., Хаблетдинова А.И., Яркаева  
 Ю.А., Зильберг Р.А., Сидельников А.В.*  
 ИДЕНТИФИКАЦИИ ИНСУЛИНА И ЕГО АНАЛОГОВ С  
 ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЙ  
 МУЛЬТИСЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ 251
- Сидельников А.В., Дубровский Д.И., Гуськов В.Ю.,  
 Исмаилова Д.Д.*  
 ИМПЕДАНСМЕТРИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ  
 МЕНТОЛА ПРИ СОРБЦИИ ИХ НА МОДИФИЦИРОВАННЫХ  
 СОРБЕНТАМИ ЭЛЕКТРОДАХ 252
- Сухарева Д.А., Самойлова И.В., Гуськов В.Ю., Кудашева Ф.Х.,  
 Гайнуллина Ю.Ю.*  
 АДСОРБЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ НА ПОВЕРХНОСТИ  
 ВЫСОКОУПОРЯДОЧЕННОГО СОРБЕНТА ТИПА МСМ-41,  
 МОДИФИЦИРОВАННОГО РАЗЛИЧНЫМ КОЛИЧЕСТВОМ  
 МЕЛАМИНА 253
- Тептерева Г.А., Ялалова Р.А., Мухаматдинова Л.Р.*  
 ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА  
 КЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА 254
- Тихонова А.А., Колчина Г.Ю.*  
 МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В Г.  
 СТЕРЛИТАМАК 255
- Хаблетдинова А.И., Яркаева Ю.А., Проворова Ю.Р.,*

<i>Зильберг Р.А., Сидельников А.В.</i> РАСПОЗНАВАНИЕ ОРИГИНАЛЬНЫХ И ГЕНЕРИРОВАННЫХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА ПРИМЕРЕ БИСПРОЛОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО «ЭЛЕТРОННОГО ЯЗЫКА»	257
<i>Лутфуллина Г.У., Ширяева Р.Н.</i> ВЛИЯНИЕ ПАВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕФТИ УСИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	258
<i>Якунова Н.А., Бадикова А.Д.</i> РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАЩИТНОЙ СПОСОБНОСТИ ОБРАЗЦОВ ИНГИБИТОРОВ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ ИМИДАЗОЛЬНОГО РЯДА	260
<i>Ялалова Р.А., Таибулатова В.Ф., Сахибгареев С.Р., Бадикова А.Д.</i> ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ЛИГНОСУЛЬФОНАТНЫХ БУРОВЫХ РЕАГЕНТОВ	261

#### СЕКЦИЯ «ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

<i>Ахунов Р.Д., Силантьева Ю.Н., Ильясова Р.Р., Массалимов И.А.</i> СОРБЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ МЕДИ (II) И СВИНЦА (II)	262
<i>Berestova T.V., Nizametdinova L.A., Gelashvili G.M., Kuzina L.G., Amineva N.A., Mustafin A.G.</i> IDENTIFICATION OF STRUCTURAL ISOMERS OF THE BIS-CIS- AND TRANS-COMPLEXES OF COPPER(II) WITH $\alpha$ -MONO- AMINO MONO-CARBOXYLIC ACIDS	263
<i>Вульфович С.Л., Сафаров Ф.Э., Овчинников М.Ю., Шумаев В.Ю., Хурсан С.Л.</i> МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИПЕРОКСИДА ТРИФТОРАЦЕТОНА С СОЕДИНЕНИЯМИ ЖЕЛЕЗА(II)	264
<i>Газеева Д.Р., Галимов Д.И.</i> ВЛИЯНИЕ ГАЛЬВИНОКСИЛА И ИОНОЛА НА КАТАЛИТИЧЕСКИЙ РАСПАД 1,2,3,4-ТЕТРАОКСАНА	266
<i>Гайнуллина А.Э., Петрова А.В.</i> ВЛИЯНИЕ ЗАМЕЩЕННЫХ ФЕНОЛОВ НА ИНИЦИИРОВАННОЕ ОКИСЛЕНИЕ 1,4-ДИОКСАНА	267
<i>Гарифуллина Г.Г.</i> ПРОСТРАНСТВЕННО-ЗАТРУДНЕННЫЕ ФЕНОЛЫ КАК ИНГИБИТОРЫ ОКИСЛЕНИЯ 1,4-ДИОКСАНА	268
<i>Гизатов Р.Р., Берестова Т.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ N,O-ХЕЛАТНЫХ АМИНОКИСЛОТНЫХ КОМПЛЕКСОВ VO(II) МЕТОДОМ МНПВО	270

- Кутлугильдина Г.Г., Амирова Р.Р., Зимин Ю.С.**  
ВЛИЯНИЕ ОЗОНА И ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА НА  
ОКИСЛИТЕЛЬНУЮ ДЕСТРУКЦИЮ ПОЛИВИНИЛОВОГО  
СПИРТА 271
- Кошкина О.А., Антропова И.Г.**  
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИОНОВ СЕРЕБРА ЭКСТРАКТАМИ  
МУРРАЙИ 272
- Миншарапова Е. Р., Хамитов. Э. М.**  
ТАУТОМЕРЫ 5,5,6-ТРИОКСИ-6-МЕТИЛПИРИМИДИН-2,4-  
ДИОНА 274
- Михалевич А.П., Берестова Т.В.**  
ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ЧАСТОТЫ КОМПЛЕКСОВ  
[Co(<sup>b</sup>L<sub>1</sub>)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>] (<sup>b</sup>L<sub>1</sub> = gly, L-ala, DL-val) В СПЕКТРАХ МНПВО 276
- Патрушев Н. В., Биглова Ю. Н., Мустафин А. Г.**  
ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОГО РАСТВОРИТЕЛЯ ДЛЯ  
ФОРМИРОВАНИЯ ПЛЕНОК ИЗ ПОЛИ-2-[(1S)-ЦИКЛОПЕНТ-2-  
ЕН-1-ИЛ]АНИЛИНА 277
- Рамазанова Л.А., Лобов А.Н., Сайфина Л.Ф., Семенов В.Э.,  
Файзрахманов И. С., Иванов С.П.**  
ИЗУЧЕНИЕ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО РАВНОВЕСИЯ  
5-(1-ПЕНТИЛ-4-МЕТИЛ-1,2,3- ТРИАЗОЛ-4-ИЛ)-6-  
МЕТИЛУРАЦИЛА В ВОДНЫХ И ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДНЫХ  
РАСТВОРАХ 278
- Сабитова Э.Р., Мухаметнурова А.А., Берестова Т.В.,  
Массалимов И.А.**  
ОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТИЦ S<sub>8</sub> ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
С ДВУХОСНОВНЫМИ КИСЛОТАМИ 280
- Сагдеев Д.О., Шамилов Р.Р., Воронкова В.К., Суханов А.А.,  
Галяметдинов Ю.Г.**  
СИНТЕЗ И ЭПР СПЕКТРОСКОПИЯ ПАРАМАГНИТНЫХ  
КВАНТОВЫХ ТОЧЕК В ВОДНОЙ СРЕДЕ. 281
- Фасхутдинова А.И., Гатауллин А.Р., Богданова С.А.,  
Галяметдинов Ю.Г.**  
ВЛИЯНИЕ pH-СРЕДЫ И МОРФОЛОГИИ УГЛЕРОДНЫХ  
НАНОТРУБОК НА АДСОРБЦИЮ НЕИОНОГЕННЫХ  
ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ 282
- Хайруллина В.Р., Абдуллина Д.Р., Герчиков А.Я., Ф.С. Зарудий**  
QSAR-МОДЕЛИРОВАНИЕ АГОНИСТОВ СУБЪЕДИНИЦЫ α<sub>9</sub> α<sub>10</sub>  
НИКОТИНОВОГО АЦЕТИЛХОЛИНОВОГО РЕЦЕПТОРА В  
РЯДУ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 2-(АРИЛОКСИМЕТИЛ)  
АЗЕТИДИНА И ПИРРОЛИДИНА 283
- Хайруллина В.Р., Акбашева Ю.З., Мустафин А.Г.,**

<i>Гимадиева А.Р., Зарудий Ф.С.</i>	
СТЕРИЧЕСКАЯ КОМПЛЕМЕНТАРНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПИРИМИДИНА И ДИОКСОИЗОИНДОЛА С АКТИВНЫМИ ЦЕНТРАМИ ИЗОФОРМ ЦИКЛООКСИГЕНАЗ	284
<i>Хайруллина В.Р., Асфина Д.Р., Герчиков А.Я., Васильев М.Н., Ф.С. Зарудий</i>	
QSAR-МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТАГОНИСТОВ СУБЪЕДИНИЦЫ $\alpha_4\beta_2$ НИКОТИНОВОГО АЦЕТИЛХОЛИНОВОГО РЕЦЕПТОРА В РЯДУ НЕКОТОРЫХ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ	285
<i>Мурзакова Л.И., Ибракова Н.Ф., Борисова Н.С., Зимин Ю.С.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЦИКЛОДЕКСТРИНОВ С АМИНОСАЛИЦИЛОВЫМИ КИСЛОТАМИ	286
<i>Шарипова Г.М., Мусина Г.Н., Сафарова И.В.</i>	
КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АНТИОКСИДТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ СЛАБЫХ АНТИОКСИДАНТОВ	288
<i>Юнусова А.В., Ильясова Р.Р., Массалимов И.А.</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ГЛИЦИНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО ВЕРМИКУЛИТА	289
<i>Самсонов М.Р., Латыпов Р.Н., Массалимов И.А.</i>	
ХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ И СЕРЫ ИЗ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ РАСТВОРОВ	290
<i>Шишкина А.Н.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ АНИЛИНА	292
<b>СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ХИМИИ»</b>	
<i>Гарифуллина Г.Г., Насретдинова Р.Н.</i>	
АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА ПО ХИМИИ В РБ ЗА 2016 ГОД	293
<i>Биглова Р. З.</i>	
ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ХИМИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ»	294
<i>Назарова О.Ю., Ильясова Р.Р.</i>	
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ПРИЕМ «ФИШБОУН» ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УЧЕБНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ	295



<i>Талипов Р.Ф., Латыпова Э.Р., Фаттахов А.Х.</i> О ПРЕПОДАВАНИИ ПРЕДМЕТА «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ» АСПИРАНТАМ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ 04.06.01 «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»	296
--	-----

## МАТЕМАТИКА

<b>СЕКЦИЯ «КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И ТЕОРИЯ ФУНКЦИЙ»</b>	
<i>Байгускаров Т.Ю., Хабибуллин Б.Н.</i> ГОЛОМОРФНАЯ МИНОРАНТА ДЛЯ СУБГАРМОНИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ	298
<i>Гайсина Г.А.</i> ФОРМУЛА Н. В. ГОВОРОВА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОРЯДКА ФУНКЦИИ, РЕГУЛЯРНОЙ В КРУГЕ, И ЕЕ ОБОБЩЕНИЕ	299
<i>Кривошеева О.А.</i> ИНВАРИАНТНЫЕ ПОДПРОСТРАНСТВА С ПОЧТИ ВЕЩЕСТВЕННЫМ СПЕКТРОМ	300
<i>Кулжаев А.Ф., Рафиков А.И.</i> ЛОГАРИФМИЧЕСКАЯ ПЛОТНОСТЬ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ.	301
<i>Кулжаев А.Ф., Рафиков А.И.</i> СМЕЩЕНИЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ	302
<i>Луценко А.В., Луценко В.И.</i> ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ИНТЕГРАЛОВ	303
<i>Рахимова А.И.</i> ОПЕРАТОРЫ ОБОБЩЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ	304

<b>СЕКЦИЯ «ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ»</b>	
<i>Кожеевникова Л.М., Камалетдинов А.Ш.</i> СУЩЕСТВОВАНИЕ РЕШЕНИЙ АНИЗОТРОПНЫХ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ С ПЕРЕМЕННЫМИ НЕЛИНЕЙНОСТЯМИ В НЕОГРАНИЧЕННЫХ ОБЛАСТЯХ	305

<b>СЕКЦИЯ «СПЕКТРАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОПЕРАТОРОВ»</b>	
<i>Атнагулов А.И.</i> ВТОРАЯ ПОПРАВКА ТЕОРИИ ВОЗМУЩЕНИЙ ДЛЯ ВОЗМУЩЁННОГО ОПЕРАТОРА ЛАПЛАСА-БЕЛЬТРАМИ	307

<b>Валиахметова Г.В.</b> МОДАЛЬНЫЙ ПРИМЕР ОБРАТНОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ	308
<b>Валиуллина Л.Г.</b> О СПЕКТРАЛЬНОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ НЕСАМОСOPЯЖЕННОГО ОПЕРАТОРА ШТУРМА- ЛИУВИЛЛЯ С ЛОГАРИФМИЧЕСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ	308
<b>Конечная Н.Н., Тагирова Р.Н.</b> ОБ ИНДЕКСЕ ДЕФЕКТА ОПЕРАТОРА, ПОРОЖДЕННОГО ПРОИЗВЕДЕНИЕМ КВАЗИДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ВЫРАЖЕНИЙ	310
<b>Сафонова Т.А., Рябченко С.В.</b> О КВАЗИРЕГУЛЯРНОСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА, ПОРОЖДЁННОГО КВАДРАТОМ КВАЗИДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ВЫРАЖЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА	311

#### СЕКЦИЯ «МЕХАНИКА»

<b>Аитбаева А.А.</b> ОДНОЗНАЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕХ ПАРАМЕТРОВ КОНЦЕВОГО ГРУЗА СТЕРЖНЯ ПО ЧЕТЫРЕМ СОБСТВЕННЫМ ЧАСТОТАМ ЕГО КОЛЕБАНИЙ	313
<b>Аксенова З. Ф., Ахтямов А. М.</b> ДИАГНОСТИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗВЕЗДООБРАЗНОЙ СТРУКТУРЫ	314
<b>Ахтямов А.М., Зубайдуллина З.Р.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА И ДВУХ ПАРАМЕТРОВ ДЕФЕКТА СТЕРЖНЯ ПО ТРЕМ СОБСТВЕННЫМ ЧАСТОТАМ ЕГО ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ	315
<b>Akhtyamov A.M., Mamedov Kh.R., Cetinkaya A.F.</b> IDENTIFICATION OF DIFFERENT DENSITIES OF THE STRINGS- EDGES FOR STAR GRAPH	316
<b>Akhtyamov A.M., Mamedov Kh.R., Nur E.Y.</b> IDENTIFICATION OF BOUNDARY CONDITIONS FOR STAR GRAPH WITH DIFFERENT DENSITIES OF THE STRINGS-EDGES	317
<b>Ахтямов А.М., Фазлетдинова Д.Р.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА И ПАРАМЕТРОВ ДЕФЕКТА СТЕРЖНЯ ПО СОБСТВЕННЫМ ЧАСТОТАМ ЕГО ПРОДОЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ	318
<b>Ахтямов А.М., Хуснутдинова Г.А.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА И ПАРАМЕТРОВ ДЕФЕКТА СТЕРЖНЯ ПО ПЯТИ СОБСТВЕННЫМ ЧАСТОТАМ ЕГО ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ	319

<i>Ахтямов А. М., Шагиев В. Р.</i> ЗАДАЧА ИДЕНТИФИКАЦИИ ТИПОВ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ТРУБОПРОВОДА ПО СОБСТВЕННЫМ ЧАСТОТАМ	320
<i>Баширова Л.М., Сафина Г.Ф.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ В СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЯХ ГРУЗОВОГО ВАГОНА	321
<i>Дияров К.А., Сухарев К.В., Миннихметова А.А., Ибрагимова Р.Р.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ J-ИНТЕГРАЛА И КОЭФФИЦИЕНТА ИНТЕСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ТРЕЩИНЫ ОТРЫВА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SIMULIA Abaqus	322
<i>Султанов И.М., Тляшева Р.Р.</i> АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗМЕЕВИКА ТРУБЧАТОЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ ПОСРЕДСТВОМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АВАQUS	323
<i>Тухбатова Э.Р., Мусин А.А.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СВЧ ЭМ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДОНЕФТЯНЫЕ ЭМУЛЬСИИ	326
<i>Утяшев И.М.</i> ИДЕНТИФИКАЦИЯ КРАЕВЫХ УСЛОВИЙ СТРУНЫ С УЧЕТОМ СИММЕТРИЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УПРУГОЙ СРЕДЫ	327
<i>Фатхутдинов Р.З., Хасбутдинова Е.В., Бердин В.К.</i> НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ОТ ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВНОЙ ВОЛНЫ С УЧЕТОМ СВОЙСТВ ФУНДАМЕНТА	328
<i>Хайбуллина Л.В., Гаффаров А.А., Наумкин Е. А.</i> ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБОЛОЧКОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ИЗ СТАЛИ 20 МАГНИТНЫМИ И ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ	329
<i>Юлдашев Р.Р., Хасбутдинова Е.В.</i> НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МОДЕЛИ СВАРНОГО КАРКАСА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ОТ ДЕЙСТВИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ	332

#### СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

<i>Жураев Д.А.</i> ЗАДАЧА КОШИ ДЛЯ СИСТЕМ УРАВНЕНИЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ТИПА ПЕРВОГО ПОРЯДКА НА	334
--	-----

ПЛОСКОСТИ

*Жураев Д.А.*

О ЗАДАЧЕ КОШИ ДЛЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ 336

**СЕКЦИЯ «ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ»**

*Арисова О.Г.*

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ РЕШЕНИЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ КРАЕВЫХ  
ЗАДАЧ С РАЗРЫВНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ 338

**СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И  
СТАТИСТИКА»**

*Арсланова Р.Р.*

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ  
НАСЕЛЕНИЯ С УЧЕТОМ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ 340

*Арсланова Л.И., Миннихметова А.А.*

РАЗРУШЕНИЕ ОБОЛОЧКОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПК  
АВАQUS 341

*Гайсин Т.И.*

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА СОПРЯЖЕННЫХ И  
СОПОСТАВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ 343

*Закирьянова Л.Ф., Закирьянова Г.Т.*

КОНФОРМАЦИОННАЯ ДИНАМИКА МОЛЕКУЛЫ ДНК В  
СРЕДЕ С БОЛЬШОЙ ВЯЗКОСТЬЮ 344

*Канкасова Н.С., Сафина Г.Ф.*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ  
РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОДОВ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ТРУБ 345

*Марков А.В.*

МЕТОД УНИВЕРСАЛЬНОГО ОПИСАНИЯ СВЯЗИ МЕЖДУ  
ТАБЛИЧНЫМИ ДАННЫМИ В EXCEL-ФОРМАТЕ И БАЗОЙ  
ДАННЫХ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ЗАНЕСЕНИЯ  
ИНФОРМАЦИИ В БД 346

*Павленко В.А.*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ  
ЗЕРНА 347

*Печатнова Е.В., Паршина К.С.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ  
СТАТИСТИКИ В СФЕРЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО  
ДВИЖЕНИЯ 348

*Сидорова М. Н., Хасбутдинова Е.В.*

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КАЧЕСТВЕННОГО И  
КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА РИСКОВ В НЕФТЕГАЗОВОЙ 350

ОТРАСЛИ

- Тунцев Д.В., Касимов А.М., Хайруллина Э.К., Китаев С.В.*  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА КОНДЕНСАЦИИ  
ПАРОГАЗОВОЙ СМЕСИ ПРИ ТЕРМОКОНДУКТИВНОМ  
ПИРОЛИЗЕ ДРЕВЕСИНЫ. 353
- Хайруллина М.Р., Китаев С.В., Хайруллина Э. К*  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА  
ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ОТРАБОТАННЫХ  
ДЕРЕВЯННЫХ ШПАЛ 355

**СЕКЦИЯ «ГРУППОВОЙ АНАЛИЗ»**

- Белевцов Н.С.*  
ПОСТРОЕНИЕ ФОРМУЛЫ ПРОДОЛЖЕНИЯ ДЛЯ ДРОБНО-  
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОТЕНЦИАЛОМ  
РИССА 357
- Гайнетдинова А.А., Газизов Р.К.*  
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ДВУХ ОДУ ВТОРОГО ПОРЯДКА С  
МАЛЫМ ПАРАМЕТРОМ 358
- Кадырова К.Р.*  
РЕАЛИЗАЦИЯ ШЕСТИМЕРНОЙ АЛГЕБРЫ ЛИ С ДВУМЯ  
ДВУХМЕРНЫМИ ПОДАЛГЕБРАМИ В ПРОСТРАНСТВЕ  
ЧЕТЫРЕХ ПЕРЕМЕННЫХ 359
- Ковалевская А.В.*  
ПРИБЛИЖЕННЫЕ СИММЕТРИИ И ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ  
ДЛЯ УРАВНЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ С МАЛЫМ  
ПАРАМЕТРОМ 360
- Сабурова Р.Д.*  
ГРУППОВАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИБЛИЖЕННОГО  
ДИФфуЗИОННО-ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ 361
- Фокеева Н.О.*  
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЗАДАЧИ  
ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ МЕТОДАМИ ГРУППОВОГО  
АНАЛИЗА 362
- Шаяхметова Р.Ф.*  
ПРИВЕДЕНИЕ ИНВАРИАНТНОЙ ПОДМОДЕЛИ РАНГА 2  
ОДНОАТОМНОГО ГАЗА К КАНОНИЧЕСКОМУ ВИДУ 363

**СЕКЦИЯ «ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ»**

- Алтыншина Г.Р.*  
ИЗОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ  
МЕТРИКИ В КАСАТЕЛЬНОМ РАССЛОЕНИИ ЕВКЛИДОВА  
ПЛОСКОСТИ  $T(E_2)$  364

*Сираева Д.Т.*  
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ДЛЯ ПОДМОДЕЛИ  
РАНГА ДВА В СЛУЧАЕ СИСТЕМЫ НЕ ТИПА КОШИ 365

**СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ»**  
*Зиннатуллин Ф.Ф.*  
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ВЫБОРЕ ЛУЧШЕЙ ИЗ ДВУХ СХЕМ  
ИНВЕСТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ  
МЕХАНИКИ 366

**СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ И  
ИНФОРМАТИКИ»**

*Атнагулов А.И.*  
ПЛЮСЫ И МИНУСЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ В ВОПРОСАХ  
СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ 367

*Карбанова Т.А.*  
ИССЛЕДОВАНИЕ БУЛЕВЫХ МАТРИЦ В WOLFRAM  
MATHNEMATICA 368

*Мехтиева С.М.*  
ПОСТРОЕНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ТОЧЕК ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ  
ПРЯМОЙ В ДВИЖЕНИИ КАРДАНА 369

*Павленко В.А.*  
ИГРОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ  
ЗАНЯТИЙ ПО МАТЕМАТИКЕ 370

*Фёдорова О.Н.*  
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ТЕНЗОРНОГО АНАЛИЗА В WOLFRAM  
MATHNEMATICA 371

**БИОЛОГИЯ**

**СЕКЦИЯ «ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ**

*Баянова Э.Р.*  
ХАРАКТЕРИСТИКА ПУЗЫРЧАТКИ ОБЫКНОВЕННОЙ В ОЗЕРЕ  
АСЛЫ-КУЛЬ 372

*Галимова Г.Ф., Шпирная И.А., Ибрагимов Р.И.*  
ЛИПОФИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ШИИТАКЕ, ПРИ  
КУЛЬТИВИРОВАНИИ НА БЕРЕЗОВОМ СУБСТРАТЕ 373

<b>Ибрагимов Р.И., Умаров И.А., Шпирная И.А., Цветков В.О.</b>	
ПИЩЕВАЯ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА К РАЗЛИЧНЫМ СОРТАМ КАРТОФЕЛЯ	374
<b>Халиуллин Д.А., Шарипова Г.А.</b>	
МЕТОДЫ БИОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛОДОВО- ЯГОДНЫХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ	375
<b>Газиева Э. М.</b>	
ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ IN VITRO ЭФИРНОМАСЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ	376
<b>Рахматуллина С. Р.</b>	
ВЛИЯНИЕ НИТРОПРУССИДА НАТРИЯ НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ TRITICUM AESTIVUM L. ПРИ МЕТАЛЛИНДУЦИРОВАННОМ СТРЕССЕ Zn	377
<b>Валеева Г. М.</b>	
ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ БЕНТОСНОГО СООБЩЕСТВА ВЕРХНЕ-ИРЕМЕЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА	378
<b>Муртазина М. Т.</b>	
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОПРЕПАРАТА НА РАЗВИТИЕ NOSTOC COMMUNE И SCENEDESMUS QUADRICAUDA В ПОЧВЕННОЙ СРЕДЕ И ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ	380
<b>Шляпникова С.В., Шпирная И.А., Ибрагимов Р.И.</b>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЗЕИНОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГРИБОВ РОДА PLEUROTUS	381
<b>Ахмадуллина Р.Р.</b>	
БИОФУНГИЦИД ФИТОСПОРИН: ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОМАССЫ В ПРОЦЕССЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ	382
<b>Башарова Э. Р., Садртдинова И.И.</b>	
АНАЛИЗ НЕЙРОГЛИАЛЬНЫХ СООТНОШЕНИЙ В ПЕРЕДНЕМ КОРТИКАЛЬНОМ ЯДРЕ МИНДАЛЕВИДНОГО ТЕЛА МОЗГА КРЫС В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛА	383
<b>Билалова Э. Г.</b>	
РАЗМНОЖЕНИЕ ЦИТРУСОВЫХ В КУЛЬТУРЕ IN-VITRO	384
<b>Давлетова А.Ш.</b>	
ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В ИШИМБАЙСКОМ ЗАКАЗНИКЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН	385
<b>Егунова Е.Ю.</b>	
МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КЛОНОВ ЦИАНОБАКТЕРИИ	386

NOSTOC PUNCTIFORME (KUTZ.) HARIOT ИЗ РАЗНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ	
<b>Ярмухаметова И. А.</b>	
ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ОБМЕН РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ	387
<b>Мигманова А. М.</b>	
ПОДБОР МЕТОДОВ РАЗМНОЖЕНИЯ ORCHIS MILITARIS L. В УСЛОВИЯХ IN VITRO.	388
<b>Мухаметшина Р.Ж.</b>	
ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЬГОФЛОРЫ КАЛТЫМАНОВСКОГО БОЛОТА	389
<b>Мусин Х.Г., Кулуев Б.Р., Гарипова М.И</b>	
ПОЛУЧЕНИЕ ПЕПТИДОВ С ИНСУЛИНОВОЙ АКТИВНОСТЬЮ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ КОСМАТЫХ КОРНЕЙ	390
<b>Сагадеева А.А.</b>	
ВЛИЯНИЕ ДЕФИЦИТА ПОЛОВЫХ ГОРМОНОВ НА ПОВЕДЕНИЕ САМОК КРЫС В ТЕСТЕ «ОТКРЫТОЕ ПОЛЕ»	391
<b>Саматова М.И.</b>	
МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ШЛЕМНИКА БАЙКАЛЬСКОГО <i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi	392
<b>Шангареева А. М.</b>	
ОЦЕНКА ФУНГИЦИДНЫХ СВОЙСТВ ЭКСТРАКТОВ РАСТЕНИЙ В ОТНОШЕНИИ ASCOSPHERA APIS L.	393
<b>Владимерец Е.С.</b>	
ПЧЕЛЫ И ПРОДУКТЫ ПЧЕЛОВОДСТВА КАК БИОИНДИКАТОРЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	394
<b>Владимерец Е.С.</b>	
РАЗВИТИЕ ПЧЕЛОВОДСТВА В ИГЛИНСКОМ РАЙОНЕ КАК УСЛОВИЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ	395
<b>Пилюга М.А., Ишбулатова Р.Р.</b>	
МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРВИЧНОЙ СОМАТОСЕНСОРНОЙ КОРЫ НА ФОНЕ ВВЕДЕНИЯ КОРТЕКСИНА	396
<b>Федорова А.М. Пилюга М.А.</b>	
ПАТТЕРНЫ АБСАНСНОЙ ЭПИЛЕПСИИ У КРЫС ЛИНИИ WAG/Rij НА ФОНЕ ВНУТРИБРЮШИННОГО И ИНТРНАЗАЛЬНОГО ВВЕДЕНИЯ КОРТЕКСИНА	397
<b>Баянова Э.Р., Максумова В.О., Хусаинова А.Р., Цветков В.О., Ибрагимов Р.И.</b>	
КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМИЛОЛИТИЧЕСКОЙ	398



АКТИВНОСТИ ПО ГИДРОЛИЗУ СУБСТРАТА,  
ИММОБИЛИЗОВАННОГО В ПОЛИАКРИЛАМИДНОМ ГЕЛЕ

**СЕКЦИЯ «МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ»**

- Мингажеева Э.Т., Прокофьева Д.С., Сакаева Д.Д.,  
Хуснутдинова Э.К.*  
ПОИСК НОВЫХ ГЕНОВ-КАНДИДАТОВ, ВОВЛЕЧЕННЫХ В  
ПАТОГЕНЕЗ РАКА ЯИЧНИКОВ 399
- Ялаев Б.И.*  
ДИГИДРОКВЕРЦЕТИН В РОЛИ ИНГИБИТОРА  $\alpha$ -АМИЛАЗЫ 400
- Гарипова Э. З.*  
МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЕРВИЧНОЙ  
ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ 401
- Ямангулова Н.Р.*  
ПОИСК АССОЦИАЦИИ ПОЛИМОРФНОГО ВАРИАНТА RS4073  
ГЕНА IL-8 С РАКОМ ЖЕЛУДКА В РЕСПУБЛИКЕ  
БАШКОРТОСТАН 402
- Яруллина Л.Г., Ибрагимов Р.И., Шпирная И.А., Цветков В.О.*  
АФК КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ  
К ПАТОГЕННЫМ ОРГАНИЗМАМ 403
- Баймухаметова Э.А., Кулуев Б.Р.*  
ПОЛУЧЕНИЕ ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЙ ТАБАКА И  
ХЛОПЧАТНИКА С КОНСТИТУТИВНОЙ ЭКСПРЕССИЕЙ ГЕНА  
ГЛУТАТИОН-ТРАНСФЕРАЗЫ AtGST1 404
- Гизатуллина А.А.*  
АНАЛИЗ РОЛИ ГЕНОВ PGC И IL10 В РАЗВИТИИ ЯЗВЕННОЙ  
БОЛЕЗНИ У ПАЦИЕНТОВ ИЗ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН 405
- Кулуев А.Р., Чемерис А.В.*  
TRITICUM SINSKAJAE – САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ ВИД? 407
- Мальцев А.В., Роман А.Ю., Устюгов А.А.*  
АНАЛИЗ ПОЛИМОРФИЗМА В ЧЕТВЕРТОМ ЭКЗОНЕ ГЕНА  
ГАММА-СИНУКЛЕИНА У ПАЦИЕНТОВ С АНТИТЕЛАМИ  
ПРОТИВ ЭТОГО БЕЛКА 408
- Валова Я.В.*  
АНАЛИЗ АССОЦИАЦИИ ПОЛИМОРФНОГО ВАРИАНТА  
rs1799750 ГЕНА MMP1 С ЯЗВЕННОЙ БОЛЕЗНЬЮ У  
ПАЦИЕНТОВ ИЗ РУСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН 409
- Владимирова Е.И., Прокофьева Д.С.*  
АНАЛИЗ АССОЦИАЦИЙ ПОЛИМОРФНОГО ВАРИАНТА  
c.G481A В ГЕНЕ AGBL2 С РИСКОМ РАЗВИТИЯ РАКА  
ЯИЧНИКОВ 410

## **СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В БИОЛОГИИ»**

*Гималетдинова Г.С.*

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАТИОНОВ ЦИНКА МЕЖДУ  
СЫВОРОТКОЙ И ЭРИТРОЦИТАМИ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА 411

*Дацко О.И.*

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ КАТИОНОВ  
ЦИНКА В СЫВОРОТКЕ КРОВИ ЗДОРОВЫХ ДОНОРОВ И  
БОЛЬНЫХ ИНСУЛИНЗАВИСИМЫМ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 412

## **СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОЛОГИИ»**

*Зайнутдинова Л.Р.*

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ  
ЛЕСНОЙ КУНИЦЫ В КРАСНОКАМСКОМ РАЙОНЕ  
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН 414

*Гаршин М.В.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ОЦЕНКЕ  
АГРОКЛИМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РБ 415

*Ильясова И.З., Гумеров Т.Ю., Сидоренко Н. А.*

ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ДЕНДРОИНДИКАЦИИ ПРИ  
ИЗУЧЕНИИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ РАСТЕНИЙ 416

*Светлов В.В., Гумеров Т.Ю., Ильясова И.З.*

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗА И РАСЧЕТ ИНТЕГРАЛЬНЫХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ  
МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ 417

## **СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ БИОЛОГИИ»**

*Гизатуллина А.А.*

РАЗВИВАЮЩЕЕ ОБУЧЕНИЕ НА УРОКАХ БИОЛОГИИ 418

## **ФИЗИКА**

*К.М. Mukashev, В.А. Kurbanaova, А.Е. Mtsbekova*

RADIATION-THERMAL EFFECTS IN THE STRUCTURE OF  
REFRACTORY METALS 420

## **ХИМИЯ**

*Бусыгина А.А., Рахматуллина Л.Р., Ахмадулина Э.Н.,*

*Кутырев Г.А.*

СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И ФУНГИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ  
ГИПЕРРАЗВЕТВЛЕННЫХ ПОЛИЭФИРОПОЛИ 431

(N-ФЕНИЛТИОКАРБАМАТОВ)

*Фадеева К.С., Вахонина Т.А., Шарипова С.М., Кутырев Г.А.,  
Дебердеев Р. Я., Дебердеев Т. Р.*

СИНТЕЗ СТАБИЛЬНЫХ ОЛИГОМЕРОВ СТИРОЛА И  
ПОЛУЧЕНИЕ НА ИХ ОСНОВЕ СШИТОГО ПОЛИСТИРОЛА 433

*Момзяков А.А.*

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ОДНОСТАДИЙНОГО  
СИНТЕЗА СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ ПВХ В  
АППАРАТЕ ЭКСТРУЗИОННОГО ТИПА 434

*Пасько П.А.<sup>1</sup>, Вакулин И.В.<sup>1</sup>, Латыпова Э.Р.<sup>1</sup>, Вакулина А.И.<sup>2</sup>*

РАЗРАБОТКА ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПРОИЗВОДСТВА ИЗОПРЕНА ПО «ДИОКСАНОВОМУ» МЕТОДУ  
В ПРИСУТСТВИИ ЦЕОЛИТОВ ГРУППЫ СОСТАВА  $Si_xO_y$  435

# ВЫСШИЕ СИММЕТРИИ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ, ПОРОЖДЕННОЙ УРАВНЕНИЕМ ПЕНЛЕВЕ IV

Тошмуродова Диана Рустамовна

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Исследуется гиперболическая система уравнений, порожденная обыкновенным дифференциальным уравнением Пенлеве IV

$$\begin{cases} p_{xy} = q_x \\ q_{xy} = \frac{1}{2} \frac{q_x^2}{p_x} + \frac{\beta}{p_x} + 2(y^2 - \alpha)p_x + 4yp_x^2 + \frac{3}{2}p_x^3, \end{cases} \quad (1)$$

где  $u = p_x$ ,  $v = q_x$  - потенциалы.

Уравнение Пенлеве IV имеет вид:  $uu_{yy} = \frac{1}{2}u_y^2 + \beta + 2(y^2 - \alpha)u^2 + 4yu^3 + \frac{3}{2}u^4$ , где  $\alpha$ ,  $\beta$  - комплексные числа. Вычислены высшие симметрии гиперболической системы (1):  $x$ -симметрии системы определяются из уравнений  $f = D^{-1}(h_w A + h_W B)$ ,  $g = D^{-1}(h_{wy} A + h_{Wy} B)$ , где функции  $A = A(x, w, W, w_1, W_1, \dots, w_n, W_n)$  и  $B = B(x, w, W, w_1, W_1, \dots, w_n, W_n)$  удовлетворяют соотношениям  $\frac{\delta}{\delta w}(h_w A + h_W B) = \frac{\delta}{\delta W}(h_w A + h_W B) = 0$ ;  $y$ -симметрии системы вычисляются по формулам  $\varphi = h(y, \bar{w}, \bar{w}_1, \dots, \bar{w}_{n-1})$ ,  $\psi = H(y, \bar{w}, \bar{w}_1, \dots, \bar{w}_{m-1})$ . Доказана теорема о распадении симметрий гиперболической системы уравнений: любая симметрия системы

$$\begin{cases} F = F(x, y, u, v, u_1, v_1, \dots, u_n, v_n, \bar{u}_1, \bar{v}_1, \dots, \bar{u}_m, \bar{v}_m) \\ \Phi = \Phi(x, y, u, v, u_1, v_1, \dots, u_n, v_n, \bar{u}_1, \bar{v}_1, \dots, \bar{u}_m, \bar{v}_m) \end{cases}$$

представима в виде

$$\begin{cases} F = F_1(x, y, u, v, u_1, v_1, \dots, u_n, v_n) + F_2(x, y, u, v, \bar{u}_1, \bar{v}_1, \dots, \bar{u}_m, \bar{v}_m) \\ \Phi = \Phi_1(x, y, u, v, u_1, v_1, \dots, u_n, v_n) + \Phi_2(x, y, u, v, \bar{u}_1, \bar{v}_1, \dots, \bar{u}_m, \bar{v}_m). \end{cases}$$

## Список литературы

1. Жибер А.В., Соколов В.В. Метод каскадного интегрирования Лапласа и уравнения, интегрируемые по Дарбу: Учебное пособие //Издание Башкирского университета – Уфа, 1996.
2. Жибер А.В., Муртазина Р.Д. Характеристические кольца Ли и нелинейные интегрируемые уравнения. //М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2012.
3. Жибер А.В., Кострикина О.С., Характеристические кольца Ли и симметрии дифференциальных уравнений Пенлеве I и Пенлеве III. //Институт математики с ВЦ УНЦ РАН.
4. Жибер А.В., Соколов В.В., Старцев С.Я., о нелинейных гиперболических уравнениях, интегрируемых по Дарбу. //ДАН РАН 343, No. 6 (1985).

© Тошмуродова Д.Р., 2016г.

# ОБ ОДНОМ КЛАССЕ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ЛИУВИЛЛЕВКСОГО ТИПА

Юрьева Анастасия Михайловна

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Основополагающие идеи в изучении проблемы интегрирования уравнений в частных производных гиперболического типа восходят к классическим работам Лапласа, Дарбу, Гурса, Вессю и др.

Для полной классификации нелинейных гиперболических уравнений

$$u_{xy} = f(x, y, u, u_x, u_y)$$

необходимо провести классификацию (см. [1]) уравнений специального класса

$$u_{xy} = \frac{p - \bar{\varphi}u}{\bar{\varphi}u_y} u_x + \frac{q}{\bar{\varphi}u_y} \sqrt{u_x}, \quad (1)$$

здесь  $p, q$  – функции переменных  $x, y, u$ , а  $\bar{\varphi}$  – переменных  $x, y, u, u_y$ .

Отметим (см. [2], [3], [4]), что интегрируемые уравнения Лэне

$$u_{xy} = \left( \frac{u_y}{u-x} + \frac{u_y}{u-y} \right) u_x + \frac{u_y}{u-x} \sqrt{u_x} \quad (2)$$

и

$$u_{xy} = 2 \left[ (u+Y)^2 + u_y + (u+Y) \sqrt{(u+Y)^2 + u_y} \right] \times \\ \times \left[ \frac{\sqrt{u_x + u_x}}{u-x} - \frac{u_x}{\sqrt{(u+Y)^2 + u_y}} \right], Y = Y(y) \quad (3)$$

содержатся в классе уравнений (1).

В данной работе получены необходимые и достаточные условия, при которых уравнения вида (1) обладают -интегралом второго порядка.

## Список литературы

1. Жибер А.В., Соколов В.В. Точно интегрируемые гиперболические уравнения лиувиллевого типа. //Успехи матем. наук. 2001. Т.56. №1(337). С.63-106.

2. Laine M.E. Sur J'application de la method de Darboux aux equations  $s = f(x, y, z, p, q)$ . //Comptes rendus. V.182, 1926. P.1126-1127.

3. Капцов О.В. Методы интегрирования уравнений с частными производными. //Москва: ФИЗМАТЛИТ. 2009. 182 с.

4. Капцов О.В. О проблеме классификации Гурса. //Программирование. 2012. №2. С.68-71

© Юрьева А.М., 2016г.

*Научное издание*

**ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА  
И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ**

**Тезисы докладов  
IX Международной школы-конференции  
для студентов, аспирантов и молодых ученых**

**3 - 7 октября 2016 г.  
г. Уфа**

*Редактор Е.В. Полякова  
Корректор А.И. Николаева*

*Лицензия на издательскую деятельность  
ЛР № 021319 от 05.01.99 г.*

Подписано в печать 26.09.2016 г. Формат 60x84/16.  
Усл. печ. л. 17,48. Уч.-изд. л. 19,79.  
Тираж 300 экз. Изд. № 215. Заказ 421.

*Редакционно-издательский центр  
Башкирского государственного университета  
450076, РБ, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.*

*Отпечатано на множительном участке  
Башкирского государственного университета  
450076, РБ, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.*