

ISSN 1694-6634

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

# ФИЗИКА

ИЛИМИЙ ЖУРНАЛЫ

---

2013

№1

**ФИЗИКА**  
**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

**Учредитель:**

Институт физико-технических  
проблем и материаловедения  
Национальной академии наук  
Кыргызской Республики

Журнал зарегистрирован в  
Министерстве юстиции  
Кыргызской Республики.  
Свидетельство о регистрации  
№1418 от 13 июня 2008 г.

**ISSN 1694-6634**

**Адрес редакции:**

720071, Кыргызская Республика,  
г. Бишкек, проспект Чуй, 265-А

Тел.: 64-19-65

Факс: (996-312)431169, 431171

E-mail: merenkova@inbox.ru

**ИЛИМИЙ ЖУРНАЛЫ**  
**ФИЗИКА**

**Редакционная коллегия:**

**Главный редактор**

К.М.Жумалиев-д.т.н., профессор,  
академик НАН КР

**Зам. Главного редактора**

М.М.Кидибаев-д.ф.-м.н., профессор,  
член-корреспондент НАН КР

**Ответственный секретарь**

Л.К.Меренкова-к.ф.-м.н.

**Члены редколлегии:**

А.Ж.Жайнаков-д.ф.-м.н., профессор  
академик НАН КР

А.А.Кутанов-д.ф.-м.н., профессор  
академик НАН КР

С.Ж.Токтомышев-д.ф.-м.н., профессор  
академик НАН КР

Т.О.Орозобаков-д.ф.-м.н., профессор,  
член-корреспондент НАН КР

С.А.Алымкулов-д.т.н.

К.А.Каримов-д.ф.-м.н., профессор

Т.С.Королева-д.ф.-м.н.

В.П.Макаров-д.ф.-м.н., профессор

Р.М.Урусов-д.ф.-м.н., профессор

В.Н.Фоломеев-д.ф.-м.н.

Н.К.Касамытов-д.ф.-м.н.

Н.К.Джаманкызов-к.ф.-м.н.

К.Х.Хайдаров-к.ф.-м.н.

**Коллектив Института физико-технических проблем и  
материаловедения НАН КР сердечно поздравляет**

**доктора физ.-мат. наук, профессора,**

**заслуженного деятеля науки КР**

**Каримова Казимира Абдуловича**

***с международной наградой – включением его  
Международным Биографическим Центром в  
Кембридже в число***

**выдающихся 100 ученых мира в 2012 году**

***за научный вклад в области исследования  
атмосферных наук***

## СОДЕРЖАНИЕ

1. <b>К.А.Каримов, Р.Д. Гайнутдинова.</b> РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАД ЦЕНТРАЛЬНОАЗИАТСКИМ РЕГИОНОМ: НОВЫЙ ВЗГЛЯД И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	5
2. <b>К.А. Каримов, Ч.К. Илиязов.</b> СВЯЗЬ ГЕЛИОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ С КОРОНАЛЬНЫМИ ВЫБРОСАМИ.....	12
3. <b>С.В. Крылов</b> КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ КАК ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЫ.....	18
4. <b>Е.П. Козлова</b> ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА К ИССЛЕДОВАНИЮ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ.....	22
5. <b>К. Хайдаров, А. К. Арыков</b> РАЗРАБОТКА БЕЗКОБАЛЬТОВОЙ СВЯЗКИ АЛМАЗНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ РЕЗКИ ПРИРОДНЫХ КАМНЕЙ.....	28
6. <b>Н.К.Касмамытов., К. А. Ласанху</b> ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА БОЛЬШЕОБЪЕМНЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ НИТРИДОКРЕМНИЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ. ....	35
7. <b>М.Н.Раимкулов</b> СВЯЗЬ СИЛ СЛАБОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СО СТРУКТУРОЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ В СРАВНЕНИИ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ И ЯДЕРНЫМИ СИЛАМИ .....	41
8. <b>С Мамтибраимов, А.Ю. Иванов, А.О. Озолин, Ю.Ф. Пархоменко</b> АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ И БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ (АСДО).....	46
9. <b>Р.М. Урусов, Ф.Р. Султанова</b> ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ ТЕПЛООВОГО ТОРА ПРИ ЗАЖИГАНИИ ДУГИ.....	53
10. <b>Т.Э. Урусова, И.Р. Урусова</b> ТЕСТИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ ТРЕХМЕРНЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ УРАВНЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ.....	59
11. <b>Н.К. Касмамытов, В.П. Макаров, Н.В. Гудимов, К.А.Ласанху.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОПРОЧНОСТИ КЕРАМОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НИТРИДА КРЕМНИЯ .....	74
12. <b>К.А. Ласанху</b> НИТРИДОКРЕМНИЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ.....	80

13. **А.В.Лаврентьев** АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПРОДУКЦИИ СЫРЬЯ В БГУ, И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ.....85
14. **Д. Ш. Осмоналиев, Р. Р. Камаев, О. Соронбаев , К. Б. Турганов , Осмонова Ж. Р., Жусупов. А.М.** ЭВОЛЮЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕТЯХ СОТОВОЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ.....89
15. **Д.Ш. Осмоналиев** БЕЗОПОРНАЯ ГОЛОГРАФИЯ В ЗАЩИТЕ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ.....92
16. **Д. Ш. Осмоналиев, К. Б. Турганов, О. Соронбаев, Р. Р. Камаев, Осмонова Ж. Р.,Жусупов А.М.** ОБЪЕКТНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИ РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ.....97
- 17.

УДК 551(510.53.590.21:510.4).

## **РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАД ЦЕНТРАЛЬНОАЗИАТСКИМ РЕГИОНОМ: НОВЫЙ ВЗГЛЯД И ПЕРСПЕКТИВЫ**

**К.А. Каримов**, д.ф-м.н. профессор, **Р.Д. Гайнутдинова**, к.ф-м.н., с.н.с.

Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН КР

В работе анализируются данные по региональному изменению климата в Центральноазиатском регионе. Показано, что после 2005-2008 годов в регионе ЦА в приземной атмосфере начался процесс похолодания.

## **REGIONAL CHANGES OF CLIMATIC CHARACTERISTICS ABOVE CENTRAL ASIA REGION: NEW VIEW AND PERSPECTIVES**

**K.A. Karimov, R.D. Gainutdinova**

Institute of Physicotechnical Problems and Materials Science KR

The regional climate change data have been analyzed. It is shown that cooling process in Central Asia region began after 2005-2008.

В период 2-5 октября 2012 г. в России в г. Казани Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) провела Международную научную конференцию «Региональные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды». Конференция проходила в Казанском (Приволжском) Федеральном университете и была приурочена к 20-летию Межгосударственного Совета по гидрометеорологии стран СНГ и 200-летию метеонаблюдений в г. Казани. Основное внимание участников конференции было сосредоточено на докладах, представленных на секционных заседаниях [1].

Одна из секций данной конференции была посвящена вопросам изменения климата в различных регионах России, его влияния на энергетику и устойчивое развитие сельского хозяйства, здоровье населения, климату Арктики и ряду других

важных аспектов воздействия изменения климата на окружающую среду. На этой же секции обсуждались доклады, связанные с воздействием на изменение климата природных и антропогенных факторов.

Красной линией через всю конференцию проходила идея *региональности изменения климата*. До этого на аналогичной предыдущей международной научной конференции «Проблемы адаптации к изменению климата», которая проходила в г. Москве 7-9 ноября 2011 г. и также была организована Росгидрометом, вопрос о региональных проблемах изменения климата не поднимался, обсуждались только вопросы, связанные с глобальным изменением климата [2].

На конференции в Казани все доклады практически полностью были посвящены отдельно взятым регионам. При этом было подчеркнуто, что глобальный климат складывается из региональных климатов, которые могут сильно разниться.

Так, к примеру, наш доклад был посвящен особенностям изменения климата в Центральноазиатском регионе под воздействие естественных, т.е. природных факторов [3]. Главная идея доклада сводилась к тому, что в нашем регионе в последние 10 лет идет медленный процесс похолодания. По европейской территории отмечается процесс небольшого потепления и даже его стабилизации после 2005 года.

На конференции ответственно прозвучали и другие идеи и мысли. В частности, вопрос о вкладе парниковых газов в величину потепления был озвучен доктором географических наук, заведующим лабораторией исследований последствий изменения климата ВНИИМГМИ МЦД Росгидромета Шерстюковым Б.К. Он отметил, что вклад парниковых газов в процесс потепления составляет 20-25% и не является доминирующим фактором [4].

Эту же идею мы высказывали еще в 2000 г. в своей публикации в книге «Экология Кыргызстана, проблемы, прогнозы, рекомендации» [5]. Нами было показано, что техногенный фактор не является доминирующим в изменении климата.

На этот факт также указал и директор Института географии РАН, академик В.М. Котляков, который подчеркнул, что основную роль в изменении климата Земли играют вариации притока солнечной радиации на Землю, которая зависит от уровня солнечной активности и вариаций солнечной постоянной [6].

Значительный вклад в изменения температурного режима приземного слоя атмосферы вносит альbedo подстилающей поверхности, коэффициент которого в некоторых случаях может изменяться от 0,3 до 0,9 единиц. Этот параметр также меняется во времени – так, к примеру, вырубка лесов, кустарников, опустынивание, изменение высоты и площади снежного покрова, загрязнение океана и т.д. влияют на этот параметр. Фактическое нагревание земной поверхности экспериментально определяется актинометрическими измерениями. Эти измерения показывают, что по всему северному полушарию процесс

изменения климата имеет далеко неоднородную структуру. Это указывает на то, что есть регионы, отличающиеся по уровню потепления, как с повышенным, так и с низким его значением.

На конференции в Казани российскими специалистами были представлены карты распределения падающей солнечной радиации по территории северного полушария, включая детальную карту для Российской Федерации и стран СНГ за 2012 год [1]. Из этих карт было видно четкое отличие количества притока тепла, падающего на европейскую территорию до Уральского хребта (положительные значения) и на территорию за Уральскими горами (нулевые и даже небольшие отрицательные температуры). Из этого следует, что на европейской территории в 2012 г. отмечался процесс потепления, а на азиатской территории от Уральских гор до Тихого океана отмечался процесс похолодания.

По нашим данным [2] подобная ситуация наблюдалась на азиатской части территории летом 2011 г. В августе 2011 г. по Центральноазиатскому региону от Западной Сибири до Таджикистана отмечалось резкое похолодание, не характерное для летнего периода. При этом язык холода охватил регион всей Центральной Азии вплоть до Афганистана.

По наблюдениям метеорологов Казанского госуниверситета в регионе Поволжья после 2008 года отмечается спад скорости потепления. Это так же указывает, что в Среднем Поволжье после 2008 года происходит медленный процесс похолодания [1].

На рис. 1 приведены изменения сглаженной по 11-ти годам приземной среднегодовой температуры воздуха по ст. Бишкек за период с 2000 по 2011 гг. На том же рисунке приведены изменения содержания концентрации углекислого газа в атмосфере, полученные по измерениям по ст. Иссык-Куль.

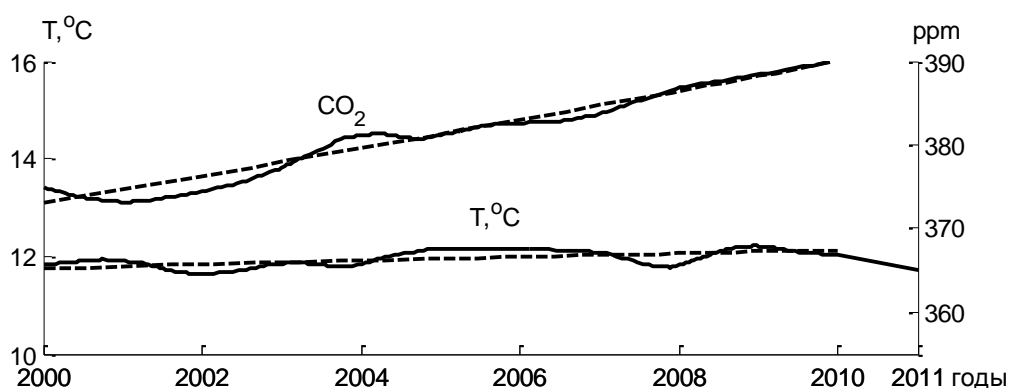


Рис. 1. Вариации приземной среднегодовой температуры воздуха по ст. Бишкек и содержания концентрации углекислого газа в атмосфере над Кыргызстаном



Из рис. 1 видно, что концентрация углекислого газа постоянно растет, от года к году отмечается ее положительный тренд. При этом среднегодовая температура остается практически постоянной, отмечаются лишь ее небольшие флуктуации. Как следует из рис. 1, рост концентрации углекислого газа в атмосфере не определяют изменения приземной температуры, и даже если его влияние имеет место, оно незначительно, как было показано в работах [4,5].

Другими факторами, вносящими свой вклад в радиационный баланс приходящего на Землю радиационного тепла, являются аэрозольные частицы в атмосфере, океанические процессы, космические лучи, астрономический фактор. Последние два фактора вносят отрицательный вклад и способствуют только охлаждению температуры приземной атмосферы. Вклад аэрозольной и космической компонент может достигать 15-20%, т.е. практически компенсировать приток тепла от парниковых газов, а в отдельных случаях и превзойти его. Так, к примеру, космические лучи могут опосредованно влиять на образование нижней облачности на высотах ниже 3 км. Нижняя облачность составляет примерно 40% от общей облачности и обладает самым высоким альбедо. Отражательная способность облаков порядка 15-20 Вт/м<sup>2</sup> и соизмерима с вкладом парниковых газов в нагревание приземной атмосферы. Таким образом, космические лучи могут оказывать управляющее действие на облачность, а через нее и на температурный режим приземной атмосферы [7].

Другим и, пожалуй, самым существенным фактором является адвективный фактор, связанный с переносом холода с арктических широт на средние широты. В зимний и летний периоды 2011 года он достигал 50%, и тем самым практически в два раза перекрывал влияние вышеперечисленных факторов.

На рис. 2 приведена карта притока холода с арктических широт через Западно-Сибирскую низменность в Казахстан и далее до районов Таджикистана и Афганистана. Эти данные хорошо коррелируют с данными о похолодании, которое было отмечено от Уральских гор до Тихого океана в 2012 г. [1].

Существенное влияние на климат оказывают океаны и океанические теплые течения типа Гольфстрим, а также периодически появляющиеся течения Эль-Ниньо и Ла-Ниньо [1]. Есть еще и астрономические факторы, влияющие на долгопериодные изменения климата. К ним относятся общеизвестные циклы Миланковича, прецессия земной оси, влияние на земную атмосферу крупных планет солнечной системы Юпитера и Сатурна. Астрономические факторы, как правило, имеют большие периодичности более 100 лет [2].

Фурье разложение сглаженных по 3-м и 11-ти годам температурных рядов по ст. Каракол (Пржевальск) длительностью в 120 лет и по ст. Бишкек (Фрунзе) длительностью 80 лет позволило нам выделить в них долгопериодные составляющие с периодами 12, 35, 50-55 и 90-95 лет.

Наиболее значимыми по амплитуде оказались периодичности в 22 года, 50-55 лет и 90-95 лет, с амплитудами порядка  $(0,6-0,8)^{\circ}\text{C}$ . Для каждой амплитуды была определена своя начальная фаза колебания. Максимум амплитуды (50-55)-летней составляющей пришелся примерно на 2002-2005 годы. В настоящее время идет спад этой амплитуды, и очередной минимум температуры ожидается в 2027-2030 годы.

Из этих данных можно заключить, что в настоящий период происходит процесс медленного похолодания. Какие факторы приводят к изменению приземной температуры с периодичностью около 50-55 лет – этот вопрос пока остается открытым. Высказываются мнения о влиянии возмущающей силы крупных планет в Солнечной системе, таких как Юпитер и Сатурн.

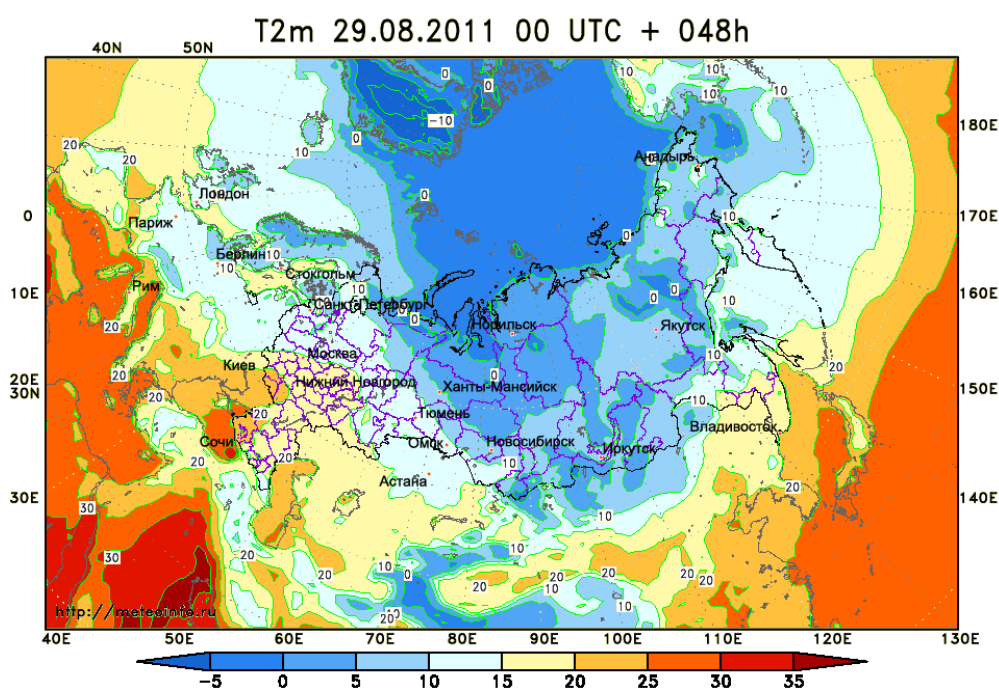


Рис 2. Меридиональный перенос северных воздушных масс на территорию Центральной Азии в летний период 29.08.2012 г.

Другое мнение, противоположное точке зрения о влиянии астрономического фактора, сводится к влиянию происходящих в мантии Земли глубинных процессов. В мантии происходят активные процессы, приводящие к возмущениям с периодичностью 50-55 лет, которые, распространяясь через глубины океана, достигают поверхности Земли. Эти возмущения в последующем приводят к появлению сейсмоактивных зон на дне океана, активизация которых может порождать мощные цунами, приводящие к катастрофическим последствиям на побережье. Подобные аномалии происходят примерно 1 раз в 50 лет. Как было

отмечено выше, природа происхождения возмущений в земной мантии с периодами около 50 лет пока остается открытой.

Самое парадоксальное событие свершилось осенью этого года, когда были обнаружены данные Метеорологического агентства Великобритании, до настоящего времени считавшего, что имеет место глобальное потепление. Они базировались на данных Центра по изучению климата университета Восточной Англии - ведущей научной организации, занимающейся изучением глобального потепления. Эти же данные были положены в основу отчета Межправительственной группы экспертов по изменению климата МГЭИК (IPCC) при ООН.

На 15-й конференции ООН, посвященной проблемам изменения климата и проходившей в декабре 2009 года в г. Копенгагене, был представлен очередной отчет Межправительственной группы экспертов по изменению климата МГЭИК (IPCC). Результаты отчета МГЭИК, где основной причиной потепления климата был определен техногенный фактор, многими учеными были подвергнуты сомнению. При обсуждении этого доклада мнения ученых разделились, и прийти к единому мнению не удалось. В дальнейшем в эту проблему вынужден был вмешаться Генеральный секретарь ООН Пан Ги Мун. От имени ООН он обратился с просьбой в международный Межакадемический Совет (IAP), объединяющий академии наук многих стран, создать Совет экспертов и провести независимую проверку методов климатических исследований и процедур работы Межправительственной группы экспертов по изменению климата МГЭИК (IPCC) [8]. Совет экспертов IAP должен был представить рекомендации о пересмотре их методов климатических исследований, а также порекомендовать меры и действия для усиления возможностей МГЭИК, чтобы ответить на будущие проблемы и гарантировать качество их отчетов. Ученые, представившие свои данные в отчете МГЭИК, признали, что недостаточно тщательно проверили данные, которые легли в основу предсказания глобального потепления.

В докладе, подготовленном Метеорологическим агентством Великобритании в этом году, была представлена информация о том, что результатом так называемого «глобального потепления» является прекращение роста среднегодовой глобальной температуры за последние 10-15 лет [9].

Сенсационные данные об изменениях глобальной приземной температуры, опубликованные в конце октября этого года и основанные на измерениях метеопараметров на 3000 метеостанциях по всему земному шару, свидетельствуют о том, что с начала 1997 г. до августа 2012 г. глобальная среднегодовая температура оставалась практически без изменений на одном и том же уровне, тогда как в предыдущий период с 1980 по 1996 гг. она непрерывно, но медленно росла. До этого на протяжении приблизительно 40 лет температура была стабильной и даже снижалась, отмечается в докладе. Климатологи изменили свои представления о масштабе и темпах глобального потепления после того, как были получены данные метеонаблюдений из Арктики [9]. Эти данные приведены на рисунке 3.

Аномально теплым за последние 15 лет был только 2010 год. Однако уже 2011 г. и первые восемь месяцев 2012 г. оказались гораздо прохладнее [9]. Данные британских метеорологов свидетельствуют о «глубокой ошибочности» компьютерных моделей, используемых для предсказания будущего потепления, так прокомментировала доклад известный климатолог, профессор Технологического Института штата Джорджии США, г. Атланта Джудит Карри [9]. Климатические модели очень сложны, они несовершенны и не полно отражают все процессы. Естественные факторы (такие, как долгопериодная цикличность в температуре океанических вод и солнечная активность) не были использованы в модельных расчетах, об этом заявила Дж. Карри. Впрочем, есть и те, кто отнесся к докладу скептически. Как отметил климатолог Фил Джонс из Университета Восточной Англии, 15 или 16 лет – слишком короткий период для исследований, чтобы делать какие либо выводы. И хотя Ф. Джонс признался, что он и его коллеги пока не понимают влияния таких факторов, как долгосрочные циклы изменения температуры океана и солнечная активность [9]. Но в этом их беда, поскольку мы уже давно используем эти факторы в своих эмпирических моделях.

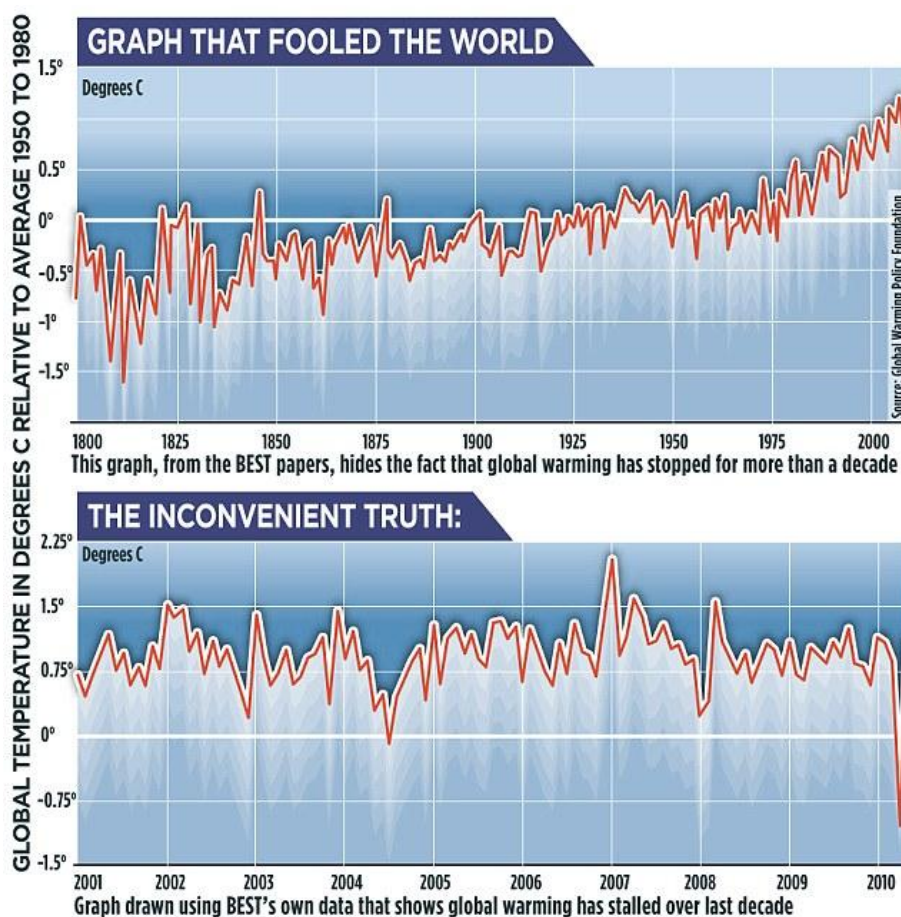


Рис 3. Вариации глобальной среднегодовой температуры, полученные в Центре по изучению климата университета Восточной Англии:

верхний график – фальсифицированные данные по глобальному потеплению (подкорректированные метеорологические данные таким образом, чтобы результат был максимально угрожающим);

нижний график – картина глобального потепления, скорректированная данными из 400 станций в Арктике

## **Заключение**

1. Показано, что в настоящее время мировым сообществом принято понятие региональные изменения климата. В связи с чем параметры климатических характеристик Центральноазиатского региона существенно разнятся от аналогичных характеристик в Европейском регионе.

2. В Западно-Сибирском и Центральноазиатском регионах в последние 10-15 лет идет медленный процесс похолодания. Существенную роль в нем играют меридиональный (адвективный) вынос холодных масс воздуха с арктических широт.

3. В настоящее время английскими и американскими учеными убедительно показано, что никакого процесса глобального потепления на земном шаре не происходит, поскольку современные модели климата не совершенны и главное в том, что они не учитывают влияние солнечной активности. В последние 10-15 лет среднеглобальная температура приземной атмосферы стабилизировалась и далее отмечена тенденция к ее понижению. Ранее аналогичные результаты получены нами по Центральноазиатскому региону в 2005 году.

## **Список литературы**

1. Тезисы докладов Международной научной конференции по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды – Россия, Казань, 2012, 363 с.
2. Karimov K.A., Gainutdinova R.D. Regional Climate Changes: Problems and Decisions – In: Abstracts of International Conference “Problems of Adaptation to Climate Change”- Moscow, Russia, 7-9 Nov.2011 - [www.pacc2011.ru](http://www.pacc2011.ru).
3. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д. Региональные особенности изменений температурного режима нижней атмосферы под воздействием - Тезисы докладов Международной научной конференции по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды – Россия, Казань, 2012, с.146.
4. Шерстюков Б.Г. Факторы изменений и колебаний климата - Тезисы докладов Международной научной конференции по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды – Россия, Казань, 2012, с.231.

5. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д. Изменения регионального климата, обусловленные природными и антропогенными факторами - В кн.: Экология Кыргызстана: проблемы, прогнозы, рекомендации. Под ред. проф. К.А.Каримова - Илим, Бишкек, 2000, с. 66-81.
6. Изменения окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы, под ред. акад. В.М.Котлякова, М.: 2012, том 3. часть II.
7. Каримов К.А., Гайнутдинова Р.Д., Крылов С.В. Связь температурного режима нижней атмосферы с вариациями солнечной активности и интенсивностью космических лучей – Вестник КГУСТА, 2011, №3 (33), с. 168-172.
8. Interacademy Council Asked To Review Intergovernmental Panel On Climate Change – News IAP, March 2010, The Netherlands.
9. <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2217286/Global-warming-stopped-16-years-ago-reveals-Met-Office-report-quietly-released--chart-prove-it.html>

## **СВЯЗЬ ГЕЛИОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ С КОРОНАЛЬНЫМИ ВЫБРОСАМИ**

**К.А. Каримов**, д.ф.-м.н. , профессор, **Ч.К. Илиязов**, аспирант

Институт физико - технических проблем и материаловедения НАН КР

Рассматривается солнечная активность и виды его проявления. Так же, рассматривается корональные выбросы масс, солнечные вспышки и солнечные пятна. Показана важность изучения космической погоды.

## **CONNECTION OF HELIOMAGNETIC ACTIVITY WITH CORONAL MASS EJECTIONS**

**K.A. Karimov, Ch. K. Iliyazov**

Institute of Physicotechnical Problems and Materials Science KR

The solar activity and types of solar activity are considered. The coronal mass ejections, solar flares and spots are investigated. The importance of studying the space weather is shown.

**Введение.** Одним из факторов, влияющих на излучательный и тепловой режим в высоких и низких слоях Земной атмосферы, являются потоки прямого солнечного излучения. Солнечная вспышечная активность характеризуется короткопериодными вспышками, сопровождаемыми выбросами энергии: электромагнитной и солнечной материи, состоящей из протонов, нейтронов, электронов и гамма-излучения.

Магнитное «переподключение» ответственно за солнечные вспышки. Магнитное «переподключение» - название, данное перестановке магнитных силовых линий, когда два противоположно направленных магнитных поля сходятся. Эта перестановка сопровождается с внезапным выбросом вещества энергии, сохраненной в противоположно направленных областях. На Солнце магнитное переподключение может встречаться в солнечных аркадах - ряд близко расположенных петель магнитных силовых линий.

Солнечные вспышки классифицируются как А, В, С, М и Х и согласно пиковому потоку измеряются в ваттах на квадратный метр,  $W/m^2$ . используется расширенная логарифмическая классификация необходима, потому что полная энергия вспышек варьируется на многие порядки величины, с частотой вспышки, примерно пропорциональной инверсии полной энергии. Солнечные вспышки могут производить потоки высоко-энергичных частиц в солнечном ветре, известным как "корональный выброс массы" (СМЕ). Эти частицы могут воздействовать на магнитосферу Земли. Энергичные частицы в магнитосфере способствуют северному и южному сиянию. Энергия в форме жесткого рентгеновского излучения является результатом большого плазменного выброса в верхней хромосфере Солнца и может быть разрушительной для электроники космических кораблей, самолетов высотной авиации [1,2].

Солнечная активность влияет на условия в верхних (ионосфера, мезосфера и стратосфера) и в нижних слоях атмосферы (тропосфера и приземная атмосфера).

В атмосфере волновые колебания различных масштабов производятся под воздействием изменчивой солнечной активности. В атмосфере существуют так же планетарные волны Россби, гравитационные и внутренние гравитационные волны, которые в результате диссипации со временем превращаются в тепло. В связи с чем имеет место непрерывный обмен волновыми энергиями между высокими и низкими слоями атмосферы. Турбулентный обмен энергией между слоями атмосферы так же в сильной мере зависит от вспышек на солнце и солнечной активности. Ультрафиолетовое солнечное излучение расположено в коротковолновой части солнечного излучения, так называемое «жесткое» излучение воздействует на стратосферу и тропосферу и существенно влияет на формирование термодинамического режима атмосферы, а так же влияет на живой организм. Все эти факторы влияют на погоду и климатические условия и здоровье людей и проявляются по разному в различных регионах Земли.

**Солнечная активность.** Множество пар солнечных пятен связаны с взрывчатыми выбросами энергии с поверхности Солнца и фотосферы. Эти области просто называют активными областями хотя механизмы, которые вызывают



взрывчатый выброс энергии, не известны. В действительности известно, что они связаны с быстрым преобразованием магнитной энергии в кинетическую энергию частиц. Эти преобразования имеют место в областях с сильными магнитными полями, а скручивание поверхностного магнитного поля часто приводит к быстрому выбросу энергии. Протуберанцы - пример этого выброса энергии. Другой пример это солнечные вспышки, которые намного сильнее по мощности, чем протуберанцы. Вспышки выпускают огромное количество энергии за несколько минут и могут достигать температуры до 100 миллионов К (намного горячее чем даже ядро Солнца). Эта энергия эквивалентна сотням миллионов мегатонных бомб водорода, взорвавшихся в одно и то же время. Энергия этих вспышек настолько интенсивна, что заряженные частицы, которые составляют солнечную атмосферу, выбрасываются в космос со скоростью близкой к скорости света. Кроме того, горячий газ восплает во всех длинах волны, включая рентгеновское излучение. Эти энергичные частицы и электромагнитная радиация, выброшенные в межпланетное пространство воздействуют на окружающую среду Земли это одна из причин изменения так называемой космической погоды.

Солнечные пятна - это области интенсивных магнитных полей, и изменения в их числе указывает, что магнитное поле Солнца также изменяется. Фактически структура и ориентация магнитного поля Солнца изменяются по 22-летнему циклу. Магнитное поле Солнца генерируется вращением Солнца, а так называемый динамоэффект связан с различной скоростью вращения Солнца и процессами конвекции на нем. Во время солнечного минимума магнитное поле Солнца относительно спокойно. Это поле хорошо организовано и напоминает дипольное магнитное поле, с магнитным полем, выходящим из одного полушария и входящим в другое. За следующие пять - шесть лет, когда Солнце приближается к солнечному максимуму, дипольная конфигурация медленно исчезает и поле Солнца становится магнитно дезорганизованным и высоко структурированным. После солнечного максимума магнитное поле снова становится более организованным, имеющим два отчетливых полюса. Изменение в полярности магнитного поля Солнца определяет 22-летний магнитный цикл Солнца, иногда называемого двойным солнечным циклом. Полярность пар пятен также следует за этим циклом. В течение первых 11 лет магнитного цикла Солнца большие пятна одного из полушария имеют одинаковую полярность, в то время как полярность больших пятен другого полушария противоположна.

Корни космической погоды находятся на Солнце. Для погоды больше всего играет роль процессы протекающие в тропосфере, Земли. Космическая погодная, начинается со слоя атмосферы, называемым термосферой, начинающейся на высотах 100 км. Космические станции летают на высотах приблизительно 350 км и выше.

Основное различие между погодой и космической погодой это тип солнечной энергии, которая влияет на эти области. Солнце непрерывно испускает два главных вида энергии это электромагнитная и корпускулярная радиация. Видимый свет, это есть радиоволны, инфракрасные, ультрафиолетовые, рентген и гамма лучи, которые являются видами электромагнитной энергии.



Электромагнитная радиация нагревает более низкие слои атмосферы, поверхность океанов.

Солнце также непрерывно испускает корпускулярную радиацию, это заряженные атомы главным образом протоны и электроны, которые называют «солнечным ветром». Как и ветры на Земле, так и солнечные ветры образуются за счет температурных различий, между верхней атмосферой Солнца и межпланетным пространством.

**Корональные выбросы масс (СМЕ).** Корональные выбросы масс (СМЕ) - массивный взрыв солнечного ветра. Корональные выбросы масс часто связывают с другими формами солнечной активности, прежде всего с солнечными вспышками, но причинная связь между ними пока не установлена. Большинство выбросов происходят в активных областях на поверхности Солнца, таких как группа пятен, где отмечаются частые выбросы вещества солнца. Во время солнечного максимума Солнце извергает приблизительно каждый день 3 СМЕ, тогда как во время солнечного минимума за 5 дней 1 СМЕ. Корональные выбросы масс выбрасывают в космос огромное количество вещества и электромагнитной радиации. Выброшенная материя это есть плазма, состоящая прежде всего из электронов и протонов, но так же содержит небольшие количества более тяжелых элементов, такие как гелий, кислород и даже железо. Это связано с большими изменениями и хаотичностью в магнитном поле короны. Корональные выбросы масс обычно наблюдаются с помощью коронографа. Корональные выбросы масс достигают скоростей от 20км/ч до 3200км/ч, со средней скоростью 490км/ч. Средняя масса этих выбросов составляет  $1.6 \times 10^{12}$  кг. Если выброс направлен к Земле, то возникает сильная ударная волна, а массы энергичных частиц вызывают геомагнитный «шторм», который существенно может повлиять на структуру магнитосферы Земли. Это выражается в сжатии ее на дневной стороне и расширении на ночной стороне. При том в магнитосфере, вырабатывается огромная энергия в масштабах тераватт, которая направляется обратно к верхней атмосфере Земли. Этот процесс может вызвать в магнитосфере сильные сияния вокруг магнитных полюсов Земли в больших регионах. Они известны как Северное сияние и Южное сияние.

Корональные выбросы масс и солнечные вспышки имеют различное происхождение, и могут разрушить радио передачи и нанести ущерб спутникам и линиям электропередач, приводящим к длительным отключениям электроэнергии. Люди находящиеся в космосе или на больших высотах, например, в самолетах, рискуют получить интенсивную дозу радиации, вызвать раздражение кожи, длительное воздействие радиации может увеличить риск развития рака кожи.

**Данные и методология.** В работе используются карты вращения Кэррингтона взятые со спутников, отражающие интенсивность магнитного поля на солнечной поверхности. Вращение Кэррингтона Солнца это система используется для того, чтобы сравнивать местоположения на поверхности Солнца с течением времени, и позволяет обнаружить новое появление пятен извержений в более позднее время. Солнечное вращение по широте является переменным. Период солнечного вращения для вращения Кэррингтона равно величине 27.27 дней. Каждому

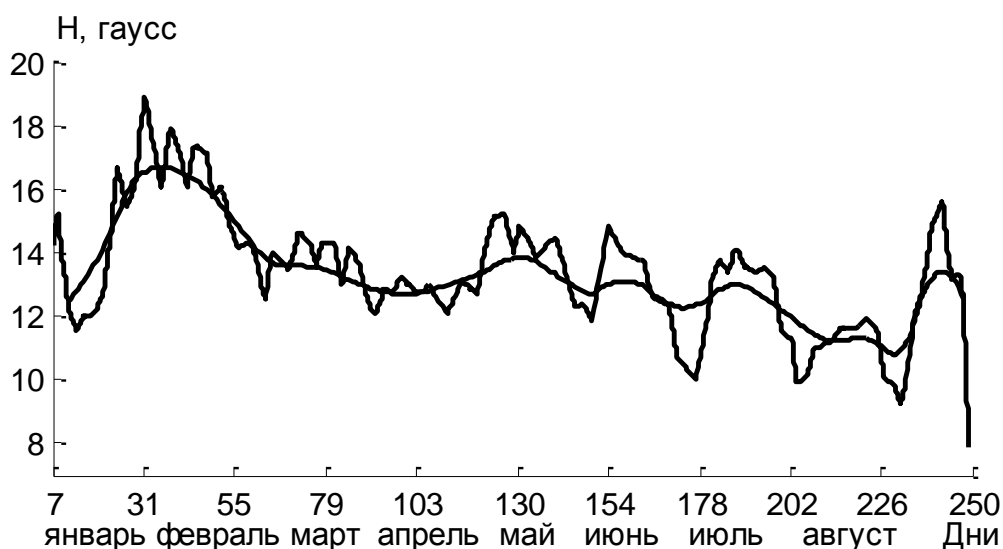
вращению Солнца согласно этой схеме дают число, названное числом вращения Кэррингтона, которое началось с 9 ноября 1853.

Кэррингтон определил солнечное вращение используя солнечные пятна в низких широтах с 1850х и получил 25.38 дней в течении сидерического периода вращения. Сидерическое вращение измерено относительно звезд, поскольку Земля вращается вокруг Солнца, мы обнаруживаем другой период равным 27.27 дней. Диаграмма строится так, что по горизонтали откладываются пятна по долготе, а по вертикали число пятен. Долгота вычисляется временем по пересечении центрального меридиана, Солнечные синоптические карты обычно строятся используя кэррингтоновские координаты  $180^\circ$  по кэррингтоновской долготе и  $360^\circ$  по всей поверхности Солнца с каждым полным вращением Солнца. Каждая из этих карт представляет одно вращение Кэррингтона Солнца. Сила магнитного поля выражено в единице Гаусс.

Из этих данных необходимо найти корреляции между корональными выбросами масс и изменениями интенсивности магнитного поля.

На синоптических графиках отмечены времена, когда происходили существенные корональные выбросы масс.

На практике обычно используются графики зависимости солнечной активности, выраженной в числах Вольфа или радиоизлучения на длине волны 10,7 см – индекс  $F_{10,7}$ . Представляется интересным сравнить эти два результата, выраженные в различных единицах – гауссах и  $F_{10,7}$ . На рис. 1 приводятся два графика. Верхний рисунок отражает гелиофизическую активность Солнца в гауссах, нижний - вспышечную активность Солнца в единицах  $F_{10,7}$ .



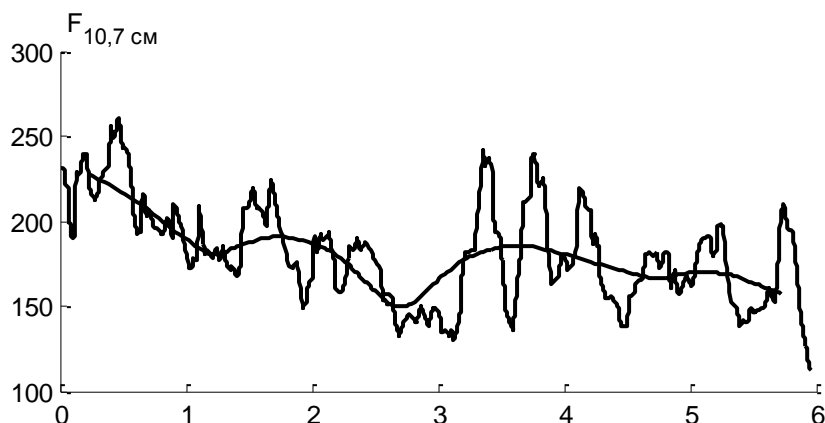


Рис. 1. Гелиофизическая ( $H$ , гауссы) и вспышечная активность Солнца ( $F_{10,7}$ )

**Корреляция солнечного магнитного поля с СМЕ.** Выше перечисленные графики не показывают точную корреляцию солнечного магнитного поля с СМЕ, рассчитывалась корреляция. Чтобы получить точную корреляцию, необходимо взять более длинный интервал времени и сделать ту же самую процедуру для одного полного солнечного цикла.

Например, на рис. 1 между 290 и 327ми днями были зафиксированы огромное количество сильных по магнитуде корональных выбросов масс. В то же время на графике видно, что начиная с 300го дня, магнитное поле Солнца начинает возрастать по магнитуде, которое сопровождается большим количеством СМЕ. И начиная, с 320го дня магнитное поле идет на спад, которое сопровождается двумя корональными выбросами масс. После, приблизительно на 340м дне магнитное поле обратно достигает максимума. Коэффициент корреляции между гелиомагнитным полем в  $H$  гауссах и  $F_{10,7}$  достигает величины 0,6 единиц. При этом экспериментальное значение величины  $H$  Гаусс опережают значения величины  $F_{10,7}$  на 5-6 суток.

### Список литературы

1. Arnold Hanslmeier, 2004. The Sun and Space Weather (New York: Kluwer Academic Publishers), page 1. eBook ISBN: 0-306-48211-8.
2. Mark Moldwin, 2008. An introduction to Space Weather (Cambridge: Cambridge University Press), page 2. ISBN-13 978-0-511-39304-4 eBook (EBL).

УДК 520.8(523.165+539.12)

# **КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ КАК ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЫ.**

**С.В. Крылов**

Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН КР

Рассматривается влияние космических лучей на температурный режим нижней атмосферы.

## **COSMIC RAYS AS FACTOR OF CHANGE OF TEMPERATURE REGIME LOWER ATMOSPHERE**

**S.V. Krylov**

The impact of cosmic rays on temperature regime lower atmosphere have been analyzed.

По космическим масштабам Земля расположена очень близко к Солнцу, а в земную атмосферу способны проникнуть галактические космические лучи (ГКЛ).

Возможность галактических космических лучей (ГКЛ) достигнуть земной поверхности зависит от их энергии, величины геомагнитного поля Земли и широты «точки приема ГКЛ», т.к. вектор модуля поля изменяется в зависимости от географической (магнитной) широты места, в котором регистрируются «следы» ГКЛ. Например, для современного значения величины геомагнитного поля, в области экватора энергия частиц должна быть порядка (и более) 14 ГэВ, на широте 40° энергия частиц, попадающих на Землю, снижается до 4 ГэВ, а на широте 60° - 0.5 ГэВ и т. д. (эффект геомагнитного обрезания).

Очевидно, что интенсивность ГКЛ, достигнувшие поверхности Земли, может возрасти неоднократно, если на некотором пространстве земной поверхности величина геомагнитного поля окажется практически равной нулю. Известно, что в состав ГКЛ, кроме очевидных элементов: водорода и гелия, входит изотоп  $^{10}\text{Be}$  (редко встречающийся в природе). Его содержание в ГКЛ остается постоянным в течение времени порядка  $10^6$  лет. Принято считать, что «время жизни» ГКЛ, т.е. время, необходимое для того, чтобы от источника ГКЛ «добраться до Земли», составляет примерно  $10^7$  лет. При этом отношение изотопов  $[^{10}\text{Be}]/[^7\text{Be} + ^9\text{Be} + ^{10}\text{Be}] = 0,028$ . ГКЛ проходят толщу вещества атмосферы 5 г/см<sup>2</sup>, после чего средняя концентрация частиц ГКЛ составляет 0,2 см<sup>-3</sup>. Таким образом, наличие повышенной концентрации  $^{10}\text{Be}$  может быть индикатором факта, показывающего, что в определенное время, в определенном регионе Земли геомагнитное поле имело существенно меньшую величину, чем обычно. Как следует из ряда работ [Robinson, et al., 1995; Frank, et al., 1997; Aldahan, Possnert, 2003], периоды увеличения концентрации изотопа  $^{10}\text{Be}$  во временной «летописи» осадочных пород, совпадают по времени с экскурсами. На рис.1 в качестве примера приведено

изменение концентрации изотопа  $^{10}\text{Be}$  в осадочных породах в течение последних 160 тыс. лет.

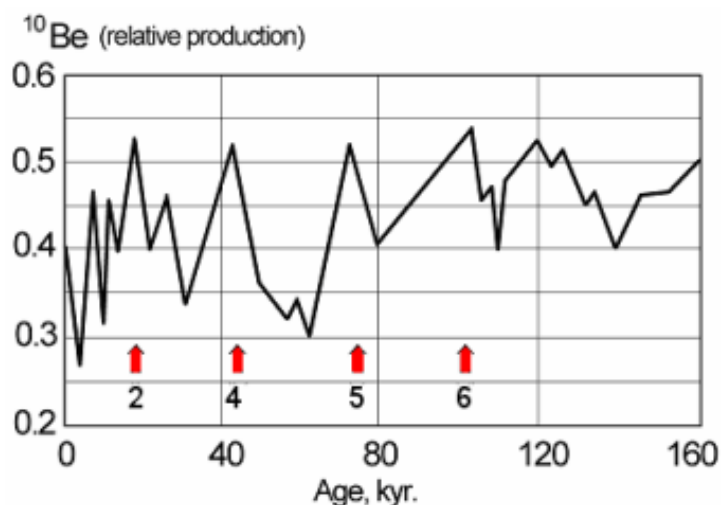


Рис.1 Изменение концентрации изотопа  $^{10}\text{Be}$  в осадочных породах в течение последних 160 тыс. лет.

Для различных широт эта энергия различается, оставаясь в целом по Земле на уровне  $\sim 10$  ГэВ. Частицы (протоны и мезоны) обладающие столь большой энергией, тем не менее, поверхности Земли не достигают, тормозя в её атмосфере, рассеиваясь на ядрах атомов воздуха, генерируя жесткое излучение и приводя к рождению элементарных частиц, в основном,  $\pi$ -мезонов. Мезоны распадаются с образованием мюонной и нейтринной компонент. Образующиеся при этих процессах мюоны и медленные нейтроны регистрируются на Земле нейтронными мониторами ГКЛ.

Все лучи, которые атмосфера пропускает в определенном количестве, чрезвычайно важны для жизни на земле. Например, ультрафиолетовые лучи, которые атмосфера пропускает в строго определенном количестве, необходимы для процесса фотосинтеза у растений, а следовательно, и для поддержания существования всех живых организмов на земле. Большая часть мощных ультрафиолетовых лучей, испускаемых Солнцем, отсекается в озоновом слое атмосферы, так что на землю проходит лишь очень малая, необходимая для жизни доля лучей.

Космические лучи, взаимодействуя с атмосферой, рождают вторичное излучение. Максимальное взаимодействие космических лучей наблюдается в атмосфере на высотах 20-25 км [2]. В свою очередь, вторичные ионизованные частицы, образующиеся от взаимодействий космических лучей с атмосферой, являются главными ионизаторами воздуха. Все это приводит к повышению электропроводности воздуха и электрической активности грозовых облаков. В тропосфере под действием электрических полей ускоряется процесс прилипания легких ионов к незаряженным аэрозольным частицам. Заряженные аэрозольные частицы служат ядрами конденсации водяного пара, находящегося в атмосфере. В связи с этим в атмосфере усиливается процесс конденсации водяного пара с

последующим образованием капель воды. Это, в свою очередь, приводит к увеличению площади облачного покрова.

Максимум напряженности электрического поля, создаваемого зарядом Земли, находится на высоте 1-2 км. Там же находится и максимум концентрации незаряженных аэрозолей. Таким образом, космические лучи опосредовано (через грозовые облака и конденсации капель на аэрозольных частицах) могут существенно влиять на образование нижней облачности до высоты 3 км. Нижняя облачность от общей составляет до 40% и обладает высшим альбедо и по отражательной способности оценивается примерно в 20 Вт/м<sup>2</sup>. Известно и то, что космические лучи могут служить центрами конденсации вокруг капелек водяных паров мельчайших аэрозольных частиц подвешенных в воздухе, которые в свою очередь создают облако аэрозольных частиц. Как известно аэрозольные образования в нижней атмосфере приводят к экранированию падающего потока солнечной радиации, а это в свою очередь влечет к понижению температуры приземной атмосферы.

Таким образом, космические лучи могут оказывать регулирующее действие на облачность, а через нее и на климат. Чем ниже солнечная активность, тем выше интенсивность космических лучей, тем больше облачность и это, естественно, приводит к похолоданию в нижней атмосфере.

Что касается облачности, то здесь необходимо учитывать региональные особенности, к примеру, тот факт, что в зимний период вся европейская территория покрыта облачностью. В зимний период над Европой преобладает циклонический тип циркуляции, в связи с чем, на зимний период приходится максимум облачности. В Восточной Сибири и Забайкалье господствуют антициклоны и, соответственно, в зимний период облачность максимальная, а максимум облачности приходится на лето и осень. В связи с чем, при анализе интенсивности солнечной активности и космических лучей необходимо учитывать региональные особенности, связанные с доминированием в данном регионе циклонической или антициклональной циркуляции.

Причины потепления связаны с природными естественными факторами, а именно, с вариациями солнечной постоянной или солнечной активности, а так же временными вариациями интенсивности космических лучей. Однако, эти изменения не столь значимы, чтобы вызвать подобные изменения климата.

Периодов потепления с периодами уменьшения концентрации пыли может говорить о том, что пыль в керне льда – это остатки атмосферного аэрозоля, который, находясь в атмосфере Земли, экранировал солнечное излучение. Если допустить, что по какой-либо причине пылевой слой был быстро разрушен, легко объяснить быстрое потепление, таяние ледников, быстрый подъем уровня океана (Великий потоп) и т.д. Корреляция периодов потепления с экскурсами геомагнитного поля позволяет найти причину в том, что во время экскурса, когда магнитное поле Земли значительно понижается, космические лучи попадают в атмосферу, что и вызывает разрушение пылевых аэрозолей.

Нужно отметить, что резкое падение приземной температуры в 2008 г. по ст. Бишкек приходится на аномально высокий, выше  $7 \times 10^{-4}$  MeV/nuc, всплеск интенсивности потока космических лучей. В этот период было так же отмечено увеличение доли облаков вертикального развития и доли облаков верхнего яруса.

Нужно заметить, что в нижней атмосфере на высотах (1-2) км находится максимум концентрации незаряженных аэрозолей, которые под действие космических частиц способны концентрировать водяные пары.

По этим причинам космические лучи могут опосредовано влиять на образование нижней облачности на высотах ниже 3 км. Как известно, эта нижняя облачность составляет примерно 40% от общей облачности и обладает самым высоким альбедо, которое оценивается специалистами ориентировочно в  $20 \text{ Вт/м}^2$ , что соизмеримо и выше общей отражательной способности парниковых газов. Так суммарное радиационное воздействие антропогенных факторов на температурный режим нижней атмосферы, связанное с действием всей совокупности парниковых газов и аэрозолей, составляет от 0,6 до  $2,4 \text{ Вт/м}^2$  при средней  $1,6 \text{ Вт/м}^2$ .

Резкие скачки в температурном режиме приземной атмосферы отмечаются тогда, когда наблюдается значимый рост интенсивности потока космических лучей. В остальные периоды резких отклонений температуры в сторону похолодания не наблюдаются. Все проанализированные понижения температуры отмечаются только в вариациях приземной температуры воздуха на уровне 760 м (ст. Бишкек) и при наличии больших градиентов в интенсивности космических лучей.

### Список литературы

1. Гинзбург В.Л., Сыроватский С.И. Происхождение космических лучей, Изд-во АН СССР, 1963.
2. Чарахчян А.Н., Базилевская Г.Н., Сташков Ю.И., Чарахчян Т.Н. Космические лучи в стратосфере и околоземном пространстве в период 19-го и 20-го циклов солнечной активности. //Труды ФИАН, М. Наука, 1976, т. 88, с. 3-50.
3. Энергичные частицы в магнитосфере Земли. Под редакцией Мигулина В.В. ИЗМИРАН, М., «Мир», 1990, 440 с.
4. Элементарные частицы и космические лучи, сб. статей под редакцией Розенталя И.Л. Московский инженерно-физический институт. Атомиздат, М. 1967, 160 с.
5. Ермаков В.И., Сташков Ю.И Космические лучи и потепление климата Земли // ЦАО Росгидромета, ФИАН, ([www.pdfactory.com](http://www.pdfactory.com)).
6. Бердоносков С.С., Сапожников Ю.С. Ионизирующее излучение и окружающая среда // Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7, № 2. С. 40-46.
7. Большаков В.А. Новая концепция астрономической теории палеоклимата: шаг вперед после двух шагов назад // Физика Земли. 2001. № 11. С. 50-61.

УДК 621.317(575.2) (04)

# **ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА К ИССЛЕДОВАНИЮ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ.**

**Е.П. Козлова**

Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН КР

Анализируются возможности метода фрактального анализа для исследования случайных временных рядов.

## **APPLICATION OF FRACTAL ANALYSIS FOR INVESTIGATION OF TEMPORAL DATA**

**Kozlova E.P.**

The possibilities of fractal analysis method for investigation of distributed temporal data have been analyzed.

**Введение.** Если ранее основным методом исследования временных рядов был Фурье-анализ, а рассматриваемые ряды имели в определенной степени регулярный характер, то в последние десятилетия предложены новые методы обработки хаотических временных рядов, ориентированные на использование современных компьютерных технологий.

Для выявления локальных особенностей и закономерностей динамических систем на фоне случайностей могут использоваться вейвлет-анализ [1] и фрактальный анализ для оценки размерности конфигурационного пространства и регулярности временных рядов [2,3].

В плане приложения этих методов рассматриваются самые разные ряды, начиная от традиционных (геофизических, экономических, медицинских) и заканчивая теми, которые стали популярными сравнительно недавно (ежедневные вариации уровня преступности или ДТП в регионе, колебания запросов определенных сайтов в Internet и т.д.). Все эти ряды обычно порождаются сложными нелинейными динамическими системами, описание которых в виде дифференциальных уравнений или дискретных отображений обычно связано с большими трудностями. Такие ряды, как правило, являются фракталами. Это означает, что несмотря на крайнюю нерегулярность, такие ряды на разных масштабах выглядят примерно одинаково.

В зависимости от исследуемых объектов реальный диапазон масштабов, где может наблюдаться фрактальная структура, простирается от расстояний между



молекулами в полимерах до расстояния между скоплениями галактик во вселенной. Можно сказать, что все сильные нерегулярности в природе стремятся обрести самоподобную (фрактальную) структуру как наиболее энергетически выгодную. Такую структуру, в частности, на определенном интервале масштабов имеют все наблюдаемые в реальности хаотические временные ряды.

**Методика вычислений.** Для решения задач классификации и анализа таких самоподобных структур Хаусдорф предложил в 1919 году определение размерности для компактного множества в произвольном метрическом пространстве. Он заметил, что если подобные множества покрывать шарами с радиусом  $\delta$ , то с уменьшением  $\delta$  количество шаров будет расти по степенному закону:

$$N(\delta) \sim (1/\delta)^D \quad (1)$$

Этот показатель  $D$  Хаусдорф и назвал размерностью. Если теперь прологарифмировать обе части этого выражения и переписать в виде равенства для  $D$ , то мы получим точное определение хаусдорфовой размерности :

$$D = \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\ln N(\delta)}{\ln(1/\delta)} \quad (2)$$

Расчет хаусдорфовой размерности для многих модельных объектов с самоподобной структурой (снежинка Кох, коврик Серпинского и т.п.) показал, что  $D$  часто является дробным числом и  $D > D_T$ , где  $D_T$  - топологическая размерность. Последнее свойство было положено Мандельбротом в качестве одного из возможных определений фрактала, согласно которому «фракталом называется множество для которого  $D > D_T$ . Для реальных хаотических временных рядов при вычислении  $D$  из формулы (2), возникает серьезная проблема. Она связана с тем, что с одной стороны, реальные временные ряды всегда имеют минимальным масштаб структуры  $\delta_0$ , с другой же стороны, для всех известных аппроксимаций приближение к степенному режиму (1) обычно является слишком медленным.

Альтернативный способ для исследования фрактальных временных рядов был предложен Мандельбротом. Он основан на определении параметра Хёрста с помощью R/S метода. Таким образом, для определения  $D$  обычно вычисляют показатель Хёрста  $H$ , который связан с  $D$  соотношением

$$H = 2 - D. \quad (3)$$

R/S метод был разработан американским гидрологом Херстом по результатам исследования среднегодового режима расхода воды в дельте Нила. Эмпирический закон Хёрста заключается в выполнении соотношения:

$$\frac{R}{S} = (a_0 N)^H, \quad (4)$$

где  $\frac{R}{S}$  - нормированный размах,  $R$  - разница между максимальными и минимальными значениями приращений наблюдаемой величины на временном интервале длиной  $N$ ,  $S$  – стандартное отклонение,  $N$  – число наблюдений,  $a_0$  – константа,  $H$  – показатель Хёрста, лежащий в интервале  $0 < H < 1$ , для большинства метеорологических и гидрологических наблюдений  $H$  лежит в окрестности 0.7. Хёрст предложил также формулу для оценки величины  $H$  (в предположении что  $a_0=0.5$ )

$$H = \frac{\log(R/S)}{\log(N/2)}$$

Имеются три различных интервала для показателя Хёрста.  $H$  равное 0.5 указывает на случайный ряд. События случайны и не коррелированы. Настоящее не влияет на будущее. Функция плотности вероятности может быть нормальной кривой, но это не обязательное условие.

Если  $0 \leq H < 0.5$ , то получаем антиперсистентные или эргодические ряды. Такой тип системы называют «возврат к среднему». Эти системы демонстрируют после роста спад. И наоборот, если система демонстрировала спад в предыдущий период, то, скорее всего в следующем периоде начнется подъем.

При  $0.5 < H < 1$  мы имеем персистентный ряд, или трендоустойчивый. Если ряд возрастал (убывал) в предыдущий период, то, вероятно, что он сохранит свою тенденцию какое-то время в будущем. В терминах хаотической динамики существует чувствительная зависимость от начальных условий. Персистентный ряд – это обобщенное броуновское движение, или смещенное случайное блуждание. Сила смещения зависит от того, насколько  $H$  больше 0.5. Персистентный временной ряд является фракталом.

Перечисленные особенности поведения рядов можно проиллюстрировать графически, если генерировать модельные ряды с помощью функции Вейерштрасса

$$W(x) = \sum_{n=0}^{\infty} b^n \cos(a^n \pi x), \quad \text{где } b < 1, a > 1, -1 \leq x \leq 1.$$

Определим параметр  $b$  следующим образом  $b = a^{-H}$  и построим ряды данных при  $a=3$  и некоторых значениях  $H$  (рис.1).

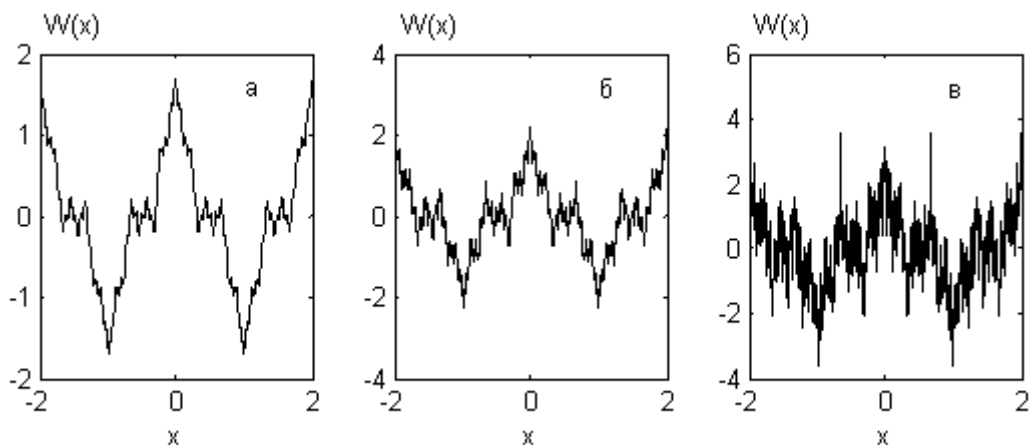


Рис. 1. Графики функции Вейерштрасса при  
а)  $H=0.2$ , б)  $H=0.5$ , в)  $H=0.8$ .

Рассмотрим алгоритм, реализующий R/S метод, и подробно представленный в [4]. Пусть дан временной ряд  $h_n$ ,  $1 \leq n \leq N$ .

Для каждого натурального  $n$  составим величины

$$H_n = \sum_{k=1}^n h_k \quad \text{и} \quad \bar{h}_n = \frac{H_n}{n}.$$

Вычислим следующие числовые характеристики

1. Размах накопленных сумм

$$R_n = \max \left( \sum_{i=1}^k (h_i - \bar{h}_n) \right)_{k=1, \dots, n} - \min \left( \sum_{i=1}^k (h_i - \bar{h}_n) \right)_{k=1, \dots, n};$$

2. [Среднеквадратичное отклонение](#)  $S_n$ :

$$S_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h}_n)^2;$$

3. Нормированный размах накопленных сумм

$$RS_n = \frac{R_n}{S_n}.$$

Образует из последовательности  $RS_n$  и соответствующих значений количества элементов  $n$  последовательность точек на плоскости  $(x_n, y_n) \equiv (\ln n, \ln RS_n)_{n=1}^N$ .

Применяем [метод наименьших квадратов](#) (МНК) для определения [углового коэффициента прямой](#), проходящей максимально близко к полученным точкам и получаем значение для коэффициента Хёрста

$$H = \frac{Ng_1 - c_2g_2}{Nc_1 - c_2^2},$$

где  $c_1 = \sum_{i=1}^N x^2$ ,  $c_2 = \sum_{i=1}^N x$ ,  $g_1 = \sum_{i=1}^N xy$ ,  $g_2 = \sum_{i=1}^N y$ .

Как показали многочисленные обработки временных рядов, R/S-анализ оказался весьма эффективным методом обнаружения не только эффектов "последствия", "сильной памяти", "настойчивости (персистентности)" и "антинастойчивости", но и для обнаружения периодических и непериодических циклов. В качестве системы, где весьма четко видна непериодическая цикличность, можно привести солнечную активность.

Как известно, удобным показателем этой активности являются числа Вольфа, составленные по числу "черных" пятен на поверхности Солнца. Соответствующие месячные данные имеются примерно за 150 лет, и простой визуальный анализ явным образом выявляет наличие 11-летнего цикла. Результаты R/S-анализа чисел Вольфа [5] схематически представлены на рис. 2.

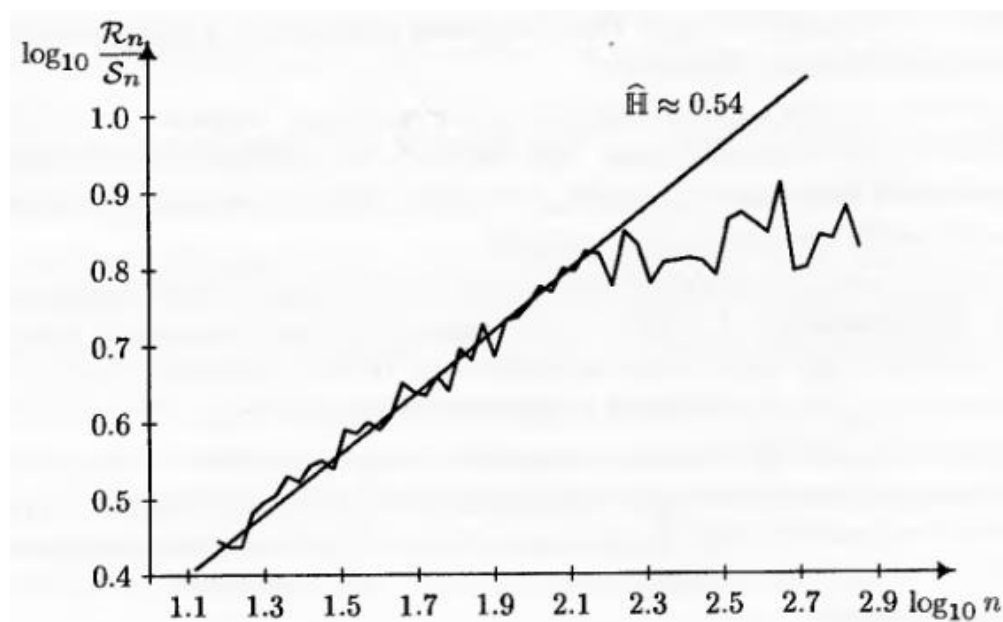


Рис.2. R/S-анализ чисел Вольфа

Оценка параметра  $H$  приводит к величине 0.54, что свидетельствует о некоторой тенденции в сохранении активности ("настойчивости").

Из рис. 2 также четко видно, что в окрестности 11 лет картина поведения  $\ln \frac{R_n}{S_n}$  резко меняется - происходит стабилизация значений  $\frac{R_n}{S_n}$ , что можно объяснить наличием одиннадцатилетнего цикла солнечной активности.

### Список литературы

1. Малла С. Вэйвлеты в обработке сигналов. М.: Мир. 2005. 671с.
2. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. — Москва: Институт компьютерных исследований, 2002, 656 с.
3. Федер Е. Фракталы. М, Мир. 1991. 254 с.
4. Интернет-источник: <http://ru.wikipedia.org/wiki/RS>.
5. Ширяев А. Н. Основы стохастической финансовой математики. Том I. Факты. Модели., Москва: ФАЗИС, 1998. 512 с.

УДК: 620.179.52

### РАЗРАБОТКА БЕЗКОБАЛЬТОВОЙ СВЯЗКИ АЛМАЗНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ РЕЗКИ ПРИРОДНЫХ КАМНЕЙ

**К. Хайдаров**– к. ф.-м. н.; **А. К. Арыков**

Институт физико-технических проблем и материаловедения им. академика  
Ж.Ж.Жеенбаева НАН КР, г. Бишкек, Проспект Чуй, 265-а, Кыргызстан.

E-mail: [kyrgyzalmaz@mail.ru](mailto:kyrgyzalmaz@mail.ru)

В данной статье предложена безкобальтовая металлическая связка для отрезных и подрезных кругов, предназначенных для обработки природных камней, обеспечивающая достаточно высокую стойкость алмазного инструмента.

### DEVELOPMENT OF THE COBALT- FREE BOND OF THE DIAMOND INSTRUMENT FOR NATURAL STONES CUTTING

**K. Khaidarov, A.K. Arykov**

The metallic cobalt-free bond ensuring a high durability of cutoff- and side-facing disks meant for natural stones dressing is proposed in the article.

Разработка безкобальтовых связок является важнейшей проблемой, решение которой позволит расширить ассортимент инструментов, в связи с дефицитностью кобальта, замена связок представляет собой важную народнохозяйственную задачу.

Анализ опубликованных материалов по разработке металлических связок для алмазной дисковой пилы показывает, что для каждого технологического процесса обработки, конкретного вида материала требуется подбор состава связок в соответствии с результатами натурных испытаний инструмента.

Известно, что сплавы на основе системы кобальт-олово имеют высокие механические свойства, обладают высокой теплопроводностью [1-2].

В качестве компонентов металлической связке применялись металлические порошки (медь, олово, железо, кобальт и др.). Они используются в качестве основы связки и в разных сочетаниях с другими материалами. Для резания прочного природного камня (гранит, мрамор, лабрадорит, габбро) применяют алмазный инструмент на износостойких металлических связках, в основном на железной, железо - медной и кобальтовой основе[3-4].

В настоящее время резка гранита производится в основном отрезными сегментными кругами, изготовленными на связке М50 из природных алмазов зернистостью 630/500 - 400/315 мкм. Условная концентрация алмазов, обычно, выбирается равной 50%, т.е. в 1 см<sup>3</sup> содержится 0,44 г или 2,2 карата алмазов. Связка М50 изготавливается на основе твердосплавного порошка ВК8 или ВК10, содержащего вольфрам, дисперсностью от 4 до 6 мкм. В качестве связующего материала используется медь. Сегменты для отрезных кругов изготавливаются путем прессования смеси твердосплавного порошка с алмазами и последующей пропитки полученных пористых брикетов медью. Таким образом, твердосплавный порошок на основе вольфрама занимает в готовом изделии (сегменте) до 55 об.%. Так как выпуск кругов на связке М50 составляет около 1 млн. каратов в год, расход твердосплавного порошка на основе дефицитного вольфрама на изготовление этого вида инструментов весьма значителен.

СВЯЗКИ И АЛМАЗЫ ПРИ РЕЗКЕ ГРАНИТОВ ПОДВЕРГАЮТСЯ СИЛЬНЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ, ТАКИМ ОБРАЗОМ, СВЯЗКА ДОЛЖНА ОБЛАДАТЬ ДОСТАТОЧНОЙ ПРОЧНОСТЬЮ И ХОРОШО УДЕРЖИВАТЬ АЛМАЗЫ. В ТО ЖЕ ВРЕМЯ, СВЯЗКА ДОЛЖНА ОБЛАДАТЬ ДОСТАТОЧНО ВЫСОКОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬЮ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ.

Режимы изготовления связки определяются свойствами закладываемых в нее алмазов. Так как для резки природного камня в настоящее время используются как

природные, так и синтетические алмазы, то при разработке технологических параметров нами учитывались их термостойкость и дробимость. Природный алмаз при производстве алмазного инструмента используется довольно редко, так как материал, полученный путем синтеза, зачастую превышает по прочности натуральный камень.

В данной работе рассматриваются вопросы выбора компонентов, позволяющих создать связку, пригодную для резки природного камня. Такая связка должна обладать достаточно высокой твердостью и износостойкостью, прочно удерживать алмазы. Металлическая связка должна обладать достаточно высокими механическими свойствами и твердостью, сравнительно низкой температурой спекания и давление прессования не должно превышать давления, при котором происходит раздробливание зерен алмазов в связке.

В базовую систему элементов Cu-Sn-Fe, влияние химического состава на физико-механические характеристики которой было исследовано ранее, оценивалось влияние на ее физико-механические характеристики варьируемых параметров: массового содержания железа, никеля и доли твердого сплава ВК8 в общей массе составляющей. Механическое свойство формирующейся алмазосодержащей металлокерамической композиции оценивалось по ее твердости (HRC) [5,6].

Нами для сегмента, используемого в качестве режущего элемента, разработан ряд связки на основе порошков Fe, Ni, Cu, Sn, ВК, SiC, Si, Ti с учетом физико-механических свойств горных пород. Для изготовления композиционных алмазосодержащих материалов инструментального назначения (КАМИН) применялись шлифпорошки синтетических алмазов, выращенные по технологии лаборатории сверхтвердых материалов Института физико-технических проблем и материаловедения НАН КР. Синтетические алмазы, соответствовали шлифпорошке [7] АС 100, зернистость была 500 / 315 мкм при 50 % -й концентрации. Концентрация алмазного порошка определяется как массовое содержание алмазов в каратах в 1 см<sup>3</sup> алмазоносного слоя. Особую роль концентрация алмазов способна сыграть, например, при проведении шлифовальных работ, хотя при работе отрезного алмазного диска по камню значение ее тоже важно. Благодаря этому обеспечивается износостойкость инструмента даже при высоких нагрузках. Как правило, алмазные инструменты выпускаются с относительной концентрацией 25%, 50%, 75%, 100% и 150%, однако, зачастую концентрация подбирается под уникальные условия обработки материала [8].

Прессование алмазных сегментов проводили на гидравлическом прессе типа П-4048 с установленной мощностью до 10 кВт и удельным давлением до 10000 кг/см<sup>2</sup>. Пресс предназначен для прессования алмазного инструмента

При изготовлении сегментов использовали пресс-формы для брикетирования и спекания из инструментальной стали Х12. Шихту засыпали в полость пресс-формы и тщательно разравнивали. Затем устанавливали пуансон и на гидравлическом прессе П-4048 произвели прессование с заданным давлением (~200-300 Мпа). При таких давлениях обеспечивается прочность брикета. Для

повышения прочности закрепления алмазов и износостойкости композиции в целом была проведена горячая допрессовка с последующим воздушным охлаждением под давлением.

Проведенные лабораторные испытания сегментов данного вида связки дают очень стабильные результаты, а именно: они прекрасно спекаются, отлично прессуются, а при термообработке получается однородная структура.

Все дисковые сегменты можно разделить на группы: по диаметру диска, связке и форме. В табл. 1 показано марка алмаза, зернистость, диаметр диска и размеры алмазных сегментов для резки природного камня.

Таблица 1. Алмазные сегменты для резки природного камня

Наименование сегмента	Марка алмаза	Зернистость, мм	Диаметр диска, мм	Размеры сегментов, мм		
				толщина	высота	длина
Сегменты изогнутые при $R_{изг}=175\text{мм}$	AC80-AC100	630/500-250/200	300-350	7,5/6,5	4,2	40
Сегменты прямоугольные			1000-1100	7,5/6,5	7	24

Размеры опытных сегментов составляли:  $24 \times 7,5/6,5 \times 7(5+2)\text{мм}$ , и  $40 \times 7,5/6,5 \times 4,2\text{мм}$  при  $R_{изг}=175\text{мм}$ , которые показаны на рис.1 (а) и (б), соответственно.



а)  $24 \times 7,5/6,5 \times 7(5+2)\text{мм}$



б)  $40 \times 7,5/6,5 \times 4,2\text{мм}$ ,  $R_{изг}=175\text{мм}$ .



Рис.1 Опытные образцы в виде прямоугольного (а) и изогнутого (б) сегментов

Сегменты крепятся на стальной корпус лазерной сваркой (для сухой резки) или серебряной пайкой (для мокрой резки). Для изготовления отрезных и подрезных кругов используемых при резке гранита, мрамора, и других природных и строительных материалов с применением охлаждающей жидкости крепили отобранных сегментов с помощью серебряного припоя ПСР-45 на камнерезную дисковую пилу. Плавление серебра происходит при температуре  $650-700^{\circ}\text{C}$ , что позволяет использовать алмазные сегменты из синтетических алмазов.

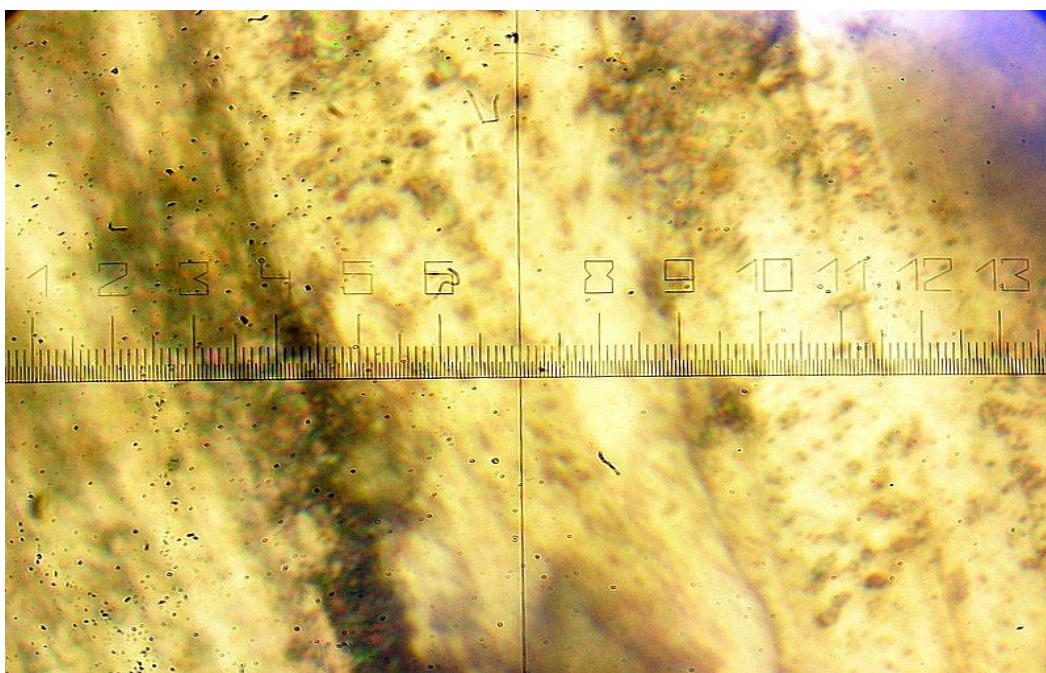


Рис.2 Микроструктура опытного КАМИН в виде прямоугольного сегмента (x100)

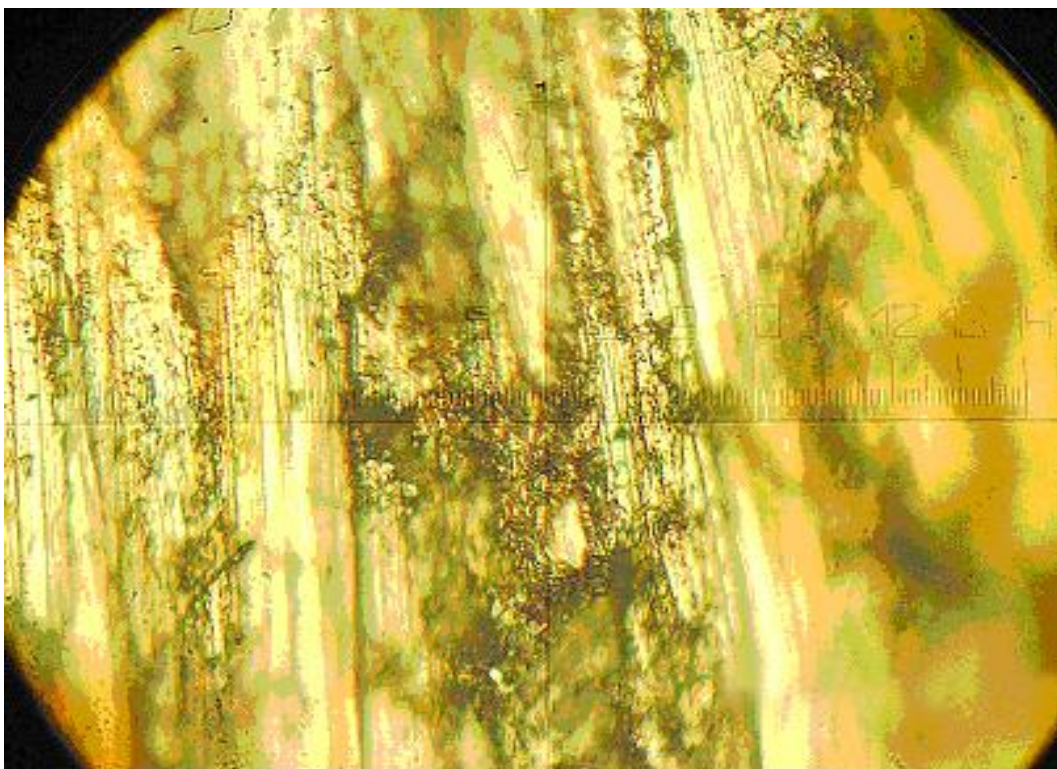


Рис.3 Микроструктура опытного КАМИН в виде изогнутого сегмента (x100)

Металлографические исследования проводили на предварительно прессованных опытных сегментах. Для этого приготавливали шлифы путем механической шлифовки и последующей полировки. Для качественной оценки микроструктуры на шлифе под микроскопом МИКРО 200Т-01 определялись размерные параметры ее элементов на поверхности исследуемых алмазных инструментов. Структуры характерных фрагментов опытных сегментов, снятые при 100 кратном увеличении, представлены на рис. 2 и 3 для прямоугольных и изогнутых сегментов, соответственно.

Нами для сегментов, используемых в качестве режущего элемента, разработаны следующие партии связок с учетом физико-механических свойств горных пород.

Fe-51-60%, Ni-9-11%, Cu-8-25%, Sn-1-5 %, ВК6-4-10 %, SiC-6-10%.

В качестве критерия механической прочности использовалось твердость образцов, изготовленных по следующему режиму:

- Холодное брикетирование 100 МПа
- Температура спекания 950°C,
- Время спекания 35 минут,
- Горячая допрессовка 50-70 МПа.

Результаты измерений приведены в табл. 2

Таблица 2. Исходный состав и твердость опытных отрезных и подрезных сегментов

№ П.п	Размеры сегмента, мм	Состав металлокерамическ ой связки	Относительная концентрация алмаза, %	Твердость, HRC
1	24x7,5/6,5x7(5+2)	Fe, Ni, Sn, BK6, Cu, SiC	30,0-50,0	25÷30±3,0
2	40x4,2x7,0; Rизг=175	Fe, Ni, Sn, BK6, Cu, SiC		26÷30±2,0

Алмазными сегментами для распиловки природного камня, изготовленными в ОсОО Научно-производственный центр «Сетунь- Алмаз и компания», оснастили отрезного круга диаметром 1000 мм. и подрезного круга диаметром 350 мм. Из твёрдых горных пород на ОАО «Кыргыз Тоо-Таш» (г. Токмак) обрабатываются бескварцевые граниты (габбро и лабрадориты), граниты, содержащие различное количество кварца и относящиеся соответственно к той или иной группе твёрдости и обрабатываемости, а также кварцевые породы такие, как розовый гранит Кайиндинского месторождения. На начальном этапе распиловки блока габбро глубина резания составляла 0,5 мм, а продольная подача составляла 3-4 м/мин. После углубления в блок на 80-100 мм постепенно увеличивали глубину резания до 2,0-2,5 мм, а продольную подачу до 6 м/мин. Производительность распиловки составляла 120-125см<sup>2</sup>/мин. Расход охлаждающей жидкости (вода) находился в пределах 80-100л/мин. При работе кругом потреблялся ток 20 –25А, круг не требовал дополнительного вскрытия, искрение отсутствовало.

Наблюдения за работой круга осуществлялось ежедневно с фиксацией режимов резания и износа алмазных сегментов по высоте. Средняя потеря высоты составляла за сутки порядка 0,46-0,71мм,. Полученный по результатам испытаний удельный расход алмазов составил ~1,0 карат/м<sup>2</sup>.

Результаты производительности отрезных станков при распиловке природного камня ОАО «Кыргыз Тоо-Таш» при диаметре отрезных дисков 1000 мм и количестве их оборотов 1050 в мин. рассмотрено в табл. 3.

Таблица 3. Производительность резки природного камня

Наименование природного камня	Габбро	Кайиндинский гранит	Чычканский мрамор	Сарыташский известняк
----------------------------------	--------	------------------------	----------------------	--------------------------

Производительность резание, П рез, см <sup>2</sup> /мин	121-127	145	750	3000
---	---------	-----	-----	------

Таким образом, созданные инструменты для обработки горных пород обладают высокой работоспособностью, что позволяет получить при их применении большой экономический эффект.

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Разработана безкобальтовая металлическая связка для отрезных и подрезных кругов, предназначенных для обработки природных камней, обеспечивающая достаточно высокую стойкость алмазного инструмента
2. Созданы композиционные алмазосодержащие материалы инструментального назначения с заданными свойствами с использованием совмещенных методов порошковой металлургии и высоких давлений, обеспечивающих повышение прочности, абразивной стойкости и прессуемости связки.

### Список литературы

1. АЙЗЕНКОЛЬБ Ф. УСПЕХИ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ. - М.: МЕТАЛЛУРГИЯ, 1969. - 540 с.
2. Физико-химические свойства элементов: Справочник. - Киев: Наукова думка, 1965.
3. А.С.298626(СССР). Металлическая связка для абразивного инструмента /В. Н. Галицкий, В. В. Бовтун, В. А. Муровский, К. П. Хукаленко, В. А. Александров - опубл. в Б.И., -1971г.- №11.
4. А.С.298626(СССР). Металлическая связка для абразивного инструмента /В.Н. Галицкий, В. В. Бовтун, В. А. Муровский, К. П. Хукаленко, В. А. Александров - опубл. в Б.И., 1971г.- №25.
5. Арыков А. К. Изучение структуры композиционных алмазосодержащих материалов. Научный журнал «ФИЗИКА». 2011. №1. С.50-53
6. К. Х. Хайдаров, Арыков А. К. Алмазная распиловка природных камней. Научный журнал «ФИЗИКА». 2011. №3. С.51-55
7. Порошки алмазные. Технические условия. – ГОСТ 9206 – 88Е. – Москва: Издательство стандартов – 1987. – 45с.
8. Круги алмазные отрезные. Сегментные формы .Технические условия ГОСТ 16115-88 // М.: Издательство стандартов. 1988. 11 с

**УДК 621.762**

# **ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА БОЛЬШЕОБЪЁМНЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ НИТРИДОКРЕМНИЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ.**

Н.К.Касмамытов – д.ф.-м.н. , К. А. Ласанху - мнс

Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН КР

г. Бишкек, Кыргызстан , e-mail: [MegaCom17@mail.ru](mailto:MegaCom17@mail.ru).

В работе представлены данные о технологии получения, структуре и физико-химических свойствах большеобъемных наноструктурированных керамических материалов на основе нитрида и карбонитрида кремния.

## **TECHNOLOGY OF RECEIVING, STRUCTURE AND LARGE-VOLUME NANOSTRUCTURED NITRIDOKREMNIYEV'S PROPERTIES OF MATERIALS.**

N.K. Kasmamytov, K.A.Lasankhu

Institute of physics and technology problems and materials science NAS KR,

Bishkek, Kyrgyzstan, e-mail: [MegaCom17@mail.ru](mailto:MegaCom17@mail.ru).

In work are submitted data on technology of receiving, structure and physical and chemical properties of the large-volume nanostructured ceramic materials on the basis of nitride and carbo of silicon.

С развитием кремниевой промышленности постоянно увеличиваются многотонные кремниевые отходы. Из-за высокой химической чистоты исходного монокремния и большого количества, кремниевые отходы становятся привлекательным источником сырья для использования их в производстве нитридокремниевой керамики методом шликерного литья и последующего реакционного спекания [1]. Это метод является ресурсосберегающим, относительно не дорогой технологией, позволяющие получать керамические и керамокомпозиционные изделия на основе нитрида и карбонитрида кремния с требуемыми структурой и физико-химическими свойствами.

В лаборатории порошковых материалов Института физико-технических проблем и материаловедения Национальной Академии наук Кыргызской Республики была разработана технология [2,3] получения нано- и ультраструктурированных керамокомпозиционных материалов (НУКМ) на основе нитрида и карбонитрида кремния методом шликерного литья и последующего реакционного спекания в газовой среде азота.

Цель данной работы – получение НУКМ из ультрадисперсных шламовых порошков полупроводникового кремния по разработанной технологии, изучение структуры и физико-химических свойств реакционно-спечённых опытных образцов НУКМ.

### **Технология получения реакционно-спечённых НУКМ.**

1. Производится измельчение очищенного кремния путем помола в шаровой мельнице, что позволяет получать порошки, частицы которых имеют нано- и ультрадисперсные размеры с близкой к шаровидной форме. Режимы помола определяются экспериментально для каждого конкретного порошка в зависимости от состояния и природы их исходных частиц. Длительность измельчения может составлять от нескольких часов до нескольких суток.

2. Приготовление термопластичного шликера для горячего формования керамических изделий используются различные термопластичные вещества: парафин, воск, твёрдые жиры, и некоторые смолы типа фенолформальдегидные в определённых пропорциях.

3. Проводят длительное перемешивание кремниевого шликера с одновременным её вакуумированием с целью улучшения технологических свойств шликера. Этот процесс занимает около 10 – 12 часов. После чего осуществляют горячее формование шликера в прессформы с целью придания требуемой формы шликерному керамическому изделию.

4. Перед спеканием шликерные изделия подвергают так называемой выпарке пластифицирующей связки (до 3% масс.) путем нагрева в специальных муфельных печах по разработанной технологии [4] для удаления пластифицирующей связки.

5. После выпарки пластификатора из шликерного изделия заключительной операцией в технологии получения опытных реакционно-спеченных образцов НУКМ является реакционное спекание в газовой среде азота, где формируется изделия с конечными свойствами.



## **Структура керамокомпозиционного материала.**

В ранее проведенных исследованиях [5] было установлено, что реакционно-спеченные опытные образцы НУКМ (режим I), полученные по вышерассмотренной технологии, состоят из двух основных фаз  $\beta$ -  $\text{Si}_3\text{N}_4$  и  $\text{Si}_3(\text{CxNy})_4$ , в виде “леса” нано- и ультранитевидных кристаллов.

Эти изоморфные фазы  $\beta$ -  $\text{Si}_3\text{N}_4$  и  $\beta'$ -  $\text{Si}_3(\text{CxNy})_4$  имеют гексагональную структуру, но отличаются между собой параметрами кристаллической решетки. У  $\beta$ -  $\text{Si}_3\text{N}_4$  фазы параметры элементарной ячейки больше на  $\Delta a \approx 0,04 \text{ \AA}$  и  $\Delta c \approx 0,003 \text{ \AA}$ , чем у  $\beta'$ -  $\text{Si}_3(\text{CxNy})_4$  [6,7]. Это обусловлено тем, что в процессе реакционного спекания происходит замещения атомов азота атомами углерода с образованием нестехиометрического соединения карбонитрида кремния  $\beta'$ -  $\text{Si}_3(\text{CxNy})_4$  с переменным составом.

Проведенный нами фазовый анализ реакционно-спеченных опытных образцов НУКМ (полученных по режиму II) показал наличие в структуре следующих основных полиморфных фаз в виде нитевидных кристаллов  $\alpha$ -  $\text{Si}_3\text{N}_4$  и  $\alpha'$ -  $\text{Si}_3(\text{CxNy})_4$  составляющих около 85-92%, а также в виде включения не связанной с основной структурной матрицей -  $\text{SiC}$  и  $\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$  около 1,5%, так же следует отметить что в структуре присутствует 6-13%  $\beta$ -  $\text{Si}_3\text{N}_4$ .

## **Физико-химическая устойчивость нано- и ультраструктурированных керамокомпозиционных материалов.**

По экспериментальным данным видно (таблицы 1 и 2), что химическая устойчивость опытных реакционно-спеченных образцов НУКМ полученных по режиму I в среднем в 6-раз выше по сравнению с реакционно-спеченными образцами НУКМ по режиму II. Также это заметно если сравнивать изменение массы (гр/час) реакционно-спеченных опытных образцов в концентрированных кислотах и щелочах полученных по режиму I и II, то видно, что реакционно-спеченные опытные образцы полученные по режиму I более стойки к воздействию концентрированных кислот и щелочей, чем опытные реакционно-спеченные образцы полученные по режиму II. Например, химическая устойчивость реакционно-спеченных опытных образцов полученных по режиму I (табл. 1) в концентрированной азотной и серной кислоте в 7,2 раз выше, чем у реакционно-спеченных опытных образцов полученных по режиму II (табл. 2).

Сравнивая изменение массы опытных образцов НУКМ после воздействия концентрированной азотной кислоты видно, что масса у реакционно-спеченного опытного образца полученного по режиму I изменилась на  $1,39 \cdot 10^{-4}$  гр/час, что почти в 4 раза больше по стойкости, чем у реакционно-спеченного опытного образца по режиму II –  $5,48 \cdot 10^{-4}$  гр/час, а стойкость в концентрированной серной кислоте опытного образца полученного по режиму I почти в 7 раз выше т.е. равны  $1,44 \cdot 10^{-4}$  гр/час, чем опытный образец полученные по режиму II –  $9,3 \cdot 10^{-4}$  гр/час.

Таблица 1

Химическая устойчивость керамокомпозиционного материала на основе

$\beta$ -  $\text{Si}_3\text{N}_4$  и  $\beta'$ -  $\text{Si}_3(\text{C}_x\text{N}_y)_4$  при  $T=298,15$  К.

Концентрированный реагент.	Начальная масса $m_1$ , грамм.	Конечная масса $m_2$ , грамм.	Стойкость в течение $t$ , час.	$(m_2-m_1)/t$ , грамм/час.
$\text{HNO}_3$	1,585	1,715	1161	$1,39 \cdot 10^{-4}$
$\text{H}_2\text{SO}_4$	1,640	1,755	1161	$1,44 \cdot 10^{-4}$
$\text{H}_3\text{PO}_4$	1,365	1,335	1286	$1,05 \cdot 10^{-4}$
КОН	1,430	1,565	750	$3,05 \cdot 10^{-4}$
NaOH	1,830	1,975	625	$3,90 \cdot 10^{-4}$

В концентрированной фосфорной кислоте химическая устойчивость опытных образцов НУКМ полученных по режиму I достигает 1286 часов, что почти в 6,1 раз выше, чем у реакционно-спеченных образцов полученных по режиму II - 210 часов, а масса реакционно-спеченных образцов по режиму I в концентрированной фосфорной кислоте изменяется на  $1,05 \cdot 10^{-4}$  гр/час, что почти в 3 раза устойчивее чем у реакционно-спеченных образцов по режиму II –  $3,81 \cdot 10^{-4}$  гр/час, другими словами опытные реакционно-спеченные образцы полученные по режиму I более стойки в концентрированной фосфорной кислоте, чем опытные образцы (режим II) с  $\alpha$ -  $\text{Si}_3\text{N}_4$  и  $\alpha'$ -  $\text{Si}_3(\text{C}_x\text{N}_y)_4$  фазами.

В концентрированных щелочах химическая устойчивость реакционно-спечённых опытных образцов НУКМ (режим I) составило 750 часов в КОН и 625 часов в NaOH, а у реакционно-спеченных опытных образцов (режим II) составило 136 часов это почти в 4,5 (КОН) и 5,5 (NaOH) раза меньше. А изменение массы



реакционно-спеченных опытных образцов (режим I) равняется  $3,05 \cdot 10^{-4}$  и  $3,90 \cdot 10^{-4}$  гр/час, а НУКМ (режим II)  $8,37 \cdot 10^{-4}$  и  $9,76 \cdot 10^{-4}$  гр/час соответственно.

Таблица 2

Химическая устойчивость керамокомпозиционных материалов на основе  $\alpha$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$  и  $\alpha'$ - $\text{Si}_3(\text{CxNy})_4$  при  $T=298,15$  К.

Концентрированный реагент.	Начальная масса $m_1$ , грамм.	Конечная масса $m_2$ , грамм.	Стойкость в течение $t$ , час.	$(m_2-m_1)/t$ , грамм/час.
$\text{HNO}_3$	1,103	1,190	161	$5,48 \cdot 10^{-4}$
$\text{H}_2\text{SO}_4$	1,871	2,076	161	$9,3 \cdot 10^{-4}$
$\text{H}_3\text{PO}_4$	1,001	0,980	210	$3,81 \cdot 10^{-4}$
KOH	1,423	1,505	136	$8,37 \cdot 10^{-4}$
NaOH	1,660	1,790	136	$9,76 \cdot 10^{-4}$

И так отметим, что реакционно-спеченные опытные образцы НУКМ полученные по режиму I и II по химической устойчивости существенно отличаются. Высокие значения химической устойчивости реакционно-спеченных опытных образцов НУКМ (режим I) связываются с более прочными ковалентными связями в высокотемпературных модификациях  $\beta$ -  $\text{Si}_3\text{N}_4$  и  $\beta'$ -  $\text{Si}_3(\text{CxNy})_4$ . Мерой величины ковалентной связи могут служить параметры кристаллической решётки, образующихся фаз в реакционно-спеченных опытных образцах НУКМ. Например, в  $\beta$  и  $\beta'$ -фазах нитрида и карбонитрида кремния (режим I) параметры кристаллической решетки “а” и “с” меньше на  $\Delta a \approx 0,15 \text{ \AA}$  и  $\Delta c \approx 2,71 \text{ \AA}$ , чем у реакционно-спеченных опытных образцов  $\alpha$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$  и  $\alpha'$ -  $\text{Si}_3(\text{CxNy})_4$  (режим II).

## ВЫВОДЫ.

Данная разработанная технология позволяет изготавливать качественную нитридокремниевую керамику имеющие в структуре нано- и ультрадисперсные

кристаллы нитрида и карбонитрида кремния, при сравнительно не высоких температурах, на основе шламовых отходов полупроводникового производства кремния, что непосредственно отражается на себестоимости нитридокремниевых изделий.

Проведенное исследование химической устойчивости показали, что синтезированные опытные образцы НУКМ могут применяться в качестве изделий работающих в концентрированных кислотах, таких как серная, азотная, фосфорная и концентрированных щелочах - гидроксид натрия и калия при  $T=298,15$  К и при более высоких температурах.

### Список литературы

1. Касмамытов Н.К. / Утилизация отходов кремниевого производства: технология, керамика, структура, свойства, применение. // Бишкек: Белек-принт, 2010.-236 с.
2. Касмамытов Н.К., Макаров В.П., Курбанов К.Р. / Способ изготовления керамокомпозиционных изделий из отходов кремния // Кыргызпатент KG 1203 C1 (C04B 35/58). – 2009.-4 с.
3. Касмамытов Н.К. / Технология синтеза нано- ультраструктурированных керамокомпозиционных материалов. // Сб. трудов: Открытой школы конференции стран СНГ «Ультрамелкозернистые и наноструктурированные материалы» - Россия, г. Уфа, 11-15 октября 2010г.-с.45.
4. Лелёвкина В.М., Каныгиной О.Н., / Моделирование и технология получения керамики на основе кремния. //Под ред.– Бишкек: Изд-во КРСУ, 2008. - 282 с.
5. Касмамытов Н.К., Мураталиева В.Ж. / Рентгеноструктурные исследования реакционно-спечённых керамокомпозиционных материалов. // Бишкек. – 2009. - Известия Кыргызского государственного технического университета - №17. - С.271-275.
6. Касмамытов Н.К. / Структурообразование керамокомпозиционного материала на основе нитрида кремния. // Бишкек. Изд-во КРСУ – 2011. – 90с.
7. Андриевский Р.А. / Нитрид кремний – синтез и свойства. // Институт новых химических проблем РАН. – Успехи химии. – 1995 (64) №4, 311-329 с.

УДК: 539.1

### **СВЯЗЬ СИЛ СЛАБОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СО СТРУКТУРОЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ В СРАВНЕНИИ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ И ЯДЕРНЫМИ СИЛАМИ**

**М.Н.Раимкулов, к.т.н.**

Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН КР,

В данной статье предложена вероятная связь силы слабого взаимодействия со структурами нейтрино, фотонов и элементарных частиц и показаны факторы, которые влияют на проявление такой силы. Показано, что слабое взаимодействие может являться следствием воздействия трех сил: силы гравитационного притяжения, силы гравитационного отталкивания и силы инерции и, следовательно, в этом случае не может называться фундаментальным.

## COMMUNICATION OF FORCES OF WEAK INTERACTION WITH STRUCTURE OF ELEMENTARY PARTICLES IN COMPARISON WITH ELECTRIC AND NUCLEAR FORCES

M.N.Raimkulov

In given article probable communication of force of weak interaction with structures of neutrino, photons and elementary particles is offered, and factors which influence display of such force are shown. It is shown, that weak interaction can be a consequence of influence of three forces: forces of a gravitational attraction, force of gravitational pushing away and force of inertia and, hence, in this case cannot be called as fundamental.

Сегодня, когда говорят о слабых взаимодействиях, чаще всего рассматривают взаимодействия с участием нейтрино. Нейтрино, как известно, нейтральные частицы. Также известно, что они имеют очень маленькую массу, на 4 порядка меньше массы электрона. Как полагает автор структура нейтрино – это структура нейтрального вторичного вихря состоящего из нейтральных первичных вихрей. Ранее автором уже было сделано предположение относительно фотона, из которого следует, что фотоны это один виток вторичного вихря. По аналогии с этим мы можем предположить, что нейтрино – это один или несколько, но небольшое количество, витков нейтрального вихря. Возьмем это предположение за основу и посмотрим, как будет взаимодействовать такая структура нейтрино с другими аналогичными структурами, но имеющими большую массу, т.е. большое количество вторичных вихрей (Рис. 1).

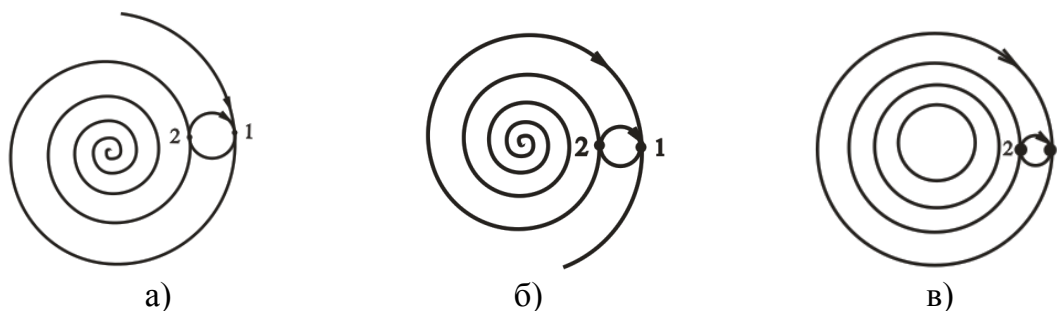


Рис. 1. Взаимодействие нейтрального первичного вихря с элементарными частицами.

Из предложенных схем взаимодействия видно, что в отличие от ранее рассмотренных взаимодействий первичных вихрей (электрических и ядерных) [1,2], взаимодействие одного витка нейтрального первичного вихря с любой структурой первичных вихрей будет минимальна. Для того чтобы понять почему это взаимодействие носит минимальных характер имеет смысл сначала разобрать взаимодействие первичных вихрей, показанных на рис. 2.

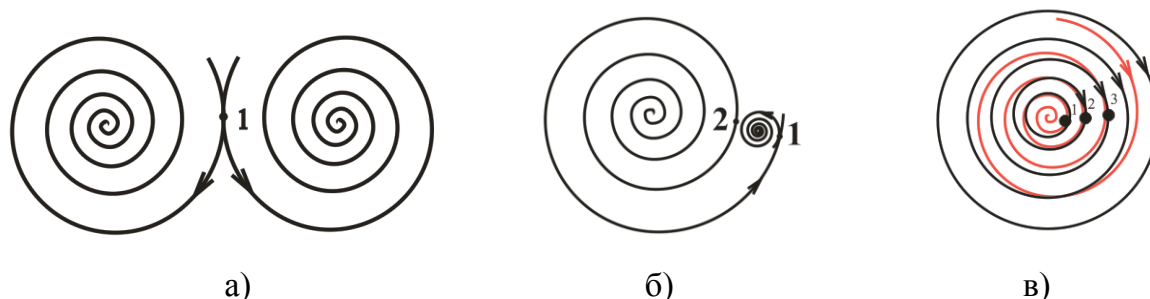


Рис. 2. Взаимодействие первичных вихрей элементарных частиц:

- а) электрическое отталкивание;
- б) электрическое притяжение;
- в) ядерное притяжение.

Как ранее отмечалось [3] первичные вихри, представленные на рисунках 1 и 2 линиями, на самом деле состоят из физических точек материи. При взаимодействии на минимальном расстоянии между физическими точками преобладает сила гравитационного отталкивания [4,5]. Помня об этом рассмотрим взаимодействия, показанные на рисунке 2. Рисунок 2.а показывает отталкивание одноименных частиц друг от друга. Посмотрим, как это происходит. Из рисунка видно, что при движении вихрей вдоль направления, показанного стрелками, каждая последующая физическая точка этих вихрей расположена на большем радиусе вращения вокруг центра своего вихря. Это приводит к тому, что при взаимодействии физических точек вихрей двух элементарных частиц эти точки отталкивают друг друга (Рис. 2.а, точка 1), а поскольку каждая следующая физическая точка и первого и второго вихрей располагается дальше от центра своего вихря, то это приводит к тому, что вихри удаляются друг от друга.

При взаимодействии вихрей разной направленности, названных ранее положительными и отрицательными (Рис. 2.б), физические точки одного вихря расположены так, что каждая последующая физическая точка имеет больший радиус вращения, чем предыдущая. Физические точки второго вихря расположены так, что каждая последующая физическая точка наоборот имеет меньший радиус вращения, чем предыдущая. При взаимодействии таких вихрей в той ориентации, которая показана на рисунке, вихрь первого вида притягивается к вихрю второго вида за счет того, что каждая следующая точка второго вихря все ближе и ближе подталкивает к себе вихрь первого вида. При этом вихрь первого вида наоборот, отталкиваясь от физических точек второго вихря и благодаря тому, что каждая его последующая физическая точка располагается все дальше от центра этого вихря, и тем самым, можно сказать, с удвоенной силой подталкивается к центру второго

вихря (точка 1 на рис. 2.б). При приближении вихрей постепенно увеличивается количество точек взаимодействия направленные на отталкивание вихрей друг от друга (точка 2 на рис. 2.б), вследствие чего притяжение и отталкивание на некотором расстоянии друг от друга компенсирует. Как результат данные вихри больше не могут приблизиться друг к другу, и они же не могут удалиться друг от друга (в отсутствие сторонних сил), поскольку в этом случае сила притяжения возрастет и вновь вернет вихри на сбалансированное расстояние. Такое взаимодействие ранее было классифицировано как электрическое [1]. В реальных процессах эти явления мы наблюдаем, когда, например, электроны притянутые протонами не сливаются с ними, а начинают вращаться вокруг них, создавая атом.

Если рассмотреть взаимодействие на минимальном расстоянии вихря первого вида и вихря, в котором физические точки вращаются с неизменным радиусом вращения (вдоль круга), то в данном случае мы увидим, что притяжение одного вихря к центру другого будет иметь множество точек взаимодействия (точки 1, 2, 3 на рис. 2.в). И все эти точки взаимодействия направлены на то, чтобы притягивать один вихрь к другому, в отличие от притяжения показанного на рисунке 2.б. И этот факт говорит о величине «мощности», с которой эти вихри притягиваются друг к другу. Такое взаимодействие ранее было классифицировано как ядерное [2], которое проявляется между протонами и нейтронами ядра.

При распространении фотонов, которые в отличие от нейтрино довольно сильно взаимодействуют с веществом (отражаются, преломляются, поляризуются и т.д.), мы можем предположить три отличия нейтрино от фотонов: 1) фотон имеет один виток вторичного вихря, нейтрино возможно один и более витков; 2) первичные вихри фотонов могут иметь спиралеобразную форму у нейтрино первичные вихри имеют кольцевую форму; 3) радиус первичных и (или) возможно вторичных вихрей нейтрино может быть намного больше радиуса первичных и (или) вторичных вихрей фотонов. Эти отличия приводят к тому, что: 1) наличие нескольких вторичных витков у нейтрино вместо одного вторичного витка у фотона придает первым большую массу, чем вторым, поэтому ее удалось измерить; 2) наличие спиралевидной структуры первичных витков фотонов приводит к электромагнитным и ядерным влияниям на фотоны, а наличие круговой структуры первичных вихрей вместо спиралевидной у нейтрино приводит к отсутствию такого влияния; 3) при увеличении радиуса вторичных вихрей расстояние между точками 1 и 2 (Рис. 1) будет большим, значит должно быть большим расстояние между витками вихрей тех частиц, с которыми вступает во взаимодействие нейтрино. Не трудно догадаться исходя из структуры первичных вихрей, что большое расстояние между витками первичных вихрей наблюдается на большем расстоянии от центра этих витков, где плотность этих витков намного меньше, а значит и величина влияния на любую частицу и соответственно на нейтрино намного меньше.

Теперь, после того как мы разобрали электрическое и ядерное взаимодействия вихрей показанных на рисунке 2, а также принципиальные отличия структуры нейтрино от структуры фотонов, мы можем рассмотреть более детально

взаимодействие показанное на рисунке 1 и понять почему это взаимодействие будет намного меньше рассмотренных.

1) В случае с первичным вихрем, имеющем кольцевые витки, в силу того, что в любом витке каждая следующая физическая точка вращается на одном и том же расстоянии от центра витка, они не отталкивают и не притягивают объекты. При воздействии на такие вихри вихрей спиралеобразной формы, в которых каждая последующая физическая точка их первичных вихрей вращается на большем расстоянии от центра, чем предыдущая, в точке 2 (Рис. 1.а) данный вихрь будет отталкивать нейтрино, а в точке 1 наоборот препятствовать такому отталкиванию. В результате не смотря на то, что отталкивание будет, оно будет значительно скомпенсировано, а следовательно, незначительным.

2) При воздействии на нейтрино вихрей, в которых каждая последующая физическая точка их первичных вихрей вращается на меньшем расстоянии от центра, чем предыдущая, в точке 1 (Рис. 1.б) данный вихрь будет притягивать нейтрино к себе, а в точке 2 наоборот препятствовать такому притяжению. В результате такого воздействия не смотря на то, что притяжение будет, оно будет значительно скомпенсировано, а, следовательно, оно будет так же незначительным.

3) При воздействии на нейтрино круговых вихрей, в которых каждая последующая физическая точка их первичных вихрей вращается на одинаковом расстоянии от центра, в точке 1 (Рис. 1.в) данный вихрь будет подталкивать нейтрино к себе, а в точке 2 наоборот будет отталкивать от себя. В результате такого воздействия на нейтрино не будет ни целенаправленного притяжения, ни целенаправленного отталкивания, в этом случае воздействие на нейтрино в указанных двух точках будет стараться удерживать нейтрино между витками, т.е. на одном и том же расстоянии от указанных круговых вихрей.

4) Процесс воздействия можно представить себе следующим образом. При воздействии, например спиралевидных витков первого вида (Рис. 1.а) на витки нейтрино, процесс притяжения может выглядеть примерно следующим образом. Воздействие спиралевидного витка на круговой виток нейтрино, в силу эластичности витков (представим себе их в виде резины), силы одного воздействующего витка может оказаться недостаточно для притяжения (вследствие, например, силы инерции). Тогда далее этот виток начинает растягиваться вокруг кругового витка нейтрино, но дальше за счет вращения спиралевидного вихря начинает приближать следующий виток этого вихря к точке взаимодействия 1, и далее уже два витка спиралевидного вихря будут воздействовать в качестве притягивающей силы. Если и этого недостаточно, то растягивается и второй виток вокруг витка нейтрино, а при дальнейшем вращении спиралевидного вихря на виток нейтрино в точке 1 начинает воздействовать еще один виток спиралевидного вихря. Таким образом, количество витков увеличивается до тех пор, пока их силы не будет достаточно для того, чтобы привести нейтрино в движение в соответствующем направлении.

5) Выше было отмечено, что первичные и, возможно, вторичные витки нейтрино имеют относительно большие радиусы вращения. Это приводит к тому,

что для осуществления воздействия в точках 1 и 2 (Рис. 1) описанных видов вихрей на вихри нейтрино расстояние между витками должно быть не меньше, чем диаметр первичного вихря нейтрино. Чем больше диаметр нейтрино, тем больше должно быть расстояние между витками воздействующих вихрей. Но в этом случае плотность таких витков уменьшается и, как результат уменьшается «мощность» воздействия описанного в предыдущем пункте (пункт № 4). Этот фактор также служит уменьшению силы взаимодействия нейтрино с другими частицами.

Напомню, что различные структуры вторичных вихрей это не что иное, как различные элементарные частицы. Таким образом, в результате всех перечисленных факторов взаимодействие нейтрино с другими частицами носит минимальный характер. Но, тем не менее, это взаимодействие в точках 1 и 2 для всех вариантов структур будет. Именно поэтому это взаимодействие называют слабым.

Как результат проведенного анализа, мы можем отметить, что слабое взаимодействие проявляется вследствие влияния определенных структур взаимодействующих между собой частиц, также как это было показано для электромагнитных и ядерных взаимодействий. Следовательно, это означает, что его нельзя назвать фундаментальным, поскольку в данном случае притяжение и отталкивание осуществляется на уровне притяжения и отталкивания между физическими точками первичных вихрей, т.е. сила слабого взаимодействия, также как электромагнитная и ядерная силы, является суммой взаимодействий трех других сил: силы гравитационного притяжения, силы гравитационного отталкивания и силы инерции.

## **Выводы**

Наличие слабого взаимодействия на примере нейтрино складывается из нескольких факторов: 1) малое количество вторичных витков в структуре нейтрино; 2) круговая структура первичных и вторичных витков нейтрино; 3) достаточно большие радиусы первичных и (или) возможно вторичных витков нейтрино.

## **Список литературы**

1. Раимкулов М.Н. Электрические силы и их связь со структурой элементарных частиц. // Журнал: Физика №2, 2012, с. 42-49.
2. Раимкулов М.Н. Связь структуры элементарных частиц с ядерными силами. // Журнал: Физика №2, 2012, с. 50-54.
3. Раимкулов М.Н. Новый взгляд на элементарные частицы или принцип создания материи. // Журнал: Известия НАН, №3, 2010 с. 106-110.
4. Раимкулов М.Н. Влияние сил гравитационного отталкивания на взаимодействие физических точек в первичных вихрях. // Журнал: Физика, №1, 2010, с.180-183.

5. Раимкулов М.Н. Физические процессы на уровне элементарных частиц.// Журнал: Известия НАН, №3, 2010 с. 102-106.

**УДК 553.495: 718 (04)**

## **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ И БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ (АСДО)**

**<sup>1</sup>С Мамтибраимов, <sup>2</sup> А.Ю. Иванов, <sup>3</sup> А.О. Озолин, <sup>4</sup>Ю.Ф. Пархоменко**

**<sup>1</sup>с.н.с.** лаборатории ядерно- физических проблем ИФТПиМ им. акад. Ж. Жеенбаева НАН КР., **<sup>2</sup>д.т.н.** Снакт- Петербургский Универстет ГПС МЧС России., **<sup>3</sup>инженер** Снакт- Петербургский Универстет ГПС МЧС России., **<sup>4</sup>доцент КРСУ.**

В данной статье подчеркнута значимость АСДО в образовательном процессе. Рассмотрены способы защиты АСДО программными и аппаратными средствами и наиболее распространенные методы нарушения информационной безопасности. Вывод заключается в том, что существующие способы защиты устарели и становится необходимым применение новых технологий, чтобы противодействовать этим атакам на должном уровне.

## **ANALYSIS OF EXISTENT METHODS OF PROTECTION AND VIOLATING OF E-LEARNING SAFETY.**

**С Мамтибраимов, А.Ю. Иванов, А.О. Озолин, Ю.Ф. Пархоменко**

In this article the E-learning significance in the educational process is emphasized. The methods of E-Learning safety by hardware and software and the most widespread methods of violating of information safety are considered.

The article consists of 5 pages, 1 picture, conclusion and list of literature. The conclusion tells that the existent methods of protection became obsolete. Therefore, the new technologies are necessary to counteract these attacks.



Для анализа существующих методов защиты АСДО рассмотрим схему взаимодействия пользователя АСДО и сервера на котором находится система. Большинство систем АСДО реализовано на веб серверной технологии. Наиболее подходящая для реализации является Многоуровневая клиент серверная архитектура. 99% серверов сети интернет работают на операционных системах Linux, а самая распространенная среди пользователей система Windows, поэтому АСДО должны быть написаны на языке программирования, который обеспечивал бы стабильную передачу данных в условиях работы на разных ОС. Таким языком является PHP.

PHP (англ.PHP: Hypertext Preprocessor – «PHP: препроцессор гипертекста»; Personal Home Page Tools – «Инструменты для создания персональных веб-страниц») – скриптовый язык программирования общего назначения интенсивно применяемый для разработки веб-приложений. В настоящее время поддерживается подавляющим большинством хостинг- провайдеров

и является одним из лидеров среды языков программирования, применяющихся для создания динамических веб-сайтов. [2] Данный способ передачи данных построен по принципу много уровневой клиент серверной архитектуры. Многоуровневая клиент серверной архитектура – разновидность архитектуры клиент –сервер в которой функция обработки данных вынесена на один или несколько отдельных серверов среди многоуровневой архитектуры клиент – сервер наиболее распространена трехуровневая архитектура предполагающая наличие следующих компонентов приложения клиентское приложение так называемой «тонкий клиент» или терминал, подключенное к серверу приложений который в свою очередь подключен к серверу базы данных [2,3]

Схематически такую архитектуру можно представить, как показано на рис.№1

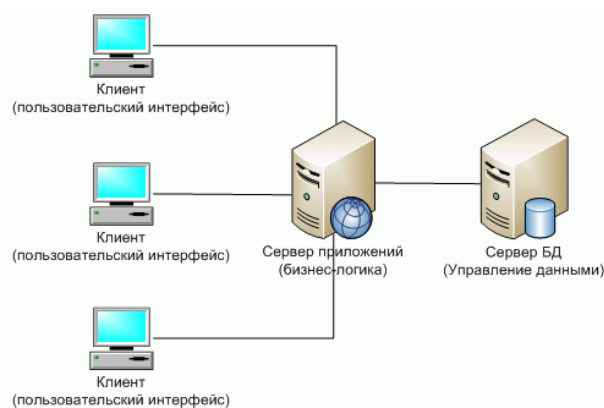


рис.1

Терминал – это интерфейсный (обычно графический) компонент, который предоставляет первый уровень, собственно приложение для конечного пользователя. Первый уровень не должен иметь прямых связей с базой данных (по требованиям безопасности), быть нагруженным основной бизнес – логикой (по требованиям масштабируемости) и хранить состояние приложения (по требованиям надежности). На первый уровень может быть вынесена и обычно вносится простейшая бизнес – логика: интерфейс авторизации, алгоритмы шифрования, проверка вводимых значений на допустимость и соответствие формату, несложные операции (сортировка, группировка, подсчет значений с данными уже загруженными на терминал [3].

Сервер приложений располагается на втором уровне. На втором уровне сосредоточена большая часть бизнес- логики. Вне его остаются фрагменты, экспортируемые на терминалы, а также погруженные в третий уровень хранимые процедуры и триггеры.

Сервер база данных обеспечивает хранение данных и выносится на третий уровень. Обычно это стандартная реляционная или объектно- ориентированная СУБД. Если третий уровень представляет собой базу данных вместе с хранимыми процедурами, триггерами и схемой, описывающей приложение в терминах реляционной модели, то второй уровень строится как программный интерфейс, связывающий клиентские компоненты с прикладной логикой база данных.

В простейшей конфигурации физически сервер приложений может быть совмещен с сервером база данных на одном компьютере, к которому по сети подключается один или несколько терминалов. В «правильной» (с точки зрения безопасности, надежности, масштабирования) конфигурации сервер база данных находится на выделенном компьютере (или кластере), к которому по сети подключены один или несколько серверов приложений к которым, в свою очередь, по сети подключаются терминалы.

Компоненты трезвенной архитектуры, с точки зрения программного обеспечения реализуют определенные сервера БД, web-сервера и браузеры.

Место любого из этих компонентов трехуровневой архитектуры клиент-серверного приложения. Север БД представлен MySQL – сервером; сервер приложений технологиями: ADO.NET,ASP.NET и web-сервером IIS; роль клиента выполняет любой web – браузер.

Браузер клиента 1- > Сервер IIS-2- > Исполняющая среда ASP.NET 2.03- > Провайдер данных ADO.NET 2.04- > Сервер MySQL5- > Провайдер данных ADO.NET 2.06- > Исполняющая среда ASP.NET 2.07- > Сервер Браузер клиента.

- 1- Браузер клиента отправляет HTTP – запрос;
- 2- На стороне сервера служба Web Internet Information Services (web – сервер IIS) определяет тип запрашиваемого ресурса и для случая запроса \*.aspx (расширение файлов страниц ASP.NET 2.07- >) загружает соответствующие ему (запросу) расширение Internet Server Application Programming Interface

(ISAPI). Для страниц aspx это расширение aspnet.dll. IIS также осуществляет идентификацию и авторизацию пользователя от которого поступил запрос. В свою очередь расширение /isapi\_aspnet.dll/ загружает фабрику обработчиков ASP.NET. Далее, фабрика обработчиков создает объектную модель запрашиваемой страницы и обрабатывает действия пользователя.

- 3- в ходе генерации ответа приложению ASP.NET может потребоваться обращение к БД, в этом случае используя библиотеки классов провайдера данных ADO.NET 2.0, выполняющая среда обращается к серверу БД;
- 4- провайдер данных ADO.NET 2.0 передает запрос на операцию с БД серверу MySQL;
- 5- сервер MySQL осуществляет обработку запроса, выполняя соответствующие операции с БД;
- 6- провайдер данных ADO.NET 2.0 передает результаты запроса объекту страницы;
- 7- объект страницы с учетом полученных данных осуществляет рендеринг графического интерфейса страницы и направляет результаты в выходной поток;
- 8- сервер IIS отправляет содержимое сгенерированной страницы клиентскому браузеру.

Плюсами данной архитектуры являются [4,5,6]:

- клиентское ПО не нуждается в администрировании;
- масштабируемость;
- конфигурируемость – изолированность уровней друг от друга позволяет быстро и простыми средствами;
- переконфигурировать систему при возникновении сбоев или при плановом обслуживании на одном из уровней;
- высокая безопасность;
- высокая надежность;
- низкие требования к скорости канала (сети) между терминалами и сервером приложений;
- низкие требования к производительности и техническим характеристикам терминалов, как следствие снижение их стоимости.

Минусы [4,5,6]:

- растет сложность серверной части и, как следствие, затраты на администрирование и обслуживание;
- более высокая сложность создания приложений;

- сложнее в разворачивании администрировании;
- высокие требования к производительности сервером приложений и сервера база данных, а значит, и высокая стоимость серверного оборудования;
- высокие требования к скорости канала (сети) html- страницы, таблицы стилей, изображения.

Уровень представления охватывает все, что имеет отношение к общению пользователя с системой. К главным функциям слоя представления относятся отображение информации и интерпретация вводимых пользователем команд с преобразованием их в соответствующие операции в контексте логики и данных. Уровень логики содержит основные функции системы, предназначенные для достижения поставленной перед ним цели. К таким функциям относятся вычисления на основе вводимых и хранимых данных, проверка всех элементов данных и обработка команд, поступающих от слоя представления, а также передача информации уровня данных. Уровень доступа данным – это подмножество функций, обеспечивающих взаимодействие со сторонними системами, которые выполняют задания в интересах приложения. Данные системы обычно хранятся в базе данных. Для доступа к системе каждый пользователь проходит систему авторизации и аутентификации. Аутентификация (от англ. Authentication) – процедура проверки соответствия некоего лица и его учетной записи в компьютерной системе.

Система аутентификации позволяет определить имеет ли пользователь права на доступ к данному ресурсу и действительно ли он тот, за кого выдает. Аутентификация проходит путем сравнения информации, которую вводит пользователь (имя пользователя и пароль) с информацией, которая находится в базе данных. Каждая организация разрабатывает для себя стандарты аутентификации, которые включают в себя принципы создания паролей.

Аутентификация (*authorization*) – предоставление определенному лицу или группе лиц прав на выполнение определенных действий; а также процесс проверки (подтверждения) данных прав при попытке выполнения этих действий. Часто можно услышать выражение, что какой –то человек «авторизован» для выполнения данной операции – это значит, что он имеет на нее прав. С помощью авторизации мы можем. Разделить пользователь на три группы. [7]

Студент – имеет право получать и передавать информацию.

Преподаватель имеет право получать передавать и редактировать информацию.

Администратор не ограничен в своих правах.

Таким образом, при входе в систему пользователь проходит процесс аутентификации, а при выполнении операций пользователь авторизуется.

Основным средством защиты от несанкционированного доступа является межсетевой экран.

**Межсетевой экран** – комплекс аппаратных или программных средств, осуществляющий контроль и фильтрацию проходящих через него сетевых пакетов в соответствии с заданными правилами. Основной задачей сетевого экрана является защита компьютерных сетей или отдельных узлов от несанкционированного доступа. Также сетевые экраны часто называют фильтрами, так как их основная задача – не пропускать (фильтровать) пакеты, не подходящие под критерии, определенные в конфигурации. Основные задачи которые решает меж сетевой экран фильтрация доступа к заведомо незащищенным службам:

- препятствование получению закрытой информации из защищенной подсети, а также внедрению в защищенную подсеть ложных данных с помощью уязвимых служб;
- контроль доступа к узлам сети;
- может регистрировать все попытки доступа как извне, так и внутренней сети, что позволяет вести учет использования доступа в Интернет отдельными узлами сети;
- регламентирование порядка доступа к сети;
- уведомление о подозрительной деятельности, попытках зондирования или атаки на узлы сети или сам экран;

Так же следует отметить, что использование файрвола увеличивает время отклика и снижает пропускную способность, поскольку фильтрация происходит не мгновенно. Так же для защиты АСДО используется ряд программных и аппаратных средств, которые позволяют минимизировать риск несанкционированного доступа к АСДО.

Теперь имея представление об архитектуре АСДО на аппаратном и программном уровне мы можем определить потенциальные угрозы.

### **Слабые пароли.**

Слабые пароли- наверное, самый общий способ ,который используют хакеры для входа в систему. Пароли –это стандартный метод аутентификации для большинства систем , он не связан с дополнительными расходами, Кроме того, пользователи понимают, как работать с паролями, К сожалению, многие не знают, как выбрать сильный пароль, Очень часто используются короткие пароли (меньше четырех символов) или легко угадываемые. Короткий пароль позволяет злоумышленнику получить доступ к ресурсу с меньшими усилиями. Наглядный пример того, как слабые пароль помогают

Взламывать системы, - червь Морриса. Еще в 1988 г. Студент Корнеллского университета Роберт Моррис разработал программу, которая распространялась через интернет. Эта программа использовала несколько уязвимых мест для получения доступа к компьютерным системам и воспроизведения самой себя. Одним из уязвимых мест были слабые пароли.

Программа наряду со списком наиболее распространенных паролей использовала следующие пароли: пустой пароль имя учетной записи. Этот червь нанес ущерб достаточно большому количеству систем и весьма эффективно вывел из строя интернет.

### **DDoS – атака**

DDoS – атака – распределенная атака типа отказ в обслуживании, которая является одной из самых распространенных и опасных сетевых атак. В результате атаки нарушается или полностью блокируется обслуживание законных пользователей, сетей, систем и иных ресурсов. Большинство DDoS – атак используют уязвимости в основном протоколе Internet (TCP/ IP) а именно, способ обработки системами запроса SYN. Выделяют два основных типа атак, которые вызывают отказ в обслуживании. В результате проведения атаки первого типа, останавливается работа всей системы или сети. Хакер отправляет системе данные или пакеты, которые она не ожидает, и это приводит к остановке системы или к ее перезагрузке. Второй тип DDoS – атаки приводит к переполнению системы или локальной сети при помощи огромного количества информации, которую невозможно обработать.

DDoS – атака заключается в непрерывном обращении к сайту со многих компьютеров, которые расположены в разных частях мира. В большинстве случаев эти компьютеры заражены вирусами, которые управляются мошенниками, централизованно и объединены в одну ботсеть. Компьютеры, которые входят в ботсеть, рассылают спам, участвуя, таким образом, в DDoS – атаках.

### **SQL – injection (SQL- инъекция)**

SQL- инъекция представляет собой подделку определенного запроса к базе данных сайта. При помощи данной уязвимости можно заставить скрипт передать серверу управления баз данных (СУБД) запрос, который нужен взломщику сайта, а не запрос, на который рассчитывал программист.

Скрипты могут страдать данной уязвимостью из-за того программисты, их записавшие, не позаботились о фильтрации входных параметров. Где же можно встретить подобного рода уязвимости? Практически везде, так как 90% сайтов работают с базами данных. Опасность заключается в том, что злоумышленник, используя SQL- инъекцию, может получить доступ к вашим данным, например, к паролям пользователей или другой важной информации хранящейся в базе данных. О наличии возможности SQL- инъекции могут сказать ошибки, явно указывающие, что произошла ошибка в SQL запросе. В тоже время о наличии ошибки в SQL запросе можно судить и по косвенным признакам.

### **Список литературы**

1. Голубятников И.В. Основные принципы проектирования и применения мультимедийных обучающих систем. – М.: «Машинаостроение», 1999-318 с.
2. Барановская Т.П. Архитектура компьютерных сетей и систем. – М.: «Финансы и статистика», 2003 – 256 с.
3. У. Столингс. Структурная организация и архитектура компьютерных систем. «Вильямс», 2002- 890 с.
4. Э.Танеабаум, М. Ван Стен. Распределенные системы: принципы и парадигмы. – СПб.: Питер, 2003 – 880 с.
5. Щербаков А.Ю. Введение в теорию и практику компьютерной безопасности, - «Издатель Молгачева С. В.» 2001 -352 с.
6. Девянин П.Н. Модели безопасности компьютерных систем.- М.: « Академия», 2005 -143 с.
7. Хорошевский ВюГ. Архитектура вычислительных систем/ Учеб. Пособие для вузов. – М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2005 -511 с.

УДК 537.527

## **ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ ТЕПЛОВОГО ТОРА ПРИ ЗАЖИГАНИИ ДУГИ**

**Р.М. Урусов д.ф.-м.н., Ф.Р. Султанова**

Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН КР,  
Бишкек, Кыргызстан

В настоящей статье приведены результаты численного исследования причины формирования и эволюции тороидального газового вихря и теплового тора при зажигании электрической дуги.

## **NUMERICAL STUDY OF THE CONDITIONS OF THE SHAPING AND EVOLUTIONS HEAT TORAH WHEN LIGHTING THE ARC**

**R.M. Urusov, F.R. Sultanova**

In persisting article are brought results of the numerical study of the reason of the shaping and evolutions of the toroid gas curl and heat toroid when lighting the electric arc.

Во многих электродуговых устройствах имеют место нестационарные процессы [1, 2], и развитие математического аппарата и методики расчета характеристик нестационарной электрической дуги является актуальной задачей. В работах [3, 4] представлена нестационарная математическая модель, вычислительный алгоритм и результаты расчета электрической дуги. В ходе проведения тестовых расчетов обнаружено, что после зажигания дугового разряда в начальные моменты времени  $t \approx 0 - 5$  мс после инициирования дуги, вокруг нее формируется тороидальный газовый вихрь. Подобная картина течения приводит, в свою очередь, к образованию вокруг дугового разряда теплового тора, который расширяется в радиальном направлении и затем рассеивается в окружающем пространстве.

Расчеты выполнены для открытой электрической дуги в аргоне атмосферного давления, горящей между конусным вольфрамовым катодом с углом заточки  $\alpha = 60^\circ$  и плоским водоохлаждаемым медным анодом толщиной 1 мм. Сила тока  $I = 300$  А, межэлектродное расстояние  $L = 5$  мм.

Выполнены два варианта расчетов при различных значениях температуры окружающей среды  $T_s(t, z, r)$  в начальный момент времени  $t = 0$ .

В первом варианте расчета температура окружающей среды в начальный момент времени полагалась равной  $T_s(0, z, r) = 300\text{K}$ , соответственно плотность окружающего холодного газа при такой температуре равна около  $1,6 \text{ кг/м}^3$ .

Во втором варианте расчета температура окружающей среды в начальный момент времени полагалась достаточно близкой к значению температуры потока плазмы на периферии дуги и принята равной  $T_s(0, z, r) = 3000\text{K}$ . При данном значении  $T_s$  плотность окружающего газа равна около  $0,16 \text{ кг/м}^3$ , то есть на порядок меньше по сравнению с первым вариантом.

На рис. 1 – 3 приведена эволюция на интервале времени  $t = 1 - 20$  мс расчетного поля температуры  $T$  и течения дуговой плазмы в виде изолиний равного расхода  $G$  для первого варианта с температурой окружающей среды в начальный момент времени равной  $T_s(0, z, r) = 300\text{K}$ .

Сравнительный анализ показывает следующее. После зажигания дуги и до момента времени  $t \approx 3$  мс, окружающий дугу холодный газ действительно является своеобразной стенкой (см. рис. 1), расположенной на расстоянии около 10 – 15 мм от оси дуги.

Поток плазмы, двигаясь вдоль поверхности анода в радиальном направлении из приосевой области дуги на периферию, натекает на стенку холодного газа и



меняет направление движения. Теперь газ движется в обратном аксиальном направлении от поверхности анода.

При этом происходит частичное вовлечение газа обратно в столб дугового разряда и в результате формируется циркуляционное течение в виде тороидального газового вихря.

Отсутствие конвективного теплопереноса в радиальном направлении из приосевой области дуги на периферию дуги обуславливает к моменту времени  $t \approx 3$  мс появление сравнительно высокотемпературной области на границе дуги с холодным окружающим газом. Граница расположена на расстоянии около  $r \approx 13$  мм от оси дуги и здесь наблюдается формирование теплового тора с температурой  $T \approx 3000$  К.

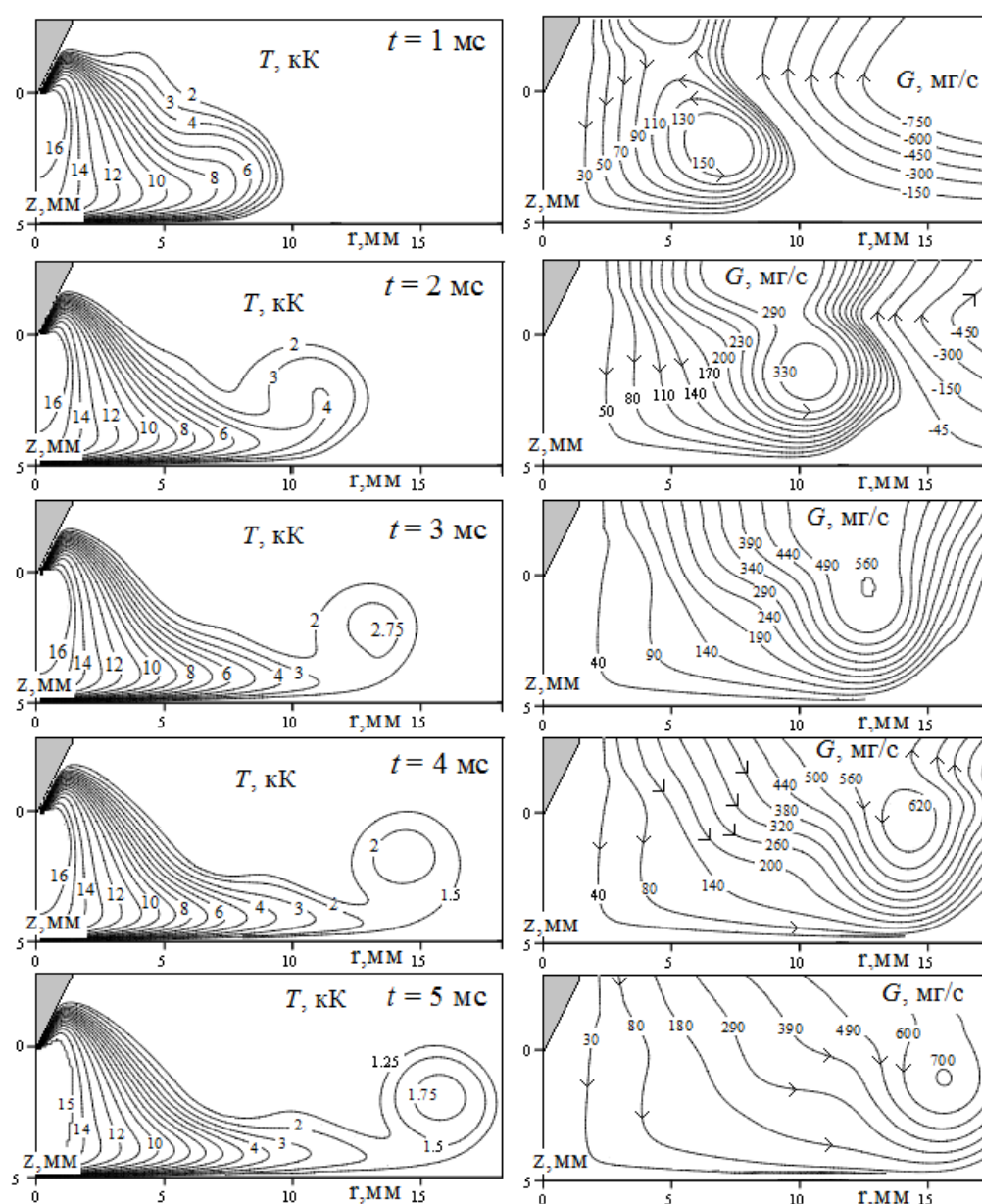


Рис. 1. Эволюция поля температуры  $T$  дуги и течения плазмы на интервале времени  $t = 1 - 5$  мс.  $L = 5$  мм,  $I = 300$  А.  $T_s(0, z, r) = 300$  К.

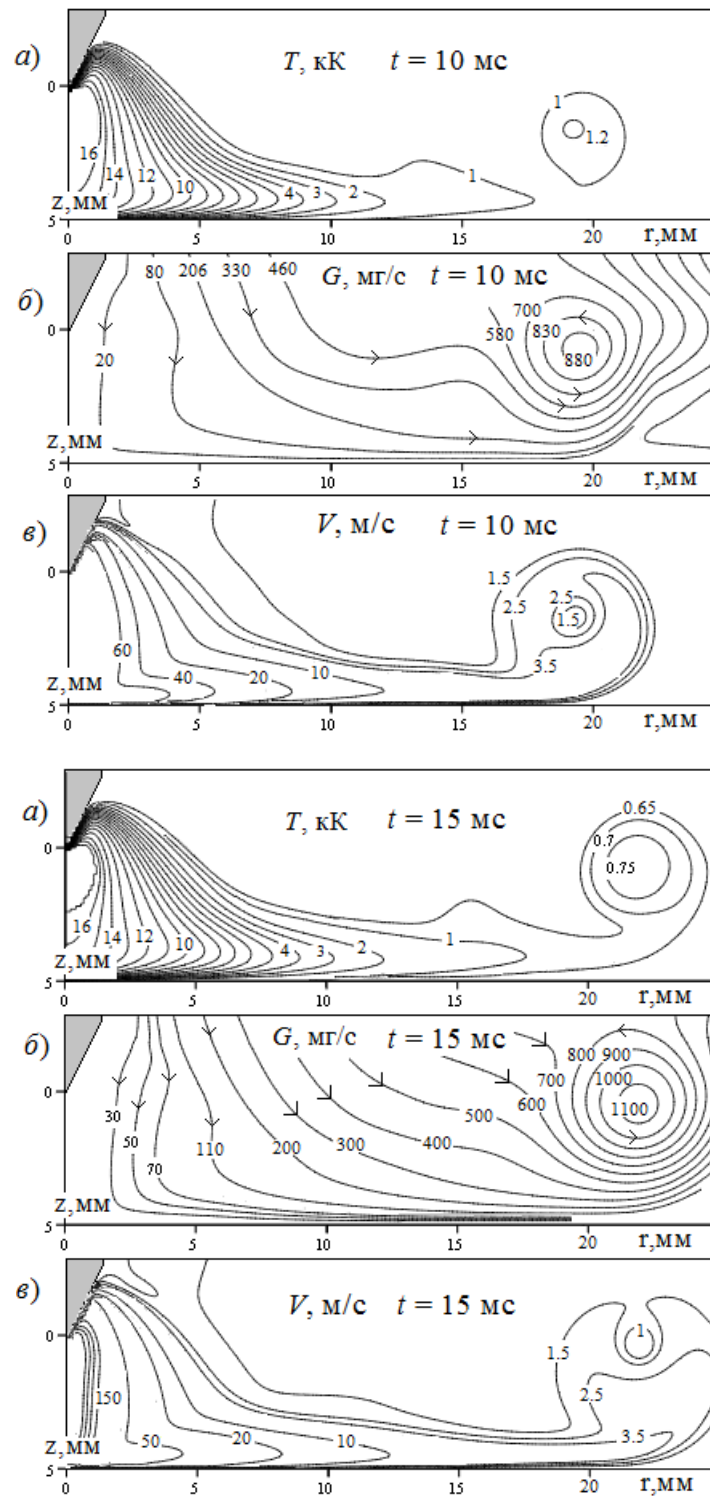


Рис. 2. а) – поле температуры  $T$ , б) – линии равного расхода  $G$  газа, в) – изолинии скорости  $V = \sqrt{u^2 + v^2}$  при  $t = 10$  и  $15$  мс.  $T_s(0, z, r) = 300\text{K}$ .

В последующие моменты времени  $t \approx 3 - 5$  мс наблюдается дальнейшее смещение теплового тора и тороидального газового вихря в радиальном

направлении на расстояние около  $r \approx 17$  мм от оси дуги и уменьшение его температуры до значения  $T \approx 2000$  К.

В течение следующих моментов времени  $t \approx 5 - 15$  мс (см. рис. 2) продолжается смещение теплового тора и тороидального газового вихря в радиальном направлении на расстояние около  $r \approx 22$  мм от оси дуги и уменьшение его температуры до значения  $T \approx 800$  К.

Скорость газа в тороидальном вихре на периферии дугового разряда сравнительно невысокая и составляет примерно 2 – 4 м/с. Соответствующее распределение изолиний скорости приведено на рис. 2в. К моменту времени  $t \approx 20$  мс (рис. 3) тепловой тор и тороидальный газовый вихрь практически полностью рассеиваются в окружающем электрическую дугу пространстве.

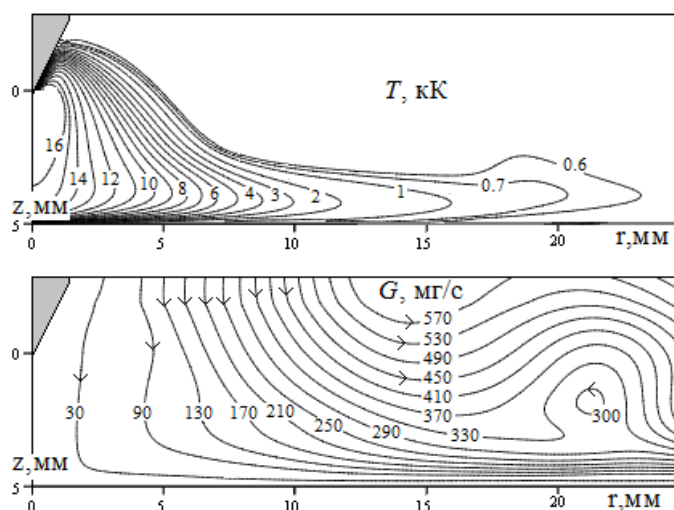
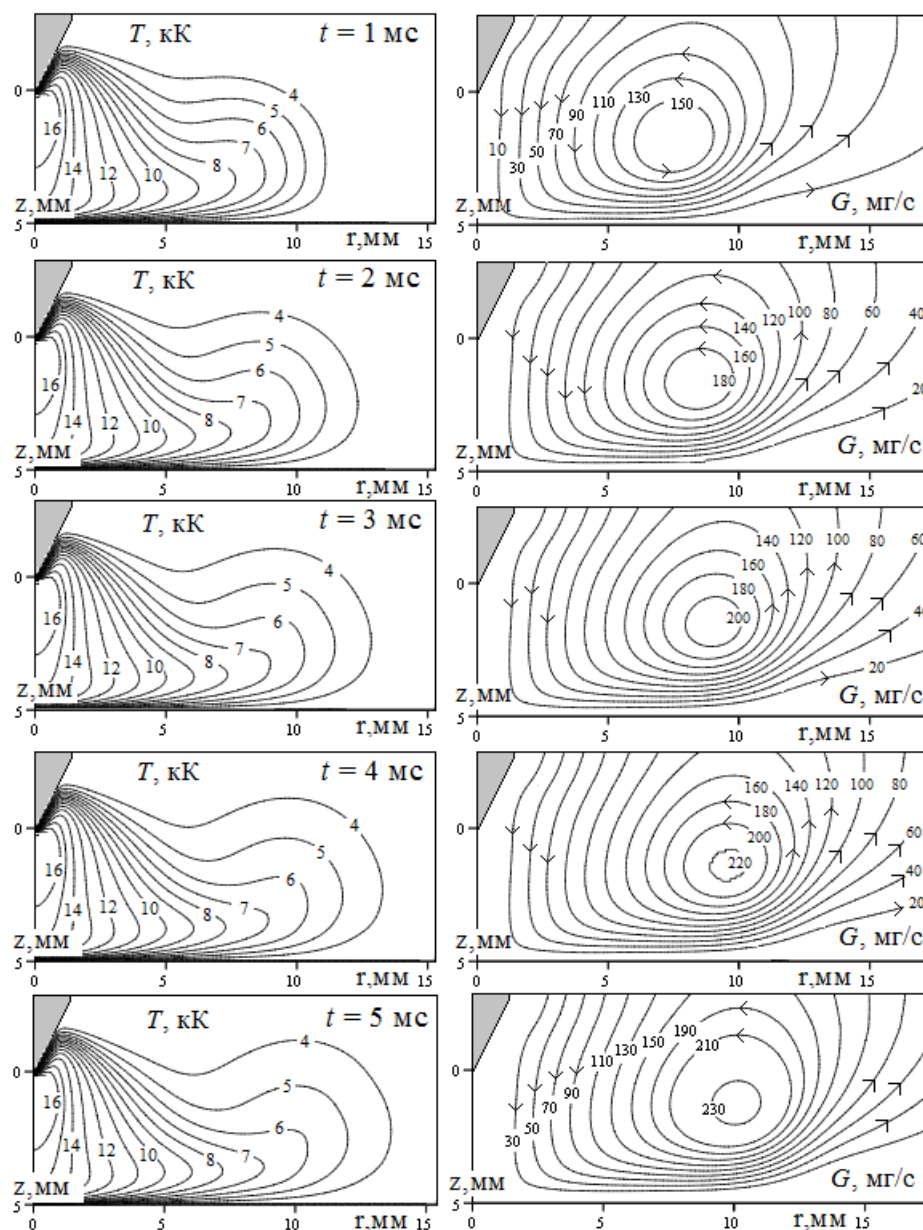


Рис. 3. Поле температуры  $T$  и линии равного расхода  $G$  газа  
в момент времени  $t = 20$  мс.  $T_s(0, z, r) = 300$  К.

Для второго варианта с температурой окружающей среды в начальный момент времени равной  $T_s(0, z, r) = 3000$  К, временная эволюция расчетного поля температуры  $T$  и течения дуговой плазмы показана на рис. 4 на интервале времени  $t = 1 - 20$  мс. Видно, что в отличие от предыдущего варианта при  $T_s(0, z, r) = 300$  К, в данном случае поток плазмы практически беспрепятственно вытекает в радиальном направлении вдоль поверхности анода (см. рис. 4). Окружающий дугу сравнительно горячий и легкий газ при температуре  $T_s(0, z, r) = 3000$  К и плотности  $0,16$  кг/м<sup>3</sup> не является преградой, и тепло из центральной области дугового разряда выносится конвективным потоком в окружающее пространство.

Тепловой тор в данном случае не формируется. Вместе с тем, как и в первом варианте, на интервале  $t = 10 - 10$  мс наблюдается тороидальный газовый вихрь. Однако газодинамическая интенсивность вихря примерно в два раза меньше по

сравнению с первым вариантом и этого недостаточно для формирования теплового тора.



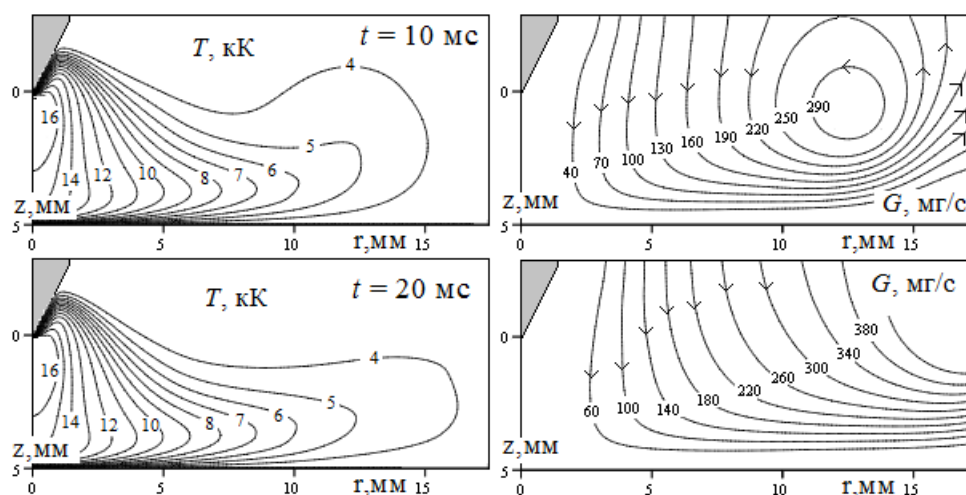


Рис. 4. Эволюция поля температуры  $T$  дуги на интервале времени  $t = 1 - 20$  мс.  $L = 5$  мм,  $I = 300$  А.  $T_s(0, z, r) = 3000$  К.

Таким образом, сравнительный анализ результатов расчетов позволяет сделать следующий вывод. На интервале времени  $t = 1 - 3$  мс после зажигания дугового разряда, окружающий дугу сравнительно холодный и тяжелый газ вследствие большой плотности представляет собой своеобразную преграду для движущегося вдоль поверхности анода плазменного потока. Эта преграда препятствует растеканию потока плазмы вдоль поверхности анода и интервале времени  $t = 1 - 3$  мс после зажигания дуги обуславливает формирование циркуляционного течения в виде торoidalного газового вихря и теплового тора.

## Список литература

1. Финкельбург В., Меккер Г. Электрические дуги и термическая плазма. – М.: ИЛ, 1961. – 370 с.
2. Энгельшт В.С., Гурович В.Ц., Десятков Г.А. и др. Низкотемпературная плазма. т.1. Теория столба электрической дуги. – Н.: Наука, 1990. – 374 с.
3. Урусов Р.М., Султанова Ф.Р., Урусова Т.Э. Нестационарные МГД-уравнения и граничные условия для расчета электродуговых потоков плазмы // Исследования по интегро-дифференциальным уравнениям. – Бишкек: Илим. – 2010. Вып. 42. – С. 27 – 33.
4. Урусов Р.М., Султанова Ф.Р., Урусова Т.Э. Численное моделирование нестационарного нагрева и плавления анода электрической дугой. Часть 1. Математическая модель и расчетные характеристики столба дуги // Теплофизика и аэромеханика. – Новосибирск: СО РАН, 2011. Т. 18, № 4. С. 671–688.

## **ТЕСТИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ ТРЕХМЕРНЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ УРАВНЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ**

**Т.Э. Урусова д.ф.-м.н., И.Р. Урусова**

Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН КР,  
Бишкек, Кыргызстан

С целью верификации трехмерной нестационарной математической [1] модели электрической дуги и вычислительного алгоритма, проведено тестирование динамической части системы уравнений электрической дуги.

## **TESTING THE DYNAMIC PART OF SYSTEM THREE-DIMENSIONAL NESTACIONARNYH EQUATIONS OF THE ELECTRIC ARC**

**T.E. Urusova, I.R. Urusova**

For the reason verification three-dimensional нестационарной mathematical [1] models of the electric arc and computing algorithm of the calculation, is organized testing the dynamic part of system of the equations.

Рассматривается задача обтекания кругового цилиндра ламинарным потоком изотермической вязкой несжимаемой жидкостью (вода). Как показывают опытные наблюдения и численные расчеты (см., например, [2 – 5]), в этом случае в диапазоне чисел Рейнольдса  $\approx 60 - 5000$  за цилиндром формируется вихревая дорожка (дорожка Кармана).

Целью настоящей работы является численная реализация вихревой дорожки Кармана, а также исследование влияния величины сеточного и временного шага на расчетные характеристики потока жидкости. **Математическая модель.** В декартовых координатах  $x, y, z$  система нестационарных трехмерных уравнений

неразрывности и движения в отсутствие внешних силовых полей имеет следующий вид:

уравнение неразрывности

$$\partial \rho / \partial t + \operatorname{div}(\rho \mathbf{U}) = 0 \quad (1)$$

уравнения движения в направлениях осей  $x, y, z$  соответственно:

$$\partial \rho u / \partial t + \operatorname{div}(\rho \mathbf{U} u) = \operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} u) - \partial P / \partial x + s_x \quad (2)$$

$$\partial \rho v / \partial t + \operatorname{div}(\rho \mathbf{U} v) = \operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} v) - \partial P / \partial y + s_y \quad (3)$$

$$\partial \rho w / \partial t + \operatorname{div}(\rho \mathbf{U} w) = \operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} w) - \partial P / \partial z + s_z \quad (4)$$

При записи уравнений использованы следующие обозначения:  $t$  – время,  $\rho = 10^3$  кг/м<sup>3</sup>,  $\mu = 9 \cdot 10^{-4}$  кг/(м·с) – соответственно плотность и коэффициент динамической вязкости воды при температуре  $\approx 20^\circ \text{C}$ ;  $\mathbf{U}$  – вектор скорости,  $u, v, w$  – соответственно компоненты вектора скорости  $\mathbf{U}$  в направлении осей координат  $x, y, z$ ;  $P$  – давление,  $s_x, s_y, s_z$  – дополнительные к  $\operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} u), \operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} v), \operatorname{div}(\mu \operatorname{grad} w)$  слагаемые, которые в случае вязкой несжимаемой жидкости имеют следующий вид:

$$s_x = \frac{\partial}{\partial x} \mu \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \mu \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right],$$

$$s_y = \frac{\partial}{\partial y} \mu \left( \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \mu \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[ \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right],$$

$$s_z = \frac{\partial}{\partial z} \mu \left( \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left[ \mu \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \mu \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right].$$

**Граничные и начальные условия.** Расчетная область в задаче обтекания цилиндра является прямоугольным параллелепипедом  $ABCDEFGH$  с открытыми внешними границами, не ограниченными твердыми поверхностями (рис.1). Отметим, что в целях экономии вычислительных ресурсов, расчетная область в направлении оси  $x$  ограничена тремя сеточными слоями.

По нормали к боковой границе  $ADGH$  в направлении оси  $y$  движется поток жидкости со скоростью  $v^0$  и для компонент вектора скорости задаются условия  $u = 0, v = v^0, w = 0$ . Массоперенос в направлении оси  $x$  отсутствует и компонента  $u$  вектора скорости на всех границах расчетной области полагается равной нулю.



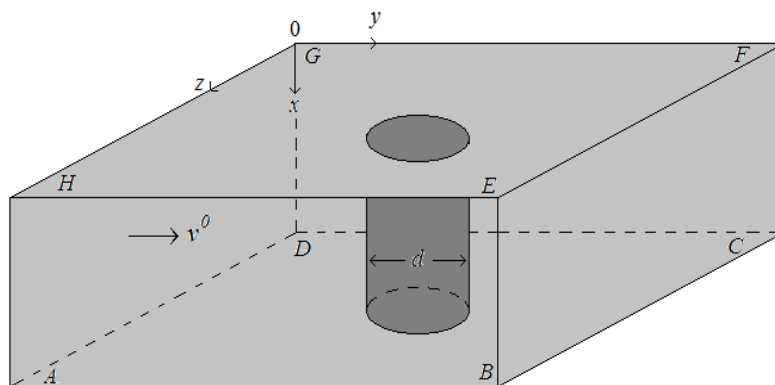


Рис.1. Схема расчетной области обтекания цилиндра.

Для компонент  $v$ ,  $w$  вектора скорости на остальных границах ставятся условия гладкого сопряжения  $\partial/\partial n = 0$  ( $n$  – нормаль к поверхности границы) с окружающей средой.

Боковые вертикальные границы располагаются от кругового цилиндра на достаточном удалении, от 5 до 15 диаметров  $d$  цилиндра, обеспечивающем выполнение указанных условий. Давление на границах расчетной области определяется из условия  $\partial^2 P/\partial n^2 = 0$ .

При задании начальных условий принято, что в начальный момент времени  $t = 0$  жидкость в расчетной области неподвижна.

**Методика решения.** Для численного решения системы уравнений (1 – 4) применяется метод конечных разностей, конечно-разностная аппроксимация проводится с использованием метода контрольного объема с применением неявной разностной схемы [6, 7]. Расчет скорости и давления осуществляется в рамках алгоритма SIMPLE'R [7]. В результате выполненного интегрирования по контрольному объему, исходная система дифференциальных уравнений приводится к системе алгебраических уравнений, которая затем решается итерационным методом Зейделя-Гаусса с применением нижней релаксации.

Для расчета характеристик в нерегулярной области, включающей в себя круговой цилиндр, используется метод фиктивных областей [8, 9]. Вычисления проводятся на прямоугольной сетке с постоянным и одинаковым в направлениях  $x$ ,  $y$ ,  $z$  сеточным шагом  $\Delta$ .

Расчеты проводились для трех значений сеточного шага:  $\Delta = 0,1$ ;  $0,25$  и  $0,5$  мм. Также расчеты проводились при различных значениях временного шага, который полагался равным  $\tau = 10^{-4}$ ,  $5 \cdot 10^{-4}$  и  $10^{-3}$  с.

**Обсуждение результатов расчета.** Рассчитывается обтекание кругового цилиндра диаметром  $d = 4$  мм потоком жидкости со скоростью  $v = 3,15$  см/с. Число Рейнольдса  $Re = \rho v d / \mu$ , определяемое по диаметру цилиндра, равно  $Re = 140$ . На рис. 2 – 4 представлены расчетные векторные поля скорости в плоскости  $Y-Z$  в среднем сечении  $x = X/2$  для различных моментов времени  $t$ . Вычисления



проведены при значениях сеточного шага  $\Delta = 0,1$  мм и временного шага  $\tau = 5 \cdot 10^{-4}$  с.

Поясним, что на рисунках масштаб векторов не выдержан, а в целях экономии места представлены только центральные фрагменты поля течения.

Анализ результатов показывает, что до момента времени  $t \approx 0,5$  с скорость потока вблизи цилиндра еще не достигает значения  $v^0$  и составляет около  $v \approx 1,4$  см/с. В этом случае за цилиндром формируется картина течения, состоящая из двух симметрично расположенных вихря (рис.2). Подобная картина течения характерна для чисел Рейнольдса  $Re < 60$  [10].

С момента времени  $t > 0,5$  с симметричное расположение вихрей случайным образом нарушается ( $t \approx 0,6$  с). Один из вихрей начинает развиваться ( $t \approx 0,8$  с) и к моменту времени  $t \approx 1$  с доминирует во всей области за цилиндром (рис. 3). Затем вихрь смещается вниз по потоку и при  $t \approx 1,2$  с происходит его отрыв.

Следует отметить, что математическая модель не учитывает случайные флуктуации физических величин и должна давать решение в виде двух симметрично расположенных вихрей. Однако в роли случайных флуктуаций выступают, по-видимому, ошибки аппроксимации и схемные эффекты.

На этом переходный режим течения заканчивается и с момента времени  $t \approx 1,4$  с начинается формирование непосредственно вихревой дорожки. В нижней части (рис. 4) относительно торцевой поверхности цилиндра зарождается новый вихрь (условно – нижний).

По мере развития нижнего вихря и его последующего отрыва, в верхней части цилиндра в интервале времени  $t \approx 1,6 - 1,8$  с зарождается второй (условно – верхний) вихрь. К моменту времени  $t \approx 2$  с происходит отрыв нижнего вихря, а затем, как показывает анализ результатов, к моменту  $t \approx 2,2$  с также происходит отрыв верхнего вихря.

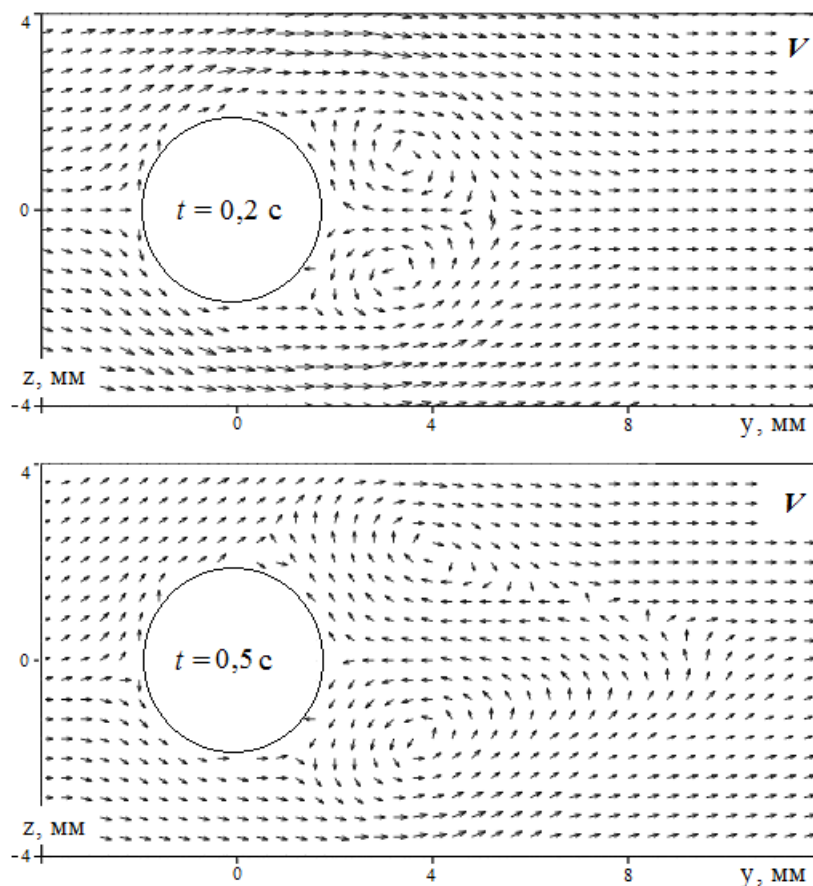


Рис. 2. Фрагмент векторного поля скорости  $V$  при обтекании цилиндра  
в момент времени  $t = 0,2; 0,5$  с,  $Re \approx 60$ .

В дальнейшем наблюдается периодическое формирование и отрыв вихрей, и к моменту  $t = 4$  с формируется вихревая дорожка (рис. 5). Поясним, что фрагмент векторного поля скорости, показанный на рис. 5b, получен вычитанием значения  $v^0$  из рассчитанного значения  $v$  компоненты скорости. Такая картина течения соответствует случаю, когда камера наблюдения перемещается вместе с потоком жидкости (рис. 6).

Экспериментальная зависимость числа Струхала от числа Рейнольдса (см. ссылки в [3]) позволяет определить частоту  $n$  отрыва вихрей, которая при значении  $Re = 140$  равна  $n \approx 1,53$  с<sup>-1</sup>.

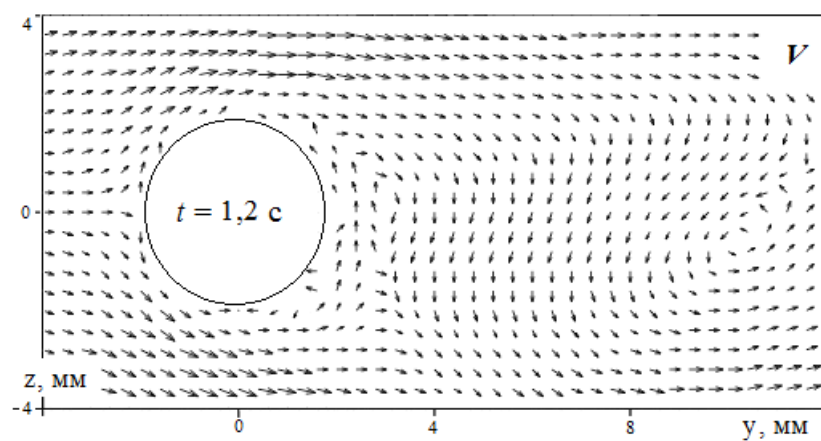
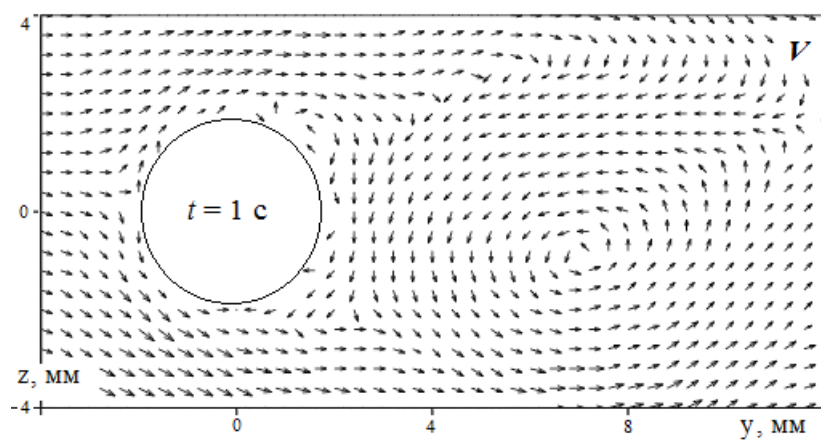
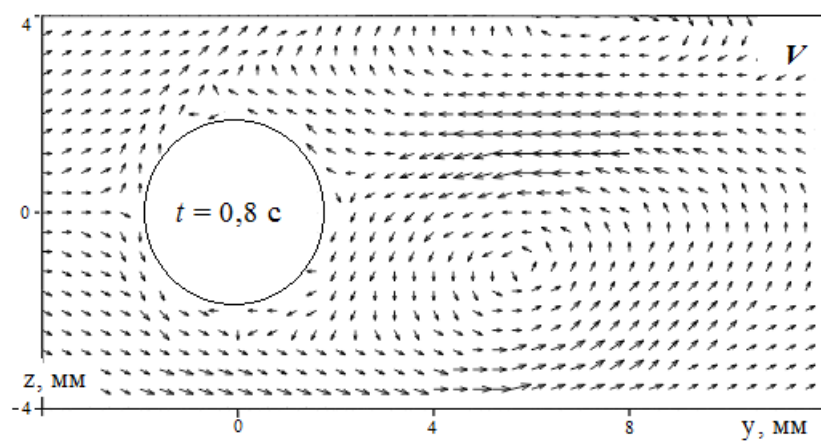
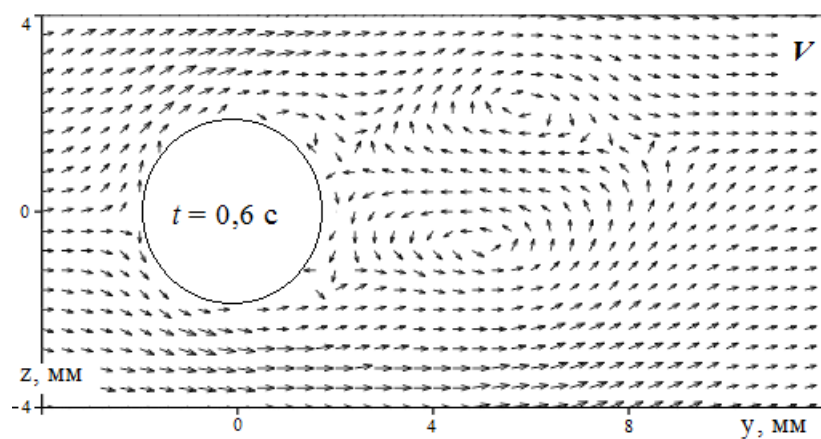
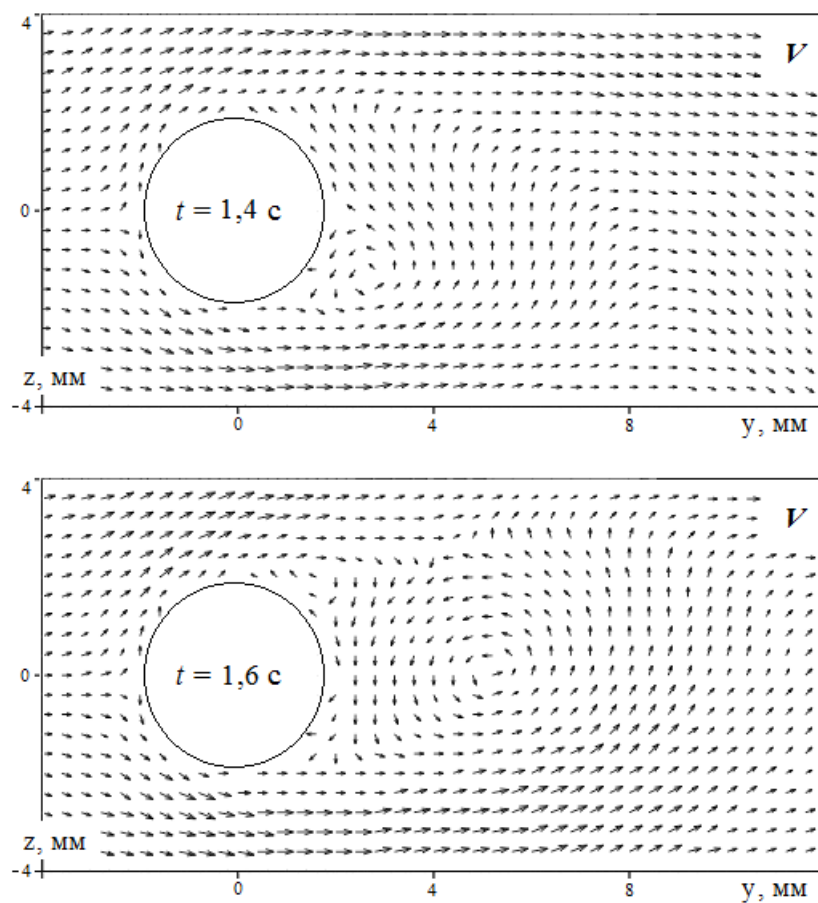


Рис. 3. Фрагмент векторного поля скорости  $V$  при обтекании цилиндра  
в интервале времени  $t = 0,6 - 1,2$  с;  $Re = 140$ .



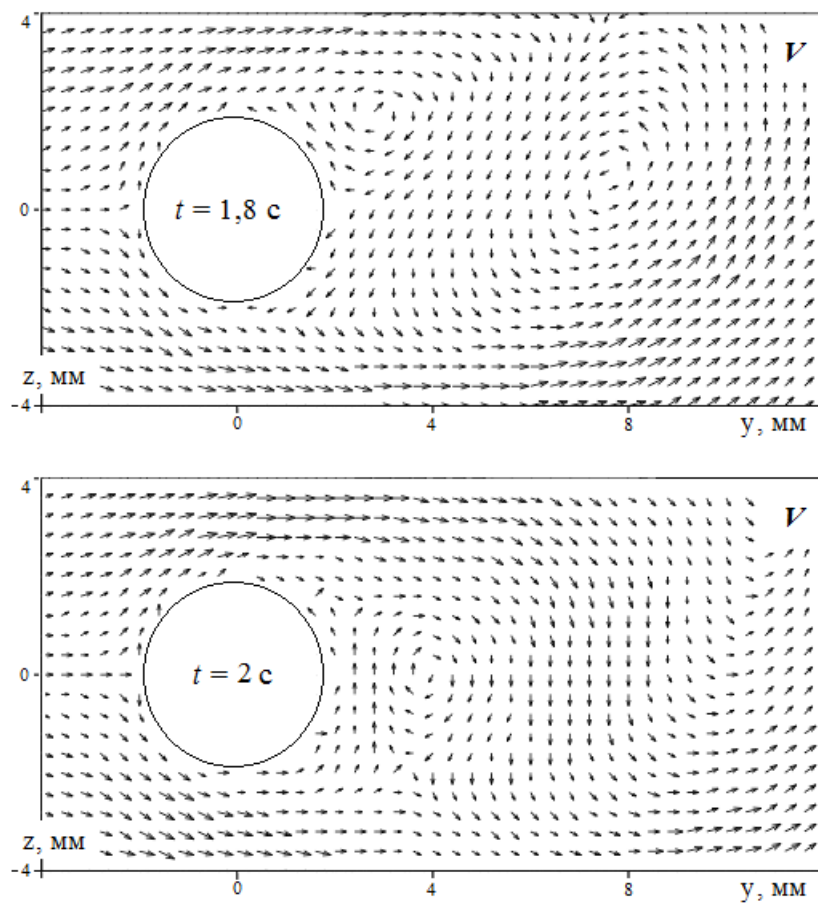


Рис. 4. Фрагмент векторного поля скорости  $V$  при обтекании цилиндра  
в интервале времени  $t = 1,4 - 2$  с;  $Re = 140$ .

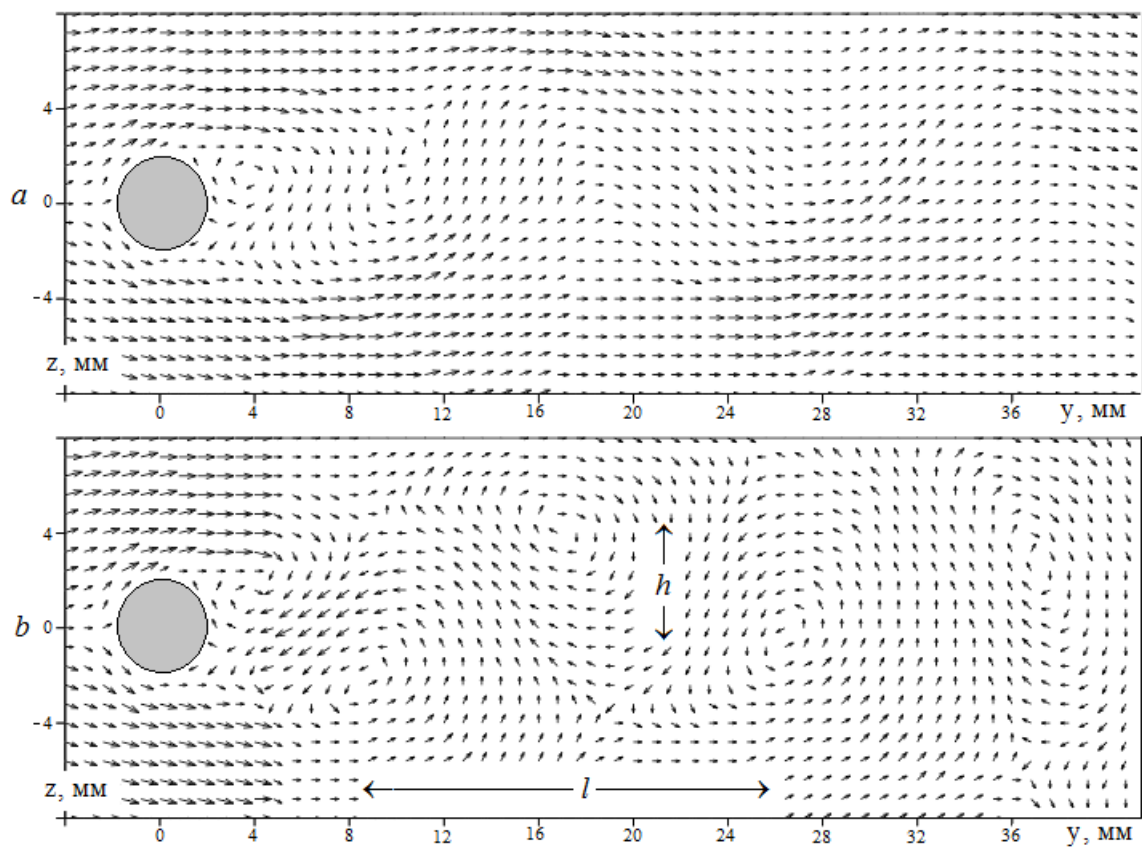


Рис. 5. Векторные поля скорости при обтекании цилиндра  $Re = 140$ ;  $t = 4$  с. *a)* – наблюдатель неподвижен относительно цилиндра;  
*b)* – наблюдатель движется в направлении оси  $y$  со скоростью  $\approx v^0$ .

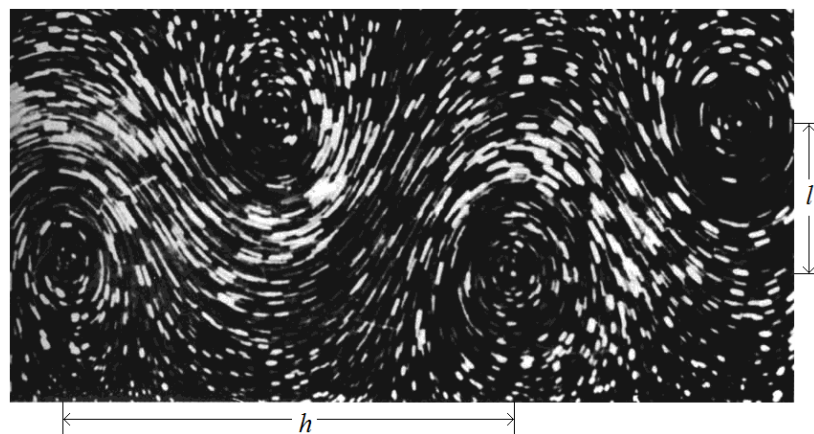


Рис. 6. Фрагмент вихревой дорожки Кармана, когда камера наблюдения перемещается вместе с потоком жидкости [10].



По результатам расчета отрыв вихрей происходит с периодом  $\Delta t \approx 0,75$  с, что соответствует частоте отрыва  $n \approx 1,33$  с<sup>-1</sup>. Видно, что расчетное значение  $n$  достаточно близко к опытным данным – отличие не превышает 15 %.

Известно, что вихревая дорожка Кармана в общем случае не является устойчивой пространственной структурой.

Как показывают эксперимент и теоретические исследования, наиболее устойчивыми являются вихревые дорожки с взаимным расположением вихрей, которому удовлетворяет соотношение  $h/l = 0,28$  (обозначения  $h$  и  $l$  указаны на рис. 5, 6). Результаты расчета дают значения  $h \approx 6$  мм,  $l \approx 18$  мм (см. рис. 5) и, соответственно,  $h/l = 0,3$ , что также близко к опытным данным.

Далее приведены результаты расчета обтекания цилиндра в потоке при значении числа Рейнольдса  $Re = 250$  ( $d = 10$  мм,  $v^0 = 2,25$  см/с). Временная эволюция течения качественно аналогична рассмотренному выше варианту при  $Re = 140$  и на рис. 7 представлена уже сформированная вихревая дорожка.

Поясим также, что вследствие большой протяженности расчетной области, поле течения в данном случае представлено в виде изолиний тока в плоскости  $Y - Z$ , которые определяются по формуле  $G = \rho \Delta x \int_0^z v dz$ . Сравнение рассчитанной (рис. 7) и экспериментально наблюдаемой (рис. 8) картины течения показывает их удовлетворительное качественное согласие.

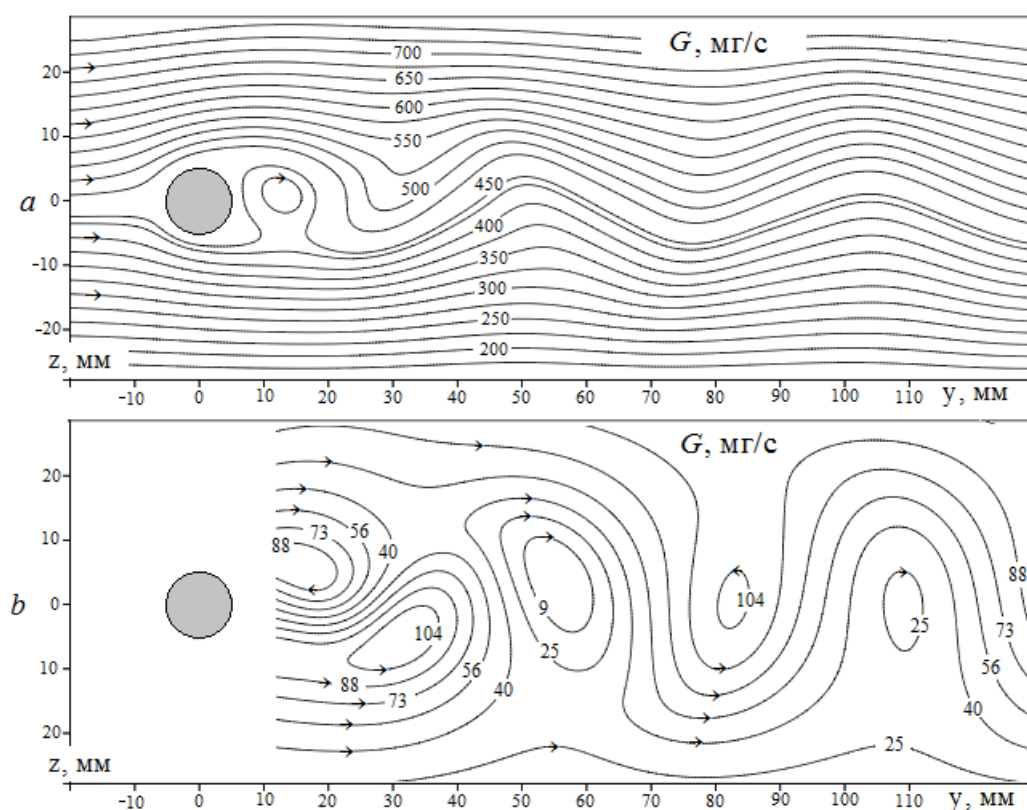


Рис. 7. Изолинии тока при обтекании цилиндра в момент  $t = 20$  с;  $Re = 250$ ;

- a) – наблюдатель неподвижен относительно цилиндра;  
 b) – наблюдатель движется в направлении оси  $y$  со скоростью  $v^0$ .

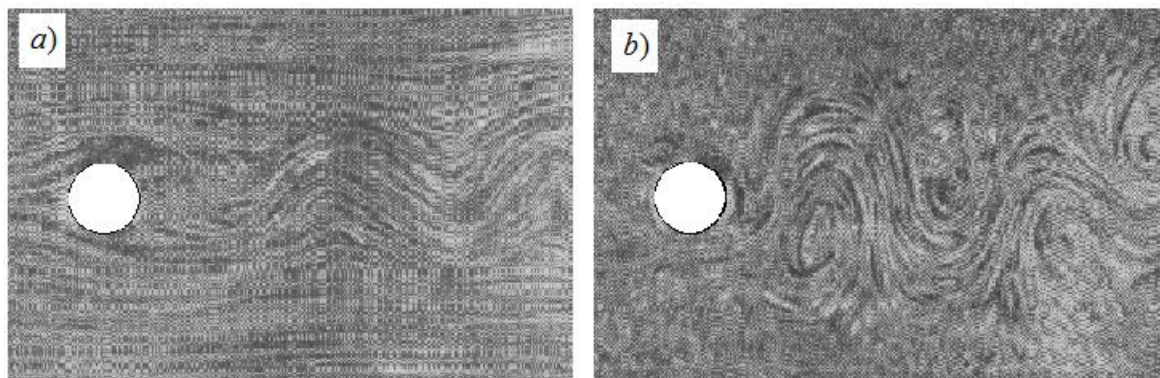


Рис. 8. Фотографии [2] обтекания цилиндра в потоке с числом  $Re = 250$ ;

- a) – фотокамера покоится относительно цилиндра;  
 b) – фотокамера покоится относительно невозмущенной жидкости.

Расчетная величина  $h/l$  при  $Re = 250$  равна  $\approx 0,24$ , а частота отрыва вихрей составляет  $n \approx 0,55 \text{ с}^{-1}$ . Эксперименты при  $Re = 250$  показывают соответственно  $h/l = 0,28$  и  $n \approx 0,45 \text{ с}^{-1}$ . Т. е. отличие не превышает 15 %.

Сравнение результатов расчетов, выполненных при различных значениях сеточного шага ( $\Delta = 0,1; 0,25; 0,5 \text{ мм}$ ) и временного шага ( $\tau = 10^{-4}; 5 \cdot 10^{-4}; 10^{-3} \text{ с}$ ) показали их удовлетворительное совпадение и согласие с данными эксперимента. Так, например, расчет обтекания цилиндра в потоке с числом  $Re = 250$  выполнен при значениях  $\Delta = 0,5 \text{ мм}$ ,  $\tau = 10^{-3} \text{ с}$ . Слабое влияние на результаты расчетов параметров  $\Delta$  и  $\tau$  обусловлено, главным образом, постоянной плотностью и вязкостью жидкости.

**Выводы.** Выполнено тестирование динамической части МГД-уравнений электрической дуги. Численно реализована вихревая дорожка Кармана при обтекании кругового цилиндра ламинарным потоком изотермической вязкой несжимаемой жидкостью. Показано удовлетворительное совпадение расчетных данных с экспериментальными данными, что свидетельствует о корректности математической модели и компьютерной программы расчета.

Установлено, что влияние величины сеточного и временного шага в диапазоне  $0,1 \div 0,5 \text{ мм}$  и  $10^{-4} \div 10^{-3} \text{ с}$  соответственно на расчетные характеристики незначительно. Это позволяет проводить численные расчеты при достаточно больших значениях сеточного и временного шага и заметно сократить общее время вычислений.

## Список литературы



1. Урусова И.Р. Трехмерная нестационарная модель электродуговых потоков плазмы // Совр. проблемы механики сплошных сред. – Бишкек, 2010, вып. 12, С. 207 – 217.
2. Френкель Н.З. Гидравлика. – Л., Госэнергоиздат, 1956. – 456 с.
3. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М., Наука, 1969. – 744 с.
4. Zdravkovich, M.M. Flow around Circular Cylinders. Oxford Un. Press, Oxford, 1997. – 692 с.
5. Travin, A., Shur, M., Strelets, M., Spalart, P. Detached-Eddy Simulation Past a Circular Cylinder. J. Flow Turbulence and Combustion, V.63, 1999, pp.393-313.
6. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. – М.: Мир, 1980. – 616 с.
7. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 146 с.
8. Смагулов Ш., Сироченко В.П., Орунханов М.К. Численное исследование течений жидкости в нерегулярных областях. Алма-Ата, 2001. – 276 с.
9. Урусов Р.М., Урусова Т.Э. Применение метода фиктивных областей для расчета характеристик электрической дуги // М., Теплофизика высоких температур, 2004. Т. 42, № 3. С. 374–382.
10. Ван-Дайк М. Альбом течений жидкости и газа. – М: Мир, 1986. – 184 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОПРОЧНОСТИ КЕРАМОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НИТРИДА КРЕМНИЯ**

**Н.К. Касмамытов** - д.ф.-м.н., **В.П. Макаров** – д.-ф.-м.н., **Н.В. Гудимов** – инженер,  
**К.А.Ласанху** – мнс.

Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН КР

[nurkas@mail.ru](mailto:nurkas@mail.ru)

В статье приведены экспериментальные результаты термостойкости на изгиб нано- и ультраструктурированных керамокомпозиционных материалов, полученных путем реакционного спекания шламовых отходов кремния в среде азота.

## STUDY OF THERMAL STRENGTH OF CERAMICS COMPOSITIONAL MATERIALS ON THE BASIS OF SILICON NITRIDE.

**Kasmamytov N. K.**, Dr. of Phys.-Math Sc., **V.P. Makarov** - Dr. of Phys.-Math Sc., **Gudimov N. V.** – engineer, **K.A.Lasanhu** - aspirant

Institute of Physics- technical problems and Materials Studies of National Academy of Sciences. [nurkas@mail.ru](mailto:nurkas@mail.ru)

The article discusses experimental results of thermal strength in bending of nano- and ultrastructured ceramics compositional materials, obtained through reaction sintering of Si waste in the N<sub>2</sub> environment.

XXI век – век нанотехнологий и наноматериалов. Получением технической наноструктурированной керамики занимаются многие материаловеды мира. Специальная или техническая керамика – это изделия, получаемые путем спекания неорганических, неметаллических материалов, имеющие промышленное или техническое применение.

В настоящее время большое внимание отводится получению наноструктурированной керамики, изучению её структуры и физико-механических свойств [1].

В Институте физико-технических проблем и материаловедения, Национальной Академии Наук Кыргызской Республики, была разработана технология получения nano- и ультраструктурированных керамокомпозиционных материалов (НУКМ), путем реакционного спекания шламовых отходов кремния полупроводникового производства в атмосфере азота [1, 2].

Ранее, в наших работах [1, 3], были детально исследованы химический и фазовый состав шламовых отходов кремния, их размеры и форма частиц шлама до и после помола. Также, в работах [4, 5] исследованы особенности формирования

структуры и изучены физико-химические свойства НУКМ. Было установлено, что в результате реакционного спекания структурно-кристаллическая матрица НУКМ формируется из нитрида кремния  $\text{Si}_3\text{N}_4$  и нестехиометрического карбонитрида кремния  $\text{Si}_3(\text{C}_x\text{N}_y)_4$ , наряду с этим в микроструктуре преимущественно в порах имеются включения в виде карбида кремния и сложных оксидов: кремния, железа, алюминия, никеля, кальция.

Целью настоящей работы являлось изучение влияния термической обработки на прочность при изгибе опытных реакционно-спечённых образцов НУКМ.

Предел прочности на изгиб образцов НУКМ определялся по методике, который детально описан в ГОСТе [6]. Испытания на изгиб НУКМ проводили при комнатной температуре, вначале без термообработки (исходные образцы), а затем после термообработки. Термообработку НУКМ проводили по разработанной методике описанной в работе [6,7]. Коротко отметим, что образцы НУКМ медленно нагревали в печи до требуемых температур и при конечной температуре нагрева (соответственно до  $T=1000$  и до  $T=1600^\circ\text{C}$ ) проводили выдержку в течение 30 мин. После завершения разовой термообработки в печи, их охлаждают по определенному режиму до комнатной температуры. Термообработку опытных образцов НУКМ проводили только один раз, так как именно после первой термообработки наблюдается наибольшая потеря прочности вследствие образования на поверхности и внутри керамического материала микротрещин, за счет возникающих термических напряжений [7].

В табл. 1 представлены экспериментальные результаты термпрочности опытных образцов НУКМ, полученных до и после термообработки.

Таблица 1

Прочность реакционно-спечённых НУКМ на изгиб до и после термической обработки

$t, ^\circ\text{C}$	Предел прочности на изгиб ( $\sigma_{\text{изг}}$ ), Н/мм <sup>2</sup>								$\sigma_{\text{изг}}$ , Н/мм <sup>2</sup> (сред. зн.)	Потеря прочности, %
22	114	137	103	88	135	138	120	109	118	0
1000	135	153	135	100	109	110	107	102	119	0

1400	105	105	104	99	75	74	66	67	87	25
1600	114	108	108	108	132	124	120	106	115	0

Эксперимент и строгий расчёт показал, что прочность на изгиб реакционно-спечённых НУКМ после термической обработки при температурах 1000 и 1600°C практически имеют одинаковые значения прочности, как и исходные образцы до термообработки. Наблюдается снижение прочности на изгиб для партии образцов НУКМ термически обработанных при температуре 1400°C. Снижение прочности НУКМ составило 25% по сравнению с исходными образцами ( см. рис 1).

В табл. 2 приведены результаты прочности на изгиб реакционно-спечённого НУКМ в сравнении с реакционно-спечённым нитридом кремния (РСНК), которые были получены из чистого порошка кремния. [8].

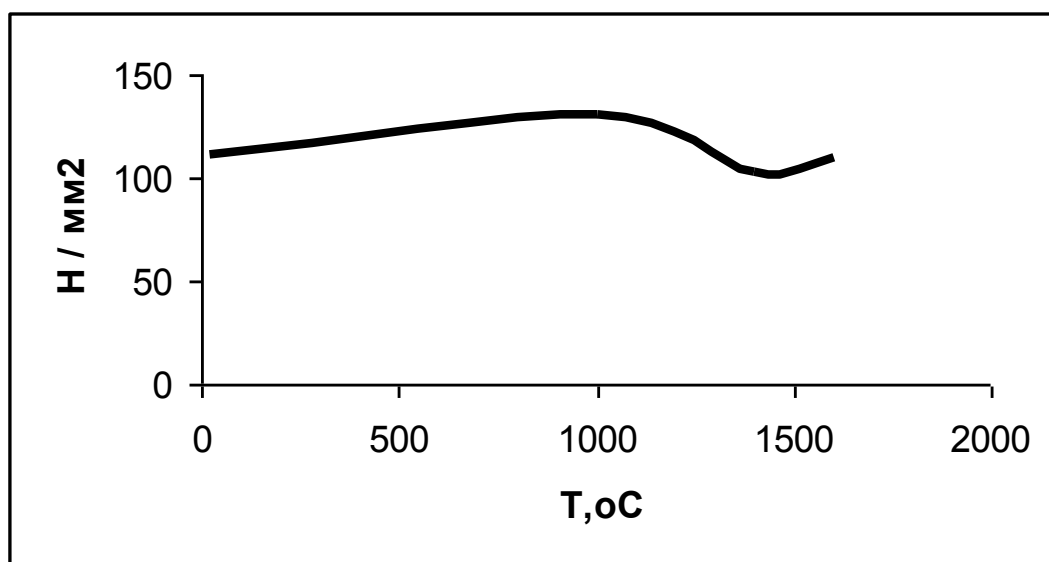


Рис.1. Прочность на изгиб реакционно-спечённого НУКМ от температуры.

Сравнительный анализ показал, что плотность у обоих керамик НУКМ и РСНК составляет 2,4 г/см<sup>3</sup>. Прочность на изгиб у РСНК оказалась приблизительно в два раза выше, чем у НУКМ это связано с тем, что РСНК изготовлен из чистых компонентов кремния и азота, а НУКМ изготовлен из шламовых отходов кремния, где присутствуют различные включения и примеси. В работе [1] детально описан химический состав шламового кремния, из которого были изготовлены опытные образцы НУКМ.

Таблица 2

## Сравнительный анализ прочности на изгиб керамических материалов

Образец керамики	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Средняя прочность на изгиб при 20 °С, МПа	Средняя прочность на изгиб после разовой термообработки при 1400 °С, МПа	Потеря прочности, %
НУКМ	2,4	118	87	25%
РСНК [8]	2,4	252,1	120	50 %

В работе [4] проведен микрорентгеноспектральный анализ реакционно-спечённых НУКМ, где установлено, что подавляющее большинство оксидных включений сосредоточено в межпоровом пространстве, а примеси сегрегируются в областях межзеренных контактов. Меньшая часть включений и примесей всё же сосредотачиваются непосредственно в структурно-кристаллической матрице реакционно-спечённых НУКМ. Очевидно, что наличие этих включений и примесей в кристаллической матрице НУКМ играют главную роль в образовании микротрещин в области межзеренных контактов в процессе термической обработки НУКМ. Образование микротрещин и их рост приводит к спаду прочности на изгиб у термообработанных НУКМ при температуре 1400 °С.

Экспериментальные исследования показали, что после однократной термической обработки при температуре 1400 °С, потеря прочности у РСНК [8] составляет 50%, а у полученных нами образцов НУКМ - 25% (см. табл. 2). Также можно отметить, что при термообработках на 1000°С и 1600 °С прочность на изгиб опытных образцов НУКМ практически был одинаковым и по величине соответствовал исходным образцам (без термообработки) НУКМ (см. табл. 1).

Меньшую потерю прочности ( 25%) у образцов НУКМ по отношению к классическим РСНК (где потеря прочности составило 50%) [8] термообработанных при температуре 1400°С можно объяснить релаксацией термических напряжений на микропорах [9] и наличием в микроструктуре у НУКМ «леса» нано- и ультра нитевидных кристаллов, которые обладают высокой прочностью близкой к теоретической [9-12]. Наличие нано- и ультраструктурированных кристаллов в НУКМ приводит в два раза меньшей потере прочности на изгиб чем у РСНК.

Повышение прочности НУКМ при 1600<sup>0</sup>С относительно 1400<sup>0</sup>С следует связывать с совершенствованием межчастичных контактов при 1600<sup>0</sup>С за счёт диффузионной спайки между зёрнами и кристаллами нитрида и карбонитрида кремния. Наряду с этим в процессе нагрева 1600<sup>0</sup>С микропоры становятся более округлыми [13], что также сдерживают развитие роста микротрещин, что приводит к повышению прочности керамокомпозиционного материала.

И так, на основании ранее проведенных исследований по изучению структуры и физико-химических свойств НУКМ, а также по результатам исследования их термopочности на изгиб позволяет рекомендовать НУКМ в качестве огнеупорного материала. Наряду с этим его можно использовать в виде тиглей форсунок и других не конструкционных изделий использующихся в металлургии, золотодобывающей и стекольной промышленности.

### Список литературы

1. Касмамытов Н. К. Утилизация отходов кремниевого производства: технология, керамика, структура, свойства, применение. – Бишкек: ИФТПиМ, 2010, - 236 с.
2. Касмамытов Н. К., Макаров В. П., Курбанов К. Р. Способ изготовления керамокомпозиционных изделий из отходов кремния// Кыргызпатент KG 1203 C1 (C04B 35/58). – 2009. – 4с.
3. Касмамытов Н. К., Макаров В. П., Гудимов Н. В. Структурные и физико-химические свойства отходов полупроводникового производства кремния.// Сб.тр. Иссык-Кульской международной летней школы по радиационной физике, новым материалам и информационным технологиям. - Бишкек: 2008 – С. 84.
4. Касмамытов Н. К., Макаров В. П., Гудимов Н. В. Формирование структуры керамики на основе высокотемпературной модификации нитрида и карбонитрида кремния// Бишкек: Известия вузов № 1, 2011. – С. 10 – 15.
5. Касмамытов Н. К., Ласанху К. А. Структура и физико – химические свойства нано- и ультраструктурированных керамокомпозиционных материалов.// Сб. тр. междунар. конф. «Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материалов и наноматериалов». – Алма – Ата, 2011. – С. 249 – 254.

6. ГОСТ Р 50526 – 93, Госстандарт России. Огнеупоры. Метод определения предела прочности при изгибе при комнатной температуре – Введ. 01. 01. 94. – М.: Издательство сандартов, 1993.
7. Химическая технология керамики: Учебное пособие / Под ред. И. Я. Гузмана. – Москва. – 2003. – 514 с.
8. Y. G. Gogotsi, A. G. Gogotsi and O. D. Shcherbina. Effect of oxidation on the strength of silicon nitride base reaction sintered ceramics// Kiev Polytechnic Institute. Translated from Poroshkovaya Metallurgiya, No. 5(281), pp. 40-44, May, 1986. Original article submitted April 10, 1985.
9. Касмамытов Н.К. Структурообразование керамокомпозиционного материала на основе нитрида кремния. Бишкек, изд-во КРСУ, 2011. - 102 с.
10. Бережкова Г. В. Нитевидные кристаллы. – М.: Наука, 1969 – 159 с.
11. Касмамытов, Н.К. Микрорентгеноспектральные исследования керамокомпозиционных материалов /Н.К.Касмамытов // Ежемесячный журнал.- Бишкек, Вестник КРСУ, №5, т. 10. 2010. - С.116-122.
12. Касмамытов, Н.К. Особенности поровой структуры в нано- и ультраструктурированных керамокомпозиционных материалах / Н.К. Касмамытов, С.В. Макарова , А.Ж. Жангараев // Научный журнал ИФТПиМ НАН КР Физика.- Бишкек.- №1, 2010.- С.91-96.

**УДК 621.762**

## **НИТРИДОКРЕМНИЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ**

**К.А. Ласанху**

**Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН КР**

**г. Бишкек, Кыргызстан, e-mail: [MegaCom17@mail.ru](mailto:MegaCom17@mail.ru)**

**В этой работе изучена химическая устойчивость керамокомпозиционных материалов и рентгеноструктурный анализ.**

## NITRID AND SILICON MATERIALS. X-RAY DIFFRACTION ANALYSIS

**K. A. Lasankhu**

[e-mail: MegaCom17@mail.ru.](mailto:MegaCom17@mail.ru)

**In this work chemical stability of keramokompozitsionny materials and the X-ray diffraction analysis its interpretation is investigated.**

Одна из самых главных задач материаловедения является поиск сверхновых и химически инертных материалов. Среди возможных кандидатов в этом является  $\text{Si}_3\text{N}_4$  нитрид кремний - материал будущего. Нитрид кремний обладает ряд преимущественных свойств, таких как механическая прочность, хорошая устойчивость к агрессивным средам, высокая термическая прочность и твердость.

Полупроводниковые отходы кремния из-за высокой химической чистоты исходного монокремния становятся привлекательными для использования их в производстве нитридокремниевой керамики методом шликерного литья и реакционного спекания [1]. Данный метод являются ресурсосберегающим, относительно не дорогой технологией, позволяющие получать керамические и керамокомпозиционные изделия на основе нитрида и карбонитрида кремния с требуемыми физико-химическими свойствами.

В Институте физико-технических проблем и материаловедения Национальной Академии наук Кыргызской республики разработана технология [2,3] получения нано- и ультраструктурированных керамокомпозиционных материалов (НУКМ) на основе нитрида и карбонитрида кремния методом шликерного литья и последующего реакционного спекания в газовой среде азота.

Цель данной работы рентгеноструктурный анализ реакционно-спеченных нитридокремниевых материалов.

Рентгеноструктурные исследования [4,5] показали при реакционном спекании в газовой среде азота при  $T=1220$  и  $1320$  К формируются в основном



кристаллическая матрица из  $\alpha$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$  которая составляет  $\approx 85$ - $92\%$  (масс.) и высокотемпературная фаза  $\beta$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$  соответственно. Так же в структуре НУКМ образуется тройное соединение  $\alpha$ - и  $\beta$ - $\text{Si}_3(\text{C}_x\text{N}_y)_4$  это связано с тем, что при реакционном спекании идет частичное замещение атома азота атомами углерода, данное замещение не нарушает целостность структуры, так как атомные радиусы азота и углерода не так сильно отличаются. Химический состав карбонитрида кремния может быть различной от  $\text{Si}_3\text{N}_4$  до  $\text{SiC}$  ( $\text{Si}_3(\text{C}_x\text{N}_{4-x})_4$ , где  $x=0, 1, 2, 4$ ) это связано с различными факторами и условиями проведения синтеза -  $T$ ,  $P$ ,  $C$ ,  $V$ , и содержанием самого углерода.

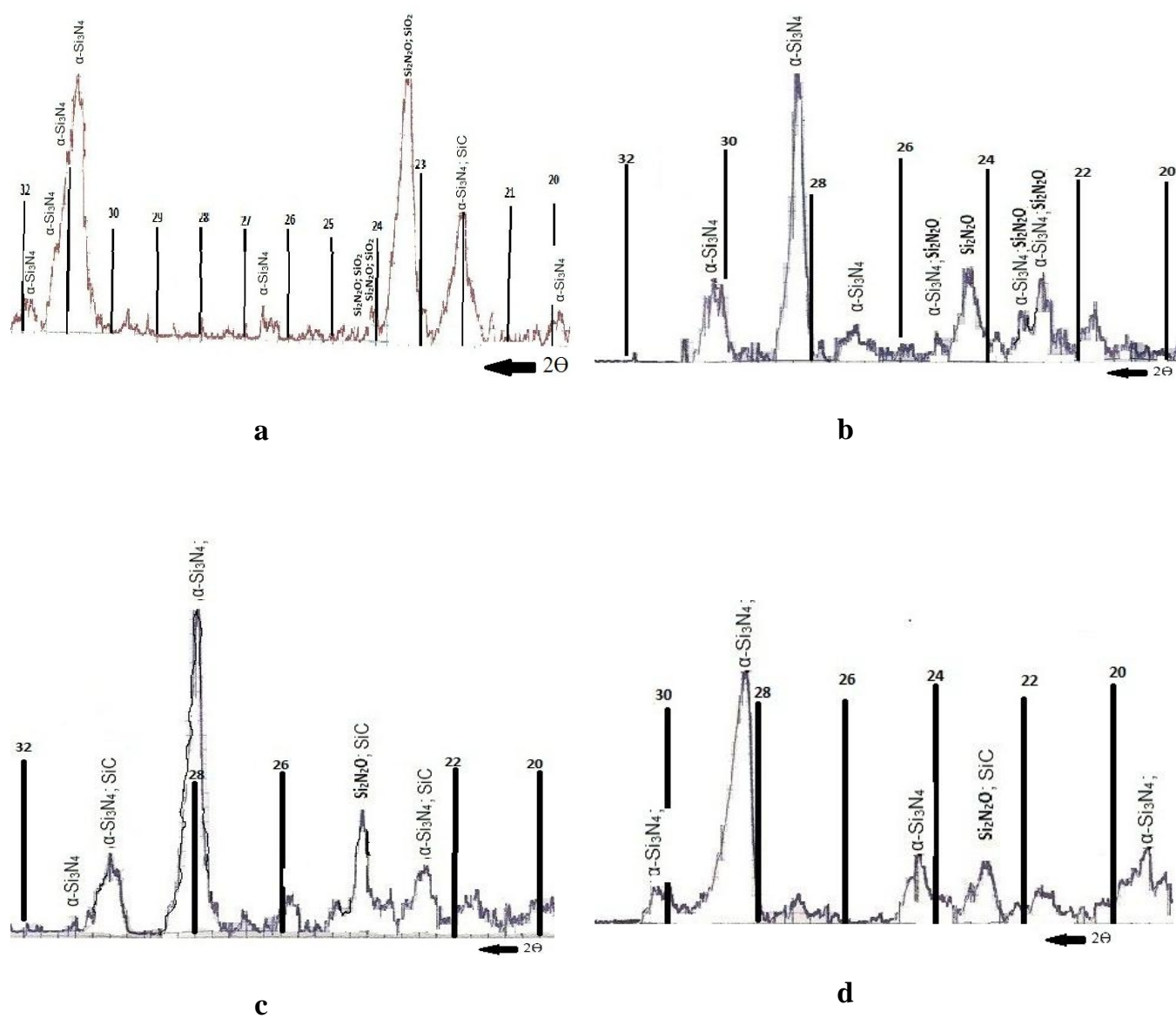
Полученные опытные образцы НУКМ были испытаны на устойчивость к агрессивным средам – концентрированным кислотам и щелочам при 298 К. Данные опытные образцы НУКМ были выдержаны в концентрированных кислотах от 161 до 1286 часов, а в концентрированных щелочах от 136 до 750 часов [6].

По исследованию химической устойчивости НУКМ материала можно сказать, что реакционно-спеченные опытные образцы НУКМ обеих партий по химической устойчивости существенно отличаются. Высокие значения химической устойчивости реакционно-спеченных опытных образцов первой партии НУКМ связываются с более прочными ковалентными связями в высокотемпературных модификациях  $\beta$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$  и  $\beta'$ - $\text{Si}_3(\text{C}_x\text{N}_y)_4$ .

Известно, что мерой ковалентной связи могут служить параметры кристаллической решётки, образующихся фаз в реакционно-спеченных опытных образцах НУКМ. Например, в  $\beta$  и  $\beta'$ -фазах нитрида и карбонитрида кремния (партия I) параметры кристаллической решетки “a” и “c” меньше на  $\Delta a \approx 0,15 \text{ \AA}$  и  $\Delta c \approx 2,71 \text{ \AA}$ , чем у реакционно-спеченных опытных образцов  $\alpha$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$  и  $\alpha'$ - $\text{Si}_3(\text{C}_x\text{N}_y)_4$  (партия II).

Рентгеноструктурный анализ показал, что полученные реакционно-спеченные опытные образцы НУКМ устойчивы к агрессивной среде, а физико-химические свойства меняются не значительно. Как видно на рентгенограмме рис. 1. а- до воздействия кислот и щелочей, присутствует фазы  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{SiC}$  и оксинитрида кремния  $\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$ . После того как реакционно-спеченные опытные образцы были выдержаны в концентрированных кислотах и щелочах при  $T=298 \text{ K}$ , был сделан повторный рентгеноструктурный анализ. Как видно на рентгенограмме b, c и d фазы, которые присутствовали до воздействия концентрированных кислот и щелочей остались почти без изменения. Например, если смотреть интенсивность пика угла 28, то видно после воздействия концентрированных кислот и щелочей выявилось фаза нитрида кремния. После влияния щелочи, серной и фосфорной кислот привело к растворению фазы оксинитрида кремни и примесей в НУКМ

материале. Основная фаза из нитрида кремния была не растворена в агрессивных средах и это видно на рентгенограммах рис. 1.



## **Рас. 1. Рентгеноструктурный анализ НУКМ.**

**а- до воздействия концентрированных кислот и щелочей; б- $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; с-  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  
д- NaOH**

### **ВЫВОДЫ**

Реакционно-спечённые образцы НУКМ были синтезированы методом реакционного спекания в газовой среде азота. Данный метод позволяет получать нитридокремниевые материалы с различной конфигурацией, которые обладают высокими коррозионными свойствами в концентрированных кислотах и щёлочах. Это обусловлено наличием в структуре НУКМ нано- и ультрадисперсных кристаллов, которые по форме близки к “идеальным” кристаллам.

По результатам исследования рентгеноструктурного анализа и химической устойчивости реакционно-спечённых НУКМ их можно рекомендовать для применения в качестве изделий работающих в среде контактирующие с концентрированными кислотами, в частности с серной, азотной, фосфорной и в концентрированных щелочах - гидроксида натрия и калия при  $T=298,15\text{ K}$  и при более высоких температурах.

Исследование рентгеноструктурного анализа показали, что при испытании в концентрированных кислотах и щелочах полученные методом реакционного спекания НУКМ могут работать в жестких условиях до 1286 часов почти без изменения физико-химических свойств.

### **Список литературы**

1. Касамытов Н.К. / Утилизация отходов кремниевого производства: технология, керамика, структура, свойства, применение. // Бишкек: Белек-принт, 2010.-236 с.
2. Касамытов Н.К., Макаров В.П., Курбанов К.Р. / Способ изготовления керамокомпозиционных изделий из отходов кремния // Кыргызпатент KG 1203 C1 (C04B 35/58). – 2009.-4 с.
3. Касамытов Н.К. / Технология синтеза нано- ультраструктурированных керамокомпозиционных материалов. // Сб. трудов: Открытой школы конференции стран СНГ «Ультрамелкозернистые и наноструктурированные материалы» - Россия, г. Уфа, 11-15 октября 2010г.-с.45.
4. Касамытов Н.К., Мураталиева В.Ж. / Рентгеноструктурные исследования реакционно-спечённых керамокомпозиционных материалов. // Бишкек. – 2009. - Известия Кыргызского государственного технического университета - №17. - С.271-275.

5. Касмамытов Н.К. / Структурообразование керамокомпозиционного материала на основе нитрида кремния. // Бишкек. Изд-во КРСУ – 2011. – 90с.
6. Ласанху К.А., Касмамытов Н.К. //Химическая устойчивость нано- и ультраструктурированного керамокомпозиционных материалов в концентрированных кислотах и щелочах./ Известие НАН КР, Серия физико-технических, математических, горно-геологических наук, «Илим» №2, Бишкек, 2011 г, с132-135.

**УДК 696.2**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПРОДУКЦИИ СЫРЬЯ В БГУ, И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ.**

**Лаврентьев А.В.**

**e-mail : [Aleksei1.1987@mail.ru](mailto:Aleksei1.1987@mail.ru)**

**Институт Автоматики и Информационных технологий НАН КР**

**В работе описана автоматизация процесса перемешивания и использование ее в транспортных средствах.**

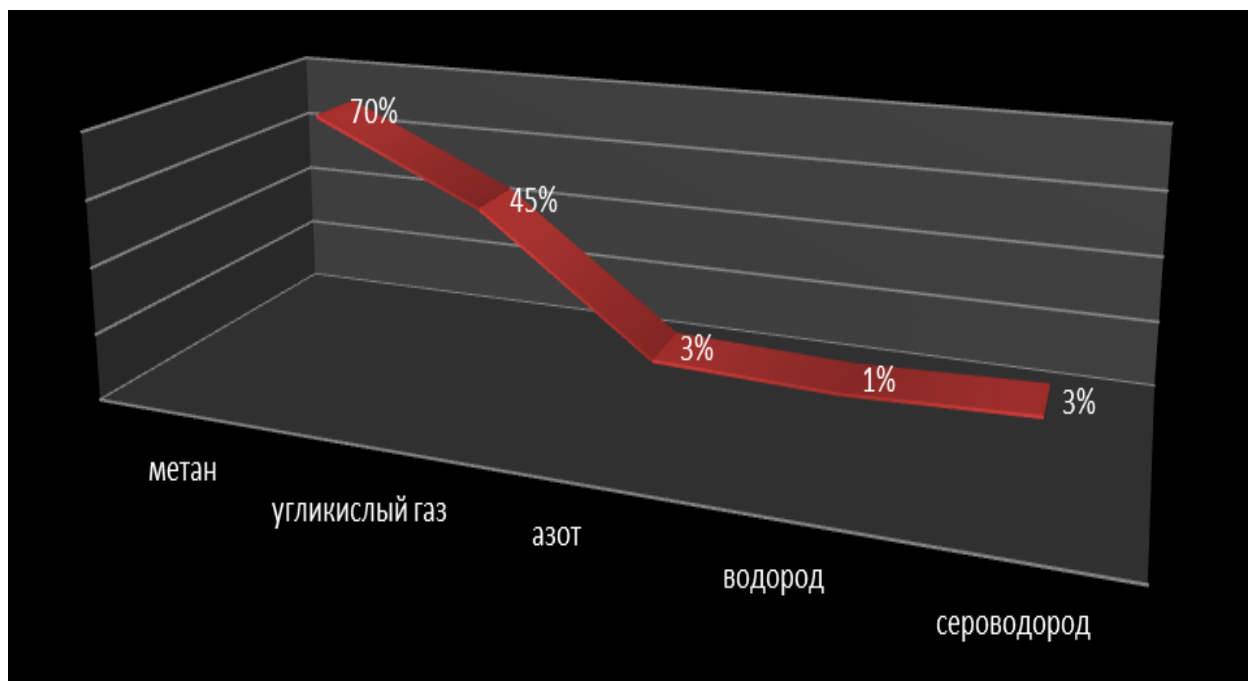
**AUTOMATION OF MANAGEMENT OF PROCESS OF HASHING OF PRODUCTION OF RAW MATERIALS IN BGU, AND PRODUCTION USES IN VEHICLES.**

**Lavrentyev A.V.**

**Institute of Automatic equipment and Information technologies NAN KR**

**In work automation of process of hashing and its use in vehicles is described.**

Процесс анаэробной конверсии биомассы представляет собой сложный биохимический процесс превращений, который осуществляет множество микроорганизмов, по некоторым оценкам – до тысячи видов, причем микроорганизмы действуют только при определенных условиях. При этом сложные органические вещества последовательно превращаются в более простые. Биогaz представляет собой смесь газов содержащих метан ( $CH_4$ ), углекислый газ ( $CO_2$ ), соотношение которых зависит от исходного сырья и характеристики процесса переработки (температуры, времени переработки биомассы в реакторе и др.). Наряду с этим биогaz содержит некоторое количество водорода ( $H_2$ ), сероводорода ( $H_2S$ ), а также азота ( $N_2$ ). Средний состав биогaza следующий: метан -55-75%, углекислый газ – 27-45%, азот – 0-3%, водород -0-1%, сероводород – 0-3% /1/.



*Диаграмма 1. Процентовка химических соединений в биогазе.*

В процессе получения биогаза необходимо придерживаться, следующим факторам:

1. Температура в реакторе
2. Герметичность
3. Давления

На предприятии общественного фонда “Флюид”, разрабатываются установки по производству биогаза, данная установка состоит из 3 реакторов объем два реактора 50тонн один реактор 80 тонн (рис.1).



*Рис.1.Реактор*

На реакторе БГУ используются два режима пневматический и автоматический. В пневматическом режиме используется ручное включение подачи биогаза в реактор, для перемешивания биомассы. В автоматическом режиме, процесс перемешивания сырья производится с помощью временного реле и электромагнитного клапана, что не дает образованию на поверхности биомассы плотной корки, которая замедляет выход газа из данной биомассы.

Главной задачей заключается в том, чтобы процесс получения биогаза в установки был как можно высок и эффективен. Для этого требуется разработать математическую модель, процесса получения биогаза. В условиях идеального перемешивания субстрата и постоянной температуры ключевыми факторами, влияющими на протекание метаногенеза, является время процесса, концентрации бактерий и регулировать значения управляющих параметров. В данной работе учитывая эти факторы, получим математическую модель, представляемая собой систему дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dX}{dt} = bLX - pX \\ \frac{dL}{dt} = p(L_0 - L) - \alpha bLX \\ \frac{dV}{dt} = \gamma bLX \end{array} \right.$$

С начальными условиями;  $X(0)=X_0$ ,  $L(0)=L_0$ ,  $V(0)=V_0$

Где:

$X$  – концентрация бактерий,

$L$  – концентрация питательных веществ

$V$  – выход биогаза

$b$  – коэффициент скорости роста бактерий

$\gamma$  – преобразования питательных веществ в биогаз

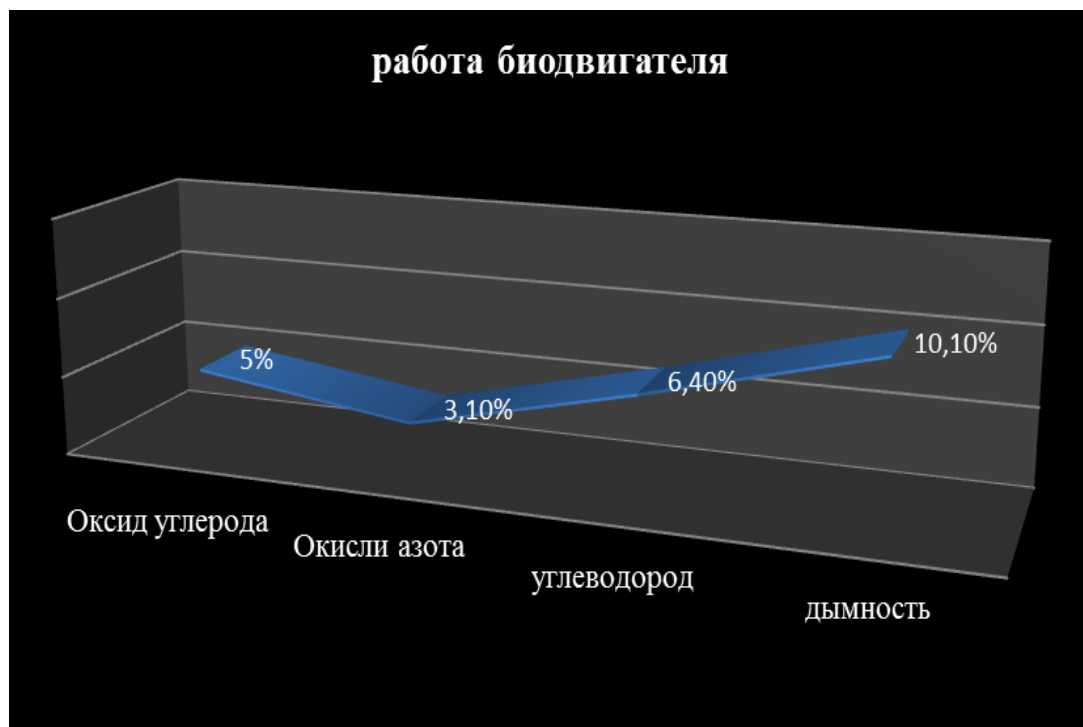
$\alpha$  – коэффициент усвоения субстрата

$p$  – относительная скорость субстрата



Изучив данную систему, мы можем построить график по откачки биогаза из реактора /2-3/. Зная термопроцессы проходящие внутри реактора, мы можем высчитать, сколько процессов откачки газа происходит из реактора в газгольдер за один день и построить график:

Биогазовые установки в наше время очень важны, так как глобальной проблемой человечества состоит в том, чтобы сберечь природу. Использование биогазовых двигателей работающих на биогазе, уменьшают количества вредных химических соединений, и выброс их в атмосферу/4/. В отличие от двигателей внутреннего сгорания, работающих на бензине. Полученный биогаз применяют как топливо для транспортных средств. Работа биодвигателей уменьшит выброс химических вредных примесей в атмосферу (диаграмма2).



*Диаграмма .2. Работа биодвигателя и его выхлоп*

**Вывод.**

1. Автоматический режим управления перемешивания сырья в БГУ является оптимальным решение в вопросе о ликвидации плотной корки и препятствию выхода газа в верхнюю часть реактора.
2. Как мы видим процессы сгорания биогаза и выхлоп его химических отходов очень низок, в сравнении с двигателями работающих на бензине, уровень химических соединений при сгорании снизился на 90%.

### **Список литературы**

1. Сеитбеков Л.С., Нестеров Е.Б., Некрасов В.Г., "Микробиологические анаэробная конверсия биомассы".: Алматы 2005г.-279с.
2. Веденев А.Г., Веденева Т.А., "Биогазовые технологии в Кыргызской Республике". Бишкек 2006г. – 90с.
3. Веденев А.Г., Веденева Т.А., "Руководство по биогазовым технологиям". Бишкек:2011г. - 84с.
4. Эдер.Б., Хайнц Ш., " Биогазовые установки , практическое пособие." Германия.:1996г.-168с.

**УДК 621.312.7**

## **ЭВОЛЮЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕТЯХ СОТОВОЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ**

**Д. Ш. Осмоналиев, Р. Р. Камаев, О. Соронбаев , К. Б. Турганов , Осмонова Ж. Р., Жусупов. А.М.**

Рассматриваются эволюция безопасности сетей СПС, интеграционные процессы, преимущество уязвимостей при объединении различных сетей и механизмы информационной безопасности.

## **EVOLUTION OF SAFETY IN CELLULAR MOBILE NETWORK**

D.Sh. Osmonaliev, R.R. Kamaev, O. Soronbaev, K.B. Turganov, Zh.R. Osmonova, A.M. Jusupov.



The questions of evolution of safety in cellular mobile network as well as integration processes, vulnerabilities succession at integration of different networks, and mechanisms of information safety are considered in this article.

В современной действительности непрерывно происходят процессы эволюционного развития систем сотовой подвижной связи (СПС) в направлении высоких технологий, использования интеллектуальных ресурсов, разработки и внедрения механизмов обеспечения информационной безопасности. Исторический опыт показывает, что эволюционный путь развития является более прагматичным, по сравнению с революционным, более надежным и стабильным. Эволюционный подход подразумевает изучение плюсов и минусов того, что было, с последующим усилением позитивных аспектов и исключением негативных факторов.

Развитие сетей СПС представляет собой динамически развивающийся рынок связи, если можно так выразиться, развитие мобильных систем связи намного прогрессивнее стационарной связи и это вызвано рядом причин. Расширение зоны покрытия сетей и межсетевой роуминг обеспечивает комфорт и избавляет абонента сети от лишних забот, а использование автоматического роуминга за пределами России дает возможность говорить о все большем преимуществе сотовой подвижной связи перед стационарной. Не менее важным является и расширение сервисов обслуживания абонентов сети и интенсивное внедрение новых услуг.

Перечисленные преимущества сетей СПС базируются именно на эволюционном принципе развития. Переход от аналоговых сетей связи с достаточно с небольшой зоной покрытия к цифровым сетям связи современного состояния происходило не скачкообразно, а плавно, с использованием ресурсов прежних сетей и развитие на их основе принципиально новых сетей связи. Но на этом развитие систем сотовой связи не останавливается, т.к. растущие с каждым годом потребности пользователей в услугах СПС приводят к необходимости производить операторами улучшение качественных и количественных характеристик сети, внедрение новых услуг и, как следствие, новых технологий.

Следующим этапом развития СПС будет полномасштабное внедрение сетей UMTS. В идеологию развития сетей UMTS заложен тот же принцип эволюционности. Сети UMTS будут внедряться постепенно и будут функционировать одновременно с существующими сетями GSM\GPRS до момента их полного вытеснения с рынка мобильной связи. С учетом существующих тенденций на рынке радиодоступа можно определить следующие пути развития систем сотовой связи в объединении с другими технологиями доступа [1]. Для операторов связи, использующих сети второго поколения:

- внедрение и эксплуатация сетей на основе технологии EDGE, а также модернизация существующих сетей;
- внедрение WiMAX-сетей с целью расширения возможностей сетей GPRS/EDGE.

Для операторов связи, имеющих лицензии на эксплуатацию сетей 3G:

- запуск и развитие сетей на основе технологии EDGE;
- внедрение сетей UMTS/HSDPA с целью предоставления услуг мобильной связи, связанных с высокоскоростной передачей данных;
- расширение зоны покрытия для сетей UMTS/HSDPA;
- внедрение WiMAX-сетей как расширение сетей 3G.

Таким образом, видно, что одним из направлений развития сетей СПС третьего поколения является интеграционный процесс, включающий в себя объединение различных технологий, процессов и физических сетей.

В рамках рассматриваемой проблематики можно выделить следующие вопросы, представляющие особый интерес при развитии сетей третьего поколения:

- определение рисков для сетей СПС третьего поколения с учетом уязвимостей сопряженных сетей;
- порядок аутентификации абонента при подключении к ресурсам сети UMTS через внешнюю сеть передачи данных;
- безопасность в процессе взаимодействия базовой сети UMTS и сетей контент-провайдеров и внешних сетей.

При развитии сетей СПС, как уже отмечалось выше, присутствует принцип преемственности в процессах развития и конвергенции сетей. Путь развития сетей СПС направлен в сторону полного их интегрирования в ЕСС РФ. То есть из сети сотовой связи необходимо иметь доступ к любой другой сети, и наоборот, из любой сети необходимо иметь доступ к ресурсам сети СПС (например, в сетях 3G), при этом необходимо особое внимание уделить вопросам тарификации и оплаты услуг, безопасности передачи данных. Аналитические исследования в области ИБ сетей СПС и сетей передачи данных показали, что в этих сетях существует ряд уязвимостей и рисков нарушения ИБ [2]. Уязвимости, угрозы и риски ИБ носят специфический характер, все зависит от среды передачи данных, структуры сети связи, передаваемых данных, назначения сети и т.д. Однако, очевидно, что в рамках процесса объединения различных сетей и расширения области их взаимодействия растет и риск преемственности одной сетью уязвимостей другой. При этом в объединенной сети будут присутствовать одновременно все специфические угрозы ИБ для каждой сети в отдельности, входящей в общую инфраструктуру.

В ракурсе этого вопроса немаловажным становится проблематика изучения и исследования направления – информационной безопасности (ИБ) при интеграционных процессах сетей СПС. О безопасности в сетях СПС можно говорить как об определенном процессе, непосредственно связанном с функционированием сети СПС. Эволюционные процессы, протекающие в рамках общего развития сетей СПС, отразились и на механизмах и принципах реализации ИБ в сетях СПС.

Вопросы обеспечения ИБ в сетях СПС с каждым новым этапом развития расширяются и включают в себя все больше механизмов обеспечения ИБ. При этом

стоит отметить, что механизмы, зарекомендовавшие себя в предыдущих поколениях, учитываются при развитии сетей последующих поколений. Эти механизмы могут реализовываться в сетях нового поколения без изменений, а могут модернизироваться с учетом новых угроз ИБ. Таким образом, из всего вышесказанного можно сделать следующие выводы:

- в развитии сетей СПС наблюдается эволюционное развитие;
- явным образом прослеживаются интеграционные процессы;
- преобладание уязвимостей при объединении различных сетей;
- расширение спектра реализуемых механизмов ИБ в сетях СПС.

### **Библиографический список**

1. *Шапоров В.* «Перспективы эволюции и интеграции сетей 3G, Wi-Fi и WiMAX», Мобильные телекоммуникации 10.2004, Спец. Выпуск.
2. Отчет по НИР «Методы защиты СПС стандарта GSM от несанкционированного доступа», ЗАО Москва, «Институт сотовой связи», 2003.
3. GSM 03.20 – Digital cellular telecommunications system/Phase 2+/Security related network functions.
4. TS 121 133 3GPP SA Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) – 3G security; Security threats and requirements.

**УДК 621.312.8**

### **БЕЗОПОРНАЯ ГОЛОГРАФИЯ В ЗАЩИТЕ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**Д.Ш. Осмоналиев**

В данной статье рассматриваются вопросы синтеза алгоритмов защиты графической и текстовой информации от несанкционированных пользователей.

### **UNSUPPORTED HOLOGRAPHY IN PROTECTION OF CONFIDENTIAL DATA**

**D.Sh. Osmonaliev**

In the article are considered the problems of protection algorithms synthesis of graphical and text information from unauthorized users.

Известные алгоритмы кодирования и декодирования графической информации, передаваемой по открытым каналам связи, недостаточно надежно обеспечивают её конфиденциальность на разумный отрезок времени.

Целью является синтез алгоритмов защиты графической и текстовой информации от несанкционированных пользователей.

При адаптации для этих целей компьютерных алгоритмов защиты и восстановления информации широкое применение в оптической обработке информации находит безопорная голограмма.

Известно [1], что процесс восстановления изображения из безопорной голограммы (RLH) можно интерпретировать как ассоциативный, при этом главные аспекты безопорного искажения и реконструкции оптического сигнала следующие:

- в физическом смысле, RLH является когерентной фотографией, исходя из чего получение информации о фазе исходного сигнала невозможно из прямого анализа безопорной голограммы;

- изображение, реконструируемое из RLH, восстанавливается лишь в том случае, когда для этого используется часть начального поля, записанного на RLH, эта часть начального поля может быть интерпретирована как некоторый «ключ» для декодирования безопорной голограммы.

Из рассмотрения Фурье-случая формирования и восстановления RLH вытекает, что свойства Фурье-преобразования позволяют построить системы обработки, имеющие определенные преимущества по сравнению с ранее известными экспериментальными схемами.

К таким преимуществам, прежде всего, следует отнести пространственную инвариантность Фурье-системы, которая обеспечивает эффективную работу системы независимо от локализации сигнала во входной плоскости.

Представив поле  $U(y, x)$  во входной плоскости как сумму двух полей вида

$$U(x,y)=U_0(y, x)+U_{key} \quad (1)$$

поле в Фурье-плоскости  $V(w,v)$ , описывается как

$$V(w, v)=V_0(w, v)+V_{key}, \quad (2)$$

где  $V=I\{U\}$  – Фурье-образ начального поля.

Распределение интенсивности в плоскости  $w, v$  допустимо записать на фоточувствительный материал, что представляет собой безопорная голограмма, описываемая по формуле

$$RLH \approx I(w, v) = \dots V_0 V_{key}^* + \dots \quad (3)$$

При восстановлении безопорной голограммы закрывают непрозрачным экраном часть поля  $U_0$  графической информации, а само поле  $U_{key}$  заменяют на  $U_{key}^i$  его RLH, тогда, после преобразования, поле описывается по формуле

$$V_i = V_{key}^i \times RLH = \dots + V_0 V_{key}^* V_{key}^i + \dots \quad (4)$$

В выходной плоскости поле соответственно описывается выражением

$$U_i(x_i, y_i) = \Gamma^{-1}\{V_i\} = \dots + U_0 \otimes \Gamma^{-1}\{V_{key}^* V_{key}^i\} + \dots, \quad (5)$$

где  $\Gamma^{-1}\{V_{key}^* V_{key}^i\} = U_{key} \times U_{key}^i = \varphi(x_i, y_i)$  – корреляционная функция и

$$\varphi(x_i, y_i) \rightarrow \delta(x_i, y_i) \text{ при } U_{key} = U_{key}^i \text{ и} \quad (6)$$

$$\varphi(x_i, y_i) \rightarrow 0 \quad \text{при } U_{key} \neq U_{key}^i.$$

Из (5) и (6) следует, что выходное поле стремится к  $U_0$  если выполняется первое условие, и стремиться к 0, т. е.

$$U^i(x_i, y_i) \rightarrow U_0(x_i, y_i) \text{ и} \quad (7)$$

$$U^i(x_i, y_i) \rightarrow 0.$$

Таким образом, часть  $U_{key}$  начального поля, формируемая при записи RLH, может быть использована как некоторый ключ для восстановления поля  $U_0$ . Но такая реконструкция успешна только в случае, когда  $U_{key}^i = U_{key}$ .

Алгоритм искажения и восстановления графического сообщения предполагает его представление совокупностью “0” и “1” (“бинарным” файлом), но тогда каждая “1” может быть интерпретирована как некоторый точечный источник с единичной интенсивностью и координатой, определяемой местом этой “1” в файле. Дополнительно каждому точечному источнику может быть присвоена случайная фаза (в пределах  $0, 2\pi$ ). Таким образом, такой трансформированный (“image”) файл может рассматриваться как некоторое скалярное поле – аналог поля  $U_0$ .

Естественно, что ключевой файл также может быть сформирован как аналог поля  $U_{key}$ , т. е. квадрат модуля амплитуды Фурье-образа описывается по формуле

$$RHL(w, v) = |I\{U_0(x, y) + U_{key}\}|^2$$

и является компьютерным аналогом RLH. RLH-файл передается по каналу связи. Фурье-образ поля  $V_{key}$  или номер ключевого файла (если санкционированный получатель сообщения имеет набор ключевых файлов) передается по каналу связи.

Процедура восстановления начального сообщения начинается с того, что санкционированный получатель множит поэлементно данные файлов RLH и  $V_{key}$  ключевого файла. После обратного преобразования Фурье результата умножения полученное поле  $U_r(x_i, y_i)$  стремится к полю  $U_0(x_i, y_i)$ , если  $V_{key}^i = V_{key}$ .

Для наглядности в качестве тест-файла, передаваемого по каналу связи, допустимо использовать графический файл в формате “bmp”, “Распределение интенсивности в частотной плоскости” – графическое представление переданного сообщения (RLH), но тогда передаваемое сообщение формируется как файл со случайными данными, а наличие “регулярной” структуры в виде креста объясняется тем, что случайная фазовая модуляция вводилась только в ключевой файл. В [2] показано, что и в этом случае восстановление начального изображения невозможно из прямого анализа RHL-файла.

Разработано программное обеспечение, оптимизированное под оболочку типа «WINDOWS».

И, хотя предлагаемый алгоритм обеспечивает высокую помехозащищенность графического сообщения, что обусловлено ассоциативным характером процесса восстановления исходного изображения, его применение для текстовой информации нецелесообразно в силу значительных временных затрат на защиту информации и её восстановление.

Текстовую конфиденциальную информацию, с целью упрощения процесса её подготовки к передаче по открытому каналу связи, не заботясь о помехоустойчивости канала, оказывается возможным и целесообразным осуществлять программными средствами с привлечением уже повсеместно эксплуатируемых промышленных средств вычислительной техники.

Если информационное сообщение (текст, файл) диверсифицировать, то его репликация тем более затруднена, чем больше объём исходного информационного сообщения. Исходя из этого допустимо, не усложняя процесс искажения, на передающей стороне осуществлять преобразования исходного информационного сообщения, при которых исходный файл информации разбивается на блоки варьируемой длины, и в каждом блоке осуществлять варьируемый сдвиг по кольцу ASCII-кода каждого символа в блоке.

Искаженный таким образом файл можно оперативно восстановить (расшифровать) путем обратного сдвига символов блоков файла. Алгоритм и

программа реализация искажения и/или восстановления информации, на пример на языке программирования “Borlad C”, предполагает наличие конфиденциальной информации, подлежащей содержанию в конфиденциальном состоянии и передаче по каналу электронной коммуникации, например в файле “proba.txt”, и запускаящего модуля – в файле “kod.exe”.

При этом осуществляется ввод с командной строки KOD proba.txt  $K_iR_j$ ,  $K_iL_j$ , ..., “Enter” или KOD proba.txt  $U_iR_j$ ,  $U_iL_j$ , ..., “Enter” (для кодирования и декодирования, соответственно), где K – кодировать, U – декодировать, i (i=1, m) – число символов в данном блоке, R – сдвиг вправо, L – сдвиг влево, j (j=1, n) – число позиций сдвига символов в данном блоке. [3, 7].

Описанный в последнем случае алгоритм кодирования и/или декодирования текстовой информации реализован на аппаратном и программном уровнях. Использование предлагаемого способа защиты информации от несанкционированного доступа обеспечивает идентичность технических средств на передающей и принимающей сторонах каналов связи, оперативную, доли секунды, диверсификацию и/или репликацию информации санкционированным адресатом, и невозможность, за разумное время, её репликации несанкционированным адресатом, т. к. содержит значительное число, более  $10^{10}$ , вариантов кодирования и декодирования информации.

Его использование допустимо в оборонных, правоохранительных, коммерческих и других целях, требующих соблюдения конфиденциальности сообщений.

### Список литературы

1. Collier R.J., Pennington K.S. Ghost imaging by holograms formed in the field. //Appl. Phys. Letters. 1966. № 8.. P. 44÷46.
2. Мохунъ И.И., Росляков С.Н., Яценко В.В. Восстановление фазовой и амплитудной составляющих дифракционного поля, рассеянного мелкоструктурным объектом, из голограммы без опорного пучка //Известия РАН, Серия физическая. 56. № 4. – М. 1992. С. 205÷211.
3. Божич В.И., Скубилин М.Д., Спиридонов О.Б. Способ и устройство защиты информации от несанкционированного доступа //Патент RU 2130641, G06F 13/00, G09C 1/00, H04L 9/00, 1999.05.20.
4. Скубилин М.Д., Письменов А.В., Письменов Д.А., Спиридонов О.Б. Программа диверсификации/репликации информации //Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ RU 2000610440. Роспатент: М. 2000
5. Скубілін М.Д. Спіридонов О.Б., Чередниченко Д.І. Спосіб утримування інформації у недоступному для невизначеного кола осіб стані. Патент UA 33278, G06F 13/00, G09C 1/00, H04L 9/00, 2001.02.15.
6. Skbilin M.D., Kasimov F.C., Spiridonov O.B., Regimov R.M. Melumatın programlı kodlaşdırma – dekodlaşdırma usulu. Patent AZ 20010140, G06F 13/00, G09C 1/00, H04L 9/00, 2001.10.02.

7. Скубилин М.Д., Божич В.И., Спиридонов О.Б. Способ защиты информации от несанкционированного доступа и устройство для его осуществления //Патент BY 5605, G06F 13/00, G09C 1/00, 2003.12.30.

**УДК 621. 321. 09. 1**

## **ОБЪЕКТНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИ РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА В КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ**

**Д. Ш. Осмоналиев, К. Б. Турганов, О. Соронбаев, Р. Р. Камаев, Осмонова Ж. Р., Жусупов А.М.**

В данной статье описываются модели разграничения доступа, основывающиеся на представлении компьютерной системы (КС) как совокупности субъектов и объектов доступа, применением объектно-ориентированного подхода.

## **TARGET APPROACH TO THE ACCESS DISCRETION MODEL IN COMPUTER SYSTEMS**

**D.Sh. Osmonaliev, K.B. Turganov, O. Soronbaev, R.R. Kamaev, Zh.R.Osmonova, A.M.Jusupov.**

The access discretion models based on computer systems as an aggregate of access subjects and objects are described by means of the target-oriented approach.

Большинство моделей разграничения доступа основывается на представлении компьютерной системы (КС) как совокупности субъектов и объектов доступа. Однако в настоящее время при проектировании ПО все чаще применяется объектно-ориентированный подход, который имеет ряд принципиальных отличий от субъектно-объектного подхода с точки зрения разграничения доступа в КС.

Приведем некоторые из них [1].

1. В объектно-ориентированных системах отсутствует деление на активные и пассивные сущности, т.к. такое деление противоречит одному из базовых принципов ООП – инкапсуляции.

2. Вызывающему объекту доступен только интерфейс вызываемого объекта, поэтому вызывающий объект не может знать внутренне содержимое вызываемого объекта.

3. Программы (методы) выполняются не от имени пользователя (вызывающего объекта), а от имени вызываемого объекта, а, учитывая наличие механизмов полиморфизма и инкапсуляции, пользователь не может заранее знать, каким образом будет выполняться вызванный им метод.



4. Объекты обладают сложным внутренним устройством и определенной «свободой воли» и могут сами выполнять действия, о которых пользователь не просил, а возможно и не знает о наличии возможности выполнения этих действий.

5. При следовании принципам ООП нельзя реализовать гарантированную безопасность повторного использования пассивных сущностей КС, таких как буферы памяти, т.к. при удалении объекта вызывается метод, принадлежащий самому объекту, и корректность очистки памяти зависит от реализации метода удаления, встроенного в объект.

Субъектно-объектные модели не могут в полной мере применяться для объектно-ориентированных систем в связи с тем, что в них не учитываются приведенные особенности таких систем. Кроме того, одним из базовых принципов субъектно-объектных моделей является возможность априорно корректного разделения всего множества объектов системы на два непересекающихся подмножества – множество активных субъектов, не имеющих внутреннего состояния, и множество пассивных объектов. Кроме того, в субъектно-объектных моделях предполагается, что монитор безопасности может контролировать все действия субъектов и каждое действие выполняется в контексте вызвавшего его субъекта, что противоречит базовым принципам объектно-ориентированного подхода, в частности, инкапсуляции и полиформизму [2].

Модель разграничения доступа для объектно-ориентированных систем может быть реализована исходя из следующих основных положений (рис. 1):

1. В модели КС действует дискретное время.

2. В каждый фиксированный момент времени  $t_k$  КС представляет собой конечное множество элементов – объектов  $O$ . Под объектом понимается экземпляр объекта КС определенного класса, при этом каждый экземпляр объекта в системе строго идентифицирован, т.е. принадлежит определенному классу и имеет уникальный идентификатор. Каждый объект системы функционирует изолированно от других объектов и может взаимодействовать с другими объектами только путем вызова интерфейсных методов других объектов. Кроме того, в системе присутствует специальный системный объект  $C$ , такой, что все вызовы методов от вызывающего объекта первоначально передаются объекту  $C$ , а затем, после проверки допустимости, передаются объектом  $C$  вызываемому объекту.

Пользователи системы представлены одним или несколькими объектами, действующими от имени конкретного пользователя.

Определение 1 [1]. *Под пользователем КС понимается лицо, внешний фактор, аутентифицируемый некоторой информацией, и управляющий одним или несколькими объектами, воспринимающий информацию от объектов и получающий информацию о состоянии системы через объекты, которыми он управляет.* Таким образом, понятия объектов доступа и пользователя не тождественны. Пользовательские управляющие воздействия не могут изменить самих объектов доступа, что в общем случае не соответствует реальным КС, в которых пользователи могут изменять свойства объектов через изменение программ (исполняемых файлов). Такая идеализация позволяет построить четкую

схему процессов и механизмов доступа, а угрозы безопасности, возникающие вследствие подобных реалий, рассматривать в контексте гарантий выполнения политики безопасности (политики разграничения доступа) через механизмы неизменности свойств КС (т.н. изолированная программная среда).

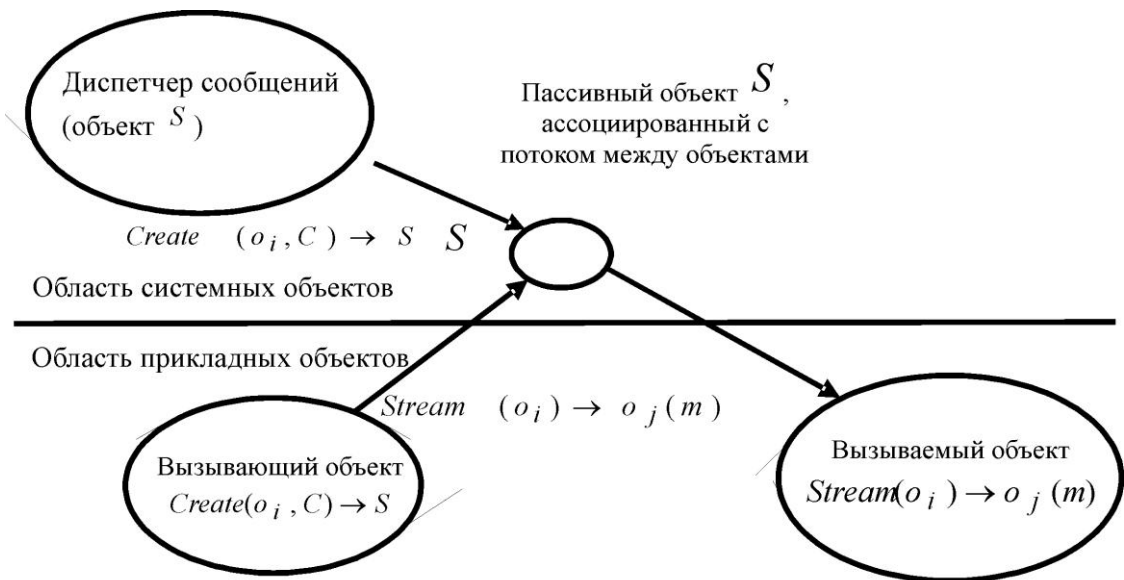


Рис. 1. Структура организации информационного потока между объектами

Объекты могут создаваться другими объектами, путем специального запроса к системному объекту  $C$ , который в свою очередь создает новый объект посредством вызова соответствующего конструктора класса.

**Определение 2.** Объект  $o_i$  называется источником для объекта  $o_m$ , если существует объект  $o_j$ , в результате воздействия которого на  $o_i$  возникает  $o_m$ . Соответственно  $o_j$  называется активизирующим для  $o_m$ . Для описания процессов создания объектов вводится следующее обозначение:  $Create(o_j, o_i) \rightarrow o_m$

Фактически операция  $Create$  представляет собой конструктор соответствующего класса. Ввиду того, что в КС действует дискретное время, то под воздействием активизирующего объекта в момент времени  $t_k$  новый объект порождается в момент времени  $t_{k+1}$ .

Результат операции  $Create$  зависит как от свойств активизирующего объекта, так и от свойств объекта-источника.

Все процессы безопасности в КС описываются взаимодействием между объектами, фактически передачей сообщений между объектами при посредничестве системного объекта  $C$ . Взаимодействие объектов вызывает потоки информации между ними.

Определение 3. *Потоком информации между объектом  $o_i$  и объектом  $o_j$  называется вызов объектом  $o_i$  метода, реализованного в объекте  $o_j$ .*

Для описания потоков введем следующее обозначение:  $Stream(o_i) \rightarrow o_j$  - поток информации от объекта  $o_i$  к объекту  $o_j$ . Поток может быть как двухсторонним, так и однонаправленным. Различают три вида потоков:  $Stream(o_i) \rightarrow o_j(m)$  - вызов объектом  $o_i$  метода  $m$  объекта  $o_j$  с передачей ему параметров, но без возврата результатов выполнения метода;  $Stream(o_i) \leftarrow o_j(m)$  - вызов объектом  $o_i$  метода  $m$  объекта  $o_j$  без передачи ему параметров, но с возвратом результатов выполнения метода;  $Stream(o_i) \leftrightarrow o_j(m)$  - вызов объектом  $o_i$  метода  $m$  объекта  $o_j$  с передачей ему параметров и с возвратом результатов выполнения метода. Указанные виды потоков различают для ограничения направлений передачи данных между объектами, функции контроля возлагаются на системный объект  $C$ , упоминаемый выше.

Исходя из вышеизложенного вводится следующие понятие.

Определение 4. *Доступом объекта  $o_i$  к объекту  $o_j$  называется порождение объектом  $o_i$  потока информации между объектом  $o_i$  и объектом  $o_j$ . Формальное определение понятия доступа дает возможность средствами приведенной модели перейти непосредственно к описанию процессов безопасности информации в защищенных КС. С этой целью вводится множество потоков  $P$  для всей совокупности фиксированных декомпозиций КС на объекты во все моменты времени (множество  $P$  является объединением потоков по всем моментам времени функционирования КС).*

С точки зрения процессов безопасности, трактуемой как состояние защищенности информации КС, множество потоков  $P$  разбивается на два непересекающихся подмножества  $P_N$  и  $P_L$ :

$$P = P_L \cup P_N,$$

$$P_L \cap P_N = \emptyset,$$

где  $P_L$  - множество потоков, вызываемых легальными (безопасными) доступами;

$P_N$  - множество опасных, нарушающих состояние защищенности информации, (конфиденциальность, целостность и доступность) потоков в КС.

На основе множества потоков дается следующие понятие, составляющее основу формализации политики разграничения доступа в моделях безопасности.

Определение 5. *Правила разграничения доступа есть формально описанные потоки, принадлежащие множеству  $P_L$ .*

На методологическом базисе приведенной объектной модели КС могут быть построены различные модели разграничения доступа, выражающие подходы,

принципы и механизмы правил разграничения доступа (политики разграничения доступа), а также их формальные спецификации (сами модели разграничения доступа). Ввиду того, что определение 5 не конкретизирует и не детализирует конкретных механизмов фильтрации потоков на опасные и безопасные, можно говорить, что объектная модель КС инвариантна относительно любой принимаемой в КС политики безопасности.

### Список литературы

1. *Гайдамакин Н.А.* Разграничение доступа к информации в компьютерных системах. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. - 328 с.
2. *Галатенко В.А.* Основы информационной безопасности. Изд. Интернет-университет информационных технологий - ИНТУИТ.ру, 2004 . - 280 с.

УДК: 535.37

<sup>1</sup>Т.С. Королёва, <sup>1</sup>М.М.Кидибаев, <sup>2</sup>В.М.Шульгин

- 1- Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН Кыргызской республики
- 2- Уральский Федеральный Университет, г. Екатеринбург, Россия.

### THE ROLE OF COPPER IMPURITIES IN THE EXCITON TRAPPING PROCESS IN NaF:CU AND NaF:U,CU CRYSTALS

<sup>1</sup>T.Koroleva, <sup>1</sup>M.Kidibaev, <sup>2</sup>B.Shul'gin

- 1- Institute of Physical & Technical Problems and Materials Science of National Academy of Sciences of Kyrgyz Republic, 720071 Bishkek, Kyrgyzstan
- 2 - Ural Federal University, Mira street 19, 620002 Ekaterinburg, Russia

Spectroscopic studies of NaF:Cu and NaF:U,Cu crystals have been performed in the near UV-vacuum UV (2-25 eV) region by using of synchrotron radiation. Emission,

excitation and reflectivity spectra have been recorded. The important role of  $\text{Cu}^+$  ions in the exciton trapping process and energy transfer mechanism was pointed out.

## Introduction

M.Kidibaev has demonstrated that the light yield of uranium-doped alkali fluoride crystals is substantially increased by co-doping with copper [1]. Preliminary vacuum ultraviolet (VUV) spectroscopic studies of  $\text{NaF:U,Cu}$  crystals were performed few years ago [2]. The excitation spectra and the fluorescence kinetic of  $\text{U}^{6+}$  centers and self-trapped excitons (STE) were described, the multiplication of electronic excitations and the dominant role of the electron-hole pairs in the energy transfer mechanism to dopant ions were established. At the same time the weak participation of free and self-trapped excitons in energy transfer processes were emphasized. The purpose of the present work is to analyze the role played by  $\text{Cu}^+$  ions and related centers in the energy transfer mechanisms to  $\text{U}^{6+}$  luminescent centers in  $\text{NaF:U,Cu}$  crystals.

## Experimental

The  $\text{NaF:Cu}$  and  $\text{NaF:U,Cu}$  crystals were grown using the modified Kiropoulos technique. The growth was performed in air atmosphere and the starting materials ( $\text{NaF}$  with addition of uranyl nitrate and copper fluoride) were heated in a platinum crucible. Typical U and Cu concentrations were 0.01 mas.% and 0.001 mas.%, respectively. The crystals were characterized by various techniques including absorption, ESR and mass-spectroscopy, flame photometry, Rutherford backscattering. The optical properties of crystals were performed with plates of typical sizes: 5 x 5 x 1 mm. Spectroscopic experiments were performed at the SUPERLUMI station of HASYLAB at DESY using synchrotron radiation. The emission spectra were recorded in the UV-visible range (2.0-6.0 eV) with a 0.3 m ARC Spectra Pro-308i monochromator equipped either with a photomultiplier R6358P (Hamamatsu) or with a cooling CCD-detector. Excitation spectra were recorded in the 4-25 eV region using an Al grating in a 2 m primary monochromator. Typical spectral resolution was 0.32 nm. Excitation spectra were corrected for the equal number of incident photons, but emission spectra are presented as they were measured. Simultaneously with excitation spectra, a reflection spectra were recorded at an angle of incidence  $17.5^\circ$  by a XP2230B PM (Valvo) from a sodium salicylate coated window. The absorption spectra were measured with a UV-Visible Helios Alpha spectrophotometer.

## Results

We observe the strong 3.75 eV luminescence band (FWHM=0.65 eV) in  $\text{NaF-Cu}$  crystals at  $T=8.5$  and 300K (Fig.1). The relaxation time of 3.75 eV luminescence falls in the microsecond region (much more than temporal possibility of SUPERLUMI registration equipment). According to M.Kirm et al [3], similar emission is not connected with  $\sigma$  emission of on-center self-trapped exciton (STE) in undoped  $\text{NaF}$  crystals, but

rather with impurities. The similar band was mentioned in [4] for LiF-Cu, too. The 3.75 eV fluorescence excitation spectrum in the VUV region (Fig.2) shows strong peaks around 7.0 and 9.0 eV. The reflectivity spectrum differs from those in [3] and exhibits two maxima around 7.0 and 8.5 eV which could correspond to the strong absorption bands observed in NaF:Cu<sup>+</sup> in the VUV region [5]. The former was definitively attributed to 3d→4p transition of Cu<sup>+</sup> and the latter to copper-trapped exciton. They are not perfectly correlated to maxima of the reflectivity spectrum since absorption and reflectivity spectra are actually shifted according to the Kramers-Krönig transformations. We suggest that the 3.75 eV emitting center could be a Cu-trapped exciton. Everybody could observe the character high-energy “shoulder” around 10.1 eV in the 3.75 eV fluorescence excitation spectrum of NaF-Cu crystal (Fig.2). This peculiarity places in the region of the big radius exciton formation. Consequently 3.75 eV luminescence could be excited after big radius exciton relaxation too. At the same time we couldn't observe the known separate  $\pi$ -emission of off-centre self-trapped excitons around 2.6 eV in NaF-Cu crystals to the contrary of undoped NaF crystals [4]. Besides 3.75 eV fluorescence we observed only red fluorescence around 1.95 eV (Fig.1). The measured exponential decay time of 1.95 eV emission is less than 1 ns. Accordingly [1] observed spectral and temporal features are characteristic of twin anion vacancies (F<sub>2</sub> – centers).

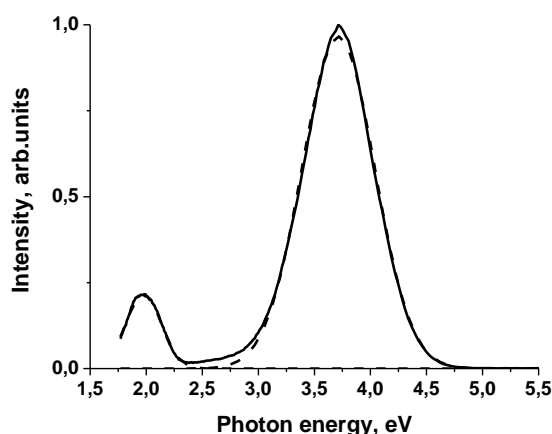


Fig.1. Emission spectra of NaF:Cu crystal and its decomposition on Gaussians (dash curves) under 7.1 eV excitation and at T = 8.5 K

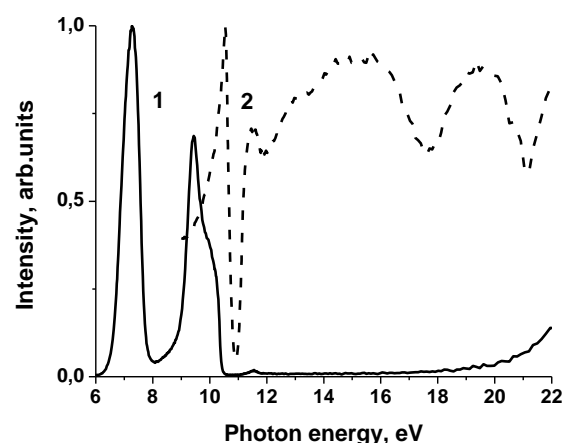


Fig.2. Luminescence excitation spectrum for the 3.75 eV emission (1) and reflectivity spectrum (2) of NaF:Cu crystal at T = 8.5 K

The luminescence emission spectra of NaF-U,Cu crystal are shown in Figs. 3 and 6. Under excitation around 10 eV NaF-U,Cu crystal exhibits a complex emission spectrum in the blue-UV region (Fig.3). We could separate at least three emission components with maximum peaked around 2.8, 3.15 and 4.1 eV. The emission band peaking at 2.8 eV (only the top of this band is shown in Fig. 3) in our case was assigned to the  $\pi$  emission

of off-center self-trapped exciton in undoped NaF crystal [3]. The excitation spectrum of the 2.6 eV emission and the reflectivity spectrum are shown in Fig.4. These spectra are in a good agreement with those from [3]. 2.6 eV intrinsic emission is indeed well excited in the region of creation of excitons around 10.6 eV (strong reflectivity peak). The emission band peaking at 4.1 eV is similar to the emission band observed at 3.75 eV founded in undoped NaF crystal [3]. The 4.1 eV emission luminescence excitation spectrum of NaF:U,Cu crystal shows a broad band around 10 eV close to the intense reflectivity peak (Fig.4). Probably the center responsible of this luminescence is of exciton-type, possibly an impurity-trapped (or an defect-trapped) exciton for which the hole is located on the impurity (defect) and the electron delocalized among the next neighbor metallic ions. The existence of such big radius excitons has been proved in divalent rare earth-doped alkaline earth fluorides [6, 7]. At last, the excitation spectrum of the 3.1 eV emission band is similar to those for 3.75 eV emission in NaF-Cu crystals. The 3.1 eV emission band is rather narrow (FWHM = 0.2 eV) in comparison with 2.6 and 4.1 eV emission bands. It should be noted that the addition of the uranium ions into NaF crystal leads to appearance the strong absorption band upper 3.1 eV (Fig.5). So, we could observe the “distorted” emission spectrum after re-absorption effect. In this case we could suggested that 3.1 eV emission band is a “fragment” of 3.75 eV emission band observed in NaF-Cu crystals. From the other hand, 3.1 eV emission center can be interpreted as a Cu-trapped exciton perturbed by an uranium ion nearby.

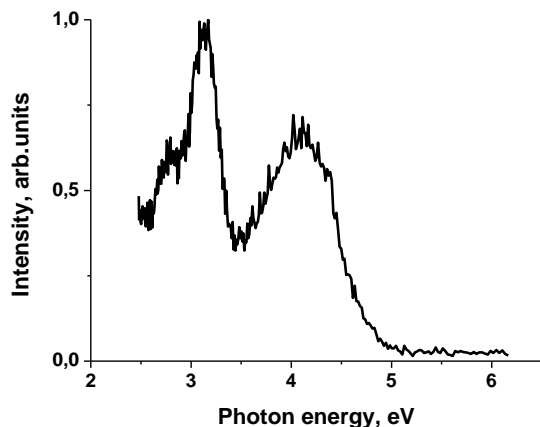


Fig.3. Emission spectra of NaF:U,Cu crystal under 10.16 eV excitation and at T = 8.5 K.

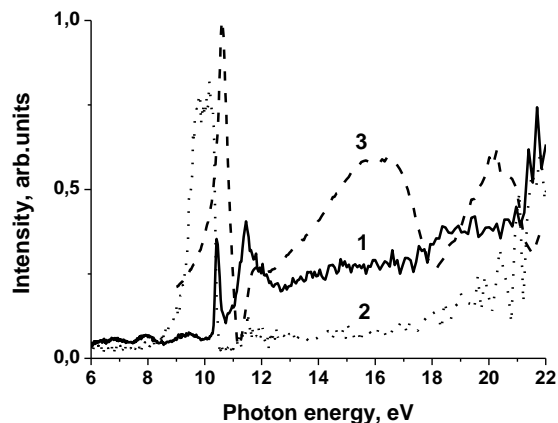


Fig.4. Luminescence excitation spectra for the 2.6 eV emission (1) and 4.1 eV emission (2) and reflectivity spectrum (3) of NaF:U,Cu crystal at T = 8.5 K

Hexavalent  $U^{6+}$  uranium ion exhibits a typical vibronic emission spectrum shown in Fig.6. It is well established that the luminescent center is the  $[UO_6]^{6-}$  octahedral center replacing the NaF octahedron in the NaF crystal lattice [8].  $U^{6+}$  is a full shell ion with no 5f electrons so that the optical transitions involved are of charge-transfer type giving rise to intense yellow fluorescence. Uranium luminescence is well excited in the broad bands

around 6-7.5 eV and 9-10 eV (Fig.7). We could see that main features of the excitation of the 3.75 eV and uranium luminescence are the same.

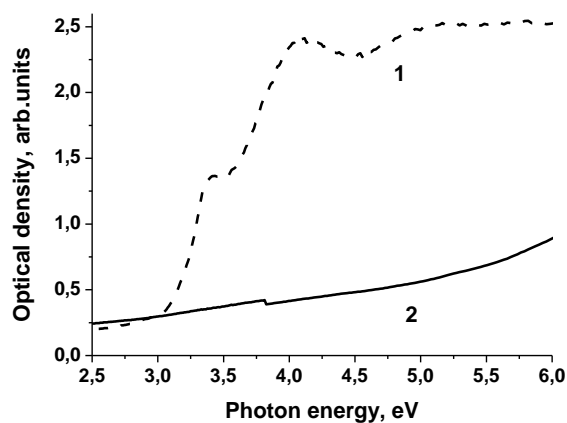


Fig.5. Optical density spectra of NaF-Cu (1) and NaF-U,Cu crystals at  $T=300$  K

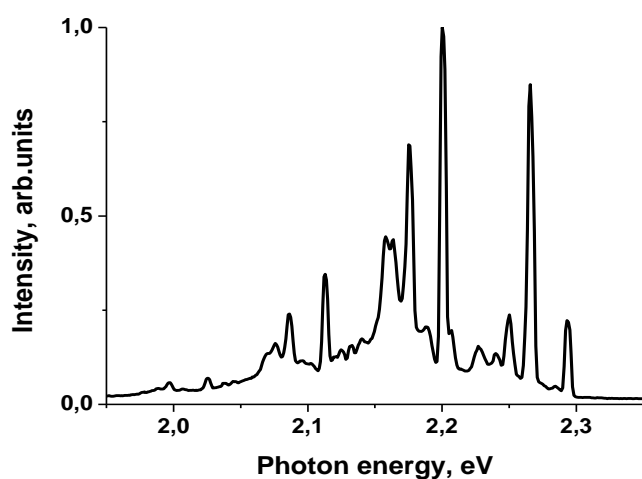


Fig.6. Emission spectra of NaF:U,Cu crystal under 6.9 eV excitation and at  $T = 8.5$  K

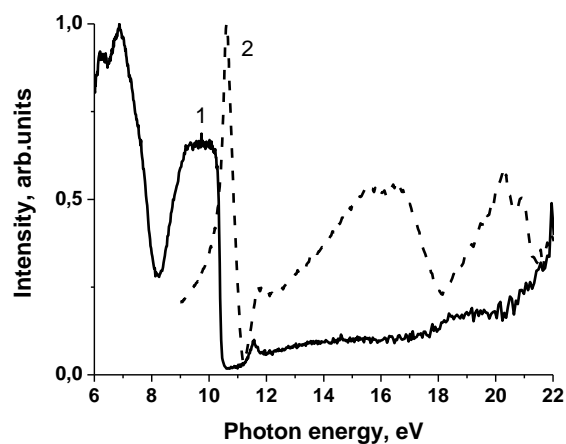


Fig.7. Luminescence excitation spectra for the 2.17 eV emission (1) and reflectivity spectrum (2) of NaF:U,Cu crystal at  $T = 8.5$  K



## Discussion

Pustovarov et al [2] pointed on the weak participation of free and self-trapped excitons in energy transfer processes in NaF-U,Cu crystal. We couldn't find the evidence of energy transfer from  $\pi$ -self-trapped excitons to  $U^{6+}$  centers, too. At the same time M.Kidibaev [1] experimentally obtained the essential increasing of the light yield in twin doped (with uranium and copper) NaF crystals. It is the real evidence of the important role  $Cu^+$  ions in the energy transfer process. We suppose that this role is realized through relaxed copper-trapped excitons. Such excitons decay with producing of the 3.75 eV fluorescence. Relaxed copper-trapped excitons could be produced in two ways. Firstly, after  $3d \rightarrow 4p$  transitions of  $Cu^+$  ions and the latter forming of copper-trapped excitons of the small radius. Secondly, in the result of relaxation of big radius copper-trapped excitons. Consequently, strong excitation bands and "shoulder" near the main reflectivity peak are detected for 3.75 eV emission in the transparent region of NaF-Cu crystals.

Usually, the luminescence of impurity-trapped excitons is observed when the exciton state is the lowest one and the luminescence of the impurity center is quenched. This situation is realized in NaF-Cu crystals. For twin doped NaF-U,Cu crystals the uranium state is the lowest. Therefore, we observed strong impurity emission. At the same time the luminescence of copper-trapped excitons is quenched in NaF-U,Cu crystals. The  $U^{6+}$  fluorescence excitation spectra in NaF-U,Cu are similar to the 3.75 eV emission excitation spectrum of NaF:Cu crystal (Figs.2 and 7). This similarity reflects an efficient energy transfer from  $Cu^+$  to  $U^{6+}$  centers. It should be marked the existence of the ground both radiative and non-radiative ways for energy transfer from copper to uranium centers. Strong absorption band around 3.4 eV in NaF-U,Cu crystals essentially overlaps with the 3.75 eV luminescence of copper-trapped excitons. From the other hand the uranium state is lower than trapped exciton state. This is confirmed by the fact that the Cu-related emission is much weaker and the  $U^{6+}$  fluorescence much more intense in NaF:U,Cu compounds.

The electronic excitations produced by high energy excitation relax through electron-electron scattering and Auger mechanisms leading to the multiplication of electrons and holes. After thermalization, they can produce, through their capture by traps, localized excitations like STE and  $V_k$  centers. In the present case, the energy transfer to impurity centers ( $U^{6+}$  and  $Cu^+$ ) occurs predominantly through a charge transfer process. On the other hand, the copper-trapped excitons of big radius can transfer efficiently their energy to uranium luminescent centers too. This can explain why NaF:U,Cu crystals exhibit much higher light yield of uranium luminescence than NaF:U crystals.

New experimental spectroscopic results have been obtained using synchrotron radiation. They provided more information on the luminescence and scintillation mechanisms in the NaF-Cu and NaF:U,Cu single crystals and in particular pointed out

the important role played by  $\text{Cu}^+$  ions in the energy transfer to uranium luminescence centers.

The authors are grateful to Dr.V.Pustovarov (Ural Federal University, Ekaterinburg) for help in the VUV-experiments.

### References

1. Kidibaev M.M.// The processes stimulated by radioactive irradiation in (Li,Na)F-U,Me crystals. - Karakol-Ekaterinburg: Issyk-Kul State University, Ural State Technical University. – 1999. – 220 p.
2. Pustovarov V.A., Shul'gin B.V., Kirm M., Kidibaev M.M., Zhamangulov A.A.// Optics and Spectroscopy. – 2000. – V.88. – P. 713.
3. Kirm M., Lushchik A., Steeg B., Vasil'chenko E., Vielhauer S.and Zimmerer G.// Radiation Effects & Defects in Solids. – 1999. – V. 149. – P.19-23.
4. Chernov V., Mironenko S., Rogalev B., Bos A.J.J., M de Haas J.Th., Delgado A. // Radiation measurements. – 1998. – V.29. – No.3-4. – P.365-372.
5. Goldberg A.B., McClure D.S. and Pédrini C.// Chem. Phys. Lett. – 1982. – V.87 – P.508.
6. McClure D.S. and Pédrini C.// Phys. Rev. – 1985. – V.B32. – P.8465.
7. Moine B., Courtois B.and Pédrini C.// J. Phys. France. – 1989. – V.50. – P.2105.
8. Feofilov P.P.// Optika i spectroscopia. – 1959. – V.7 – P.842.

## ПАМЯТКА ДЛЯ АВТОРОВ

### Документы

- Сопроводительное письмо на имя главного редактора журнала печатается на бланке учреждения, представляющего статью.
- Рецензия.

### Правила оформления материалов для публикации

- Объем статьи не должен превышать 7 с. компьютерного набора (шрифт Times New Roman, кегль 13, через 1 интервал).
- Материал представляется на электронном носителе (Word for Windows) с распечаткой на бумаге формата А4 (210х297мм); поля: верхнее, нижнее – 20 мм, левое – 30 мм, правое – 15 мм.
- Графический материал должен быть четким, разрешение не менее 300 пикселей.
- Обязательно должны быть указаны УДК, имя, отчество, фамилия автора, ученая степень, название организации.
- Название статьи печатается заглавными буквами на русском языке (междустрочный интервал 1). Через двойной интервал после названия печатаются инициалы и фамилии авторов и наименование организаций (включая страны), которые они представляют. Далее через двойной интервал аннотация на русском. Ниже аналогично печатается название статьи, данные авторов и аннотация на английском языке. После этого через двойной интервал печатается текст статьи (междустрочный интервал 1).

Иллюстрации и таблицы (междустрочный интервал 1) следует включить в текст статьи.

- Текст, табличный материал и список литературы оформляются в соответствии с требованиями ГОСТа.
- Авторы и рецензенты несут полную ответственность за содержание, стиль и качество оформления статьи.

## **Ф И З И К А**

2012 № 2.

Технический редактор В. П. Макаров  
Корректор Н. К. Касмамытов  
Компьютерная верстка К. А. Ласанху

Подписано в печать

Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Печать офсетная.

Объем

Тираж 500 экз.

Отпечатано в ОсОО Ала-Тоо «Полиграф Сервис»