

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Периодический научный сборник



2016 № 4-1  
ISSN 2413-0869

ПО МАТЕРИАЛАМ XIII МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
Г. БЕЛГОРОД, 30 АПРЕЛЯ 2016 Г.



АГЕНТСТВО ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
(АПНИ)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ  
НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

**2016 • № 4-1**

**Периодический научный сборник**

*по материалам  
XIII Международной научно-практической конференции  
г. Белгород, 30 апреля 2016 г.*

**ISSN 2413-0869**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

2016 • № 4-1

**Периодический научный сборник**

**Выходит 12 раз в год**

**Учредитель и издатель:**

ИП Ткачева Екатерина Петровна

**Главный редактор:** Ткачева Е.П.

**Адрес редакции:** 308000, г. Белгород, Народный бульвар, 70а

**Телефон:** +7 (919) 222 96 60

**Официальный сайт:** issledo.ru

**E-mail:** mail@issledo.ru

Информация об опубликованных статьях предоставляется в систему **Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)** по договору № 301-05/2015 от 13.05.2015 г.

Материалы публикуются в авторской редакции. За содержание и достоверность статей ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

Электронная версия сборника находится в свободном доступе на сайте: **www.issledo.ru**

*По материалам XIII Международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития науки и технологий» (г. Белгород, 30 апреля 2016 г.).*

**Редакционная коллегия**

*Духно Николай Алексеевич*, директор юридического института МИИТ, доктор юридических наук, профессор

*Васильев Федор Петрович*, профессор МИИТ, доктор юридических наук, доцент, чл. Российской академии юридических наук (РАЮН)

*Тихомирова Евгения Ивановна*, профессор кафедры педагогики и психологии Самарского государственного социально-педагогического университета, доктор педагогических наук, профессор, академик МААН, академик РАЕ, Почётный работник ВПО РФ  
*Алиев Закир Гусейн оглы*, Институт эрозии и орошения НАН Азербайджанской республики к.с.-х.н., с.н.с., доцент

*Стариков Никита Витальевич*, директор научно-исследовательского центра трансфера социокультурных технологий Белгородского государственного института искусств и культуры, кандидат социологических наук

*Ткачев Александр Анатольевич*, доцент кафедры социальных технологий НИУ «БелГУ», кандидат социологических наук

*Шаповал Жанна Александровна*, доцент кафедры социальных технологий НИУ «БелГУ», кандидат социологических наук

*Трапезников Сергей Викторович*, начальник отдела аналитики и прогнозирования Института региональной кадровой политики (г. Белгород)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ «ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ»</b> .....	<b>6</b>
<i>Абакумова С.И.</i> ОБЗОР МЕТОДА ПОСТА-ЦАССЕНХАУЗА .....	6
<i>Болотнов А.М., Хисаметдинов Ф.З., Галияхметова Р.Р., Газизов А.И.</i> РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДА ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ ПОТЕНЦИАЛА .....	9
<i>Головинский П.А., Дробышев А.А., Михин Е.А., Тучин А.В.</i> МОДЕЛЬ ХОЛОДНОЙ ЭМИССИИ ЭЛЕКТРОНОВ ИЗ ФУЛЛЕРЕНА $C_{60}$ .....	15
<i>Калинина Е.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОЖНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПУАССОНА МЕТОДОМ ПРОИЗВОДЯЩИХ ФУНКЦИЙ .....	19
<i>Ким С.Л.</i> ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ .....	22
<i>Котомкин А.В., Русакова Н.П., Туровцев В.В., Орлов Ю.Д.</i> ВНУТРЕННЕЕ ВРАЩЕНИЕ В 1-ФТОРГЕКСАНЕ. СТРУКТУРНАЯ ФУНКЦИЯ .....	25
<i>Купцова Е.В.</i> ТИПЫ ОГРАНИЧЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ В АВТОГЕНЕРАТОРЕ ВАН-ДЕР-ПОЛЯ НА ДВУХ СВЯЗАННЫХ КОНТУРАХ .....	27
<i>Кухарь Е.И., Ионкина Е.С., Крючков С.В.</i> К ТЕОРИИ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ГРАФЕНА В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ .....	30
<i>Лутфиллаев У.М., Лутфиллаев М.Х., Хасанов Ш.М.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ РЕЙТИНГА УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ .....	33
<i>Рахмонов А.А., Ачилов Ж.Ш.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСКРЕТНОГО СПЕКТРА ОДНОГО СЕМЕЙСТВА ОПЕРАТОРНЫХ МАТРИЦ .....	38
<i>Сатаев Л.О., Кайрыев Н.Ж., Касмамытов Н.К.</i> ОДНОМЕРНАЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕАКЦИОННОГО СПЕКАНИЯ ОТФОРМОВАННЫХ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ КРЕМНИЯ В АТМОСФЕРЕ АЗОТА .....	40
<i>Сатаев Л.О., Касмамытов Н.К., Кайрыев Н.Ж.</i> РАСЧЁТНЫЕ ДАННЫЕ ПО ФОРМИРОВАНИЮ НИТРИДА КРЕМНИЯ В ПРОЦЕССЕ РЕАКЦИОННОГО СПЕКАНИЯ КРЕМНИЯ В АТМОСФЕРЕ АЗОТА .....	46
<i>Томилин А.К., Мисюченко И.Л., Викулин В.С.</i> ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ МЕХАНИЧЕСКИМИ И ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИМИ ВЕЛИЧИНАМИ .....	53
<i>Турдиев Х.Х., Ахорова М.И.</i> ОЦЕНКИ СНИЗУ ОСЦИЛЛЯТОРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ОПЕРАТОРОВ .....	69
<b>СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»</b> .....	<b>71</b>
<i>Щукина С.М., Прокопьева М.В.</i> ИЗУЧЕНИЕ ИНГИБИРУЮЩИХ СВОЙСТВ И СТИМУЛИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ 5-ФОСФОНОБЕНЗОЛ-1,3-ДИКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ .....	71
<b>СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ»</b> .....	<b>74</b>
<i>Боброва Л.В.</i> ФИТОМОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ г. ЕЛЕЦ .....	74
<i>Горбачева А.А., Воробьева О.В., Хорольская Е.Н.</i> МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ КОЖИ МЕСТ ЛОКАЛИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТОЧЕК У СОБАК .....	77

<i>Джавадов Э.Д., Никитина Н.В., Дубовой А.С., Алиев А.И.</i> ИНАКТИВАЦИЯ МЕТАПНЕВМОВИРУСА ПТИЦ АМИНОЭТИЛЭТИЛЕНИМИНОМ .....	79
<i>Думаева З.Н., Кадиоров Ш.К.</i> ФЕРМЕНТНЫЙ СПЕКТР КРОВИ ПРИ КОРМЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ .....	83
<i>Елистратов Д.Е., Ванюшин М.Ю., Ванюшин Ю.С.</i> НАСОСНАЯ ФУНКЦИЯ СЕРДЦА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СПОРТА .....	85
<i>Зюкова В.В., Петухова Г.А.</i> ВОЗМОЖНОСТЬ МОДИФИКАЦИИ ДЕЙСТВИЯ НЕФТИ С ПОМОЩЬЮ ПАБК И ДУНАЛИЕЛЛЫ В ТЕСТАХ НА ПШЕНИЦЕ МЯГКОЙ.....	87
<i>Иванова А.Е., Петухова Г.А.</i> ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАБК КАК МОДИФИКАТОРА ПОВРЕЖДАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ НЕФТИ НА ПРИМЕРЕ ОВСА ПОСЕВНОГО ( <i>AVENA SATIVA</i> ).....	90
<i>Корнеев А.А., Хорольская Е.Н.</i> НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ БЕЛГОРОДА .....	92
<i>Кудасова Д.Е., Алибай А.М., Асанова Д.А., Абдуалиева А.К.</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КСИЛИТА.....	94
<i>Мирахмедов Ф.Ш., Рахимов А.Д., Абдурахимова А.Р., Уроков К.Э.</i> ПРИЧИНЫ ПОРЧИ ПОЧВЫ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ .....	96
<i>Павловская Н.Е., Гнеушева И.А., Лушников А.В., Карначёва О.Г.</i> БИОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ГРИБОВ <i>TRICHODERMA SPP.</i> В СОВРЕМЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ .....	100
<i>Подурец О.И., Гильфанова Р.Р.</i> ОЦЕНКА ДИНАМИКИ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ УЧЕБНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА НФИ КЕМГУ .....	102
<i>Саидбаева Л.М., Мирзабеков И.А., Абдуллаев А.А.</i> ВЛИЯНИЕ ЗАНЯТИЙ ФУТБОЛОМ НА НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПОДРОСТКОВ.....	104
<i>Сапронова С.Г.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛУГОВО-СТЕПНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ.....	106
<i>Сатина В.Э., Нечаева И.А.</i> ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА БИОДЕГРАДАЦИИ ГЕКСАДЕКАНА БАКТЕРИЯМИ РОДА <i>RHODOCOCCUS</i> ПРИ ПОНИЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ.....	109
<i>Скворцова А.Ю., Хорольская Е.Н.</i> АДАПТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КАРДИО-РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ПОДРОСТКОВ (2000-2002 г.р.).....	111
<i>Топилова Ф., Юнусов Л.</i> ВЛИЯНИЕ ЗАНЯТИЙ ФУТБОЛОМ НА ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПОДРОСТКОВ .....	113
<i>Холмирзаева М., Топилова Ф., Абдуллаев А.А., Мирзабеков И.А.</i> ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОРГАНИЗМА ЮНЫХ ПЛОВЦОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК .....	116
<i>Шаповалова Е.М., Шидин А.В., Бессонова Н.С.</i> ХАРАКТЕР ВЛИЯНИЯ ТОКОФЕРОЛА НА СИСТЕМУ ГЕМОСТАЗА .....	119
<i>Шевченко Т.С., Пальчиков М.Ю., Шенцева Е.А.</i> ЗНАЧЕНИЕ КАРОТИНОИДОВ В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ И ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ НА ИХ НАКОПЛЕНИЕ В КУРИНЫХ ЯЙЦАХ.....	122

<b>СЕКЦИЯ «СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ» .....</b>	<b>126</b>
<i>Важов В.М., Важов С.В., Одинцев А.В.</i> ДИНАМИКА УРОЖАЙНОСТИ ГРЕЧИХИ В КУЛУНДЕ .....	126
<i>Мирахмедов Ф.Ш., Рахимов А.Д., Мамадалиев М.З., Маматкодиров Ж.Б., Якубова З.А.</i> ВЛИЯНИЯ ЗЕЛЕННЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОЧВУ И РАСТЕНИЯ .....	130
<i>Мирахмедов Ф.Ш., Мирхomidова Н.А., Сарibaева Н.Н., Рахимов А.Д., Маматкодиров Ж.Б.</i> РАЗМЕЩЕНИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТАХ НА ВОСТОЧНЫХ РАЙОНАХ УЗБЕКИСТАНА .....	132
<i>Широков Ю.А., Смирнов Г.Н., Рыжкова Н.С.</i> ПУТИ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ ИЗ-ЗА БОЛЕЗНЕЙ ОПЕРАТОРОВ В СВИНОВОДСТВЕ .....	134

ОБЗОР МЕТОДА ПОСТА-ЦАССЕНХАУЗА

*Абакумова С.И.*

доцент кафедры физики, электротехники и электроэнергетики, канд. пед. наук, Институт сервиса, туризма и дизайна, (филиал) ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет» в г. Пятигорске, Россия, г. Пятигорск

В статье рассматривается алгоритм Поста-Цассенхауза, позволяющий определить максимальное множество независимых единиц, а от него перейти к основной системе единиц. Применительно к чисто кубическим полям он приводит либо к основной единице, либо к некоторой степени ее.

*Ключевые слова:* основная единица, n-мерные параллелепипеды, решетки, регулярная матрица.

Алгоритм Поста-Цассенхауза разработан в серии работ [2, 3] он отличен от известных конструкций, основная идея его заключается в построении n-мерных параллелепипедов, определяющих достаточно большие совокупности целых алгебраических чисел данного поля с ограниченными по модулю нормами, и сравнении найденных чисел.

Пусть  $\varphi$  – биективное отображение  $\varphi: x_1 w_1 + x_2 w_2 + \dots + x_n w_n \rightarrow (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , осуществляющее взаимно однозначное соответствие между целыми числами поля  $K(\lambda)$  в базисе  $(w_1, w_2, \dots, w_n)$  и  $Z^n$ .

Заметим, что, очевидно, всегда существует целое  $d > 0$  и матрица  $M \in Z^{h \times n}$  такие, что

$$(w_1, w_2, \dots, w_n) = \frac{1}{d} (1, \lambda, \lambda^2, \dots, \lambda^{n-1}) M \quad \text{– целый базис.}$$

Рассмотрим n-мерный параллелепипед

$$\pi = \{(x_1, x_2, \dots, x_n) \in Z^n) - 1 \leq x_i \leq 1; i = 1, 2, \dots, n\}, \quad (1)$$

содержащий целые числа ограниченной нормы как прообразы соответствующих точек решетки. Ясно, что параллелепипед  $\pi$  есть замкнутое, о – симметричное, выпуклое тело, его объем, равен  $v(\pi) = 2^n$ , а значит,  $\pi$  содержит точки решетки, отличные от  $(0, 0, \dots, 0)$ .

Легко получается из (1) оценка для норм этих точек:

$$VG = \max \left\{ \prod_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^n x_i w_i^{(j)} \right) \mid -1 \leq x_i \leq 1; i = 1, 2, \dots, n \right\}, \quad (2)$$

где произведение берется по всем сопряжениям.

Тогда для любой целой точки  $\xi \in \pi$ , а их будет  $\frac{1}{2}(3^n - 1)$ , справедливо неравенство  $|Norm \xi| \leq VG$ .

Для вычисления единиц по предлагаемому алгоритму следует сделать нормы  $\xi$  возможно меньшими. Это достигается специальным выбором целого базиса  $W_i (i = 1, 2, \dots, n)$ , приводящим к уменьшению оценки (2).

К сожалению, выбор такого базиса – трудная задача, решается этот вопрос чисто эмпирически на основе некоторых практических рекомендаций, как результат обширных компьютерных расчетов.

**ПРИМЕР 1.**

$n=2, \lambda = \sqrt{6}$ . Для базисных элементов 1 и  $\sqrt{6}$  имеем:  $ВГ=6$ . Если взять 1 и  $2 + \sqrt{6}$ , то  $ВГ=5$ . Замена на  $w_1 = 2 + \sqrt{6}$  и  $w_2 = 3 + \sqrt{6}$  приводит к соотношению  $ВГ=3$ , откуда находим:  $\varepsilon = w_1 + w_2$  – основная единица квадратичного поля  $K(\sqrt{6})$ .

**ПРИМЕР 2.** (В некотором смысле обобщение примера 1)

В квадратичном поле  $K(\sqrt{d}), d = 2, 3 \pmod{4}$  и свободно от квадратов, базис  $1, \sqrt{d} - [\sqrt{d}]$  имеет меньшие нормы, чем базис  $1, \sqrt{d}$ .

В большинстве случаев полученного набора целых чисел поля  $K(\lambda)$  с ограниченной по модулю нормой оказывается недостаточно для построения максимального множества независимых единиц. Тогда приходится прибегнуть к так называемому  $W$ -преобразованию параллелепипеда  $\pi$ .

При этом вычисляется правая регулярная матрица  $M_w$  представления из соотношения

$$w(w_1, w_2, \dots, w_n) = (w_1, w_2, \dots, w_n) \cdot M_w,$$

а матрица  $|Norm W|^{-\frac{1}{n}} \cdot M_w$  произведет линейное преобразование с определителем  $\pm 1$ .

Обозначим через  $\pi(w)$  преобразованный  $n$ -мерный параллелепипед

$$\pi(w) = \left\{ |Norm w|^{-\frac{1}{n}} \cdot (x_1, x_2, \dots, x_n) M_w^t \mid -1 \leq x_i \leq 1; i = 1, 2, \dots, n \right\}$$

Из этого представления легко усматривается равенство объемов параллелепипедов  $\pi$  и  $\pi(w)$ , а это означает, что  $ВГ$  для норм точек  $\pi$  и  $\pi(w)$  будет неизменной, постоянной величиной.

Остается нерешенным вопрос об оптимальном выборе  $W$ . Ясно, что наша цель заключается в таком подборе  $W$ , чтобы параллелепипед  $\pi(w)$  содержал точки решетки, отличные от точек параллелепипеда  $\pi$ .

Поскольку пути эффективизации лучшего выбора  $W$  неизвестны, и здесь приходится ограничиваться эмпирическими правилами. Как оказалось, из многочисленных опытов с вычислениями, новые точки решетки наверняка получаются, если:

- 1) выбор  $W$  случаен или
- 2) один из коэффициентов представления в базисе  $[w]$  сделать большим, а все остальные сделать малыми.

Существенно лучшие результаты получаются при использовании числа  $W$  с малой нормой и последующем применении некоторых последователь-



ных степеней его. Это приводит дополнительно к следующим преимуществам:

1) в качестве числа  $W$  можно взять просто один из элементов малой нормы из набора точек  $\pi$ ,

2) достаточно лишь один раз вычислить матрицу  $M_w$ .

В процессе определения точек  $\chi_1 w_1 + \dots + \chi_n w_n$  необходимо руководствоваться и соображениями такого характера:

а) таблица умножения базисных чисел, задаваемых матрицей  $M$  эрмитовой нормальной формы, определяется формулами

$$w_i w_j = \left( \frac{1}{d} \sum_{\mu=1}^i m_{i\mu} \lambda^{\mu-1} \right) \cdot \left( \frac{1}{d} \sum_{\gamma=1}^j m_{j\gamma} \lambda^{\gamma-1} \right) = d^{-2} \sum_{k=1}^n S_{i,j,k} \lambda^{k-1} = \sum_{k=1}^n S(i, j, k) w_k,$$

где  $S(i, j, k)$  рекуррентно вычисляются при

$$S(i, j, k) = \frac{1}{d} \left( S_{i,j,k} - \sum_{\gamma=k+1}^n S(i, j, \gamma) \right) / a_{k,k},$$

$$k = n, n-1, \dots, 1; \quad i, j = 1, 2, \dots, n;$$

б) с помощью известной теоремы об элементарных делителях вычисляются унимодулярная матрица  $U$  и ее обращение, так что  $N=Mu$  есть левая треугольная матрица;

в) определяется левая треугольная матрица  $B \in Z^{n \times n}$ , где

$$B = (e_{i,j}), i \leq j; i, j = 1, 2, \dots, n,$$

далее  $NB = |Norm w| \cdot E_n$ ,  $E_n$  - единичная матрица  $n$ -го порядка;

г) система неравенств с неизвестной матрицей  $\chi = (\chi_i)$  имеет вид:

$$-|Norm w|^{\frac{n-1}{n}} \leq \sum_{i=1}^n b_{ij} \chi_i \leq |Norm w|^{\frac{n-1}{n}}; j = 1, 2, \dots, n;$$

и легко разрешима в  $Z^n$ , так как  $j$ -е двойное неравенство содержит лишь неизвестные  $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_j (j = 1, 2, \dots, n-1, n)$ ;

д) каждая точка  $Y = (y_i)$  решетки  $\pi(w)$  получается из найденного решения  $\chi = (\chi_i)$  на предыдущем шаге с) с помощью соотношения  $Y = \chi \cdot U^{-1}$ .

#### Список литературы

1. Абакумова С.И., Аванесов Э.Т., Гусев В.А. Развитие методов вычисления основных единиц: монография. – Пятигорск: РИА-КМВ, 2008. С. 60-63.
2. Pohst M., Weiler P., Zassenhaus H. On effective computation of fundamental units // Math. Comput. – 1982. – v.38. – №157. – p. 293-329.
3. Pohst M. Uber zahlengeometrische Methoden in der konstruktiven algebraischen Zahlentheorie // Berichte der Math. – 1986. – v.270. – p. 1-27.

## РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДА ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ ПОТЕНЦИАЛА

***Болотнов А.М.***

профессор кафедры информационных технологий и компьютерной математики,  
д-р физ.-мат. наук, доцент, Башкирский государственный университет,  
Россия, г. Уфа

***Хисаметдинов Ф.З.***

ст. преподаватель кафедры прикладной математики и информационных  
технологий, Сибайский филиал (институт) БашГУ, Россия, г. Сибай

***Галияхметова Р.Р.***

магистрант факультета математики и информационных технологий,  
Башкирский государственный университет, Россия, г. Уфа

***Газизов А.И.***

студент факультета математики и информационных технологий,  
Башкирский государственный университет, Россия, г. Уфа

В процессе эксплуатации магистральных трубопроводов свойства их изоляционных покрытий изменяются. На практике периодически проводят контрольные измерения разности потенциалов "грунт-трубопровод". В работе предложен алгоритм расчета параметров катодной защиты трубопровода, позволяющий оценить состояние изоляции по данным контрольных измерений потенциала. Проведены численные эксперименты на основе результатов измерений в системе катодной защиты магистрального трубопровода.

*Ключевые слова:* магистральный трубопровод, катодная защита, электрическое поле, изоляция трубопровода, метод фиктивных источников.

*Введение.* В настоящее время для защиты от коррозии подземных трубопроводов применяют катодную защиту (КЗ). Принцип КЗ заключается в смещении электрического потенциала металла защищаемого сооружения в отрицательном направлении относительно потенциала грунта. Функционирование защиты обеспечивается станциями КЗ с помощью анодов, расположенных вдоль трассы на некотором расстоянии от трубы [1, 12].

Основной проблемой при эксплуатации трубопроводов является выбор таких параметров КЗ, при которых потенциал "грунт-труба" будет принадлежать заданному интервалу. Потенциал на конкретном участке трубопровода зависит от сопротивления изоляции трубы. В процессе эксплуатации трубопровода характеристики изоляции подвержены изменению, что сказывается на эффективности защиты [5, 7]. На практике применяют технологию контрольных замеров потенциала. Результаты измерений позволяют получить информацию о состоянии изоляции трубопровода на конкретном участке.

При анализе результатов измерений наблюдается локальный минимум потенциала в точке трубопровода, ближайшей к аноду. Причина этого объясняется наличием дополнительного катода, роль которого играют защитные заземления катодной станции и других объектов [2, 3, 8].

В данной работе рассматривается подход к компьютерному моделированию КЗ трубопровода, позволяющий исследовать состояние изоляции на основе данных измерений потенциала.

*Постановка задачи и математическая модель.* Рассматривается задача распределения электрического поля, создаваемого точечным анодом и протяженным цилиндрическим катодом (трубопроводом). Система декартовых координат определена следующим образом: ось  $Ox$  совмещена с осью трубопровода  $0 \leq x \leq L$ ; плоскость  $z = H_t$  совпадает с поверхностью земли; анод с интенсивностью тока  $I_0$  расположен в точке  $p_0 = (x_0, y_0, z_0)$ ; трубопровод подключен к катодной станции в точке  $x = x_0$ . Для учета эффекта дополнительного катода (заземления станции КЗ) введен точечный сток интенсивности  $I_s$ , расположенный в точке  $p_s = (x_s, y_s, z_s)$ .

Известно, что потенциал электрического поля  $u = u(p)$  в этом случае удовлетворяет уравнению Пуассона [10]:

$$\operatorname{div}(\sigma(p) \operatorname{grad} u(p)) = I_0 \delta(p - p_0) - I_s \delta(p - p_s), \quad (1)$$

где  $\sigma(p)$  – удельная электропроводность среды, См/м;  $\delta(p)$  – дельта-функция Дирака.

Потенциал на границе "грунт-трубопровод" удовлетворяет условию:

$$\left( u - c \sigma \frac{\partial u}{\partial n} \right) \Big|_{S_{gt}} = u_t, \quad (2)$$

где  $c = c(x)$  – сопротивление изоляционного покрытия ( $\text{Ом} \cdot \text{м}^2$ );  $u_t$  – потенциал металла трубы;  $n$  – вектор нормали к границе.

Учитывая, что длина трубы значительно превышает ее диаметр, потенциал металла полагаем постоянным в нормальном сечении, и зависящим только от продольной координаты:  $u_t = u_t(x)$ .

На изолированных границах  $S_{is}$ , соответствующих поверхности земли ( $z = H_t$ ), левой и правой границам защищаемого участка трубопровода в грунте ( $x = 0, x = L$ ), ставим краевое условие 2 рода:

$$\frac{\partial u}{\partial n} \Big|_{S_{is}} = 0. \quad (3)$$

В точке подключения катодной станции к трубопроводу ( $x = x_0$ ) потребуем выполнения условия:

$$\frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_0-0} - \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_0+0} = \frac{I_0 - I_s}{\sigma_{mt} S_{ms}}, \quad (4)$$

где  $\sigma_{mt}$  – электропроводность металла трубы;  $S_{ms}$  – площадь металла в нормальном сечении трубы.

*Переход к дискретной модели.* Алгоритм решения задачи основан на методе фиктивных источников [4, 6, 11]. Для этого интервал  $0 \leq x \leq L$  условно разбивается на  $M$  равных фрагментов, в каждом из которых электрохимические параметры предполагаются постоянными. С геометрическим центром каждого фрагмента ассоциирован фиктивный источник или сток. Анод рассматривается как один источник с координатой  $p_0 = (x_0, y_0, z_0)$  и стекающим с него током  $I_0$ . Для учета утечки тока через заземление станции КЗ введен точечный сток с координатой  $p_s = (x_s, y_s, z_s)$  и интенсивностью  $I_s$ . Подключение станции к трубе произведено в центре фрагмента с номером  $i_{ks}$ .

Таким образом, для каждого  $i$ -го фрагмента ( $i = 1, \dots, M$ ) рассматриваются средние значения неизвестных величин:

$U_{tm,i}$  – потенциал металла трубы;

$U_{tg,i}$  – потенциал в грунте на границе с трубой;

$I_{tg,i}$  – ток, втекающий из грунта через боковую поверхность трубы;

$I_{tx,i}$  – продольный ток в металле трубы между соседними фрагментами;

$U_{pr,i}$  – разность потенциалов "грунт-труба".

С использованием введенных обозначений запишем 1 закон Кирхгофа для каждого фрагмента [10]:

$$\begin{aligned} I_{tg,1} - I_{tx,1} &= 0, \quad I_{tg,i} + I_{tx,i-1} - I_{tx,i} = 0, \quad i = 2, \dots, M-1, \quad i \neq i_{ks}, \\ I_{tg,i_{ks}} + I_{tx,i_{ks}-1} - I_{tx,i_{ks}} &= I_0 - I_s, \quad I_{tg,M} + I_{tx,M-1} = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Для тока в металле трубы из закона Ома следует:

$$U_{tm,i+1} - U_{tm,i} = -R_m I_{tx,i}, \quad (6)$$

где  $R_m = \rho_t \times l_t / S_{ms}$  – продольное сопротивление фрагмента металла трубы,  $\rho_t$  – удельное сопротивление трубной стали,  $l_t$  – длина фрагмента.

Зависимость между потенциалом в грунте на границе с трубой, и токов от фиктивных источников и стоков, определяется соотношениями [9, 10]:

$$\begin{aligned} 4\pi\sigma U_{tg,i} &= \frac{I_a}{R(p_{t,i}, p_a)} - \frac{I_s}{R(p_{t,i}, p_s)} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^M \frac{I_{tg,j}}{R(p_{t,i}, p_{t,j})} - \\ &- \frac{I_{tg,i}}{L^2} \left( L \ln \frac{L + \sqrt{L^2 + R_t^2}}{-L + \sqrt{L^2 + R_t^2}} - 2\sqrt{L^2 + R_t^2} + 2R_t \right), \quad i \neq i_{ks}, \\ 4\pi\sigma U_{tg,i} &= \frac{2I_a}{L} \ln \frac{\frac{L}{2} + \sqrt{\frac{L^2}{4} + h_a^2}}{h_a} - \frac{2I_s}{L} \ln \frac{\frac{L}{2} + \sqrt{\frac{L^2}{4} + h_s^2}}{h_s} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^M \frac{I_{tg,j}}{R(p_{t,i}, p_{t,j})} - \\ &- \frac{I_{tg,i}}{L^2} \left( L \ln \frac{L + \sqrt{L^2 + R_t^2}}{-L + \sqrt{L^2 + R_t^2}} - 2\sqrt{L^2 + R_t^2} + 2R_t \right), \quad i = i_{ks}. \end{aligned} \quad (7)$$

где  $r_t$  – внешний радиус трубы,  $p_{t,i}$  – координата центра  $i$ -го фрагмента,  $R(p, q)$  – расстояние между точками  $p$  и  $q$ .

Соотношения (7) обусловлены принципом электростатической аналогии и учитывают особенности потенциала для цилиндрических электродов [10].

Граничные условия для  $i$ -го фрагмента трубопровода, являющиеся аналогами (2), имеют вид:

$$U_{tg,i} - C_i \frac{I_{tg,i}}{S_t} = U_{tm,i}, \quad (8)$$

где  $C_i$  – сопротивление изоляционного покрытия,  $S_t$  – площадь боковой поверхности фрагмента.

Разность потенциалов "анод-грунт":

$$U_{pr,i} = U_{tg,i} - U_{tm,i}. \quad (9)$$

Если для каждого фрагмента значения потенциала  $U_{pr,i}$  заданы (получены в результате контрольных замеров), а сопротивления изоляционного покрытия  $C_i$  – неизвестны, то система (5)–(9) становится нелинейной из-за слагаемого  $C_i I_{tg,i}/S_t$  в (8).

Сложности решения нелинейных систем общеизвестны. Для того, чтобы свести систему к линейной, введем обозначение для *удельной поверхностной проводимости* изоляции трубы  $\sigma_{gt,i} = 1/C_i$ . Тогда из (8) получим:

$$U_{pr,i} \times \sigma_{gt,i} - \frac{I_{tg,i}}{S_t} = 0. \quad (10)$$

В итоге сформирована система линейных уравнений (5)–(7), (9), (10), состоящая из  $5M-1$  уравнений с  $5M-1$  неизвестными, решая которую, например, методом Гаусса, можно найти сопротивление изоляционного покрытия  $C_i$  для каждого фрагмента трубы.

*Вычислительный эксперимент.* На основе предложенной модели проведены численные расчеты по результатам измерений потенциала трубопровода с заданными параметрами (таблица).

Таблица

**Значения основных параметров**

Параметр	Значение
Расстояние от анода до трубы, м	200
Глубина до центра анода, м	2.5
Внешний диаметр трубы, м	0.557
Толщина стенки трубы, мм	8
Глубина залегания трубы, м	1.5
Удельное сопротивление грунта, Ом·м	100
Удельное сопротивление стали, Ом·м	2.45e-7
Расстояние от заземлителя катодной станции до трубы, м	10
Ток утечки через заземлители, в % от тока защиты	6
Глубина до центра заземлителя, м	2.5
Длина защищаемого участка трубы, м	16000
Координата точки подключения СКЗ к трубе, м	7500



Для проведения расчетов результаты точечных замеров предварительно усреднены по фрагментам трубы (рис. 1).

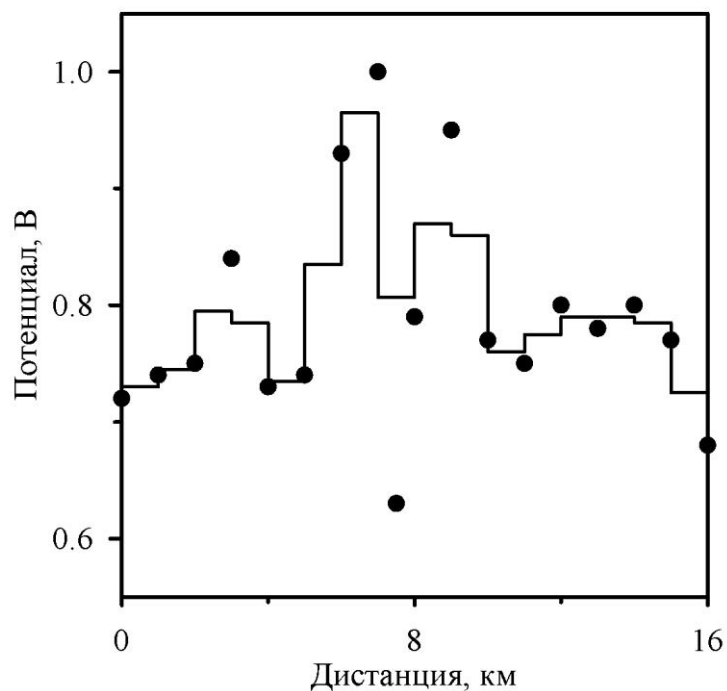


Рис. 1. Потенциал "грунт-труба". Точками обозначены данные измерений, линией – усредненная аппроксимация по фрагментам трубы

На рис. 2 представлены результаты расчета. В данном подходе усреднения проведены по большим фрагментам трубы, что связано с шагом замера, равным 1 км. Реальные распределения имеют более гладкий характер.

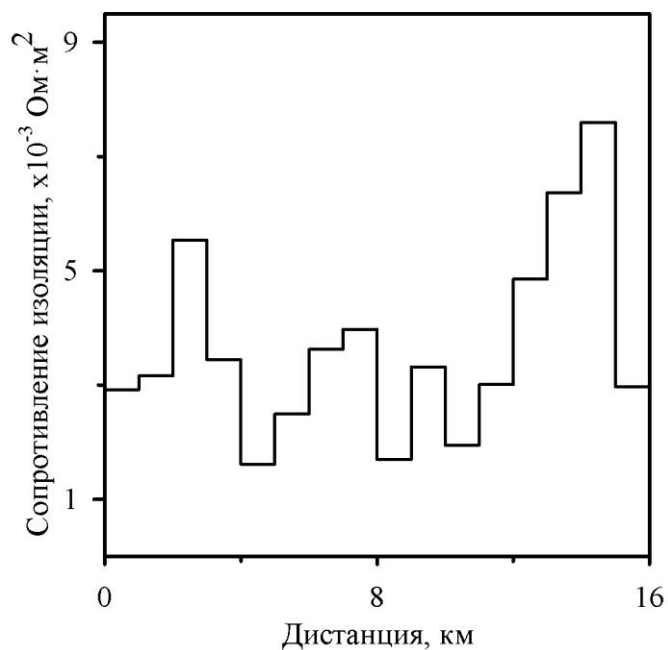


Рис. 2. Результаты расчета. Распределение сопротивления изоляции трубопровода

*Заключение.* На основе метода фиктивных источников построена модель электрического поля КЗ подземного трубопровода. Разработаны алгоритм и программа на языке C++. Проведены вычислительные эксперименты по определению состояния изолирующего покрытия трубы по заданным значениям потенциала "грунт-труба". Результаты подтверждают эффективность метода в решении практических задач, связанных с интерпретацией контрольных измерений в системах КЗ подземных трубопроводов.

#### Список литературы

1. Бекман В., Швенк В. Катодная защита от коррозии: справ. изд. М.: Металлургия, 1984. 496 с.
2. Болотнов А.М., Иванов В.Т. Численное моделирование электрических полей анодной защиты некоторых электрохимических систем // Электрохимия. 1996. Т. 32, № 6. С. 694–697.
3. Болотнов А.М., Хисаметдинов Ф.З. Компьютерное моделирование электрических полей катодной защиты подземных трубопроводов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. 2015. № 1(6). С. 2–8.
4. Болотнов А.М., Хисаметдинов Ф.З. Применение компьютерного моделирования для интерпретации данных контрольных измерений в системах катодной защиты трубопроводов // Вестник Башкирского университета. 2015. Т. 20. № 3. С. 786–789.
5. Глазов Н.П. Подземная коррозия трубопроводов, ее прогнозирование и диагностика. М.: Газпром, 1994. 92 с.
6. Иванов В.Т., Болотнов А.М. Пакет прикладных программ для численного исследования электрических полей в неоднородных электрохимических системах // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 1991. № 6. С. 21–28.
7. Иванов В.Т., Глазов Н.П., Макаров В.А. Математическое моделирование электрохимической защиты // Итоги науки и техники. Сер. Коррозия и защита от коррозии. М.: ВИНТИ, 1987. Т. 13. С. 117–194.
8. Люблинский Е.Я. Электрохимическая защита от коррозии. М.: Металлургия, 1987. 97 с.
9. Рудой В.М., Останин Н.И., Зайков Ю.П. Проектирование катодной защиты подземных трубопроводов: Методические указания. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. 29 с.
10. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М: Физматлит, 2003. 616 с.
11. Ткаченко В.Н. Анализ поля токов катодной защиты трубопроводной сети // Защита металлов. 2006. Т. 42. № 5. С. 132–135.
12. Улиг Г.Г., Ревя Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику: пер. с англ. Л.: Химия, 1989. 445 с.

# МОДЕЛЬ ХОЛОДНОЙ ЭМИССИИ ЭЛЕКТРОНОВ ИЗ ФУЛЛЕРЕНА C<sub>60</sub>

*Головинский П.А.*

профессор кафедры инноватики и строительной физики, д.ф.-м.н., профессор,  
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет,  
Россия, г. Воронеж

*Дробышев А.А.*

доцент кафедры инноватики и строительной физики, к.ф.-м.н.,  
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет,  
Россия, г. Воронеж

*Михин Е.А.*

доцент кафедры инноватики и строительной физики, к.ф.-м.н.,  
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет,  
Россия, г. Воронеж

*Тучин А.В.*

к.ф.-м.н., Воронежский государственный архитектурно-  
строительный университет, Россия, г. Воронеж

Рассмотрена туннельная ионизация молекулы фуллерена C<sub>60</sub>. В качестве модели эмиссии одного атома взята модель туннельной ионизации электрона из короткодействующего потенциала. На основе модели независимых когерентных источников, построена модель поперечного распределения эмиссионного тока молекулы фуллерена C<sub>60</sub>.

*Ключевые слова:* фуллерен, интерференция, холодная эмиссия, электронные волны.

В настоящее время интенсивно изучаются системы пониженной размерности. В частности, большой интерес вызывают углеродные наноструктуры. Их применение открывает большие возможности в нанoeлектронике, медицине и технике [3-7, 12-14]. Одним из возможных применений углеродных нанообъектов является их использование в качестве катодов и наноэммитеров [11, 15]. При этом возможные интерференционные эффекты, сопутствующие эмиссии электронов из таких структур, остаются слабо изученными.

В данной работе рассмотрена туннельная ионизация молекулы фуллерена C<sub>60</sub> на основе модели независимых точечных когерентных источников.

Для описания распространения электронной волны в постоянном однородном электрическом поле мы используем модель [8], в которой каждый атом углерода является точечным источником электронных волн. Потенциал взаимодействия электрона с ионом выбираем в виде короткодействующего потенциала [2]

$$V(r) = -\frac{2\pi}{\kappa} \delta(\mathbf{r}) \frac{\partial}{\partial r} r \quad (1)$$

с энергией  $E = -\kappa^2 / 2$ . Мы пользуемся атомной системой единиц, в которой  $|e| = m = \hbar = 1$ .

Стационарное уравнение Шредингера, описывающее распад квазистационарного состояния в постоянном однородном электрическом поле с напряженностью  $F$ , имеет вид

$$\left(E_i + \frac{1}{2}\nabla^2 + Fx\right)\varphi(\mathbf{r}) = \frac{2\pi}{\kappa}\delta(\mathbf{r})\left(\frac{\partial}{\partial r}r\varphi(\mathbf{r})\right). \quad (2)$$

Решение уравнения (2) выражается через функцию Грина  $G(\mathbf{r}, \mathbf{r}_1, E)$  стационарного уравнения Шредингера для электрона в однородном электрическом поле [9, 10].

Ось  $Ox$  направлена противоположно направлению электрического поля  $\mathbf{F}$ . При  $F = 0$  решением уравнения (2) является

$$\varphi_0(r) = \sqrt{\frac{\kappa}{2\pi}} \frac{\exp(-\kappa r)}{r}. \quad (3)$$

Уравнение (2) можно записать в виде эквивалентного интегрального уравнения

$$\varphi(\mathbf{r}) = \frac{2\pi}{\kappa} \int d^3r_1 G_E(\mathbf{r}, \mathbf{r}_1) \delta(\mathbf{r}_1) \left(\frac{\partial}{\partial r_1} r_1 \varphi(\mathbf{r}_1)\right). \quad (4)$$

В трехмерной  $\delta$ -яме [1] в пределе слабого поля поляризуемость уровня  $\alpha = 1/4\kappa^4$ , а его ширина

$$\Gamma = \frac{F}{2^{3/2}\kappa} \exp\left(-\frac{2\kappa^3}{3F}\right). \quad (5)$$

Подставляя невозмущенную волновую функцию (3) в правую часть уравнения (4), получим

$$\varphi(\mathbf{r}) = -\sqrt{\kappa 2\pi} G_E(\mathbf{r}, 0). \quad (6)$$

Плотность тока на большом расстоянии от источника пропорциональна квадрату модуля волновой функции:

$$j \sim |\varphi(\mathbf{r})|^2 \sim |G_E(\mathbf{r}, 0)|^2. \quad (7)$$

Для нескольких когерентных центров

$$j \sim \left| \sum_i G_{E_i}(\mathbf{r}_i, 0) \right|^2, \quad (8)$$

где суммирование проведено по всем когерентным источникам.

Рассмотрим случай двух независимых центров (рис. 1).

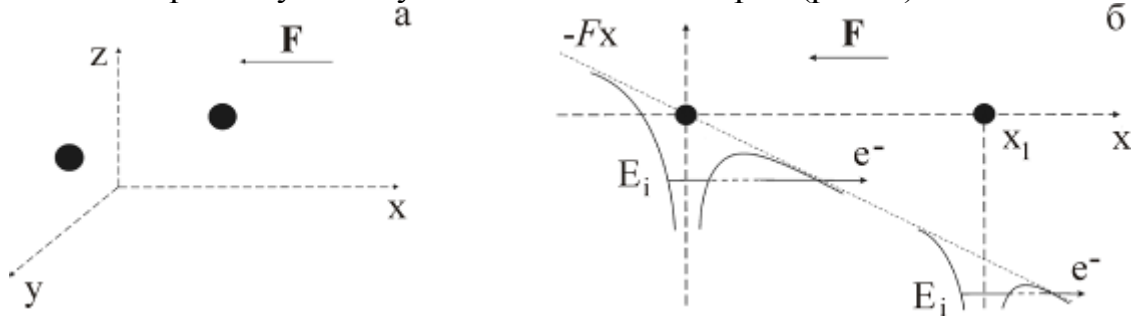


Рис. 1. Геометрия задачи (а) и расположение начальных уровней (б) для случая двух центров

На рис. 2 показан результат расчета электронного тока от двух одинаковых когерентных точечных источников, при различном расстоянии между ними. Расстояние до экрана 35 нм, энергия связи  $E = 1$  эВ, напряженность поля  $F = 10^7$  В/см. Из рисунка видно, что при близком расположении центров их токи суммируются без образования интерференционной картины. При увеличении расстояния между центрами в распределении электронного тока возникает интерференционная картина.

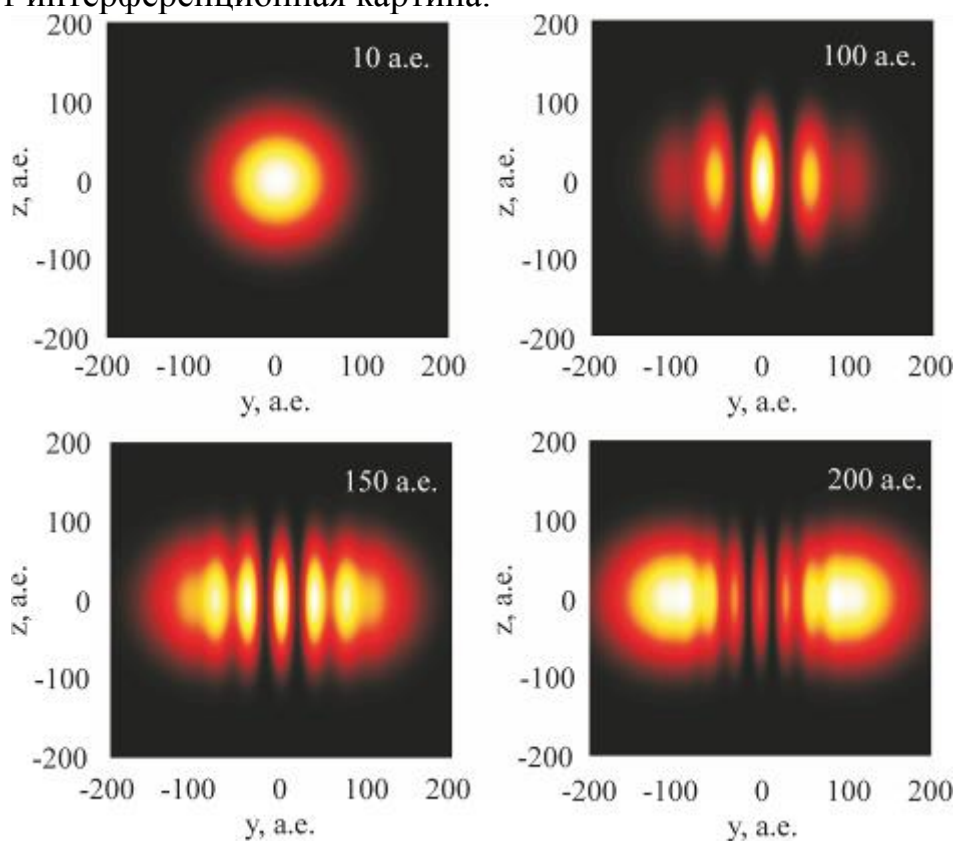


Рис. 2. Распределение электронного тока от двух источников, при различном расстоянии между ними

В качестве многоцентрковой системы рассмотрим молекулу фуллерена  $C_{60}$ . На рис. 3 представлен схематичный вид молекулы фуллерена  $C_{60}$  и моделирование распределения его электронной плотности. Параметры фуллерена получены с использованием программного пакета GAUSSIAN

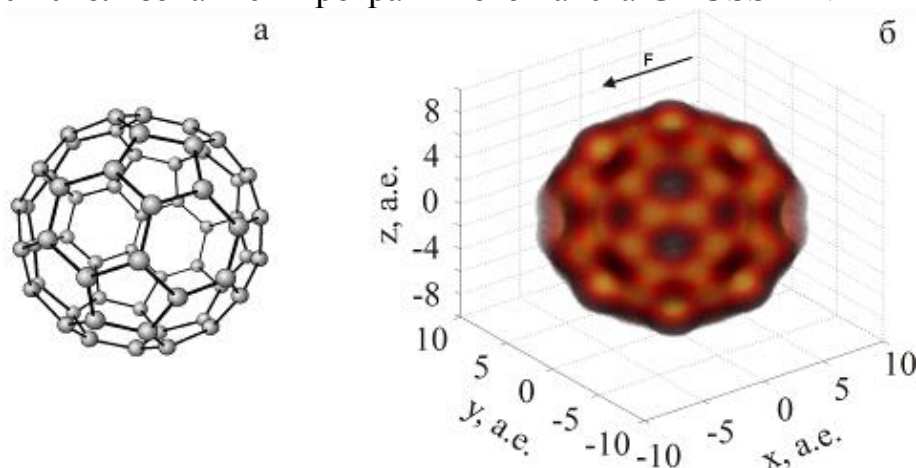


Рис. 3. Фуллерен  $C_{60}$ : (а) – схематический вид, (б) – моделирование по данным программы Gaussian



На рис. 4 показан результат расчета плотности электронного тока, возникающего в результате эмиссии электронов из молекулы фуллерена  $C_{60}$  под действием слабого внешнего электрического поля, при разных значениях расстояния от центра фуллерена до точки наблюдения. Из рисунка видно, что в непосредственной близости от молекулы в распределении тока проявляется структура фуллерена  $C_{60}$ . С ростом расстояния до точки наблюдения распределение туннельного тока приближается к случаю точечного источника.

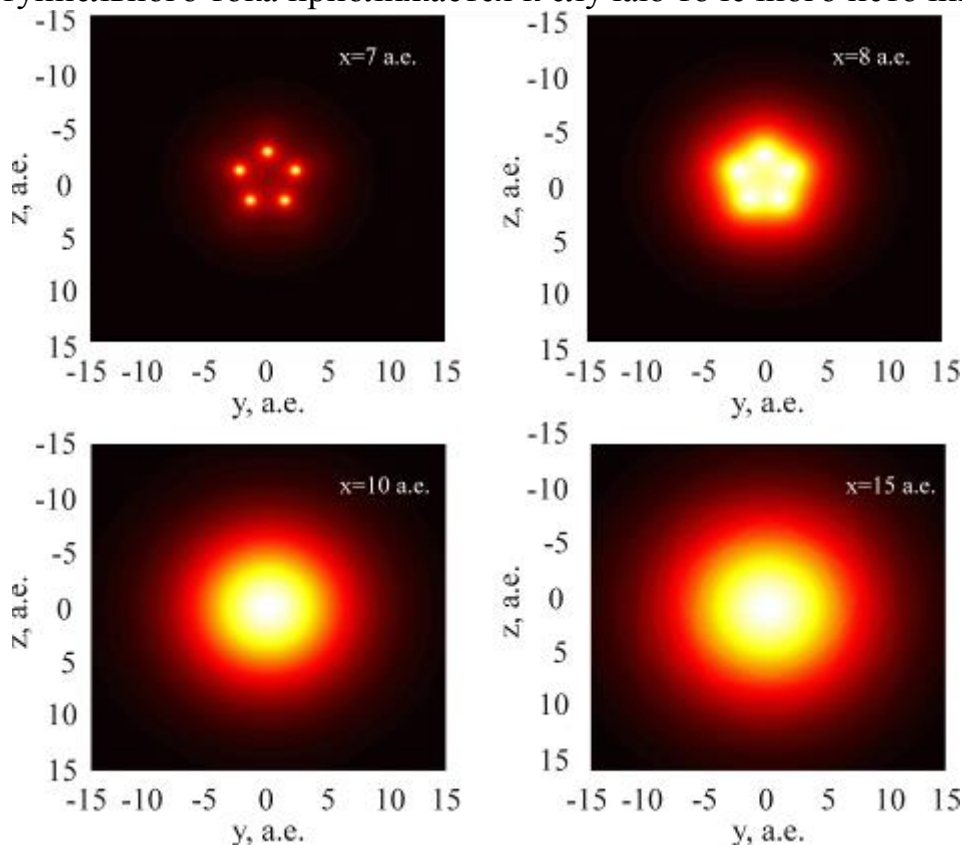


Рис. 4. Распределение электронного тока фуллерена  $C_{60}$ , при различном расстоянии от центра фуллерена до экрана

Рассмотренные в работе интерференционные эффекты при туннельной ионизации многоцентровых систем в модели независимых точечных когерентных источников существенно зависят от расстояния между центрами. В случае близкого расположения центров и слабого внешнего поля интерференция не проявляется, и на большом расстоянии от молекулы фуллерена  $C_{60}$  картина распределения плотности туннельного тока аналогична случаю точечного источника.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант №16-32-00253).*

#### Список литературы

1. Демков Ю.Н., Друкарев Г.Ф. Распад и поляризуемость отрицательного иона в электрическом поле // ЖЭТФ. 1964. Т. 47. Вып. 9. С. 918-924.
2. Демков Ю.Н., Островский В.Н. Метод потенциалов нулевого радиуса в атомной физике. Л.: ЛГУ, 1975. 240 с.
3. Avouris P., Chen Z. & Perebeinos V. Carbon-based electronics // Nature Nanotechnology. 2007. Vol. 2. pp. 605-615.

4. Baughman R.H., Zakhidov A.A., de Heer W.A. Carbon nanotubes – the route toward applications // Science. 2002. Vol. 297. pp. 787-792.
5. Bondarev I.V., Woods L.M. and Tatur K. Strong exciton-plasmon coupling in semi-conducting carbon nanotubes // Phys. Rev. B. 2009. Vol. 80. P. 085407.
6. Castro Neto A.H. The carbon new age // Materials Today. 2010. Vol. 13. No 3. pp. 12-17.
7. Geim A.K., Novoselov K.S. The rise of graphene // Nature Materials. 2007. Vol. 6. pp. 183-191.
8. Golovinski P.A., Drobyshev A.A. Monte Carlo Computer Simulation of Nonuniform Field Emission Current Density for a Carbon Fiber // JEMAA. 2014. Vol. 6. pp. 8-14.
9. Gottlieb B., Kleber M., Krause J. Tunneling from a 3-dimensional quantum well in an electric field: an analytic solution // Z. Phys. A. 1991. Vol. 339. pp. 201-206.
10. Gottlieb D. and Kleber M. Tunneling dynamics in stationary field emission // Ann. Physik. 1992. Vol. 1. pp. 369-379.
11. Kim H.S., Duy D.Q., Kim J.H. et. al. Field-Emission Electron Source Using Carbon Nanotubes for X-ray Tubes // J. Korean Phys. Soc. 2008. Vol. 52. No 4. pp. 1057-1060.
12. Novoselov K.S. et al. Two-dimensional gas of massless Dirac fermions in graphene // Nature. 2005. Vol. 438. pp. 197-200.
13. Popescu A., Woods L.M. and Bondarev I.V. A carbon nanotube oscillator as a surface profiling device // Nanotechnology. 2008. Vol. 19. P.435702.
14. Sofo J.O., Chaudhari A.S., and Barber G.D. Graphane: A two-dimensional hydrocarbon // Phys. Rev. B. 2007. Vol. 75. P. 153401.
15. Verma P., Gautam S., Pal S. et. al. Carbon Nanotube-Based Cold Cathode for High Power Microwave Vacuum Electronic Devices: A Potential Field Emitter // Defence Science Journal. 2008. Vol. 58. No. 5. pp. 650-654.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОЖНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПУАССОНА МЕТОДОМ ПРОИЗВОДЯЩИХ ФУНКЦИЙ**

***Калинина Е.С.***

профессор кафедры высшей математики и системного моделирования  
сложных процессов, канд. пед. наук, доцент, Санкт-Петербургский  
университет ГПС МЧС России, Россия, г. Санкт-Петербург

Рассмотрено понятие сложного, или обобщенного, распределения случайных величин. Показано применение аппарата производящих функций для исследования сложного распределения Пуассона, для вывода рекуррентных формул распределения вероятностей случайных величин.

*Ключевые слова:* сложное (обобщенное) распределение, производящая функция вероятностей, сложное распределение Пуассона, теория массового обслуживания.

В развитие работы [2, с. 18] применим метод производящих функций для исследования сложного (обобщенного) распределения Пуассона. Оно возникает, когда ряд явлений можно рассматривать как значения разных случайных величин (выборки из разных генеральных совокупностей).

Предварительно рассмотрим общее понятие сложного, или обобщенного, распределения. Пусть  $X_1, X_2, \dots, X_M$  – последовательность взаимно незави-

симых одинаково распределённых случайных величин,  $M$  – случайная величина, независимая от  $X_i$  для любого  $i$ , тогда сумма [5, с. 566]

$$s_M = X_1 + X_2 + \dots + X_M \quad (1)$$

называется *сложным (обобщенным) распределением*.

Таким образом, сложное распределение – это сумма случайных величин, количество  $M$  которых есть тоже случайная величина. Сложное распределение зависит с одной стороны от распределения совокупности параметров, а с другой – от распределения каждой из величин. Для нахождения сложного распределения необходимо знать распределение  $M$  и распределение  $X_i$ .

Когда известно распределение  $M$ , то сложное распределение носит название этого распределения, например, сложное распределение Пуассона [6, с. 115].

В работах [7, с. 292] и [1, с. 20], с помощью формулы полной вероятности, доказано, что производящая функция суммы независимых целочисленных одинаково распределённых случайных величин есть сложная функция (суперпозиция) производящей функции числа слагаемых  $M$  от производящей функции слагаемых (у всех слагаемых одна и та же производящая функция в силу одинаковости распределений).

На основании этого факта, учитывая, что производящая функция распределения Пуассона имеет вид [2, с. 21]:

$$g(s) = \sum_{m=0}^{\infty} e^{-\alpha} \frac{(\alpha s)^m}{m!} = e^{-\alpha + \alpha s},$$

получаем производящую функцию сложного распределения Пуассона:

$$P(s) = \sum_{k=0}^{\infty} P\{k\} s^k = g(\omega(s)) = e^{-\alpha + \alpha \omega(s)}, \quad (1)$$

где  $\omega(s) = \sum_{k=0}^{\infty} \omega_k s^k$  – производящая функция распределения слагаемых  $X_i$  ( $i = 1, 2, \dots, M$ ).

По определению производящей функции вероятностей, здесь  $P\{k\}$  (коэффициенты при степенях  $s^k$ ) являются вероятностями того, что случайная величина  $s_M$  примет значение  $k$ :

$$P\{k\} = P\{s_M = k\}.$$

При этом начальное значение  $\omega_0 = 0$  и  $P\{0\} = e^{-\alpha}$ .

Для нахождения  $P\{k\}$  для  $k = 1, 2, 3, \dots$  продифференцируем по  $s$  соотношение (1) как сложную функцию:

$$P'(s) = \alpha \cdot e^{-\alpha + \alpha \omega(s)} \omega'(s) = \alpha P(s) \omega'(s).$$

В данной формуле выпишем полностью выражения для производящей функции:

$$\begin{aligned} & P\{1\} + 2P\{2\}s + 3P\{3\}s^2 + \dots + kP\{k\}s^{k-1} + \dots = \\ & = \alpha(P\{0\} + P\{1\}s + P\{2\}s^2 \dots)(\omega_1 + 2\omega_2s + 3\omega_3s^2 + \dots). \end{aligned}$$

Так как это равенство верно для всех  $s$  из области значений, приравняем коэффициенты при одинаковых степенях  $s$ :

$$s^0: P\{1\} = \alpha \omega_1 P\{0\};$$

$$s^1: 2P\{2\} = \alpha(\omega_1 P\{1\} + 2\omega_2 P\{0\});$$

$$s^2: 3P\{3\} = \alpha(\omega_1 P\{2\} + 2\omega_2 P\{1\} + 3\omega_3 P\{0\}).$$

В общем случае, приравнивая коэффициенты при  $s^{k-1}$ , имеем:

$$kP\{k\} = \alpha(\omega_1 P\{k-1\} + 2\omega_2 P\{k-2\} + 3\omega_3 P\{k-3\} + \dots + k\omega_k P\{0\}) = \\ = \alpha \sum_{l=1}^k l \cdot \omega_l \cdot P\{k-l\} \quad (k = 1, 2, 3, \dots).$$

Разделив обе части равенства на  $k$ , получим следующие рекуррентные формулы для определения искомого распределения вероятностей случайной величины  $S_M$ :

$$P\{0\} = e^{-\alpha}, \\ P\{k\} = \frac{\alpha}{k} \sum_{l=1}^k l \cdot \omega_l \cdot P\{k-l\} \quad (k = 1, 2, 3, \dots).$$

Подобные рекуррентные формулы могут быть получены и для любого другого сложного распределения.

Круг явлений, моделируемых сложными пуассоновскими распределениями, весьма широк. Такие модели активно используются в биологии, ядерной физике, в теории страхования, в экологии, и особенно в теории массового обслуживания – в ситуациях, когда входящий поток не является ординарным, т.е. допускается возможность одновременного появления нескольких заявок.

На сегодняшний день методы теории массового обслуживания позволяют создавать эффективные математические модели различных технических систем и технологических процессов. Особую актуальность имеет математическое моделирование процессов, связанных с обеспечением пожарной, техносферной, технологической безопасности, защитой населения и территорий в чрезвычайных ситуациях, проведением аварийно-спасательных операций [4, с. 24]. Например, в работе [3, с. 62] рассмотрена возможность применения теории массового обслуживания для решения задач обоснования структуры и организации функционирования мобильного госпиталя, разворачиваемого в зоне возникновения чрезвычайной ситуации силами МЧС России.

#### Список литературы

1. Ицков А.Г. Производящие и характеристические функции в теории вероятностей. Теория и задачи: учебное пособие. М.: Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2015. 92 с.
2. Калинина Е.С., Кудрявцева М.В. О применении аппарата производящих функций в теории вероятностей // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 3-1. С. 18-22.
3. Каменецкая Н.В., Медведева О.М., Хитов С.Б. Математическое моделирование при решении задач обоснования структуры и организации функционирования мобильного госпиталя МЧС России // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". 2016. № 1. С. 62-67.
4. Каменецкая Н.В., Медведева О.М., Хитов С.Б. Применение теории очередей для обоснования структуры и организации функционирования мобильного госпиталя МЧС России // Современное образование: содержание, технологии, качество. 2016. № 2. С. 23-25.
5. Корн Г.А., Корн Т.М. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1984. 832 с.
6. Королук В.С., Портенко Н.И., Скороход А.В. и др. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. М.: Наука, 1985. 640 с.
7. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и её приложения. Т. 1. М.: Мир, 1984. 528 с.

## ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ

*Ким С.Л.*

к.ф-м.н., Институт механики УрО РАН, Россия, г. Ижевск

Качество биметаллов зависит от свойств соединения разнородных материалов и определяется структурой, химическим и фазовым составом, физико-механическими свойствами переходной зоны [1]. Современной задачей является исследование свойств биметаллов, в особенности переходной зоны биметаллических соединений.

*Ключевые слова:* биметаллы, механические свойства, фазовый состав.

Очередной задачей является определение размера, химического состава, механических свойств переходной зоны биметаллического соединения на основе сталей 12ХМ+12Х18Н10Т, полученного сваркой взрывом.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

1) Провести оценку и сравнение определения размера ширины переходной зоны биметалла, полученными различными методами: экспериментальными и методами компьютерного математического моделирования.

2) Выявить изменение химического состава переходной зоны биметалла при переходе от основного слоя к плакирующему.

3) Выявить изменение фазового состава переходной зоны биметалла при переходе от основного слоя к плакирующему.

4) Обнаружить связь между химическим и фазовым составом переходной зоны исследуемого биметалла.

5) Разработать методику определения механических свойств переходной зоны в зависимости от ширины.

6) Провести анализ изменения механических свойств переходной зоны от химического и фазового состава.

Образец биметалла сталей 12ХМ, 12Х18Н10Т, используемый при проведении экспериментов, представлял собой квадратную пластину длиной 30 мм и толщиной 5 мм, получен сваркой взрывом.[2] Образец подвергали механической полировке с использованием полирующих паст. Соединение сталь 12ХМ + сталь 12Х18Н10Т получено сваркой взрывом на режимах: взрывчатое вещество – аммиачная селитра + дизельное топливо в соотношении 96/4, что позволило получить соединение материалов на скорости метания 2400 м/с; при соотношении массы взрывчатого вещества к массе метаемого металла 1,3. Метаемый материал – сталь 12Х18Н10Т. Химический состав сталей биметалла приведен в таблице.

Таблица

**Химический состав сталей 12ХМ, 12Х18Н10Т**

Марка сплава	Основные химические элементы, %					
	Co	Ni	Cr	W	Fe	C
Сталь 12ХМ	-	-	1,019	0,476% Mo	96,92	0,64 Mn
Сталь 12Х18Н10Т	0,452%Si	9,12	16,99	0,554% Ti	70,74	1,081%Mn



Исследование ширины переходной зоны биметалла проведено с помощью метода термо-ЭДС. Траектория сканирования поверхности материала выбиралось линейной и перпендикулярно предполагаемой границе зоны соединения, от плакирующего слоя в сторону основного, с шагом измерения 5 мкм и числом измерений до 100. Проведено увеличение в 10 раз полученных диаграмм значений термо-ЭДС и накладывалась размерная сетка для получения размеров от начала до конца переходной зоны. Погрешность определения ширины переходной зоны составляет 0.5 мкм. Микрорентгеноспектральный анализ использован при изучении зон соединения в биметаллах, поскольку по его результатам количественно определяется содержание элементов и их распределение по сечению или длине переходной зоны. Что является эталоном при микрорентгеноспектральном анализе. Анализ фазового состава сталей и переходной зоны выполнен методом рентгеновской дифракции на приборе D2 PHASER. Шероховатость исследуемого образца измерена на установке Mahr Perthometer m2, с погрешностью определения среднего арифметического отклонения профиля в пределах базовой длины 0.5 нм [3].

Механические свойства определяли методом индентирования на комплексной измерительной системе NanoTest 600 по методике Оливера – Фарра, с использованием индентора Берковича (трехгранная алмазная пирамида с углом при вершине  $65.3^{\circ}$  и радиусом закругления около 200 нм), при нагрузке 50 мН, максимальной глубиной внедрения индентора 500 нм.

Граничные условия завали по глубине, т.е. при достижении максимальной глубины проникновения индентора в образец (например, 500 нм для нагрузки 50 мН или меньшей) дальнейшее нагружение образца прекращалось. С целью повышения достоверности полученного результата, процедуру измерения проводили по 20 раз. Механические свойства переходной зоны биметалла определяли для ширины 5-9 мкм. При этой глубине внедрения индентора Берковича расчетное значение грани отпечатка индентора равняется 1.9 мкм и площадь поверхности отпечатка индентора не выходит за пределы ширины переходной зоны. Каждое индентирование проводили по центру переходной зоны с погрешностью позиционирования индентора 0.02 мкм, следующее индентирование проводили на других участках переходной зоны.

Выделив начало и конец переходной зоны и увеличив диаграмму, удалось получить ее линейный размер  $H = (8 \pm 0.5)$  мкм. [4].

Для подтверждения результатов определения ширины переходной зоны с помощью термо-ЭДС образец биметалла был подвергнут микрорентгеноспектральному анализу. По рентгенограммам определяют протяженность зоны соединения и характер распределения элементов в нанесенном слое. На исследуемом участке стыка образца биметалла, сталей 12ХМ, 12Х18Н10Т, с помощью оптического микроскопа, с увеличением в 1000 раз и датчика определения перемещений системы NanoTest 600, обнаружено, что ширина переходной зоны изменяется от 1 до 9 мкм. [5]. Анализ дифрактограмм ос-

новых составляющих, и переходной зоны биметалла, полученного путем сварки взрывом, и состоящего из сталей двух марок 12Х18Н10Т и 12ХМ, позволяет сделать следующие выводы.

Фазовый состав стали 12ХМ состоит, в основном, из мартенсита (ОЦК решетка с периодом = 2.87), феррита ( $(\text{Fe}_{24}\text{Mo})_{0.8}$ ) и карбида  $\text{Fe}_3\text{C}$ . Структура стали 12Х18Н10Т представляет собой аустенит (ГЦК решетка с периодом 3.59 ангстрем) с небольшим количеством карбидов  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ ,  $\text{Cr}_{23}\text{O}_6$ ,  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ . Определено, что по мере удаления от зоны основного металла со стороны стали 12ХМ, количество аустенита увеличивается при переходе от участка (Х) к участку (У) и максимально в участке (Z), что свидетельствует о диффузии аустенитообразующих элементов между сталями. Микрорентгеноспектральным анализом установлено, что концентрация никеля и хрома в переходной зоне также изменяется в сторону увеличения и коррелирует с увеличением количества аустенита в переходной зоне. Рост механических характеристик переходной зоны связан с проведением измерения индентирования в аустенит, основным составляющим стали 12Х18Н10Т. Это в свою очередь связано с увеличением концентрации никеля и хрома в переходной зоне, увеличением показаний термо-ЭДС [6]. Определена шероховатость поверхности переходной зоны исследуемого биметалла, со следующим значением среднего арифметического отклонения профиля  $R_a = 20$  нм в пределах базовой длины  $l = 1.75$  мкм. Параметр шероховатости  $R_a$  должен быть как можно меньшим для корректного и четкого определения физико-механических характеристик образца.

#### Список литературы

1. Москвитин С.П., Пудовкин А.П. Метод и система контроля характеристик качества биметалла // Вестник ТГТУ. 2009. Т. 15, № 2. С. 315-320.
2. Гуревич Л.М., Грыков Ю.П., Арисова В.Н. и др. Структура и микромеханические свойства в биметалле ВТ!-0+АД1, полученном сваркой взрывом по угловой схеме // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2010. Т. 4, № 4. С. 38-42.
3. Стеклова. Е.О., Ким С.Л., Соловьев С.Д., Сурнин Д.В. Исследование биметаллических соединений методом термоэдс // Сварочное производство. 2010. №3. С. 15-18.
4. Стеклова Е.О., Соловьев С.Д., Ким С.Л. Применение метода термоэдс в исследовании химического состава и структурного состояния сварных соединений // Сварка и диагностика. 2011. № 2. С. 10-13.
5. Дементьев В.Б., Шушков А.А., Ким С.Л. Исследование физико-механических свойств биметаллических соединений методом наноидентирования // Аналитическое оборудование и метрология в нанотехнологии. 2012. № 4. С. 32-37.
6. Малышев В.Н., Гантимиров Б.М., Волхин А.М., Ким С.Л. Повышение антифрикционных свойств износостойких МДО-покрытий // Химическая физика и мезоскопия. 2013. Том 15, № 2. С. 285-291.

# ВНУТРЕННЕЕ ВРАЩЕНИЕ В 1-ФТОРГЕКСАНЕ. СТРУКТУРНАЯ ФУНКЦИЯ<sup>1</sup>

**Котомкин А.В.**

аспирант, Тверской государственной университет, Россия, г. Тверь

**Русакова Н.П.**

заведующая базовой учебной лабораторией общей физики,  
Тверской государственной университет, Россия, г. Тверь

**Туровцев В.В.**

заведующий кафедрой физики, математики и медицинской информатики,  
д-р физ.-мат. наук, профессор, Тверской государственной медицин-  
ский университет, Россия, г. Тверь

**Орлов Ю.Д.**

заведующий кафедрой общей физики, д-р хим. наук, профессор,  
Тверской государственной университет, Россия, г. Тверь

Произведены расчеты структурных функций  $F(\varphi)$ , необходимых для прецизионных расчетов термодинамических свойств, для внутренних вращений вокруг связей С-С в молекуле 1-фторгексана.

*Ключевые слова:* внутреннее вращение, структурная функция, 1-монофторалканы, фторгексан.

Точный расчет термодинамических свойств органических соединений фтора требует учета вклада внутреннего вращения. Для этого необходимо детальное изучение характеристик этих движений, что подразумевает знание потенциальной  $V(\varphi)$  и структурной  $F(\varphi)$  функций. Ранее  $V(\varphi)$  для внутренних вращений вокруг всех связей С – С в молекуле  $\text{FCH}_2\text{-(CH}_2\text{)}_4\text{-CH}_3$  рассмотрены в работе [3].

Расчёт равновесных геометрий в молекуле  $\text{FCH}_2\text{-(CH}_2\text{)}_3\text{-CH}_3$ , а также оптимизация структур, возникающих при повороте на каждые  $10^\circ$  фрагментов вокруг всех С-С связей, были выполнены в программе GAUSSIAN 03 методом B3LYP/6-311++g(3df,3pd) [1]. Для каждого вращения методом Питцера [2] найдены структурные функции  $F(\varphi)$  (рис. 1-5).

Вращение  $\text{FCH}_2\text{-C}_5\text{H}_{11}$  дало для  $F(\varphi)$  симметричную кривую (рис. 1). Начальной точке графика соответствует локальный максимум  $F(\varphi) = 1,06 \text{ см}^1$ . Глобальный максимум  $F(\varphi) = 1,45 \text{ см}^1$  найден при  $\varphi = 180^\circ$ . Минимумы  $F(\varphi) = 1,05 \text{ см}^1$  соответствуют торсионным углам  $\varphi = 50^\circ$  и  $\varphi = 310^\circ$ .

---

<sup>1</sup> Статья выполнена в рамках выполнения научно исследовательской работы «Разработка программного комплекса для расчета термодинамических свойств органических соединений» по договору с Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере №9498ГУ/2015 от 28.15.2015.

Функция  $F(\varphi)$  вращения волчков  $\text{FC}_2\text{H}_4$  и  $\text{C}_4\text{H}_9$  несимметрична (рис. 2). Она имеет два максимума ( $F(30^\circ) = 0,59 \text{ см}^{-1}$  и  $F(200^\circ) = 0,86 \text{ см}^{-1}$ ) и два минимума ( $F(110^\circ) = 0,51 \text{ см}^{-1}$  и  $F(290^\circ) = 0,49 \text{ см}^{-1}$ ).

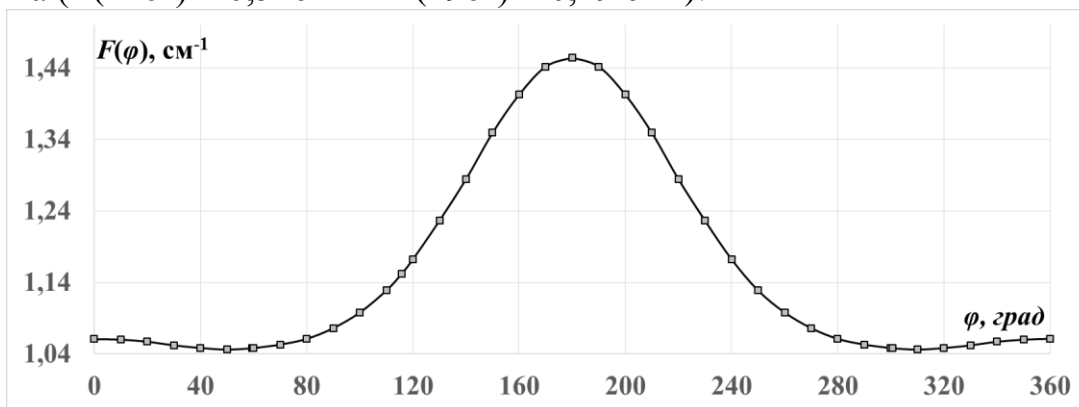


Рис. 1. Структурная функция  $F(\varphi)$  вращения  $\text{FC}_2\text{H}_2\text{-C}_5\text{H}_{11}$

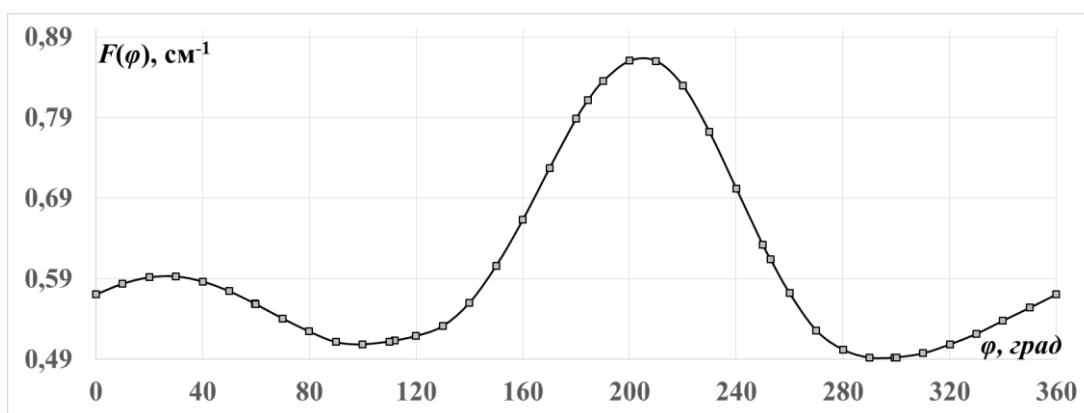


Рис. 2. Структурная функция  $F(\varphi)$  вращения  $\text{FC}_2\text{H}_4\text{-C}_4\text{H}_9$

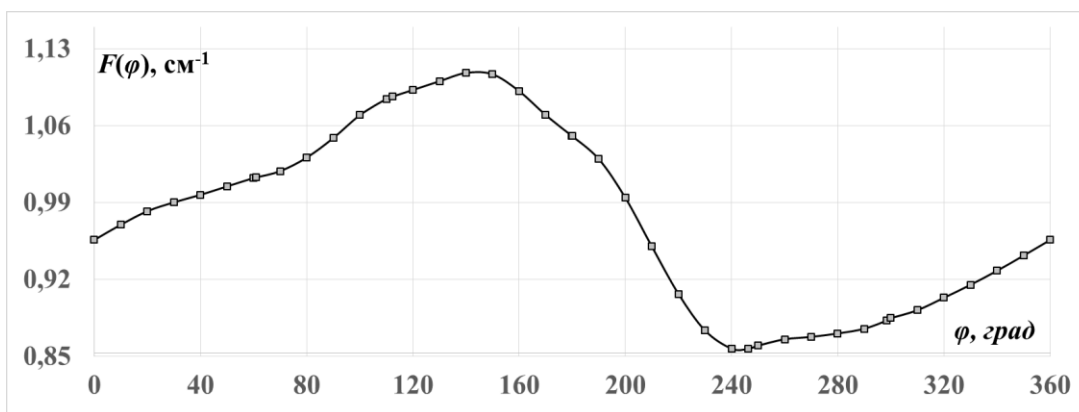


Рис. 3. Структурная функция  $F(\varphi)$  вращения  $\text{FC}_3\text{H}_6\text{-C}_3\text{H}_7$

Вращение  $\text{FC}_3\text{H}_6\text{-C}_3\text{H}_7$  отражено в несимметричной структурной функции с единственным максимумом  $1,11 \text{ см}^{-1}$  в точке  $\varphi = 140^\circ$  (рис. 3). Минимуму  $F(\varphi) = 0,86 \text{ см}^{-1}$  соответствует абсцисса  $\varphi = 246^\circ$ .

Глобальный минимум структурной функции для вращения  $\text{FC}_4\text{H}_8\text{-C}_2\text{H}_5$  расположен в точке  $\varphi=90^\circ$  и имеет значение  $0,19 \text{ см}^{-1}$  (рис. 4). Глобальный максимум для этого вращения –  $F(180^\circ) = 0,23 \text{ см}^{-1}$ .

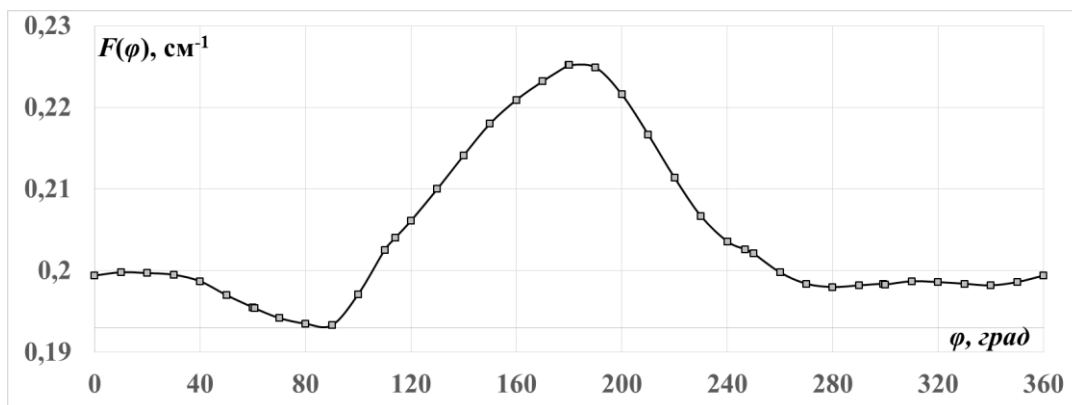


Рис. 4. Структурная функция  $F(\varphi)$  вращения  $\text{FC}_4\text{H}_8\text{-C}_2\text{H}_5$

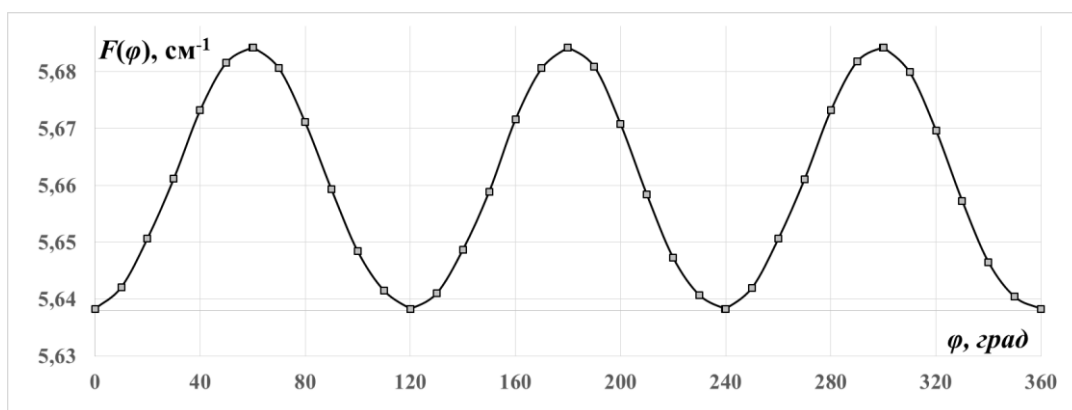


Рис. 5. Структурная функция  $F(\varphi)$  вращения  $\text{FC}_5\text{H}_{10}\text{-CH}_3$

Функция  $F(\varphi)$  для  $\text{FC}_5\text{H}_{10}\text{-CH}_3$  имеет три эквивалентных участка (рис. 5). Максимальные значения  $5,68 \text{ см}^{-1}$  функция  $F(\varphi)$  принимает в точках  $\varphi = 60^\circ, 180^\circ$  и  $300^\circ$ , минимумы  $5,63 \text{ см}^{-1}$  соответствуют точкам  $\varphi = 0^\circ, 120^\circ$  и  $240^\circ$ .

#### Список литературы

1. Frisch M.J., Trucks G.W., Schlegel H.B. et al. Gaussian 03 (Revision E 0.1 SMP). Gaussian Inc., Pittsburgh PA, 2007.
2. Kenneth S. Pitzer /Energy Levels and Thermodynamic Functions for Molecules with Internal Rotation/ The Journal of Chemical Physics, 1946, 14, 4, p. 239-243.
3. Котомкин А.В., Русакова Н.П., Туровцев В.В., Орлов Ю.Д. Электронные параметры дифторалканов// Вестник ТвГУ. Серия: Химия. 2015. № 2. С. 5-11.

## ТИПЫ ОГРАНИЧЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ В АВТОГЕНЕРАТОРЕ ВАН-ДЕР-ПОЛЯ НА ДВУХ СВЯЗАННЫХ КОНТУРАХ

**Купцова Е.В.**

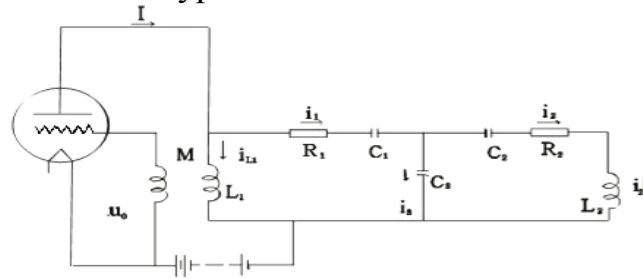
аспирант, Воронежский государственный университет,  
Россия, г. Воронеж

В данной статье рассматривается математическая модель Ван-дер-Поля на двух связанных контурах. Для исследования типов ограниченных колебаний был применен метод усреднения, вычислены усредненные уравнения и найдены особые точки, являющиеся решением.

*Ключевые слова:* автогенератор, колебания, ограниченные решения, усредненные уравнения.



Исследуются типы ограниченных колебаний в автогенераторе Ван-дер-Поля на двух связанных контурах



Колебания напряжения описываются уравнением четвертого порядка:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{D} [R_1 [4s_1 \varepsilon (u_1''^2 + u_1' u_1''') - 6s_2 \varepsilon (5u_1'^2 u_1'' + u_1 u_1''^2 + u_1 u_1' u_1''') + (s_0 + \varepsilon) u_1^{IV} + 2s_1 \varepsilon (u_1''^2 + \\ & 2u_1' u_1''' + u_1 u_1^{IV}) - 3s_2 \varepsilon (2u_1'^2 u_1'' + u_1 u_1''^2 + 3u_1 u_1' u_1''' + u_1^2 u_1^{IV})] + E[(s_0 + \varepsilon) u_1''' + \\ & 2s_1 \varepsilon (3u_1' u_1'' + u_1 u_1''') - 3s_2 \varepsilon (2u_1'^3 + 5u_1 u_1' u_1'' + u_1^2 u_1''')] - u_1^{IV} - A u_1''' - B u_1''] + \\ & F \left[ \frac{1}{D} [R_1 [4s_1 \varepsilon u_1' u_1'' - 6s_2 \varepsilon (u_1'^3 + 2u_1 u_1' u_1'')] + (s_0 + \varepsilon) u_1''' + 2s_1 \varepsilon (u_1' u_1'' + u_1 u_1''') - \right. \\ & \quad \left. 3s_2 \varepsilon (2u_1 u_1' u_1'' + u_1^2 u_1''')] + \right. \\ & \quad E[(s_0 + \varepsilon) u_1'' + 2s_1 \varepsilon (u_1'^2 + u_1 u_1'') - 3s_2 \varepsilon (2u_1 u_1'^2 + u_1^2 u_1'')] - u_1''' - A u_1'' - B u_1'] + \\ & \quad G \left[ \frac{1}{D} [R_1 [\varepsilon (2s_1 - 6s_2 u_1) u_1'^2 + (s_0 + \varepsilon + 2s_1 \varepsilon u_1 - 3s_2 \varepsilon u_1^2) u_1''] + E[(s_0 + \varepsilon + 2s_1 \varepsilon u_1 - \right. \\ & \quad \left. 3s_2 \varepsilon u_1^2) u_1'] - u_1'' - A u_1' - B u_1] \right] + k_3 u_1 = H[(s_0 + \varepsilon + 2s_1 \varepsilon u_1 - 3s_2 \varepsilon u_1^2) u_1'] \end{aligned} \quad (1)$$

где  $u_1$  – напряжение;  $R_1, R_2$  – сопротивления;  $C_1, C_2, C_3$  – емкости;  $L_1, L_2$  – индуктивности,  $\varepsilon$  – малый положительный параметр.

$$k_2 = \frac{C_1}{C_2}, \quad k_3 = \frac{C_1}{C_3}, \quad \gamma = \frac{L_1 C_1}{L_2 C_2}, \quad R_1 \sqrt{\frac{C_1}{L_1}} = A; \quad (1 + k_3) = B; \quad \frac{\gamma k_3}{k_2} = D;$$

$$\sqrt{\frac{L_1}{C_1}} (1 + k_3) = E; \quad R_2 \sqrt{\frac{\gamma C_2}{L_2}} = F; \quad \gamma \left(1 + \frac{k_3}{k_2}\right) = G; \quad \sqrt{\frac{L_1 k_3}{C_3}} = H$$

Ограниченные на всей числовой оси решения уравнения имеют вид

$$u_1 = \rho_1 \cos(\omega_1 \tau - \varphi_1) + \rho_2 \cos(\omega_2 \tau - \varphi_2),$$

где  $\rho_1, \rho_2$  – решения усредненной системы уравнений

$$\begin{aligned} \dot{\rho}_1 &= \frac{\varepsilon \rho_1}{\omega_1 (\omega_2^2 - \omega_1^2)} \left[ [S_3 (HD + GE) (1 - S_3 R_1 S_0) + S_3 R_1 (FB + GA)] \left( -\frac{\omega_1}{2} \right) + \right. \\ &+ [-3S_3 S_2 (HD - G) + S_3^2 S_2 R_2 (3 - 2B) - 3GS_3^2 S_2 R_2 (S_0 E - G)] \left( -\frac{\rho_1^2 \omega_1^2}{4} - \frac{\rho_2^2 \omega_2^2}{4} \right) \\ &+ [ES_3 (1 - S_3 R_1 S_0) + FS_3 R_1 (1 + S_3) + S_3^2 R_1 (A - R_1 FS_0)] \left( \frac{\omega_1^3}{2} \right) - \\ &\quad \left. - 9S_3^2 S_2^2 (E + FR_1)^2 \left( \frac{1}{2} \rho_1^2 \omega_1^3 + \rho_2^2 \omega_2^2 \omega_1 \right) \frac{3}{4} (\rho_1^2 \omega_1^3 + \rho_2^2 \omega_2^2 \omega_1) + \right. \\ &\quad \left. + [S_3 S_2 (-3(E + FR_1) + S_3 (3S_0 R_1 (E + FR_1) + R_2 (3A + 2F)))] \frac{1}{4} (\rho_1^2 \omega_1^3 + \rho_2^2 \omega_2^2) \right]; \\ \dot{\rho}_2 &= \frac{\varepsilon \rho_2}{\omega_2 (\omega_1^2 - \omega_2^2)} \left[ [S_3 (HD + GE) (1 - S_3 R_1 S_0) + S_3 R_1 (FB + GA)] \left( -\frac{\omega_2}{2} \right) + \right. \\ &+ [-3S_3 S_2 (HD - G) + S_3^2 S_2 R_2 (3 - 2B) - 3GS_3^2 S_2 R_2 (S_0 E - G)] \left( -\frac{\rho_1^2 \omega_1^2}{4} - \frac{\rho_2^2 \omega_2^2}{4} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + [ES_3(1 - S_3R_1S_0) + FS_3R_1(1 + S_3) + S_3^2R_1(A - R_1FS_0)] \left(\frac{\omega_2^3}{2}\right) - \\
& - 9S_3^2S_2^2(E + FR_1)^2 \left(\frac{1}{2}\rho_2^2\omega_2^3 + \rho_1^2\omega_1^2\omega_2\right) \frac{3}{4}(\rho_2^2\omega_2^3 + \rho_1^2\omega_1^2\omega_2) + \\
& + \left[S_3S_2(-3(E + FR_1) + S_3(3S_0R_1(E + FR_1) + R_2(3A + 2F)))\right] \frac{1}{4}(\rho_2^2\omega_2^3 + \rho_1^2\omega_1^2) \quad (2)
\end{aligned}$$

Теорема: Система уравнений (2) имеет следующие решения:

1. При  $\rho_1 = 0, \rho_2 = 0$  решением является точка  $(0,0)$
2. При  $\rho_1 = 0$  является решением особая точка:

$$M_1 \left( 0; \frac{2(A_1\omega_1 - C_1\omega_1^3)}{-B_1\omega_1^2 + D_1\omega_1^4\omega_1^2 + F_1\omega_1^3} \right)$$

Для данного решения соответствуют одночастотные колебания в автогенераторе.

3. При  $\rho_2 = 0$  является решением особая точка:

$$M_2 \left( \frac{2(A_1\omega_2 - C_1\omega_2^3)}{-B_1\omega_1^2 + D_1\omega_1^2\omega_2 + F_1\omega_2^3}; 0 \right)$$

Для данного решения соответствуют одночастотные колебания в автогенераторе.

где  $A_1 = S_3(HD + GE)(1 - S_3R_1S_0) + S_3R_1(FB + GA);$

$$B_1 = -3S_3S_2(HD - G) + S_3^2S_2R_2(3 - 2B) - 3GS_3^2S_2R_2(S_0E - G),$$

$$C_1 = S_3(1 - S_3R_1S_0) + FS_3R_1(1 + S_3) + S_3^2R_1(A - R_1FS_0) \quad , \quad D_1 = 36S_3^2S_2^2(E + FR_1)^2, F_1 = S_3S_2(-3(E + FR_1) + S_3(3S_0R_1(E + FR_1) + R_2(3A + 2F))).$$

4. При  $\rho_1 \neq 0, \rho_2 \neq 0$  используем новые обозначения, группируя коэффициенты при  $\rho_1^2, \rho_2^2$  для обоих уравнений, получаем:

$$\begin{cases} \rho_1^2 m_1 + \rho_2^2 n_1 = c_1 \\ \rho_1^2 n_2 + \rho_2^2 m_2 = c_2 \end{cases}$$

где  $m_1, m_2, n_1, n_2$  – коэффициенты в результате группировки,

$c_1, c_2$  – свободные от  $\rho_1, \rho_2$  значения.

Из этой системы легко можно заметить, что

$$\begin{cases} \rho_2^2 = \frac{c_2 m_1 - c_1 n_2}{m_1 m_2 - n_1 n_2} \\ \rho_1^2 = \frac{c_1 m_2 - c_2 n_1}{m_1 m_2 - n_1 n_2} \end{cases}$$

Для такого вида решения соответствуют двухчастотные колебания.

### Список литературы

1. Боголюбов Н.Н. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний / Н.Н. Боголюбов, Ю.А. Митропольский. – М.: Физматгиз, 1963. 407 с.
2. Задорожний В.Г., Купцова Е.В., Непринцев В.И. Колебания в электрическом автогенераторе на двух связанных контурах // Физико-математическое моделирование систем: материалы VII Междунар. семинара. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2011. Ч.3. С. 220-225.
3. Сумин, А.М. Проектирование источника опорного напряжения / А.М. Сумин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2013. – Т. 9. – № 6.1. С. 104 -107.

## К ТЕОРИИ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ГРАФЕНА В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

*Кухарь Е.И.*

доцент кафедры общей физики, канд. физ.-мат. наук, доцент,  
Волгоградский государственный социально-педагогический университет,  
Россия, г. Волгоград

*Ионкина Е.С.*

доцент секции общеобразовательных дисциплин кафедры русского языка,  
канд. пед. наук, Волгоградский государственный технический университет,  
Россия, г. Волгоград

*Крючков С.В.*

профессор кафедры общей физики, д-р физ.-мат. наук, профессор,  
Волгоградский государственный социально-педагогический университет,  
Россия, г. Волгоград

Исследовано влияние высокочастотного электромагнитного излучения на осцилляции де Газа-ван Альфена в графене. Показано, что магнитный момент испытывает осцилляции с изменением напряженности магнитного поля. Найдены условия, при которых осцилляции магнитного момента образца в зависимости от напряженности квантующего магнитного поля могут быть подавлены.

*Ключевые слова:* графен, магнитный момент, подавление осцилляций.

В последнее время все больший интерес в области физики электронных систем с пониженной размерностью приобретают исследования различных свойств углеродных систем. Особенно это относится к графену. Вблизи так называемых дираковских точек зоны Бриллюэна закон дисперсии графена линеен по абсолютному значению квазиимпульса, что соответствует безмассовым частицам. Этот факт дает возможность использовать графен для проверки релятивистских эффектов. Большое значение для понимания свойств так называемых дираковских фермионов в твердых телах имеют работы, изучающие влияние внешних электромагнитных (ЭМ) полей на намагниченность электронной подсистемы графена. В [1] исследованы магнитные осцилляции де Газа-ван Альфена в графене. Влияние постоянного однородного электрического поля на осцилляции де Газа-ван Альфена в графене изучено в [2], где показана возможность подавления этих осцилляций при определенных значениях напряженности постоянного электрического поля.

В настоящей работе исследовано влияние высокочастотного (ВЧ) ЭМ излучения на осцилляции де Газа-ван Альфена в графене. Пусть графен, расположенный в плоскости  $xy$ , находится в квантующем магнитном поле с напряженностью  $\vec{H}$ , направленной вдоль оси  $Oz$ . Кроме того, считаем, что

вдоль оси  $Oz$  распространяется ВЧ ЭМ излучение с частотой  $\omega$  и амплитудой электрического поля  $E_0$ . Векторный потенциал результирующего поля в плоскости  $xy$  равен ( $c=1$ ):  $\vec{A}(t) = -(E_0/\omega)\sin\omega t, Hx$ . Спинор  $\psi$ , описывающий движение электрона в графене в указанных полях, удовлетворяет уравнению ( $\hbar=1$ ):  $i\partial_t\psi = v_F(\vec{p} + e\vec{A}) \cdot \vec{\sigma}\psi$ . Здесь  $\vec{p} = (p_x, p_y)$  – оператор квазиимпульса,  $\vec{\sigma} = (\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z)$  – матрицы Паули,  $v_F$  – скорость на поверхности Ферми. После некоторых преобразований имеем:

$$-\frac{1}{v_F^2}\partial_t^2\psi = \left[ (\hat{p}_x - p_E \sin\omega t)^2 + \left( \hat{p}_y + \frac{x}{\lambda_H} \right)^2 + \frac{\sigma_z}{\lambda_H^2} - \frac{i\omega p_E \sigma_x}{v_F} \cos\omega t \right] \psi. \quad (1)$$

Здесь  $\lambda_H = 1/\sqrt{eH}$  – ларморовский радиус,  $p_E = eE_0/\omega$ . Считаем, что выполнено неравенство:  $v_F/\lambda_H \gg T$ , позволяющее считать магнитное поле квантующим ( $T$  – температура, выраженная в энергетических единицах).

Решение уравнения (1) удовлетворяет теореме Флоке:  $\psi(t) = u(t)\exp(-i\varepsilon_{\text{eff}}t)$ , где  $u(t)$  – спинор, компоненты которого являются периодическими функциями с периодом  $2\pi/\omega$ ,  $\varepsilon_{\text{eff}}$  – квазиэнергия. Считаем, что частота ВЧ излучения удовлетворяет условию:  $\omega \gg v_F/\lambda_H$ . Воспользовавшись методом усреднения [3], определим квазиэнергию:

$$\varepsilon_{ns} = \sqrt{\frac{v_F^2}{\lambda_H^2} \left[ \sqrt{1 + 16a^2(2n+1)} - (-1)^s \right] + 2\omega^2 a^4}. \quad (2)$$

Здесь  $a = p_E v_F / 2\sqrt{2}\omega$ ,  $n = 1, 2, \dots, s$  – номер подрешетки.

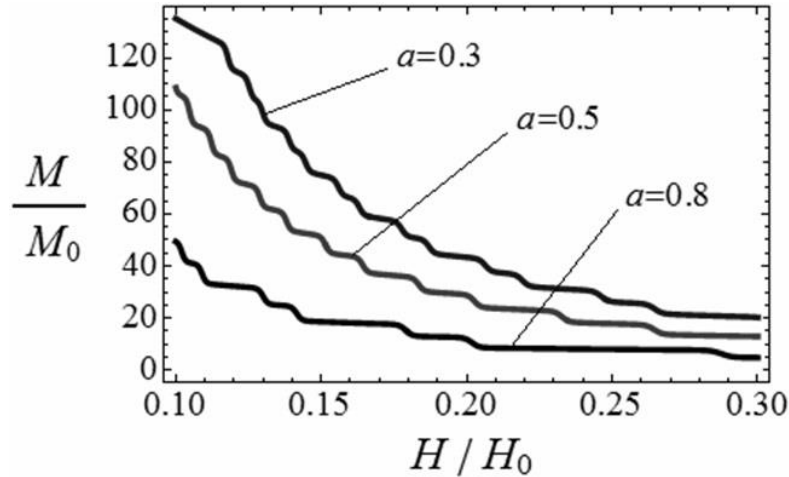


Рис. Зависимость магнитного момента электронной подсистемы графена от напряженности квантующего магнитного поля

ТД потенциал электронной системы в магнитном поле равен [4]:

$$\Omega(T, H) = -T \sum_{n,s} \ln \left[ 1 + \exp \left( \frac{\mu - \varepsilon_{n,s}}{T} \right) \right], \quad (3)$$

где  $\mu$  – химический потенциал. Магнитный момент электронной подсистемы графена вычисляется согласно формуле [4]:  $\vec{M} = -(\partial_{\vec{H}} \Omega)_{T, \mu}$ . После подстановки

(2) в (3), получаем:

$$M = \frac{eV_F^2}{2} \sum_{n,s} \frac{f(\varepsilon_{n,s})}{\varepsilon_{n,s}} \left( \sqrt{1+16a^2} (2n+1) - (-1)^s \right), \quad (4)$$

где  $f(\varepsilon)$  – функция распределения Ферми-Дирака. Зависимости магнитного момента электронной подсистемы от напряженности квантующего магнитного поля, построенные по формуле (4) для различных значений параметра  $a$  (безразмерной амплитуды ВЧ поля), показаны на рисунке (здесь  $H_0 = \omega^2/eV_F^2$ ,  $M_0 = eV_F^2/\omega$ ).

В случае предельно низких температур функцию  $f(\varepsilon)$  можно заменить на  $\theta$ -функцию:  $f(\varepsilon_{n,s}) \rightarrow \theta(\mu - \varepsilon_{n,s})$ . Тогда вместо (4) запишем:

$$M = \frac{eV_F^2}{2} \sum_{n,s} \frac{\theta(\mu - \varepsilon_{n,s})}{\varepsilon_{n,s}} \left( \sqrt{1+16a^2} (2n+1) - (-1)^s \right). \quad (5)$$

Из (2) и (5) видно, что осцилляции де Газа-ван Альфена подавляются, если параметр  $a$  удовлетворяет неравенству:

$$a > \sqrt{\frac{\mu}{\sqrt{2}\omega}}. \quad (6)$$

Из рисунка видно, что магнитный момент испытывает осцилляции с изменением напряженности магнитного поля, причем частота этих осцилляций зависит от параметра  $a$ . Чтобы определить зависимость периода магнитных осцилляций, от параметра  $a$  воспользуемся формулой Пуассона [4]. В случае  $T \ll \mu$  для осциллирующей части магнитного момента получим:

$$M_{\text{osc}} = -\frac{\pi T (\mu^2 - 2\omega^2 a^4)}{eV_F^2 H^2 \sqrt{1+16a^2}} \sum_s \theta_s \times \\ \times \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \text{sh}^{-1} \left( \frac{2\pi^2 \mu T}{eV_F^2 H \sqrt{1+16a^2}} \right) \sin \left[ \pi k \left( \frac{\mu^2 - 2\omega^2 a^4}{eV_F^2 H \sqrt{1+16a^2}} + \alpha_s \right) \right]. \quad (7)$$

Здесь:

$$\alpha_s = \frac{(-1)^s}{\sqrt{1+16a^2}} - 1, \quad \theta_s = \begin{cases} 1, & \mu > \varepsilon_{0s}, \\ e^{-(\varepsilon_{0s} - \mu)/T}, & \mu < \varepsilon_{0s}. \end{cases}$$

Из (7) видно, что период осцилляций по обратному магнитному полю равен:  $\Delta \left( \frac{1}{H} \right) = \frac{2eV_F^2 \sqrt{1+16a^2}}{|\mu^2 - 2\omega^2 a^4|}$ .

### Список литературы

1. Sharapov S. G., Gusynin V. P., Beck H. // Physical Review B. 2004. V. 69. P. 075104.
2. S. Zhang, N. Ma, E. Zhang // Journal of Physics: Condensed Matter. 2010. V. 22. P. 115302.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. М.: Физматлит, 2002. 208 с.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. Часть 1. М.: Физматлит, 2002. 584 с.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ РЕЙТИНГА УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

*Лутфиллаев У.М., Лутфиллаев М.Х., Хасанов Ш.М.*  
Национальный университет Узбекистана, Узбекистан, г. Ташкент

В данной статье исследуется математическая формализация Устава рейтинга студентов и возможность автоматизации этого процесса на компьютере.

*Ключевые слова:* математическая формализация, рейтинг, успеваемость студентов.

Оценки знаний студентов осуществлялось на основе Устава рейтинга. Для обработки полученных результатов педагогического эксперимента в методической системе разработка виртуальных ресурсов на основе компьютерных имитационных моделей была сформулировано математические формулы [1].

Для определения успеваемости студентов на основе Устава рейтинга разработано следующие формулы:

$M$  – число студентов, ТК – текущий контроль, ПК – промежуточный контроль, ИТ – итоговой контроль,

$N_i$  – баллы ТК  $i$  – студента,  $i = \overline{1, M}$ ;

$L_i$  – баллы ПК,  $i$  – студента,  $i = \overline{1, M}$ ;

$K_i$  – баллы ИК,  $i$  – студента,  $i = \overline{1, M}$ .

Тогда по всем типам контролям средней балл определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} X_{TK} &= \sum_{i=1}^M N_i / M; \\ Y_{ПК} &= \sum_{i=1}^M L_i / M; \\ Z_{ИК} &= \sum_{i=1}^M K_i / M, \end{aligned} \tag{1}$$

здесь,  $X_{TK}$  – средний балл ТК,

$Y_{ПК}$  – средний балл ПК,

$Z_{ИК}$  – средний балл ИК.

Теперь определим процентное отношение среднего балла по всем контролям. Для этого каждому предмету выделенный максимальный балл обозначим как  $MAX_6$ . Тогда по всем типам контроля средний балл в процентных отношениях определяется следующим образом:

$$\alpha_{TK} = \frac{X_{TK} \cdot 100}{\text{MAX}_{\sigma}};$$

$$\beta_{ПК} = \frac{Y_{ПК} \cdot 100}{\text{MAX}_{\sigma}};$$

$$\gamma_{ИК} = \frac{Z_{ИК} \cdot 100}{\text{MAX}_{\sigma}},$$
(2)

здесь,  $\alpha_{TK}$  – средний процент ТК,

$\beta_{ПК}$  – средний балл ПК,

$\gamma_{ИК}$  – средний балл ИК,

Для определения качество успеваемости студентов введем следующие обозначения:

0-55 %	– «2» – неуспевающий	– $O_1$ ,
56-70 %	– «3» – удовлетворительно	– $O_2$ ,
71-85 %	– «4» – хорошо	– $O_3$ ,
86-100 %	– «5» – отлично	– $O_4$ .

С начала определим средний балл не успевающих студентов по всем типам контроля.

$M_1$  – количество неуспевающих студентов по ТК,

$M_2$  – количество неуспевающих студентов по ПК,

$M_3$  – количество неуспевающих студентов по ИК.

Тогда средний балл неуспевающих студентов по всем контролям определяется следующим образом.

$$TK_{\sigma,2} = \sum_{i=1}^{M_1} O_{1i} / M_1, \quad i = \overline{1, M_1};$$

$$ПК_{\sigma,2} = \sum_{j=1}^{M_2} O_{1j} / M_2, \quad j = \overline{1, M_2};$$

$$ИК_{\sigma,2} = \sum_{k=1}^{M_3} O_{1k} / M_3, \quad k = \overline{1, M_3},$$
(3)

здесь,  $O_{1i}$  – балл ТК, i-студента,

$O_{1j}$  – балл ТК, j-студента,

$O_{1k}$  – балл ТК, k-студента,

$TK_{\sigma,2}$  – средний балл неуспевающих студентов по ТК,

$ПК_{\sigma,2}$  – средний балл неуспевающих студентов по ПК,

$ИК_{\sigma,2}$  – средний балл неуспевающих студентов по ИК.

Теперь определим процентное отношение баллов неуспевающих студентов по всем контролям.



$$\begin{aligned}\Phi_{m,2} &= \frac{TK_{\delta,2} \cdot 100}{\text{MAX}_{\delta}}; \\ \Phi_{n,2} &= \frac{PK_{\delta,2} \cdot 100}{\text{MAX}_{\delta}}; \\ \Phi_{u,2} &= \frac{IK_{\delta,2} \cdot 100}{\text{MAX}_{\delta}},\end{aligned}\tag{4}$$

здесь,  $\Phi_{m,2}$  – процент неуспевающих студентов по ТК,

$\Phi_{n,2}$  – процент неуспевающих студентов по ПК,

$\Phi_{u,2}$  – процент неуспевающих студентов по ИК.

Теперь определим процентное отношение баллов удовлетворительно успевающих студентов по всем контролям.

$N_1$  – количество успевающих студентов по ТК,

$N_2$  – количество успевающих студентов по ПК,

$N_3$  – количество успевающих студентов по ИК.

Тогда средний балл удовлетворительно успевающих студентов по всем контролям определяется следующим образом.

$$\begin{aligned}TK_{\delta,3} &= \sum_{i=1}^{N_1} O_{2i} / N_1, \quad i = \overline{1, N_1}; \\ PK_{\delta,3} &= \sum_{j=1}^{N_2} O_{2j} / N_2, \quad j = \overline{1, N_2}; \\ IK_{\delta,3} &= \sum_{k=1}^{N_3} O_{2k} / N_3, \quad k = \overline{1, N_3},\end{aligned}\tag{5}$$

здесь,  $O_{2i}$  – балл ТК,  $i$ -студента,

$O_{2j}$  – балл ТК,  $j$ -студента,

$O_{2k}$  – балл ТК,  $i$ -студента,

$TK_{\delta,3}$  – средний балл удовлетворительно успевающих студентов по ТК,

$PK_{\delta,3}$  – средний балл удовлетворительно успевающих студентов по ПК,

$IK_{\delta,3}$  – средний балл удовлетворительно успевающих студентов по ИК.

Теперь определим процентное отношение баллов удовлетворительно успевающих студентов по всем контролям.

$$\begin{aligned}\Phi_{m,3} &= \frac{TK_{\bar{6},3} \cdot 100}{\text{MAX}_{\bar{6}}}; \\ \Phi_{n,3} &= \frac{PK_{\bar{6},3} \cdot 100}{\text{MAX}_{\bar{6}}}; \\ \Phi_{u,3} &= \frac{IK_{\bar{6},3} \cdot 100}{\text{MAX}_{\bar{6}}},\end{aligned}\tag{6}$$

здесь,  $\Phi_{m,3}$  – процент удовлетворительно успевающих студентов по ТК,

$\Phi_{n,3}$  – процент удовлетворительно успевающих студентов по ПК,

$\Phi_{u,3}$  – процент удовлетворительно успевающих студентов по ИК.

Теперь определим средний балл хорошо успевающих студентов по всем типам контроля.

$R_1$  – количество хорошо успевающих студентов по ТК,

$R_2$  – количество хорошо успевающих студентов по ПК,

$R_3$  – количество хорошо успевающих студентов по ИК.

Тогда средний балл хорошо успевающих студентов по всем контролям определяется следующим образом.

$$\begin{aligned}TK_{\bar{6},4} &= \sum_{i=1}^{R_1} O_{3i} / R_1, \quad i = \overline{1, R_1}; \\ PK_{\bar{6},4} &= \sum_{j=1}^{R_2} O_{3j} / R_2, \quad j = \overline{1, R_2}; \\ IK_{\bar{6},4} &= \sum_{k=1}^{R_3} O_{3k} / R_3, \quad k = \overline{1, R_3},\end{aligned}\tag{7}$$

здесь,  $O_{3i}$  – балл ТК,  $i$ -студента,  $O_{3j}$  – балл ТК,  $j$ -студента,

$O_{3k}$  – балл ТК,  $k$ -студента,

$TK_{\bar{6},4}$  – средний балл хорошо успевающих студентов по ТК,

$PK_{\bar{6},4}$  – средний балл хорошо успевающих студентов по ПК,

$IK_{\bar{6},4}$  – средний балл хорошо успевающих студентов по ИК.

Теперь определим процентное отношение баллов хорошо успевающих студентов по всем контролям.

$$\begin{aligned}\Phi_{m,4} &= \frac{TK_{\bar{6},4} \cdot 100}{\text{MAX}_{\bar{6}}}; \\ \Phi_{n,4} &= \frac{PK_{\bar{6},4} \cdot 100}{\text{MAX}_{\bar{6}}}; \\ \Phi_{u,4} &= \frac{IK_{\bar{6},4} \cdot 100}{\text{MAX}_{\bar{6}}},\end{aligned}\tag{8}$$

здесь,  $\Phi_{m,4}$  – процент хорошо успевающих студентов по ТК,

$\Phi_{n,4}$  – процент хорошо успевающих студентов по ПК,

$\Phi_{u,4}$  – процент хорошо успевающих студентов по ИК.

Также определяются средний балл и процентное отношение отлично успевающих студентов.

$$\begin{aligned}TK_{\bar{o},5} &= \sum_{i=1}^{F_1} O_{4i} / F_1, & i = \overline{1, F_1}; \\PK_{\bar{o},5} &= \sum_{j=1}^{F_2} O_{4j} / F_2, & j = \overline{1, F_2}; \\IK_{\bar{o},5} &= \sum_{k=1}^{F_3} O_{4k} / F_3, & k = \overline{1, F_3}; \\ \Phi_{m,5} &= \frac{TK_{\bar{o},5} \cdot 100}{\text{МАХ}_{\bar{o}}}; \\ \Phi_{n,5} &= \frac{PK_{\bar{o},5} \cdot 100}{\text{МАХ}_{\bar{o}}}; \\ \Phi_{u,5} &= \frac{IK_{\bar{o},5} \cdot 100}{\text{МАХ}_{\bar{o}}}.\end{aligned} \tag{9}$$

На основе выше изложенных формулы 1-9 будет разработаны программные средства реализующий автоматизации вычисление рейтинговых показателей студентов.

Итак, в ходе экспериментальных работ, с учетом вышеизложенного, средний показатель рейтинга студентов в экспериментальных группах вырос на 13%.

#### Список литературы

1. Лутфиллаев М.Х Актуальные проблемы применения информационной технологии в системе образования// VI Международная научно-методическая конференция «Информатизация образования и дистанционная форма обучения» г.Сумы: из-во СумГУ, 2004. 13-15 октябрь.
2. Лутфиллаев М.Х Информационные технологии как средство организации лабораторных занятий в курсе зоологии / VI Международная научно-методическая конференция «Информатизация образования и дистанционная форма обучения» г.Сумы: из-во СумГУ, 2004. 13-15 октябрь. (соавт.).
3. Лутфиллаев М.К., Алланазарова Н.А. Преподавание предмета «Анатомия человека» с использованием информационных технологий // Ж. Информатика и образование. – 2004. – №5. – Б. 91-92.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСКРЕТНОГО СПЕКТРА ОДНОГО СЕМЕЙСТВА ОПЕРАТОРНЫХ МАТРИЦ

*Рахмонов А.А.*

ассистент кафедры математика, Бухарский государственный университет,  
Узбекистан, г. Бухара

*Ачилов Ж.Ш.*

преподаватель кафедры математика, Джизакский государственный педагогический институт, Узбекистан, г. Джизак

В статье рассмотрен матричный оператор  $H$ , соответствующий системе с несохраняющимся ограниченным числом частиц на решетке. Описана структура существенного спектра оператора  $H$ . Доказано, что существенный спектр этого оператора состоит из объединения не более четырех (с учетом кратности) собственных значений, лежащего левее  $E_{\min}(k)$  и имеющего не более одного простого собственного значения, лежащего правее  $E_{\max}(k)$ .

*Ключевые слова:* матричный оператор, система с несохраняющимся ограниченным числом частиц, обобщенная модель Фридрихса, существенный спектр, собственное значение.

В настоящей работе рассматривается обобщенная модель Фридрихса  $h(k) \equiv h(k; v, v_1)$ , как компактное возмущение оператора  $h(k; v, 0)$ , рассмотренного в работах [1,2,3]. Установлено, что оператор  $h(k)$  имеет не более чем 2 простых собственных значений вне существенного спектра. Найдены условия существования собственных значений.

Пусть  $L_2(T)$  – гильбертово пространство квадратично интегрируемых (комплекснозначных) функций, определенных на одномерном торе  $T = (-\pi, \pi]$  и  $C$  – множество всех комплексных чисел. Обозначим через  $H$  прямую сумму пространств  $H_0 := C$  и  $H_1 := L_2(T)$ , т.е.  $H := H_0 \oplus H_1$ .

Рассмотрим семейство блочно-операторных матриц  $h(k)$ ,  $k \in T$ , (обобщенная модель Фридрихса) действующий в  $H$  как

$$h(k) := \begin{pmatrix} h_{00}(k) & h_{01} \\ h_{01}^* & h_{11}(k) \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где операторы  $h_i(k): H_i \rightarrow H_i$ ,  $i = 0, 1$  и  $h_{01}(k): H_1 \rightarrow H_0$  определяются по формулам

$$\begin{aligned} h_{00}(k)f_0 &= \omega(k)f_0, & h_{01}f_1 &= \frac{1}{\sqrt{2}} \int_T v_0(t)f_1(t)dt, \\ h_{11}(k) &:= h_{11}^0(k) - V, \\ (h_{11}^0(k)f_1)(q) &= E_\varepsilon(k, q)f_1(q), & (Vf_1)(q) &= \int_T v_1(t-q)f_1(t)dt. \end{aligned}$$

здесь  $\omega(\cdot)$  – вещественнозначная-ограниченная функция на  $T$ ,  $v_0(\cdot)$  – вещественно-аналитическая функция на  $T$ ,

$$E_\varepsilon(q) := l_1 \varepsilon(q) + l_2 \varepsilon(k - q), \quad \varepsilon(q) := 1 - \cos(2q), \quad v_1(q) := \mu \cos(q) + \lambda, \quad (2)$$

а  $l_1, l_2, \mu$  и  $\lambda$  положительные числа.

Очевидно, что оператор  $h(k)$ ,  $k \in T$ , ограничен и самосопряжен в  $H$ .

Следует отметить, что обобщенная модель Фридрихса  $h(k)$  также называется двухканальной молекулярно-резонансной моделью, которая ассоциирована гамильтонианом системы, состоящей из не более чем двух частиц.

Из известной теоремы Г. Вейля [4] о сохранении существенного спектра следует, что  $\sigma_{\text{ess}}(h(k)) = [E_{\min}(k), E_{\max}(k)]$ , где числа  $E_{\min}(k)$  и  $E_{\max}(k)$  определяются по формулам:

$$E_{\min}(k) := \min_{q \in T} E_\varepsilon(q), \quad E_{\max}(k) := \max_{q \in T} E_\varepsilon(q).$$

После элементарных вычислений можно показать, что

$$E_{\min}(k) = l_1 + l_2 - \sqrt{l_1^2 + 2l_1 l_2 \cos(2k) + l_2^2}, \quad E_{\max}(k) = l_1 + l_2 + \sqrt{l_1^2 + 2l_1 l_2 \cos(2k) + l_2^2}.$$

Положим  $V := V_1 + V_2 + V_3$ , где  $V_\alpha : H_1 \rightarrow H_1$ ,  $\alpha = 1, 2, 3$  – интегральные операторы:

$$V_1 = \lambda \int f_1(t) dt, \quad V_2 = \mu \cos(q) \int \cos(t) f_1(t) dt, \quad V_3 = \mu \sin(q) \int \sin(t) f_1(t) dt.$$

Наряду с оператором  $h(k)$  рассмотрим ещё три ограниченные самосопряженные операторы  $h_1(k)$  и  $h_\alpha(k)$ ,  $\alpha = 2, 3$ , действующие в  $H$  и  $H_1$  соответственно, по формулам:

$$h_1(k) := \begin{pmatrix} h_{00}(k) & h_{01} \\ h_{01}^* & h_{11}^0(k) - V_1 \end{pmatrix}, \quad h_2(k) := h_{11}^0(k) - V_2, \quad h_3(k) := h_{11}^0(k) - V_3.$$

Установим связь между собственными значениями операторов  $h(k)$  и  $h_\alpha(k)$ ,  $\alpha = 1, 2, 3$ . Верна следующая теорема.

**Теорема 1.** Пусть число  $z \in C \setminus [E_{\min}(k), E_{\max}(k)]$  является собственным значением оператора тогда и только тогда, когда это число является собственным значением хотя бы одного из операторов  $h_\alpha(k)$ ,  $\alpha = 1, 2, 3$ .

Имеем нижеследующую теорему.

**Теорема 2.** При каждом фиксированном  $k \in T$  оператор  $h(k)$  имеет не более четырех (с учетом кратности) собственных значений, лежащего левее  $E_{\min}(k)$  и имеющего не более одного простого собственного значения, лежащего правее  $E_{\max}(k)$ .

### Список литературы

1. Изюмов Ю.А., Медведов М.В. Магнитный полярон в ферромагнитном кристалле ЖЭТФ, 1970. – Вып. 2(8). – С. 553-560.
2. Имомкулов С.А, Лакаев С.Н. Дискретный спектр одномерной модели Фридрихса ДАН УзССР, 1988. – № 7. – С. 9-11.
3. Расулов. Т. Х. Исследование существенного спектра одного матричного оператора. ТМФ, 164:1 (2010), 62-77 с.
4. Рид М., Саймон Б. Методы современной математической физики. Анализ операторов. – М.: Мир, 1982. – Т.4. – 426 с.

# **ОДНОМЕРНАЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕАКЦИОННОГО СПЕКАНИЯ ОТФОРМОВАННЫХ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ КРЕМНИЯ В АТМОСФЕРЕ АЗОТА**

***Сатаев Л.О.***

аспирант кафедры физики, Кыргызский государственный университет им. И. Арабаева, Кыргызстан, г. Бишкек

***Кайрыев Н.Ж.***

СНС лаборатории порошковых материалов Института физико-технических проблем и материаловедения, канд. физ-мат. наук, Национальная академия наук Кыргызской Республики, Кыргызстан, г. Бишкек

***Касмамытов Н.К.***

профессор кафедры физики и микроэлектроники, док. физ.-мат. наук, Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина, Кыргызстан, г. Бишкек

В данной работе разработана одномерная нестационарная модель реакционного спекания отформованных ультрадисперсных порошков кремния в среде азота, позволяющая рассчитать пространственно-временные зависимости температуры изделия и кинетику превращения атомов кремния в нитрид кремния вплоть до образования готового изделия на основе нитрида кремния.

*Ключевые слова:* одномерная нестационарная модель, уравнение теплопроводности и непрерывности, уравнение, описывающее кинетику реакции прямого азотирования кремния начальные, краевые условия, реакционное спекание, порошок кремния, азот.

В настоящее время большое внимание уделяется разработке технологий по получению новых керамических материалов с широким комплексом функциональных свойств, которые способны работать в экстремальных условиях (в химически агрессивных средах, эрозионных потоках частиц, высокотемпературных газовых потоках и других внешних факторов) при воздействии высоких температур 1300-1800°C. К таким материалам можно отнести керамокомпозиционные материалы на основе нитрида кремния, которые обладают уникальными свойствами: твердостью, прочностью, термостойкостью, низким коэффициентом линейного расширения и стойкостью в агрессивных средах при воздействии высоких температур [1-4]. Поиск новых способов производства дешевых керамических изделий, различных составов и композиций на основе нитрида кремния является в настоящее время актуальной задачей [3, 6-12].

Ранее в наших работах [4-10] была разработана технология синтеза нитридокремниевой керамики на основе отходов полупроводникового кремниевоего производства. Разработанная технология позволило получить наноструктурированный нитридокремниевый материал с повышенными физико-химическими и физико-механическими свойствами, например: высокой твердостью, прочностью, термостойкостью, низким коэффициентом линейного расширения и стойкостью в агрессивных средах. Опыт показал, что для разработки конкретных керамокомпозиционных изделий (определённой конфигурации, размеров, толщины стенок изделий) на основе нитрида кремния, применяемых в промышленном секторе и других отраслях экономики требуется изучить процессы, протекающие при реакционном спекании порошков кремния в среде азота с целью выявления оптимальных условий реакционного спекания. Поэтому в настоящей работе была поставлена задача по разработке одномерной нестационарной модели и на её основе в последующем, провести численное моделирование процессов реакционного спекания порошков кремния в среде азота, что позволило бы существенно сократить дорогостоящий эксперимент при разработке и оптимизации технологии получения нитридокремниевоего изделия.

Согласно разработанной технологии [10] получения нитридокремниевой керамики нагрев и реакционное спекание проводят в камере реактора радиационной электропечи. После поэтапного удаления остаточного пластификатора из шликерного изделия в печи устанавливают высокий вакуум ( $\sim 10^{-5}$  Па) после чего проводят длительную температурную выдержку при  $900^{\circ}\text{C}$  (6-12 ч.). Это необходимо для равномерного распределения температуры в шликерном изделии, что способствует активному протеканию процессов диффузионной гомогенизации в изделии из порошков кремния. Затем начинают медленный напуск азота в печь. Дальнейшее повышение температуры и давления азота в печи проводилось в соответствии с экспериментальными данными [10], представленных в виде кривых на рис. а,б. Для изучения процессов, протекающих при реакционном спекании порошков кремния в среде азота и выявления оптимальных условий спекания, требуется знать зависимости эволюции распределений температуры и кинетики образования нитрида кремния при взаимодействии атомов кремния с азотом по сечению изделия в зависимости от внешних регулируемых параметров спекания (температуры и давления азота в печи). Решение поставленной задачи невозможно без теоретического анализа и численного моделирования процессов нагрева и реакционного спекания изделий, изготовленных из порошков кремния. В настоящей работе разработана одномерная нестационарная модель реакционного спекания кремниевых изделий в атмосфере чистого азота.

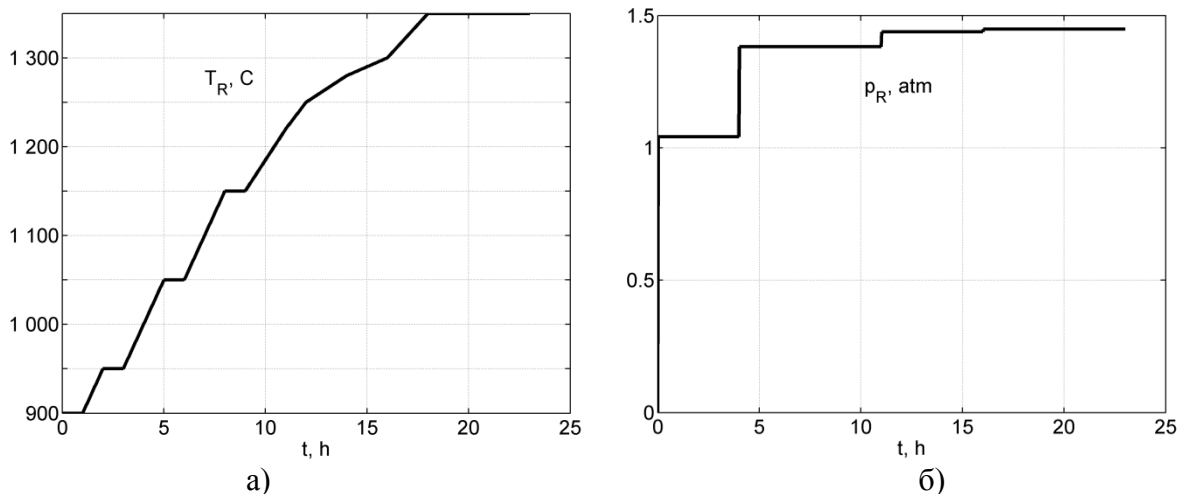


Рис. Экспериментальные зависимости температуры (а) и давления (б) азота в печи от времени

Для модельного исследования процессов реакционного спекания нитрида кремния было предположено, что в центре оси протяженной цилиндрической печи находится пористое изделие из кремния цилиндрической формы радиуса  $R$ . В момент времени  $t = 0$ , когда печь с изделием равномерно нагрета до температуры  $T_0 = 900^\circ\text{C}$ , начинают медленный напуск азота в камеру реактора. Молекулы азота за счет процесса диффузии проникают внутрь кремниевого пористого изделия и в кремниевые кристаллические зерна. При достижении определенной температуры молекулы азота вступают в реакцию с атомами кремния по реакции  $3\text{Si} + 2\text{N}_2 = \text{Si}_3\text{N}_4$ . Реакция происходит до тех пор, пока все кристаллики кремния в шликерном изделии, не прореагируют с азотом, т.е. не превратятся в нитрид кремния. Так как кремниевое шликерное изделие имеет открытую пористость ( $\sim 30\%$  пор), то азот проникает внутрь этих пор, находясь в термодинамическом равновесии. Также предполагается, что температура на поверхности кремниевого изделия равна температуре азота в реакторе печи. Температура и давление азота в печи считаются внешними регулируемыми параметрами и задаются как функции времени (рис. а,б). Требуется рассчитать пространственно-временные зависимости температуры изделия и кинетики превращения атомов кремния в нитрид кремния вплоть до образования готового изделия на основе нитрида кремния. Для описания характеристик нагрева и реакционного спекания кремниевого изделия в среде азота используются нестационарные уравнения теплопроводности (1) и непрерывности газа (2) в кремниевом образце, и уравнение, описывающее кинетику реакции прямого азотирования кремния (3) [2, 9]:

$$(\rho c)_{\text{eff}} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \lambda_{\text{eff}} \frac{\partial T}{\partial r} \right) + Q \cdot \dot{n}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r D_{\text{eff}} \frac{\partial n}{\partial r} \right) + \dot{n}, \quad (2)$$

$$\frac{dn_{\text{Si}}}{dt} = -k_r n_{\text{Si}}. \quad (3)$$



Для решения системы уравнений (1)-(3) задаются следующие начальные и граничные условия:

$$t = 0: \quad T(r) = T_0 = 900 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad n_0(r) = \frac{p_0}{kT_0} \sim 10^{14} \text{ м}^{-3}, \quad p_0 \sim 10^{-5} \text{ Па}, \quad n_{\text{Si}0} = \frac{(1-\Pi)\rho_{\text{Si}}}{\mu_{\text{Si}}} N_A;$$

$$r = 0: \quad \frac{\partial T}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial n}{\partial r} = 0;$$

$$r = R: \quad T(R) = T_R(t), \quad n(R) = n_R(t).$$

Здесь:  $t$  – время,  $r$  – радиальная координата,  $T$  – температура,  $n$ ,  $n_{\text{Si}}$  – соответственно концентрации молекул азота и атомов кремния,  $\rho_{\text{eff}}$ ,  $c_{\text{eff}}$ ,  $\lambda_{\text{eff}}$ ,  $D_{\text{eff}}$  – соответственно: эффективные плотность, удельная теплоемкость, теплопроводность, коэффициент диффузии пористого кремния в азоте,  $\dot{n}$  – скорость изменения концентрации молекул азота за счет реакции,  $Q$  и  $k_r$  – теплота и константа скорости реакции,  $\Pi$  – пористость изделия,  $\rho_{\text{Si}}$ ,  $\mu_{\text{Si}}$  – плотность и молярная масса кремния,  $k$  – постоянная Больцмана,  $N_A$  – постоянная Авогадро.

Константа скорости реакции определяется по формуле [5]:

$$k_r = C \cdot p e^{-E_A/kT}, \quad (4)$$

где  $p = nkT$  – парциальное давление азота,  $E_A$  – энергия активации,  $C$  – постоянная, зависящая от параметров порошка, которая определяется на основе эксперимента [10].

Скорость изменения концентрации молекул азота в процессе реакции  $3\text{Si} + 2\text{N}_2 = \text{Si}_3\text{N}_4$  определится соотношением:

$$\dot{n} = -\frac{2}{3} k_r n_{\text{Si}} = -\left(\frac{2}{3} C k T n_{\text{Si}} e^{-E_A/kT}\right) n. \quad (5)$$

где  $E_A$  – энергия активации реакции азотирования кремния. В расчётах энергия активации бралась равной  $E_A = 141,3$  кДж/моль.

Теплофизические и переносные коэффициенты, в частности теплопроводность и плотность твердой фазы вычисляются по формулам:

$$\lambda_s = x_{\text{Si}} \lambda_{\text{Si}} + x_{\text{Si}_3\text{N}_4} \lambda_{\text{Si}_3\text{N}_4}, \quad \rho_s = (x_{\text{Si}} / \rho_{\text{Si}} + x_{\text{Si}_3\text{N}_4} / \rho_{\text{Si}_3\text{N}_4})^{-1}, \quad (6)$$

где массовые доли кремния и нитрида кремния в твердой фазе могут быть определены из соотношений:

$$x_{\text{Si}} = \frac{n_{\text{Si}} M_{\text{Si}}}{n_{\text{Si}} M_{\text{Si}} + n_{\text{Si}_3\text{N}_4} M_{\text{Si}_3\text{N}_4}}, \quad x_{\text{Si}_3\text{N}_4} = \frac{n_{\text{Si}_3\text{N}_4} M_{\text{Si}_3\text{N}_4}}{n_{\text{Si}} M_{\text{Si}} + n_{\text{Si}_3\text{N}_4} M_{\text{Si}_3\text{N}_4}} \quad (7)$$

Эффективные коэффициенты теплопроводности, плотности и удельной теплоемкости пористого изделия определяются соответственно по формулам:

$$\lambda_{\text{eff}} = \lambda_g \Pi^{1/3} + \lambda_s (1 - \Pi^{2/3}), \quad (8)$$

$$\rho_{\text{eff}} = \rho_g \Pi + \rho_s (1 - \Pi), \quad (9)$$

$$c_{\text{eff}} = \bar{x}_{\text{Si}} c_{\text{Si}} + \bar{x}_{\text{Si}_3\text{N}_4} c_{\text{Si}_3\text{N}_4} + \bar{x}_g c_{p,g} \quad (10),$$

где пористость спечённых изделий составляло  $\Pi=30\%$ , а эффективный коэффициент диффузии принимался равным  $D_{eff} = 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ . Массовые доли кремния, нитрида кремния и газа (азота) в спечённых изделиях определяются из соотношений:

$$\bar{x}_{Si} = \frac{n_{Si} M_{Si}}{n_{Si} M_{Si} + n_{Si_3N_4} M_{Si_3N_4} + n_g M_g}, \quad \bar{x}_{Si_3N_4} = \frac{n_{Si_3N_4} M_{Si_3N_4}}{n_{Si} M_{Si} + n_{Si_3N_4} M_{Si_3N_4} + n_g M_g},$$

$$\bar{x}_g = \frac{n_g M_g}{n_{Si} M_{Si} + n_{Si_3N_4} M_{Si_3N_4} + n_g M_g}. \quad (11)$$

Алгоритм решения системы уравнений (1-3) задан в виде последовательного выполнения следующих девяти пунктов:

1. Задаются начальные распределения  $T_0(r) = 900 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $n_0(r) = 10^{14} \text{ м}^{-3}$ ,  $n_{Si0}$ , в момент времени  $t_0 = 0$  ( $i = 0$ ).
2. Задается временной шаг в виде  $i = i + 1$ ;  $t_i = t_{i-1} + \Delta t$  ( $i$  – номер шага).
3.  $j = 0$ ; выбираем первые приближения в виде:  $T(r) = T_0(r)$ ,  $n(r) = n_0(r)$ .
4.  $j = j + 1$ ; ( $j$  – номер итераций); для каждой пространственной точки вычисляются давление  $p(r) = n(r)kT(r)$ , константа скорости реакции  $k_r(r)$ , скорость азотирования  $\dot{n}$  и все коэффициенты, входящие в уравнениях (1)-(3).
5. Решается уравнение (2) и находится  $\bar{n}(r)$  средняя концентрация азота.
6. Решается уравнение (3) и находится  $n_{Si}(r)$  концентрация кремния.
7. Решается уравнение (1) и находится  $\bar{T}(r)$  температура в радиальном направлении от боковой поверхности цилиндрического образца к центру оси цилиндра.
8. Вычисляются максимальные погрешности по формулам:

$$\varepsilon_T = \max |T(r) - \bar{T}(r)| / \max [\bar{T}(r)], \quad \varepsilon_n = \max |n(r) - \bar{n}(r)| / \max [\bar{n}(r)]$$

и проверяется условие сходимости итерационного процесса, который выражается неравенством:

$$\max(\varepsilon_T, \varepsilon_n) < \varepsilon_s. \quad (12)$$

9. Если условие (12) выполняется, то осуществляется переход алгоритма к пункту 2 (временному шагу), где выбираются приближения для следующей итерации в виде:

$$T^{j+1}(r) = \alpha_T \bar{T}^j(r) + (1 - \alpha_T) T^j(r), \quad n^{j+1}(r) = \alpha_n \bar{n}^j(r) + (1 - \alpha_n) n^j(r)$$

После чего осуществляется переход к пункту 4 ( $\alpha_T$ ,  $\alpha_n$  – коэффициенты релаксации).

10. Счет продолжается до тех пор, пока не выполнится условие  $t_i < t_{end}$ .

Отметим, что уравнения (1) и (2) были дискретизированы по методу контрольного объема [9, 11] неявным образом. Первые производные, входя-

щие в граничные условия, аппроксимируются разностью второго порядка точности. Полученная система трехточечных алгебраических уравнений решается итеративно методом прогонки. Для ускорения сходимости итерационного процесса используется нижняя релаксация.

Таким образом, в настоящей работе разработана одномерная нестационарная модель нагрева и реакционного спекания порошков кремния в среде азота. В рамках данной статьи расчётные данные по численному анализу характеристик нагрева и реакционного спекания кремния в среде азота не рассматриваются, эти данные будут представлены в следующей статье.

#### Список литературы

1. Андриевский Р.А., Спивак И.И. Нитрид кремния. М.: Металлургия, 1984. 130 с.
2. Быков Ю.В., Морозкин М.В., Рыбаков К.И. Моделирование реакций азотирования и окисления кремния при микроволновом нагреве // Международный семинар «Проблемы моделирования и развития технологии получения керамики». Бишкек: Изд-во КРСУ, 2005. С. 153–168.
3. Варенков А.Н., Костиков В.И. Сверхвысокотемпературные композиционные материалы. М.: Интермет Инжиниринг. 2003. 560 с.
4. Касмамытов Н.К., Ласанху К.А., Структура и физико-химические свойства нано- и ультраструктурированных керамокомпозиционных материалов // Перспективы технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов : VIII Межд. конф., г. Алматы, КазНУ им Аль-Фараби, 9-10 июня. 2011. С. 249-254.
5. Касмамытов Н.К., Ласанху К.А., Технология получения, структура и свойства большеобъемных наноструктурированных нитридокремниевых материалов // Бишкек: Физика. № 1. 2013. С. 45-49.
6. Касмамытов Н.К. Структурообразование керамокомпозиционных материалов на основе нитрида кремния. Бишкек: КРСУ, 2011. 100 с.
7. Касмамытов Н.К., Мураталиева В.Ж. Рентгеноструктурные исследования реакционно-спечённых керамокомпозиционных материалов // Известия КГТУ. Бишкек. 2009. № 17. С. 271 – 275.
8. Макаров В.П. Технологические особенности получения большеобъемных изделий из материала на основе нитрида кремния // Вестник КРСУ, Физика. Вып. 3. Бишкек. 2000. С. 34-41.
9. Каныгина О.Н., Лелевкин В.М. Моделирование и технология получения керамики на основе кремния. Бишкек: КРСУ, 2008. 282 с.
10. Касмамытов Н.К. Утилизация отходов кремниевого производства. Бишкек: Изд-во «Белек», 2010. 236 с.
11. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1984. 152 с.
12. Тимофеев И.А. Высокотемпературные керамоматричные композиционные материалы. М.: Перспективные материалы. 2008. Спец. вып. С. 9-11.

# РАСЧЁТНЫЕ ДАННЫЕ ПО ФОРМИРОВАНИЮ НИТРИДА КРЕМНИЯ В ПРОЦЕССЕ РЕАКЦИОННОГО СПЕКАНИЯ КРЕМНИЯ В АТМОСФЕРЕ АЗОТА

*Сатаев Л.О.*

аспирант кафедры физики, Кыргызский государственный университет им. И. Арабаева, Кыргызстан, г. Бишкек

*Касмамытов Н.К.*

профессор кафедры физики и микроэлектроники, док. физ.-мат. наук, Кыргызско-Российский Славянский университет им. Б.Н. Ельцина, Кыргызстан, г. Бишкек

*Кайрыев Н.Ж.*

СНС лаборатории порошковых материалов Института физико-технических проблем и материаловедения, канд. физ-мат. наук, Национальная академия наук Кыргызской Республики, Кыргызстан, г. Бишкек

В статье представлены результаты теоретических исследований, полученных с помощью разработанной нами одномерной нестационарной модели реакционного спекания ультрадисперсных порошков кремния в атмосфере азота. Проведен анализ процесса нагрева и формирования нитрида кремния методом численного анализа.

*Ключевые слова:* кремний, азот, нитрид кремния, реакционное спекание, численный анализ, влияние температуры, концентрации и давления на синтез.

В предыдущей статье подробно описана одномерная нестационарная физико-математическая модель реакционного спекания нитрида кремния. На базе этой модели в настоящей статье проведен численный анализ характеристик нагрева и реакционного спекания (синтеза) кремниевых пористых изделий в атмосфере азота.

Для численного расчёта синтеза нитрида кремния в физико-математической модели использовались данные (различные параметры), которые были взяты с собственных экспериментов, полученных в работах [4, 6]. Для оценки значения постоянной  $C$  (см. формулы – (4) и (5) в предыдущей статье) проведены численные эксперименты эволюции относительного количества атомов кремния в изделии при трёх различных значениях  $C$  взятых с работы [1] (см. рис. 1а,б). Сравнительный анализ расчётных кривых представленных на рис. 1а показывают, что при значении константы  $C = 10^{-3} \text{с}^{-1} \text{Па}^{-1}$  результаты численного расчета и эксперимента хорошо согласуются и в дальнейшем это значение константы  $C$  фигурирует во всех последующих расчетах.

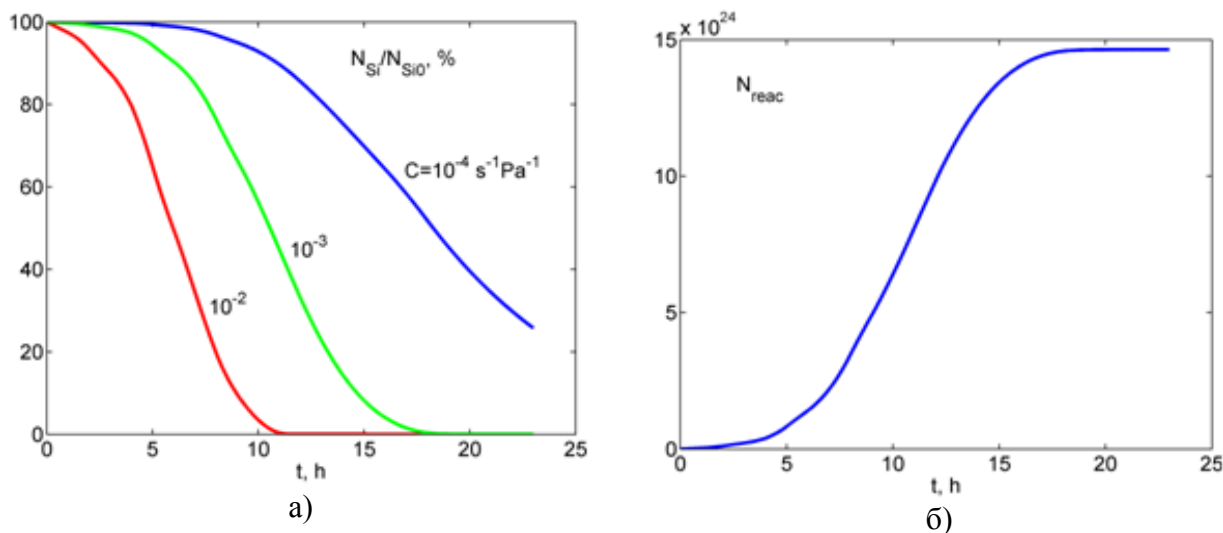


Рис. 1. Эволюция относительного количества атомов кремния в изделии (а) при различных значениях постоянной  $C$ ;  $N_{Si0}$  – количество атомов кремния в начальный момент времени. Эволюция количества молекул азота (б), вступающих в реакцию с атомами кремния при  $C = 10^{-3} \text{ c}^{-1}\text{Па}^{-1}$

При начальных временах выдержек спекания  $t=0\div 2\text{ч.}$ , когда азот медленно напускается в камеру реактора, азот определёнными порциями через поры проникает вглубь кремниевого изделия при этом, наиболее вероятно, на поверхностях частиц кремния и в местах их контактов частиц, где высокая поверхностная энергия, происходит химическая адсорбция атомов азота. В промежутках времени ( $t=2\div 3\text{ч.}$  и  $5\div 6\text{ч.}$ ), когда температура азота в печи поддерживается постоянной, скорость азотирования убывает за счет уменьшения концентрации атомов кремния (рис. 2б; 3б), а концентрация азота увеличивается по всему сечению изделия из-за преобладания диффузии над азотированием (рис. 2а). Расчёты показывают, что при возрастании давления азота в печи (от  $P_1=1,25$  до  $P_2=1,5$  атм.) в момент временной выдержки спекания  $t=4\text{ч.}$  под действием движущих сил диффузии частицы кристаллического кремния скачкообразно насыщаются атомами азота, в результате которого увеличивается концентрация азота по всему сечению изделия (см. рис. 2а). Причем наиболее интенсивный скачок изменения концентрации азота в кремнии наблюдается на внешней части поверхности цилиндрического образца кремния (кривая-6, рис. 2а) по сравнению с внутренними частями образца, наиболее меньшее значение скачка наблюдается в центральной части (кривая-1, рис. 2а) кремниевого образца вдоль оси цилиндра. Дальнейший анализ расчётных кривых (рис. 2а,б) показывают следующие особенности.

Во-первых, в интервале времени  $t=4\div 12\text{ч.}$  происходит уменьшение концентрации атомов азота по радиальному сечению кремниевого образца. Это следует связывать с вступлением атомов азота в реакцию с атомами кремния, поскольку процесс диффузии не успевает поставлять атомы азота вглубь кристаллической матрицы частиц кремния, находящиеся внутри объёма изделия. В момент времени  $t=12\div 12,5\text{ч.}$ , когда в рассматриваемых радиальных точках  $r/R=0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1$  цилиндрического кремниевого изделия скорости процессов диффузии и реакционного синтеза нитрида кремния

равны, концентрация атомов кремния и азота соответственно достигают своего минимального значения.

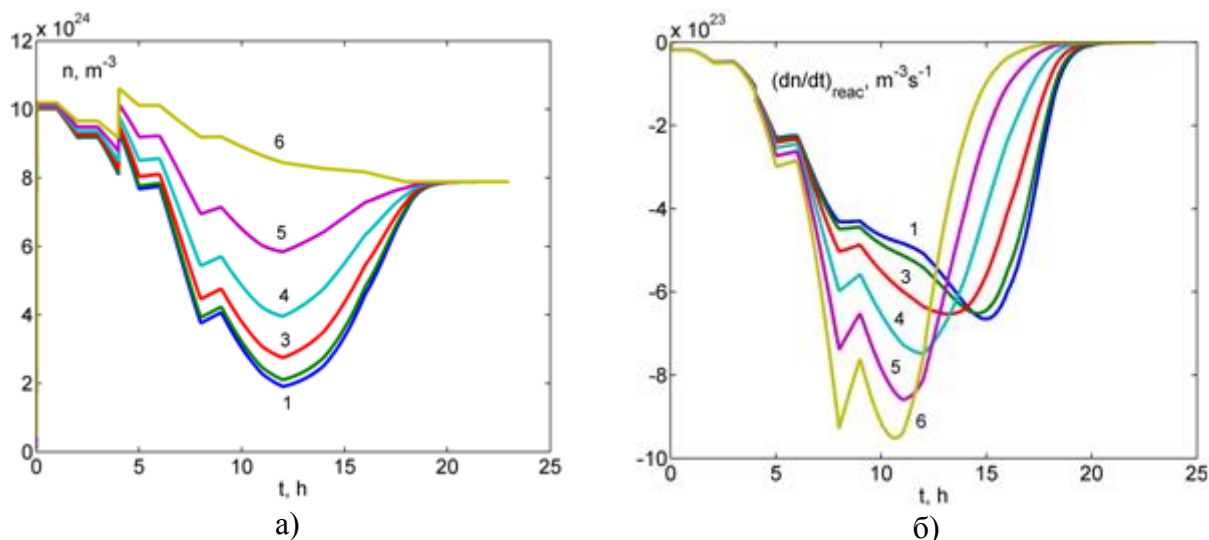


Рис. 2. Эволюция концентрации молекул азота (а) и скорости ее изменения (б) за счет вступления в реакцию кремния и азота в точках  $r/R = 0$  (кривая-1), 0.2 (2), 0.4(3), 0.6 (4), 0.8 (5) и  $r/R = 1$  (кривая-6), где  $r$  – радиальная координата точки,  $R$  – радиус цилиндрического образца  $R=2$  см

Формирование нитрида кремния в процессе реакционного спекания (безусловно, синтез начинается с поверхностей частиц кремния с проникновением вглубь кремниевой частицы) вначале происходит интенсивно на периферии (внешней поверхности) кремниевого изделия (кривая-6) с постепенным переходом во внутренние области кремниевого изделия. Из рис. 2а видно, что самый низкий минимум концентрации атомов азота на оси цилиндра (кривая-1).

Следует отметить, что расчётные данные представленные на рис. 2а,б. хорошо согласуются с экспериментальными данными и соответствуют механизму реакционного спекания нитрида кремния, который подробно описан в работах [4-6]. Во-вторых, скорость реакции азотирования возрастает с увеличением температуры и убывает с уменьшением концентрации атомов кремния (рис. 3а,б). В момент равенства скоростей этих двух факторов, скорость реакции формирования нитрида кремния максимальна. Видно, что синтез нитрида кремния происходит вначале на периферии и затем во внутренних областях кремниевого изделия (см. рис. 2б и 3б). В момент времени  $t=20$  ч. концентрация кремния в изделии практически равна нулю (рис. 3б) это означает, что вся масса кремния в результате кристаллохимического взаимодействия с атомами азота превратилось в новое соединение – нитрид кремния.

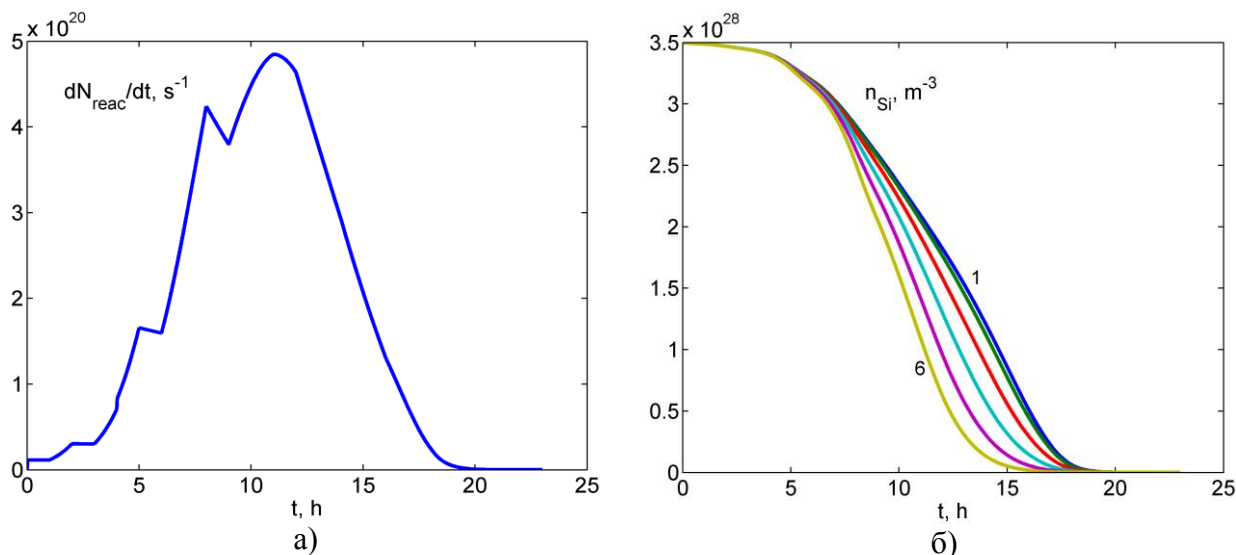


Рис. 3. Эволюция скорости возрастания числа молекул азота, вступающих в реакцию (а); эволюция концентрации атомов кремния ( $\delta$ ) в точках  $r/R = 0$  (кривая-1);  $r/R = 0.2$  (кривая-2); далее соответственно 0.4 (3); 0.6 (4); 0.8 (5); и 1(6)

Из рис. 3б видно, что концентрация кремния в процессе синтеза с азотом по всему сечению кремниевого изделия убывает монотонно.

Результаты численного анализа в рамках разработанной одномерной нестационарной модели также указывают на то, что распределение радиального температурного поля по всему сечению кремниевого образца является практически постоянным (рис.4а) и движущей силой процесса синтеза нитрида кремния является диффузия азота в кристаллический кремний.

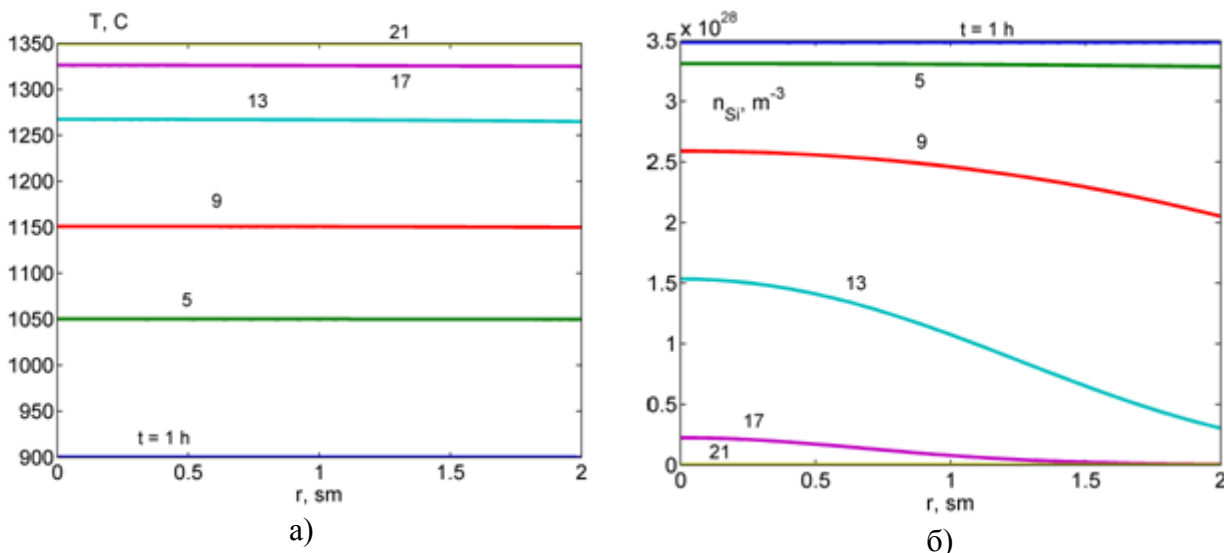


Рис. 4. Радиальные распределения температуры от оси цилиндрического образца до его боковой поверхности (а) при различных (температурах изотермической выдержки и её продолжительности) режимах синтеза ( $900^{\circ}\text{C} - 1$  ч.,  $1050^{\circ}\text{C} - 5$  ч.,  $1150^{\circ}\text{C} - 9$  ч.,  $1230^{\circ}\text{C} - 13$  ч. и  $1350^{\circ}\text{C} - 21$  ч.) (а) и концентрации атомов кремния в различные моменты времени реакционного спекания в среде азота(б)

На рис. 5 показаны радиальные распределения концентрации молекул азота и скорости ее изменения за счет вступления азота в реакцию с кремнием в различные моменты времени реакционного спекания. Эволюция распре-

деления давления азота в изделии аналогична эволюции его концентрации (рис. 6).

Проведен расчет реакционного спекания кремниевого изделия, когда в печи устанавливалось постоянное давление ( $P=1,4$  атм.), а температура увеличивалась от 1000 до 1400 °С по заданному временному закону: 1 – линейный, 2– ступенчатый, 3 – параболический, 4 –  $T=T_1 - (T_1 - T_1)(1-t_1/t_2)^4$ , в течение 18 ч. (рис. 7а). Видно, что характер изменения температуры существенно влияет на протекание процесса азотирования кремния (рис. 7б,в).

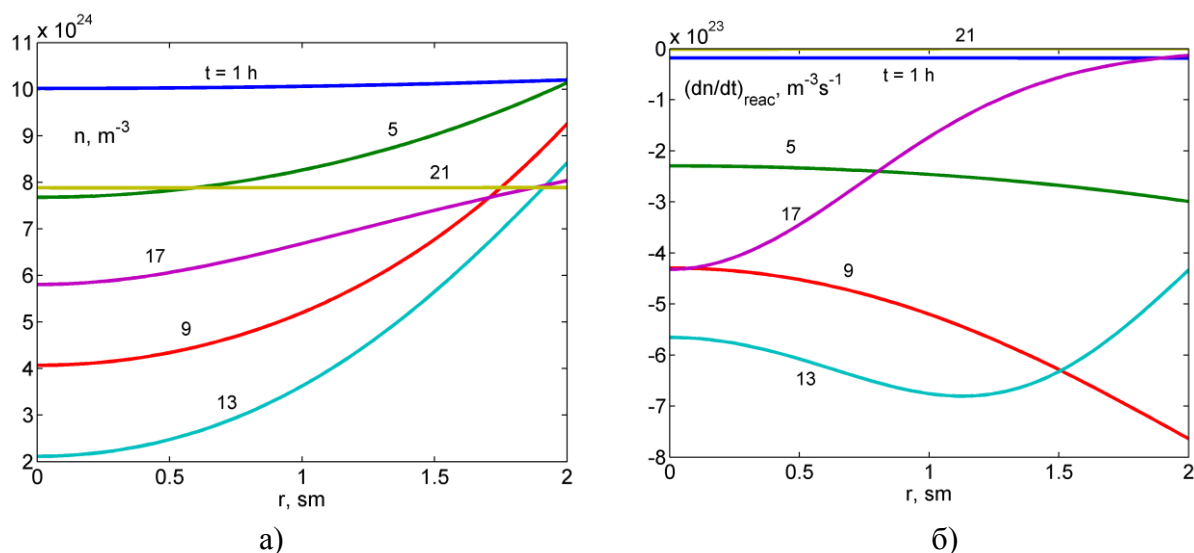


Рис. 5. Радиальные распределения концентрации молекул азота (а) и скорости (б) ее изменения за счет вступления в реакцию в различные моменты времени синтеза

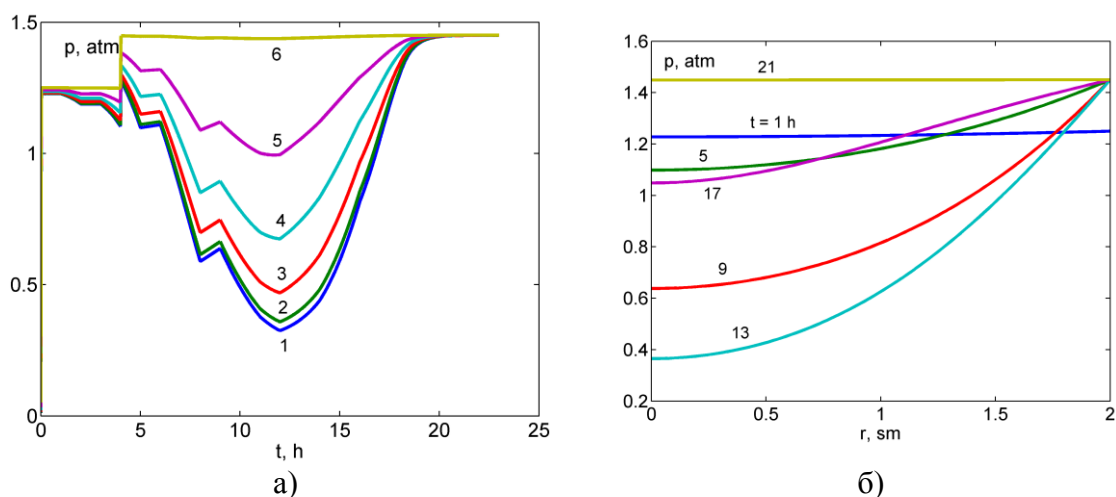


Рис. 6. Эволюция парциального давления азота (а) в изделии в точках когда  $r/R = 0$  (кривая-1); 0,2 (кривая-2); 0,4(кривая-3); 0,6 (кривая-4); 0,8 (кривая-5); 1 (кривая-6); радиальное распределение давления азота (б) в различные моменты времени синтеза

В случае (временного закона 4) когда температура увеличивается с большой скоростью и вследствие этого наблюдается самое интенсивное азотирование кремниевого изделия, которое завершается за сравнительно короткое время  $\sim 12$  ч.



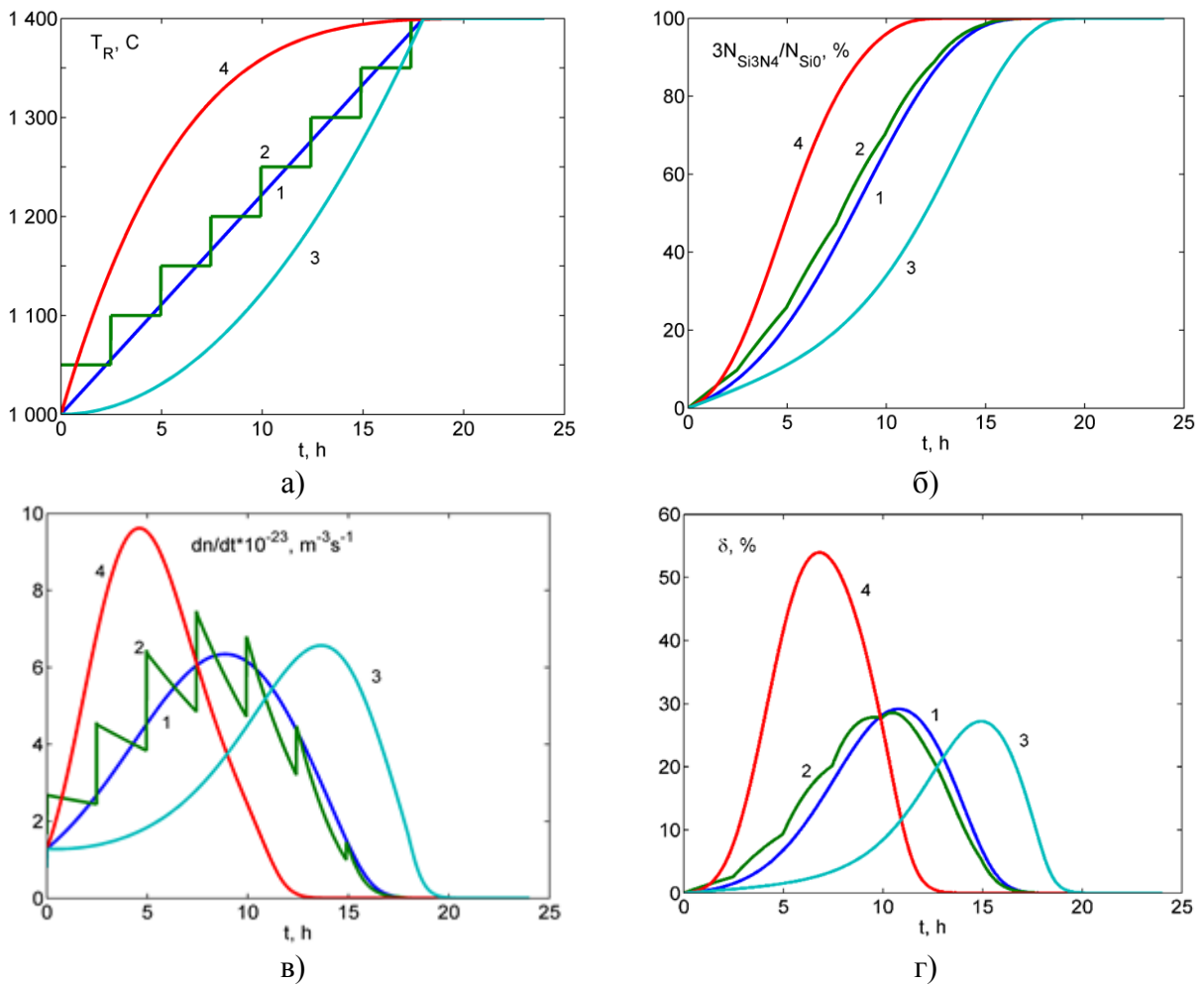


Рис. 7. Временные зависимости: температуры азота в печи (а), доли атомов кремния, превратившихся в нитрид (б), скорости реакции азотирования, усредненной по сечению изделия (в), степени неоднородности азотирования изделия (г)

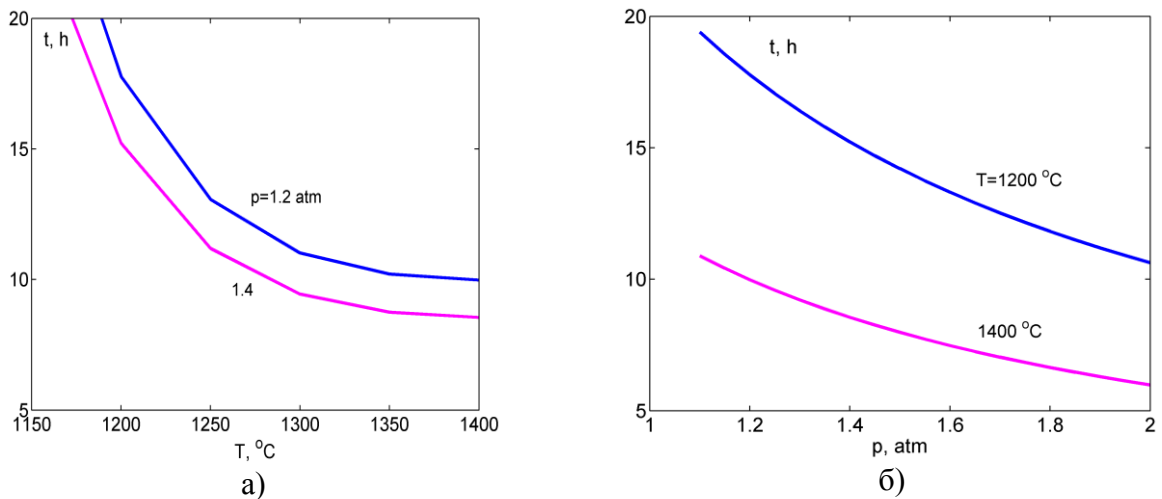


Рис. 8. Зависимость времени реакционного синтеза нитридокремниевого изделия при постоянных давлениях  $P=1,2 \text{ атм.}$  и  $P=1,4 \text{ атм.}$  (а) и температурах  $T=1200^\circ\text{C}$  и  $T=1400^\circ\text{C}$  (б)

Во всех случаях (1-4) скорость азотирования образца максимальна при температуре реакционного спекания  $\sim 1250^\circ\text{C}$ . Из-за затрудненной диффузии азота во внутренние области изделия азотирование может происходить неоднородно. На рис. 7г показана временная зависимость величины

$\delta = [n_{Si}(R, t) - n_{Si}(0, t)] / n_{Si0}$ , характеризующая степень неоднородности азотирования, которая повторяет форму зависимости  $\dot{n}(t)$ . Во всех рассматриваемых законах нагрева – скорость азотирования кремния проходит через свой максимум (рис. 7в).

Также представлял интерес провести расчет реакционного спекания кремниевого изделия при постоянных значениях (по времени) температуры и давлении азота в печи. На рис. 8 показана зависимость времени азотирования изделия от температуры и давления. Видно, что с увеличением температуры спекания время азотирования стремится к своему асимптотическому значению, т.е. перестанет зависеть от температуры (н., для давлений  $P=1,2$  и  $1,4$  атм. эти значения соответственно равны 10 и 8 ч.). Это объясняется тем, что в данных расчетах коэффициент диффузии атомов азота в кристаллический кремний считается постоянным и не зависит от температуры. Поэтому скорость азотирования ограничивается скоростью диффузионного переноса молекул азота внутрь кремниевого изделия, а последнее не изменяется с увеличением температуры (т.к. давление постоянное). Зависимость  $t(P)$  при высоких давлениях такую тенденцию не имеет.

### Выводы

1. Проведена компьютерная реализация одномерной нестационарной модели реакционного спекания порошков кремния в среде азота.

2. Рассчитано значение постоянной  $C$  для константы скорости реакции прямого азотирования порошков кремния, использованных в эксперименте [4].

3. На основе разработанной модели проведены расчеты, которые позволили выявить следующее:

- при временной эволюции концентрация азота внутри кремниевого образца проходит через свой минимум (12 ч.), соответствующий равенству скоростей протекания процессов азотирования и диффузии атомов азота в кремний, причём в этот момент времени, когда достигается равенство между этими двумя факторами – эффективность азотирования максимальна;

- распределение температуры по всему сечению кремниевого образца однородное и его азотирование ограничивается диффузионным массопереносом азота в кристаллический кремний;

- первоначально азотирование кремниевых образцов осуществляется на периферии (у поверхности) образца и она здесь максимальна, а в центре образца азотирование минимальна, обусловленная ограниченным массопереносом «нехваткой» азота.

4. Характер изменения температуры существенно влияет на протекание процесса азотирования. Во всех вариациях изменения температуры азотирования наиболее эффективно реакционный синтез нитрида кремния происходит при температуре  $\sim 1250$  °С.

### Список литературы

1. Андриевский Р.А., Спивак И.И. Нитрид кремния. – М: Металлургия, 1984. – 130 с.
2. Макаров В.П. Технологические особенности получения большеобъемных изделий из материала на основе нитрида кремния// сб. научн. тр. Физика. – Вып.3. – Бишкек: КРСУ, 2000. – С.34-41.

3. Моделирование и технология получения керамики на основе кремния / под ред. Лелевкина В.М., Каныгиной О.Н. Бишкек: КРСУ, 2008. – 282 с.
4. Касмамытов Н.К. Утилизация отходов кремниевого производства. – Бишкек: ИФТПиМ, 2010. – 236 с.
5. Касмамытов Н.К. Структурообразование керамокомпозиционных материалов на основе нитрида кремния. Бишкек: КРСУ. 2011, 100 с.
6. Касмамытов Н.К., Макаров В.П. Кыргызская керамика на базе местного сырья // Бишкек: изд-во КРСУ, 2014. – 122 с.

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ МЕХАНИЧЕСКИМИ И ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИМИ ВЕЛИЧИНАМИ**

**Томилин А.К.**

профессор кафедры теоретической и прикладной механики, д-р физ.-мат. наук,  
профессор, Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет, Россия, г. Томск

**Мисюченко И.Л.**

старший научный сотрудник, Научно-исследовательский центр «Алгоритм»,  
Россия, г. Санкт-Петербург

**Викулин В.С.**

главный инженер, ООО «Лаборатория высокопропускных СБИС»,  
Россия, г. Санкт-Петербург

Из энергетических соотношений установлена связь между зарядом и массой свободного электрона. Предложена гибридная модель электрона и подтверждена гипотеза об электромагнитной природе массы. Учтено, что магнитное поле движущейся заряженной частицы имеет вихревую и потенциальную компоненты. Установлено, что энергия потенциального магнитного поля составляет  $1/3$  кинетической энергии частицы и имеет отрицательный знак. Такой подход позволяет успешно решить «проблему  $4/3$ ».

*Ключевые слова:* масса, заряд, поле, радиус электрона, радиус протона, физический вакуум, векторный потенциал, обобщенная электродинамика, энергия магнитного поля, проблема  $4/3$ .

### **Постановка проблемы.**

Исследование взаимосвязей и аналогий между механикой и электродинамикой представляется актуальной и перспективной научной задачей. Такой подход позволяет не только расширить и дополнить каждую из этих наук, но и установить новые соотношения между фундаментальными константами, определить физическую суть понятий и постулатов, лежащих в основе естествознания, решить существующие проблемы и объяснить некоторые парадоксы.

Весьма перспективной считается идея представить массу электрона как чисто электромагнитный эффект [1]. Однако эту идею до сих пор не удалось реализовать до конца и получить самосогласованную теорию электро-

магнитной массы. На наш взгляд причина заключается в неадекватной модели электрона и не достаточно полных представлениях об электромагнитном поле.

Обычно уединенный электрон представляется как находящаяся в пустоте сфера, по поверхности которой распределен заряд [1]. Такая модель требует введения сил, которые удерживают заряды на поверхности частицы. По этой причине используются «напряжения Пуанкаре», которые должны иметь неэлектромагнитную природу. Как заметил Фейнман, в такой модели «красота всей картины тотчас исчезает, все становится слишком сложным» [1]. Иначе, говоря, Фейнман считал чисто электромагнитное объяснение массы самым красивым, но не смог его обосновать.

Очевидно, объяснение массы, как электромагнитного феномена, возможно только на основе полных и адекватных представлений о природе двух взаимосвязанных феноменов: электрического заряда и электромагнитного поля.

Понятие «вакуум» в смысле абсолютно пустого пространства противоречит принципу близкодействия, на который опирались Фарадей, Максвелл, Томсон и Стокс [2-4]. Согласно представлениям основоположников электромагнетизма все физические взаимодействия совершаются не иначе, как при обязательном участии сплошной среды, окружающей взаимодействующие центры [5]. Эти аналогии в полной мере использованы в работе Жилина П. А. [6]. С их помощью установлено, что в общем случае магнитное поле обладает как вихревой, так и потенциальной компонентами. Аналогичные выводы сделали К. J. van Vlaenderen [7], Woodside D.A. [8], Arbab I. A., Satti Z. A. [9], Podgainy D.V., Zaimidoroga O.A. [10]. Результаты этих исследований легли в основу обобщенной электродинамической теории [11-14].

Классическая трактовка электромагнетизма, не является полной. Использование калибровок Кулона и Лоренца привело к исключению потенциальных электромагнитных процессов. В результате возник ряд известных парадоксов: нарушение третьего закона Ньютона при электромагнитном взаимодействии [11], «проблема 4/3» [15] и другие.

#### **Цели исследования:**

- сформировать для элементарной заряженной частицы модель, позволяющую установить соотношение между ее зарядом и массой;
- на основе обобщенной электромагнитной теории устранить несоответствие между кинетической энергией электрона и полной энергией его магнитного поля, известное как «проблема 4/3».

#### **Анализ моделей электрона.**

Научная дискуссия по поводу структуры электрона остается актуальной много десятилетий [16-21]. Достаточно полный обзор моделей устройства микромира содержится в статье [21]. Выделяются три основные гипотезы происхождения массы: электронная теория, механизм Хиггса Стандартной Модели и принцип генерации массы в нелинейной теории элементарных частиц. Показаны достоинства и недостатки каждой из них, а также наличие тесных связей между ними.

Модель Пуанкаре развивается в некоторых современных исследованиях [18-19]. В частности предлагается рассматривать электрон как множество одинаковых частиц, образующих гравитационно связанную систему и заполняющих некоторый сферический объём [18]. При рассмотрении внутренних взаимодействий учитывается не только электромагнитное, но и гравитационное поле, а также поле ускорений и поле давлений. Считается, что все свойства электрона и связанные с ним феномены можно объяснить исключительно внутренними процессами.

На наш взгляд, модель Пуанкаре и ее модификации обладают принципиальным недостатком. Применительно к элементарной частице невозможно использовать функции распределения заряда и массы. Поэтому нельзя выделять внутренние структурные объекты, обладающие зарядом меньше элементарного. Такую модель невозможно использовать для объяснения природы элементарного электрического заряда и связанного с ним электромагнитного поля.

Однако, у модели Пуанкаре есть приоритетное достоинство: отказ от точечной идеализации и использование определенного радиуса  $r_e$ . Заметим, что он отличается от известного классического радиуса электрона  $R_e = 2,81 \cdot 10^{-15} \text{ м}$ , который определяет размер его эффективного электрического поля. Понятно, что в такой модели должно выполняться соотношение:  $r_e < R_e$ .

Другая модель представляет электрон электромагнитным процессом, происходящим в области с нечеткими границами [21]. При таком подходе нет необходимости вводить в рассмотрение силы неэлектромагнитной природы – в этом его достоинство. За пределами указанной области возникает электрическое поле. Эту модель можно развивать и использовать для изучения процесса, происходящего внутри частицы, с целью объяснения природы элементарного электрического заряда. Трудность использования этой модели заключается в отсутствии четкой границы области, в которой генерируется заряд. Кроме того, остается открытым вопрос об окружающей среде и ее свойствах.

#### **Связь между зарядом и массой элементарной частицы.**

Предложим гибридную модель электрона. Будем считать, что его заряд генерируется электромагнитным процессом, локализованным в сфере определенного радиуса  $r_e$ . Значение  $r_e$  предстоит определить. Таким образом, электрон представляется локализованной частицей сферической формы с четкой границей. Частице присущи заряд и масса. За пределами сферической частицы создается собственное электромагнитное поле.

Вопрос о сути электромагнитного поля уже затрагивался во Введении. Он связан с концептуальными основами естествознания. Материалистическая концепция близкодействия отрицает вакуум как абсолютную пустоту. Пустое пространство, не обладающее ни какими физическими свойствами, не может использоваться при описании физического взаимодействия даже в качестве абстракции. Поэтому физики используют «физический вакуум» – ма-

териальную сплошную среду с известными электромагнитными свойствами. Предложенная нами модель электрона предполагает, что он образован процессом, происходящим в этой среде (возможно, тороидальным квантовым вихрем) [21]. Таким образом, электрон является порождением материальной вакуумной среды, всегда находится в ней и неразрывно с ней связан. В рамках такой концепции электромагнитное поле представляется в виде возмущений этой среды: течений, деформаций, волн. Всех свойств этой среды мы не знаем, даже сама ее природа остается неизвестной. Поэтому предлагаемая модель не претендует на полноту, поскольку детально не описывает электромагнитный процесс, происходящий внутри электрона, а, следовательно, и саму природу заряда. Она не может объяснить, например, всех его квантовых свойств и проблему устойчивости. Тем не менее, она позволяет оперировать понятиями «заряд», «масса», «поле», и соотносить эти понятия с определенными материальными объектами. Взаимосвязь этих объектов должна выражаться в виде определенных соотношений между их физическими характеристиками.

Рассмотрим заряженную частицу радиуса  $r_e$ , движущуюся прямолинейно и равномерно со скоростью  $v$ . Для определенности будем считать ее положительной. Поместим наблюдателя в некоторую условно неподвижную точку. Весь заряд  $q$  частицы пройдет мимо наблюдателя за время, равное отношению ее продольного размера к скорости движения:

$$t = \frac{l}{v}.$$

В общем случае линейный размер частицы определяется с учетом релятивистского сокращения:

$$l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}. \quad (1)$$

где  $l_0 = 2r_e$ .

Наблюдатель фиксирует локальный ток:  $I = \frac{qv}{l}$ .

Току соответствует энергия:

$$W = \frac{LI^2}{2}. \quad (2)$$

Обычно индуктивность  $L$  приписывается проводнику, но здесь ее следует отнести к заряженной частице. Такая характеристика известна под названием «кинетическая индуктивность» [23]. Определим величину кинетической индуктивности сферической частицы радиуса  $r_e$ .

В научно-технической литературе нет формулы для расчета индуктивности сферического проводника, однако имеется формула для цилиндрического проводника [23]:

$$L = \frac{\mu_0 h}{8\pi} + \frac{\mu_0 h}{2\pi} \left( \ln \frac{2h}{r} - 1 \right), \quad (3)$$

где  $r$  – радиус цилиндра,  $h$  – его высота.

В приведенных выше рассуждениях было рассмотрено движение частицы на отрезке длиной  $l = 2r_e$ . Следовательно, в (3)  $h = 2r_e$ . То есть надо рассмотреть и сравнить индуктивности сферы диаметром  $2r_e$  и цилиндра с такой же высотой. Иными словами, рассматриваются цилиндр и вписанная в него сфера. Однако такое сравнение представляется не вполне корректным, так как объем цилиндра и его поверхность больше соответствующих параметров вписанной сферы.

Встает вопрос о критерии, при котором разность индуктивностей сферы и цилиндра минимальна. В качестве такого критерия предлагается взять равенство поверхностей сферы и цилиндра. В этом случае между радиусами цилиндра и сферы имеет место соотношение:

$$r = \sqrt{\frac{2}{3}}r_e = 0,8165r_e.$$

При этом кинетическую индуктивность сферической частицы можно с высокой точностью вычислять по формуле:

$$L = \frac{\mu_0 l}{4\pi} = \frac{\mu_0 r_e}{2\pi}. \quad (4)$$

Заметим, что при моделировании частицы материальной точкой, теряется ее кинетическая индуктивность и исчезает возможность определить ее электромагнитную энергию.

Записав (2) с учетом (4), получим выражение для энергии тока:

$$W = \frac{\mu_0 q^2 v^2}{8\pi l}. \quad (5)$$

С другой стороны движущаяся частица с массой  $m$  имеет кинетическую энергию:

$$K = \frac{mv^2}{2}. \quad (6)$$

Изменение каждой из этих энергий представляет собой работу сил, вызывающих разгон (торможение) частицы. По существу, формулы (5) и (6) выражают одну величину, поэтому их можно приравнять. Отсюда получим выражение, связывающее заряд и массу:

$$m = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{q^2}{l}. \quad (7)$$

Пренебрегая релятивистским эффектом, примем  $l = l_0 = 2r_e$ , и получим значение, которое принято называть «массой покоя» заряженной частицы:

$$m_0 = \frac{\mu_0}{8\pi} \cdot \frac{q^2}{r_e}. \quad (8)$$

Из (7) и (8) видно масса частицы не зависит от знака ее заряда. В частности эти формулы можно применить к электрону. С учетом известного значения массы покоя электрона, получим его собственный радиус:

$$r_e = \frac{\mu_0}{8\pi} \cdot \frac{q^2}{m_0} = 1,4 \cdot 10^{-15} \text{ м}, \quad (9)$$

где  $m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$  – масса покоя электрона,  $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$  – элементарный заряд,  $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$  – магнитная постоянная.

Получившийся собственный радиус электрона оказался вдвое меньше, чем его классический радиус  $R_e = 2,81 \cdot 10^{-15} \text{ м}$ . Отметим, что Лорентц, получил почти такое же значение радиуса свободного электрона:  $r_e = 1,5 \cdot 10^{-15} \text{ м}$  [20]. При этом он полагал, что «у электронов совсем нет никакой массы, кроме электромагнитной».

Следует заметить, что предельная точность измерений геометрических размеров ограничена планковской длиной  $l_p = 1,6 \cdot 10^{-35} \text{ м}$ . [24]. Очевидно что, квантовые свойства электрона существенно не влияют на точность определения его собственного радиуса (9).

Учитывая использованный способ определения массы (7), ее следует назвать инерционной. Однако встает вопрос о гравитационной (тяжелой) массе и самом явлении гравитации. Этот вопрос, как и проблему эквивалентности инерционной и тяжелой масс, рассмотрим в одном из последующих разделов.

Обсудим полученный результат и его достоверность. Мы рассмотрели процесс разгона отдельного электрона и приравняли работу разгоняющей силы к кинетической энергии, которую приобретает электрон. При разгоне электрона, конечно, изменяется энергия его взаимодействия с физическим вакуумом и возникает магнитное поле. Встает вопрос об энергии электромагнитного поля: надо ли к кинетической энергии электрона прибавлять еще и энергию его поля? Такой вопрос предполагает гипотетическое разделение процесса движения: сначала рассматривается электрон, движущийся в пустоте, и определяется его кинетическая энергия, а потом вводится в рассмотрение внешняя среда и определяется энергия ее возмущения за счет движения электрона. Такой подход используется, например, при рассмотрении движения тел в вязкой среде. Но дело в том, что известное выражение кинетической энергии получено для движения материальных объектов в физическом вакууме, а не в пустоте. Поэтому оно изначально учитывает изменение энергии связи объекта с этой средой. В нашем случае кинетическая энергия электрона и энергия его поля суть одно и то же. Формулы механики и электродинамики для энергии выглядят различно, но выражают одну и ту же суть. Поэтому эти энергии в нашей задаче не суммируются, а приравниваются.

Масса частицы, как известно, зависит от скорости ее движения:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}. \quad (10)$$

Величина заряда (в отличие от массы) не зависит от скорости движения частицы. Заряд – релятивистский инвариант [25]. Полученное соотношение (10) отвечает этим свойствам заряда и массы. Релятивистское возрастание



массы связано с сокращением размеров частицы в направлении ее движения в соответствии с (1).

Рассмотрим другую элементарную частицу – протон. Известно, что масса протона в 1836 раз больше массы электрона:

$$m_p = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$$

При этом его радиус примерно в 3,2 раза меньше классического радиуса электрона. Обычно используется значение:

$$R_p = 0,8751 \cdot 10^{-15} \text{ м}.$$

Наблюдается обратная нелинейная зависимость между массой и размером элементарных частиц. Соответственно, истинный радиус протона, вычисленный по формуле (9), значительно меньше радиуса электрона:

$$r_p = \frac{\mu_0}{8\pi} \cdot \frac{q^2}{m_p} = 0,761 \cdot 10^{-18} \text{ м}.$$

Вычислим отношение:  $\frac{R_p}{r_p} = 1150$ . Аналогичное отношение для электрона равно 2. Эти соотношения подтверждают изложенный выше взгляд на природу массы: чем меньше размер элементарной частицы, тем сильнее она связана с физическим вакуумом.

Естественно встает вопрос о массе электрически нейтральных частиц, например, нейтрона [15]. Известно, что в свободном состоянии нейтрон распадается с образованием электрона, протона и антинейтрино. Следовательно, можно представить нейтрон как комплекс разноименно заряженных частиц и определить их общую массу с учетом взаимодействия между собой. Проблему массы фотона тоже можно решить на основе обобщенных представлений об электромагнитной волне [13].

Естественно встает вопрос о массе электрически нейтральных частиц, например, нейтрона [15]. Известно, что в свободном состоянии нейтрон распадается с образованием электрона, протона и антинейтрино. Следовательно, можно представить нейтрон как комплекс разноименно заряженных частиц и определить их общую массу с учетом взаимодействия между собой. Проблему массы фотона тоже можно решить на основе обобщенных представлений об электромагнитной волне [13].

Выводы:

1. Предложенная модель уединенного электрона позволяет адекватно описывать его движение в среде физического вакуума и устанавливать электромеханические аналогии.

2. Масса заряженной частицы однозначно определяется ее зарядом и собственным размером, который вычисляется в выбранной системе отсчета.

3. Масса движущейся заряженной частицы в выбранной системе отсчета возрастает в зависимости от скорости исключительно вследствие релятивистского сокращения ее размера в направлении движения.

### **Инерция и гравитация.**

Рассмотрим случай ускоренного движения заряженной частицы. Конвекционный ток уже не будет постоянным, следовательно, его производная по времени отлична от нуля:

$$\dot{i} = \frac{\partial I}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{qv}{2r_e} \right) = \frac{q}{2r_e} a, \quad (11)$$

где  $a = \frac{\partial v}{\partial t}$  – ускорение частицы.

Согласно закону электромагнитной индукции, такой ток вызывает ЭДС самоиндукции, которая препятствует изменению порождающего ее тока:

$$U = -L\dot{I}.$$

С учетом (4), можно записать:

$$U = -\frac{\mu_0 r_e}{2\pi} \cdot \frac{q}{2r_e} a = -\frac{\mu_0 q}{4\pi} a. \quad (12)$$

При перемещении заряда совершается работа:

$$Uq = -\frac{\mu_0 q^2}{4\pi} a. \quad (13)$$

При положительном ускорении работа имеет отрицательный знак, наоборот, при торможении частицы совершается положительная работа. Определим силу, совершающую эту работу на перемещении  $2r_e$ :

$$F = \frac{Uq}{2r_e} = -\frac{\mu_0 q^2}{4\pi} \cdot \frac{1}{2r_e} a = -ma. \quad (14)$$

Сила (14) направлена противоположно ускорению независимо от знака заряда, следовательно, это – сила инерции. Таким образом, происхождение силы инерции объясняется электродинамическим процессом.

Известно, что силы возникают в результате взаимодействия материальных объектов. Силы инерции не должны быть исключением. Одним из участников взаимодействия выступает заряженная частица. Возникает вопрос о втором объекте взаимодействия. Используемая нами модель предполагает, что частица движется не в абсолютной пустоте, а в материальной среде с физическими свойствами. Подобная концепция в различных вариациях давно используется в физике [26]. Получается, что силы инерции возникают в результате взаимодействия тел с вакуумной средой. В рамках такой научной концепции силы инерции перестают быть «особым» классом сил, для которых не применим закон «действия-противодействия».

Из (14) следует, что инерция проявляется только при ускоренном движении заряженной частицы относительно физического вакуума. При равномерном и прямолинейном движении частицы относительно физического вакуума инерция не проявляется. Это соответствует закону инерции Ньютона.

Обсудим вопрос о возможности использования системы отсчета, связанной с физическим вакуумом. Поскольку физический вакуум представляется сплошной средой, в которой могут происходить «течения» и «деформации», то, понятно, что связать с ним единую систему отсчета, и принять ее в качестве абсолютной, невозможно. Но всегда можно ввести и использовать условно неподвижную «местную» систему отсчета, в которой достаточно большой объем физического вакуума остается практически неподвижным хотя бы в одном из направлений.

Описанное выше представление о массе определяет только ее инерционные свойства. Однако концепция физического вакуума, открывает путь и к объяснению гравитации. В монографии [27] показано, что причиной инерции и гравитации является один и тот же физический процесс: взаимодействие

заряженных частиц с ускоренными потоками физического вакуума. При этом не важно, какой из объектов взаимодействия рассматривается как подвижный, а какой считается условно неподвижным. Если предположить, что вблизи звезд и планет существуют радиальные ускоренные потоки физического вакуума, то причина гравитации становится очевидной. При использовании этой концепции вопрос об эквивалентности инертной и тяжелой масс получает свое естественное объяснение: они эквивалентны, т. к. обусловлены одним и тем же физическим явлением.

Можно сделать вывод: явления инерции и гравитации единообразно объясняются взаимодействием заряженных частиц с физическим вакуумом при их относительном ускоренном движении.

### **Электромагнитное поле заряженной частицы.**

Как следует из полученных выше результатов, механические явления и величины связаны с электродинамикой, которая описывает состояние и эволюцию вакуумной среды. Обратимся к электродинамическим величинам с целью уточнения их характеристик и возможных трактовок.

Электрическое поле условно неподвижной заряженной частицы является сферически симметричным и полностью определяется скалярным потенциалом. Если в выбранной системе отсчета заряженная частица совершает движение, то вокруг нее создается еще и магнитное поле. Оно характеризуется векторным электродинамическим потенциалом  $A$ . В качестве основной характеристики электромагнитного поля движущегося заряда принимается 4-вектор  $(A, \varphi/c)$ .

В соответствии с теоремой Гельмгольца [28] любое неограниченное в пространстве физическое поле обладает двумя компонентами: потенциальной и вихревой. Обычно считается, что потенциальная составляющая электромагнитного поля полностью определяется скалярным потенциалом  $\varphi$ , поэтому векторный потенциал считается сугубо вихревым. В работах [11-14] показано, что такой подход приводит к потере физически содержательной части поля движущейся заряженной частицы. В общем случае векторный электродинамический потенциал следует представлять в виде суперпозиции двух составляющих:

$$A = A_r + A_g, \quad (15)$$

где  $A_r = A_{rot}$  - вихревая (соленоидальная) компонента,  $A_g = A_{grad}$  - потенциальная компонента.

Соответственно можно записать:

$$\nabla \times A = \nabla \times A_r = B, \quad (16)$$

$$\nabla \cdot A = \nabla \cdot A_g = -B^*, \quad (17)$$

где  $B$  – вектор индукции вихревого магнитного поля,  $B^*$  – скалярная функция, характеризующая потенциальную компоненту магнитного поля.

Последнюю компоненту принято называть скалярным магнитным полем (СМП). Она обычно исключается при помощи калибровок Кулона и Ло-

ренца. Теория, учитывающая обе компоненты магнитного поля, называется обобщенной электродинамикой [11-14].

В системе отсчета  $K_0$ , сопровождающей заряженную частицу, имеется только электрическое поле:  $\mathbf{E}_0 \neq 0$ ,  $\mathbf{B}_0 = 0$ ,  $B_0^* = 0$ . Для потенциалов соответственно имеем:  $\varphi_0 \neq 0$ ,  $\mathbf{A}_0 = 0$ .

Нам предстоит определять компоненты 4-потенциала и характеристики электромагнитного поля в условно неподвижной системе отсчета  $K$ , относительно которой частица движется прямолинейно со скоростью  $\mathbf{v}$ . В системе отсчета  $K$  будем использовать обозначения:

$$\mathbf{E} \neq 0, \quad \mathbf{B} \neq 0, \quad B^* \neq 0 \text{ и } \varphi \neq 0, \quad \mathbf{A} \neq 0.$$

С использованием преобразований Лоренца в СИ [29] для положительной частицы имеем:

$$\varphi = \gamma(\varphi_0 - \mathbf{v} \cdot \mathbf{A}), \quad (18)$$

$$\mathbf{A} = \mathbf{A}_0 - \gamma \frac{\mathbf{v}}{c^2} \varphi_0 + (\gamma - 1) \frac{\mathbf{v}}{v^2} (\mathbf{v} \cdot \mathbf{A}_0), \quad (19)$$

где  $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$ .

В случае прямолинейного и равномерного движения частицы ее поле в  $K$  имеет характеристики:

$$\mathbf{E} = \gamma[\mathbf{E}_0 - \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{A} - \mathbf{v} \times (\nabla \times \mathbf{A})] = \gamma(\mathbf{E}_0 + \mathbf{v} \cdot \mathbf{B}^* - \mathbf{v} \times \mathbf{B}), \quad (20)$$

$$\mathbf{B} = \frac{\gamma}{c^2} \mathbf{v} \times \mathbf{E}_0, \quad (21)$$

$$B^* = \frac{\gamma}{c^2} \mathbf{v} \cdot \mathbf{E}_0. \quad (22)$$

При малых скоростях используются преобразования Галилея:

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 + \mathbf{v} \cdot \mathbf{B}^* - \mathbf{v} \times \mathbf{B}, \quad (23)$$

$$\mathbf{B} = \frac{1}{c^2} \mathbf{v} \times \mathbf{E}_0 = \frac{\mu_0 q}{4\pi} \frac{\mathbf{v} \times \mathbf{r}}{r^3}, \quad (24)$$

$$B^* = \frac{1}{c^2} \mathbf{v} \cdot \mathbf{E}_0 = \frac{\mu_0 q}{4\pi} \frac{\mathbf{v} \cdot \mathbf{r}}{r^3}. \quad (25)$$

Формула (24) выражает закон Био-Савара-Лапласа, а (25) представляет аналог такого же закона для СМП. Распределение векторного и скалярного магнитных полей движущейся частицы определяются формулами (24) и (25).

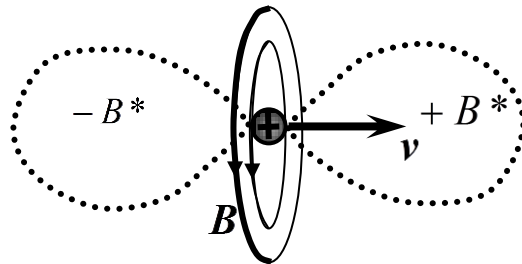


Рис. Схематичное представление магнитного поля положительно заряженной движущейся частицы

На рис. схематично представлено обобщенное магнитное поле положительно заряженной движущейся частицы.

Если положительно заряженная частица движется вдоль оси  $Ox$  ( $v \ll c$ ), то вихревое магнитное поле в сферических координатах представляется функцией:

$$B(r, \varphi, \theta, t) = \frac{\mu_0 q v}{4\pi r^2} \sqrt{\sin^2 \theta \sin^2 \varphi + \cos^2 \theta}. \quad (26)$$

Распределение СМП происходит по закону:

$$B^*(r, \varphi, \theta, t) = \frac{\mu_0 q}{4\pi} \frac{v}{r^2} \sin \theta \cos \varphi. \quad (27)$$

Здесь  $r = r(t)$  – расстояние от центра подвижной частицы до точки пространства, в которой определяется поле. Углы  $\theta$  и  $\varphi$  – тоже функции времени. Поэтому магнитное поле отдельной подвижной заряженной частицы всегда является нестационарным.

Из (25) и (27) следует, что в плоскости, проходящей через центр частицы, ортогонально вектору скорости ее движения  $B^*\left(r, \frac{\pi}{2}, \theta, t\right) = 0$ . Перед

движущейся положительной частицей функция  $B^*$  имеет положительный знак, позади частицы СМП имеет отрицательный знак (рис.). Для отрицательной движущейся частицы полярность СМП будет обратной.

Производная по времени  $\partial B^* / \partial t$  имеет размерность плотности заряда. В [11] и [13] теоретически и экспериментально обосновано явление безвихревой электромагнитной индукции: нестационарное СМП порождает потенциальное электрическое поле. Соответствующий закон записывается в виде:

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \frac{\partial B^*}{\partial t},$$

где  $\mathbf{D}$  – вектор электрической индукции. Иными словами, точка пространства, в которой в выбранной системе отсчета создается нестационарное СМП аналогична точечному электрическому заряду. Будем называть его квазизарядом.

Получается, что движущаяся заряженная частица приобретает дополнительно свойства электрического диполя. Перед движущейся положительной частицей (по ходу ее движения) возникает положительный квазизаряд, а сзади – отрицательный.

Для отрицательной частицы в формулах (18)-(25) знак скорости следует изменить на противоположный. При этом знаки квазизарядов диполя тоже изменятся на противоположные.

Таким образом, электрическое поле движущегося заряда в системе отсчета  $K$  имеет сложную конфигурацию. Оно представляет собой суперпозицию эллипсоидального поля Хэвисайда [1] и поля электрического диполя. Поскольку квазизаряды, образующие диполь, имеют различные знаки, потенциальная энергия их взаимодействия является отрицательной. Отсюда следует, что энергии СМП необходимо приписать отрицательный знак.

По этой причине Андреев В.Д. [30] предложил описывать СМП мнимой функцией.

Если при рассмотрении взаимодействия подвижных зарядов оперировать электрическими полями такой сложной конфигурации, то математические выражения будут громоздкими. Поэтому эту задачу обычно структурируют: рассматривают суперпозицию сферически симметричного (кулоновского) электрического поля и дополнительного электрического поля, не обладающего сферической симметрией. Эта последняя компонента электрического поля и называется магнитным полем. Она, как известно, зависит от выбора системы отчета.

Рассмотрим электрон в сопровождающей системе отсчета  $K_0$ . Он считается неподвижным, а вакуумная среда обтекает его с постоянной скоростью. При этом электрон ощущает «вакуумный ветер». Значит, его электрическое поле деформируется и возникает магнитное поле. Чтобы его детектировать, нужен еще один пробный заряд. Расположим и его неподвижно относительно электрона в  $K_0$ . Пробный заряд тоже ощущает «вакуумный ветер», и у него возникнет магнитное поле. Суммарный результат электрического и магнитного взаимодействий электрона и пробного заряда будет выражаться обычной кулоновской силой. Следовательно, в этом эксперименте не удастся детектировать магнитное поле, даже если заряды находятся в потоке вакуумной среды.

Изменим условия эксперимента. Пусть электрон по-прежнему покоится в сопровождающей системе отсчета  $K_0$ . А пробный заряд расположен неподвижно в системе отсчета  $K$ , связанной с местным потоком физического вакуума. Такую систему отсчета принято называть инерциальной. Если  $K_0$  движется относительно  $K$  поступательно и равномерно, то она тоже является инерциальной. Пробный заряд не ощущает «вакуумного ветра», его электрическое поле не деформируется. В этом случае в любой из систем отсчета  $K_0$  или  $K$  происходит взаимодействие подвижного заряда с неподвижным. Пробный заряд имеет сферически симметричное (кулоновское) поле, а электрическое поле электрона деформировано «вакуумным ветром». Сила взаимодействия этих зарядов отличается от кулоновской. Следовательно, в этом эксперименте можно определить энергию взаимодействия электрона с физическим вакуумом. Это и есть энергия магнитного поля. Из приведенных мысленных экспериментов становится понятно, что магнитное поле обнаруживается только при условии относительного движения основного и пробного зарядов. При этом оба заряда необходимо связать с инерциальными системами отсчета.

Таким образом, сам феномен магнитного поля доказывает существование физического вакуума. Если представить заряженную частицу, движущуюся в абсолютной пустоте, то невозможно указать фактор, приводящий к описанному выше искажению ее электрического поля. Релятивистский эффект в соответствии с (1) для отдельного электрона, конечно проявляется, хотя при дрейфовой скорости в несколько миллиметров в секунду он крайне мал. Интегральное выражение этого эффекта для тока в проводнике способно

дать представление лишь о вихревом магнитном поле. Вторую компоненту магнитного поля – потенциальную – релятивистский эффект не способен описать.

Выводы:

1. Магнитное поле возникает при движении заряженной частицы относительно вакуумной среды.

2. Магнитное поле уединенного заряда имеет две компоненты: вихревую (векторную) и потенциальную (скалярную).

3. Энергия скалярного магнитного поля имеет отрицательный знак.

### Энергия магнитного поля электрона.

Используя (26), запишем выражение для распределения плотности энергии векторного магнитного поля подвижного электрона:

$$w_B = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{\mu_0}{2} \left( \frac{qv}{4\pi} \right)^2 \cdot \frac{(\sin^2 \theta \sin^2 \varphi + \cos^2 \theta)}{r^4}, \quad (28)$$

Принимаем пределы интегрирования в радиальном направлении от  $r_e$  до бесконечности. Используя сферические координаты  $(r, \varphi, \theta)$ , получим энергию векторного магнитного поля:

$$W_B = \frac{\mu_0 q^2 v^2}{32\pi^2} \int_0^\pi (\sin^2 \theta \sin^2 \varphi + \cos^2 \theta) d\theta \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{r_e}^\infty \frac{1}{r^2} dr = \frac{\mu_0 q^2 v^2}{12\pi r_e}. \quad (29)$$

Используя выражение (7) для массы частицы при  $l = 2r_e$ , получим:

$$W_B = \frac{\mu_0 q^2 v^2}{24\pi r_e} = \frac{4}{3} \frac{mv^2}{2} = \frac{4}{3} K. \quad (30)$$

Этот результат известен под названием «проблема 4/3» [1]. Энергия вихревого магнитного поля превышает кинетическую энергию частицы.

Вычислим энергию скалярного магнитного поля этой частицы, используя (27). Как показано выше, эта энергия является отрицательной:

$$W_{B^*} = - \int_V \frac{B^{*2}}{2\mu_0} dV = - \frac{\mu_0 q^2 v^2}{32\pi^2} \int_0^\pi d\theta \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{r_e}^\infty \left( \frac{\sin \theta \cos \varphi}{r^2} \right)^2 r^2 \sin \theta dr.$$

С учетом (7) получим значение:

$$W_{B^*} = - \frac{\mu_0 q^2 v^2}{48\pi r_e} = - \frac{1}{3} \frac{mv^2}{2} = - \frac{1}{3} K. \quad (31)$$

В результате сложения (30) и (31) находим энергию обобщенного магнитного поля, которая в точности равна кинетической энергии электрона:

$$W_{B+B^*} = \frac{4}{3} K - \frac{1}{3} K = K.$$

Вывод: проблема 4/3 решается при определении массы как сугубо электромагнитного явления с учетом вихревой и потенциальной компонент магнитного поля.

Такой же результат можно получить, не используя характеристики напряженности магнитного поля  $\mathbf{B}$  и  $B^*$ . Пусть частица с зарядом  $q$  и радиу-

сом  $r_e$  разгоняется в системе отсчета  $K$ , связанной с местной вакуумной средой. Ограничимся случаем, когда конечная скорость существенно меньше скорости света. Взаимодействие движущейся частицы со средой определяется векторным потенциалом:

$$A(t) = \frac{\mu_0 q \mathbf{v}(t)}{4\pi r_e}. \quad (32)$$

Здесь используется расстояние  $r_e$ , так как воздействие среды на частицу происходит на ее сферической поверхности. Считаем, что сферическая частица движется поступательно, поэтому при описании ее движения можно использовать дифференциальное уравнение динамики точки. При разгоне во внешней среде частица испытывает внешнее тормозящее воздействие (силу инерции):

$$\mathbf{F} = -q \frac{d\mathbf{A}}{dt}. \quad (33)$$

Сила, разгоняющая частицу, имеет такой же модуль, но противоположный знак:

$$\mathbf{F} = q \frac{d\mathbf{A}}{dt}. \quad (34)$$

В случае торможения частицы  $d\mathbf{A}/dt < 0$ , поэтому знаки сил в уравнениях (33) и (34) изменятся на противоположные.

Представим (34) в форме теоремы об изменении количества движения точки:

$$\mathbf{F} dt = q d\mathbf{A}.$$

Правая часть представляет собой дифференциал количества движения точки:

$$d\mathbf{Q} = q d\mathbf{A},$$

где  $\mathbf{Q} = m_0 \mathbf{v}$ .

С учетом (32), запишем:

$$d\mathbf{Q} = \frac{\mu_0 q^2}{4\pi r_e} d\mathbf{v}.$$

Помножив скалярно обе части этого уравнения на  $\mathbf{v}/2$ , получим слева дифференциал кинетической энергии:

$$dK = \frac{\mu_0 q^2}{4\pi r_e} \frac{\mathbf{v}}{2} \cdot d\mathbf{v}.$$

В результате интегрирования с учетом (8) приходим к выражению:

$$K = \frac{\mu_0 q^2}{8\pi r_e} \frac{v^2}{2} = \frac{m_0 v^2}{2}.$$

Как видно, при таком подходе не возникает проблем с энергетическим соотношением, так как вектор  $\mathbf{A}$  полностью учитывает взаимодействие подвижной заряженной частицы с вакуумной средой.



## **Заключение.**

Элементарные частицы и связанные с ними поля невозможно наблюдать визуально, поэтому проблема моделирования частиц и полей приобретает концептуальное значение. Эволюция наших представлений о микромире напрямую связана с развитием этих моделей и оценкой их адекватности на каждом этапе познания. Поэтому научная дискуссия по этой проблематике всегда актуальна.

Одна из возможных концепций, истоки которой связаны с именами Ньютона, Фарадея, Лоренца и Максвелла, обоснована и развита в данной работе. Она создает единую научную платформу для механики и электродинамики. Можно сказать: механика является макроскопическим обобщением электродинамики физического вакуума [31]. Этот тезис позволяет сформировать адекватную модель электрона и логически обосновать следующие результаты:

1. Масса электрона имеет сугубо электромагнитную природу.
2. Инерция и гравитация возникают за счет взаимодействия заряженной частицы с вакуумной средой при их относительном ускоренном движении.
3. Магнитное поле возникает при движении заряженной частицы относительно вакуумной среды. Энергия магнитного поля уединенной заряженной частицы соответствует ее кинетической энергии.

Дальнейшее развитие связей и аналогий между механикой и электродинамикой на основе адекватных моделей микромира позволит естествознанию выйти на качественно новый уровень развития.

Авторы благодарны профессору Андрееву В.Д. за полезные советы, высказанные в ходе предварительного обсуждения результатов работы.

## **Список литературы**

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Том 6: Электродинамика. –М.: «Мир», 1977. – 347 с.
2. Thomson J. J. On the Electric and Magnetic Effects produced by the Motion of Electrified Bodies// Philosophical Magazine, 5 11 (68): 229–249. 10.1080/14786448108627008.
3. Максвелл Дж. Трактат об электричестве и магнетизме. – М.: Наука, 1989.
4. Stokes G. G. On some cases of fluid motion on Internet Archive// Transactions of the Cambridge Philosophical Society 8 (1): 105–137 (Read May 29, 1843).
5. Миткевич В. Ф. О «физическом» действии на расстоянии. Известия Академии наук СССР. VII серия. Отделение математических и естественных наук, 1933, выпуск 10, 1391–1409. <http://books.e-heritage.ru/book/10081581>
6. Жилин П.А. Реальность и механика// Труды XXIII школы-семинара «Анализ и синтез нелинейных механических колебательных систем», С.-Пб., 1-10 июля, 1995 г. ИПМаш АН, 1996 г., с. 6-49. [http://teormeh.spbstu.ru/Zhilin\\_New/pdf/Zhilin\\_Reality\\_rus.pdf](http://teormeh.spbstu.ru/Zhilin_New/pdf/Zhilin_Reality_rus.pdf)
7. K. J. van Vlaenderen, Waser A. Generalization of classical electrodynamics to admit a scalar field and longitudinal waves// Hadronic Journal 24, 609-628 (2001).
8. Woodside D.A. Three-vector and scalar field identities and uniqueness theorems in Euclidean and Minkowski spaces// Am. J. Phys., Vol.77, № 5, pp.438- 446, 2009.
9. Arbab A. I., Satti Z. A. On the Generalized Maxwell Equations and Their Prediction of Electroscalar Wave// Progress in physics, 2009, v.2. – s. 8-13.

10. Podgany D.V., Zaimidoroga O.A. Nonrelativistic theory of electroscalar field and Maxwell electrodynamics// <http://arxiv.org/pdf/1005.3130.pdf>
11. Томилин А.К. Основы обобщенной электродинамики. – Интернет-журнал СПбГТУ "Математика в ВУЗе" № 17. [http://www.spbstu.ru/publications/m\\_v/N\\_017/frame\\_17.html](http://www.spbstu.ru/publications/m_v/N_017/frame_17.html)
12. Нефедов Е.И. Электромагнитные поля и волны. – Учебное пособие. – М.: «Академия», 2014. – 368 с.
13. Tomilin A.K. The potential-vortex theory of electromagnetic waves// Journal of Electromagnetic Analysis and Applications, 2013, v.5, № 9. P. 347-353. <http://dx.doi.org/10.4236/jemaa.2013.59055>
14. Николаев Г.В. Современная электродинамика и причины её парадоксальности. – Томск: Твердыня, 2003. – 149 с. [http://doverchiv.narod.ru/Nikolaev/Nikolaev\\_modern\\_electrodynamics.htm](http://doverchiv.narod.ru/Nikolaev/Nikolaev_modern_electrodynamics.htm)
15. Мисюченко И., Викулин В. Электромагнитная масса и решение проблемы 4/3. [http://electricaleather.com/d/358095/d/em43\\_1.pdf](http://electricaleather.com/d/358095/d/em43_1.pdf)
16. Rohrlich F. The dynamics of a charged sphere and the electron// Am. Journal of Physics 65 (11): 1051–1056, 1997AmJPh..65.1051R, doi :10.1119/1.18719.
17. Schwinger J. Electromagnetic mass revisited// Foundations of Physics, 13 (3): 373-383, 1983. 10.1007/BF01906185.
18. Fedosin S. G. The Integral Energy-Momentum 4-Vector and Analysis of 4/3 Problem Based on the Pressure Field and Acceleration Field// American Journal of Modern Physics. Vol. 3, №. 4, 2014, pp. 152-167.
19. Fedosin S.G. 4/3 Problem for the Gravitational Field// Advances in Physics Theories and Applications, 2013, Vol. 23, P. 19-25.
20. Лорентц Г.А. Теория электронов и ее применение к явлениям света и теплового излучения. – ГИТТЛ, Москва, 1956. – С. 475.
21. Кирьяко А. Г. Теории происхождения и генерации массы// <http://electricaleather.com/d/358095/d/massorigin.pdf>
22. Арцимович Л.А. Элементарная физика плазмы. – М. 1963. – 98 с.
23. Сарапулов Ф. Н. Расчет параметров цепей электротехнологических установок. – Учебное пособие. – Екатеринбург. 1999. <http://window.edu.ru/resource/485/28485/files/ustu092.pdf>
24. Томилин К. А. Планковские величины// 100 лет квантовой теории. История. Физика. Философия: Труды международной конференции. – М.: НИА-Природа, 2002. – С. 105-113.
25. Парселл Э. Электричество и магнетизм. Берклевский курс физики. Т.2. – М. «Наука», 1975. – 439 с.
26. Chang D. C., Lee Y.-K. Study on the Physical Basis of Wave-Particle Duality: Modelling the Vacuum as a Continuous Mechanical Medium// Journal of Modern Physics, 2015, 6, 1058-1070. <http://dx.doi.org/10.4236/jmp.2015.68110>
27. Мисюченко И. Последняя тайна бога. – С.-Петербург, 2009. – 266 с. <http://electricaleather.com/d/358095/d/poslednyaya-tayna-boga.pdf>
28. Helmholtz H. Uber Integrale der hydrodynamischen Gleichungen, welche den Wirbelbewegungen entsprechen// Crelles J. 55, 25 (1858).
29. Фок В.А. Теория пространства, времени и тяготения. – ГИТТЛ, Москва, 1955. – 504 с.
30. Андреев В.Д. Избранные проблемы теоретической физики. – «Аванпост-Прим», Киев, 2012. – 272 с. <http://www.twirpx.com/file/1135625/>
31. Николаев Г.В. Электродинамика физического вакуума. Новые концепции физического мира. – Томск, Изд-во НТЛ, 2004 г., 700 с. <http://electricaleather.com/d/358095/d/nikolayevg.v.elektrodinamikafizicheskogovakuuma.pdf>

# ОЦЕНКИ СНИЗУ ОСЦИЛЛЯТОРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ОПЕРАТОРОВ

*Турдиев Х.Х.*

ассистент кафедры математики,  
Бухарский государственный университет, Узбекистан, г. Бухара

*Ахророва М.И.*

преподаватель кафедры естественной науки,  
Бухарский банковский колледж, Узбекистан, г. Бухара

В работе рассматриваются осцилляторные интегральные операторы с вырожденной фазой. Фазовая функция имеет не изолированные особые точки. Получены оценки для нормы осцилляторного интегрального оператора в зависимости от большого параметра. Более того, если амплитуда интегрального оператора отлична от нуля в начале координат, то норма оператора оценивается снизу и сверху. Причем порядки оценок сверху и снизу совпадают, что доказывает точность полученных результатов.

*Ключевые слова:* осцилляторный интегральный оператор, фазовая функция, амплитудная функция, асимптотика.

Осцилляторным интегральным оператором называется оператор следующего вида:

$$T_{\lambda} f(x) = \int_{\mathbb{R}^n} a(x, y) e^{i\phi(x, y)} f(y) dy, \quad (1)$$

где  $a \in C_0^{\infty}(\mathbb{R}^{2n})$  и  $\phi(x, y)$  — вещественно значная функция и  $\lambda$  большой вещественный параметр.

В 1997 году в работе [3] И. М. Стейн и Д.Х. Фонг рассмотрели оценку норму оператора (1) с вырожденной фазой в случае  $n=1$ . В этом случае по фазовой функции определяется так называемая приведённый многогранник Ньютона (МН), т.е. МН функции  $\phi_1(x, y) := \phi(x, y) - \phi(0, y) - \phi(0, x)$ , предполагая  $\phi(0, 0) = 0$ .

Через  $d$  обозначается расстояние Ньютона, т.е координата пересечения биссектрисы положительного октанта с границей  $N(\phi)$ . Тогда если  $\phi(x, y)$  аналитична в нуле и носитель амплитуды  $a$  находится в достаточно малой окрестности нуля, то справедлива оценка:

$$\dot{O}_{\lambda} f_{L^2 \rightarrow L^2} \leq \frac{C(a)}{\lambda^{\frac{1}{2d}}}.$$

Более, того если  $a(0, 0) \neq 0$ , то существует ненулевая константа  $c \neq 0$  такая, что

$$\dot{O}_{\lambda} f_{L^2 \rightarrow L^2} \geq \frac{c}{\lambda^{\frac{1}{2d}}}.$$

В дальнейшем, ради удобства введем обозначение: если существуют ненулевые константы  $C, c$  такие, что при  $\lambda > 1$  для нормы оператора  $\dot{O}_\lambda$  справедливы неравенства

$$\frac{c}{\lambda^{2d}} \leq \dot{O}_{\lambda L^2} \leq \frac{C}{\lambda^{-d}},$$

то мы будем писать, что

$$\dot{O}_{\lambda L^2} \asymp \frac{1}{\lambda^{2d}} \quad (i \partial \bar{\partial} \lambda \rightarrow \infty) \quad (2)$$

Таким образом, если  $a(0,0) \neq 0$  и носитель амплитуды находится в достаточно малой окрестности нуля, то справедливо соотношение (2).

**Теорема.** Если  $n = 2$  и  $\phi(x, y) = x_1^2 x_2^2 y_1^2 y_2^2$  и носитель амплитуды находится в достаточно малой окрестности начала координат, то для  $L^2$  нормы осцилляторных интегральных операторов справедлива следующая оценка:

$$\dot{O}_{\lambda L^2} \leq \frac{C(a) \ln(|\lambda| + 2)}{|\lambda|^{\frac{1}{4}}}.$$

Более того, если  $a(0,0) \neq 0$ , то при  $\lambda \rightarrow +\infty$  справедливо соотношение:

$$\dot{O}_{\lambda L^2} \asymp \frac{\ln|\lambda|}{|\lambda|^{\frac{1}{4}}}.$$

При доказательстве основной теоремы используются некоторые вспомогательные утверждения.

**Лемма 1.** Пусть  $M$  любое фиксированное число и  $\lambda > 1$  тогда справедливо неравенство:

$$\mu \left\{ |x| \leq 1 : |x_1^2 x_2^2 - a^2| < \frac{M}{\lambda} \right\} \leq C \frac{\ln(|\lambda| + 2)}{\lambda^{\frac{1}{2}}}$$

где  $\mu(A)$  Лебегова мера множества  $A$ .

**Лемма 4.** Для интеграла  $J(a)$  справедлива следующая оценка:

$$|J(a)| \leq \frac{\tilde{N}(\ln|\lambda|)^2}{\lambda^{\frac{1}{2}} |a^2|^\epsilon}$$

### Список литературы

1. Рисс Ф. Б. Сёкефальви-Надь Лекции по функциональному анализу. М.: Мир, 1979. 528 с.
2. Хёрмандер Л. Анализ линейных дифференциальных операторов с частными производными. Ч. 4. Интегральные операторы Фурье. М.: Мир, 1988. 446 с.
3. Phong D.H. Stein E.M. The Newton polyhedron and oscillatory integral operators. Acta Math. 179(1) (1997), 105-152.

## СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»

### ИЗУЧЕНИЕ ИНГИБИРУЮЩИХ СВОЙСТВ И СТИМУЛИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ 5-ФОСФОНОБЕНЗОЛ-1,3-ДИКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ

**Щукина С.М.**

доцент кафедры агрохимии и экологии, канд. хим. наук, доцент,  
ФГБОУ ВПО Чувашская государственная сельскохозяйственная академия,  
Россия, г. Чебоксары

**Прокопьева М.В.**

доцент кафедры агрохимии и экологии, канд. с.-х. наук, доцент,  
ФГБОУ ВПО Чувашская государственная сельскохозяйственная академия,  
Россия, г. Чебоксары

В статье приводятся результаты исследования ингибирующих свойств 5-фосфонобензол-1,3-дикарбоновой кислоты по отношению к стали 3, а также приводятся данные по ростостимулирующей активности кислоты на семенах пшеницы яровой.

*Ключевые слова:* 5-фосфонобензол-1,3-дикарбоновая кислота, ингибитор коррозии металлов, комплексон.

Широко практикуемым методом защиты металлов от коррозии является введение в агрессивную среду ингибиторов [1, с. 25]. Ингибиторы коррозии – это органические и неорганические вещества, присутствие которых в небольших количествах резко снижает скорость растворения металла и уменьшает его возможные вредные последствия. Метод ингибирования отличается высокой экономичностью, легкостью производственного внедрения. Введение ингибиторов в агрессивную среду вызывает изменение поверхности корродирующего металла, влияет на кинетику электродных реакций, определяющих процесс его саморастворения. Механизм ингибирующего действия веществ определяется природой металла, строением ингибитора, составом агрессивной среды [2, с. 25]. В последнее время широкое распространение получили органические хелатообразующие реагенты (комплексонны). К этому типу относится 5-фосфонобензол-1,3-дикарбоновая кислота.

Целью нашего исследования явилось изучение ингибирующих свойств 5-фосфонобензол-1,3-дикарбоновой кислоты по отношению к стали 3.

Для коррозионных испытаний брали образцы стали 3 площадью 36 см<sup>2</sup>, предварительно обработанные различными сортами наждачной бумаги, обезжиренные спиртом и эфиром и выдержанные 24 часа в эксикаторе над прокаленным CaCl<sub>2</sub>. Время испытаний 240 часов, повторность трехкратная. Коррозионной средой служила дистиллированная вода, добавки реагента составляли от  $2,5 \cdot 10^{-4}$  г до  $1 \cdot 10^{-2}$  г. Коррозионные характеристики рассчитаны гравиметрически по потере массы образцов металлов, выражены через скорость коррозии  $\rho$  (г/м<sup>2</sup> час), коэффициент торможения  $\gamma$  и степень защиты  $Z$ .

С целью выяснения влияния добавок кислоты на электродные процессы нами измерены стационарные потенциалы стали 3 с помощью иономера «Мульти-тест-НПЛ-211» по сравнению с хлорсеребряным электродом, а также измерены рН агрессивных сред. Коррозионные и электрохимические характеристики стали 3 представлены в таблице.

Таблица

№	Концентрация раствора, %	$\rho$ (г/м <sup>2</sup> час)	$\gamma = \rho_0 / \rho$	$Z = 100 \cdot (\rho_0 - \rho) / \rho_0$	рН	–Е ст. (В)
1	0 (дист. Н <sub>2</sub> О)	35	–	–	6,8	0,22
2	$2,5 \cdot 10^{-4}$	28	1,52	20	6,6	0,19
3	$5 \cdot 10^{-4}$	8	4,37	77	6,4	0,17
4	$1 \cdot 10^{-3}$	3	11,65	91	6,1	0,14
5	$5 \cdot 10^{-3}$	5	7,00	86	5,4	0,16
6	$1 \cdot 10^{-2}$	6	5,83	83	4,8	0,18

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что 5-фосфонобензол-1,3-дикарбоновая кислота при малых концентрациях является малоэффективным ингибитором, с повышением концентрации ее эффективность возрастает, достигая максимального значения в 0,001 % растворе. При дальнейшем повышении концентрации возрастает кислотность среды и ингибирующее действие ее снижается.

Кроме того, нами были проведены исследования по изучению биологической активности 5-фосфонобензол-1,3-дикарбоновой кислоты, так как многие органические соединения [3, с. 580], в том числе и фосфорорганические соединения [4] в незначительной степени и по разным причинам оказывают благоприятное влияние на рост и развитие растений.

Стимулирующую активность 5-фосфонобензол-1,3-дикарбоновой кислоты испытывали на семенах пшеницы яровой.

Для определения биологической активности проводили замачивание семян яровой пшеницы сорта Прохоровка в следующих концентрациях: 0,01 %, 0,005 %, 0,0001%, 0,0005 %, 0,00025 %. В контрольном варианте семена замачивали в воде. Энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян определяли согласно ГОСТ 12038-84. Результаты показали, что максимальный стимулирующий эффект оказывает 0,0005 % водный раствор, который положительно влияет как на лабораторную так и на полевую всхожесть семян, увеличивая их соответственно на 35,2 и 16,8 % по сравнению с контрольным вариантом.

В полевых опытах также максимальный эффект наблюдался при обработке семян 0,0005 % водным раствором. Так, в данном варианте опытов формировались более крупные семена в колосе, масса их была выше на 0,07 г по сравнению с контролем. Масса 1000 зерен также была максимальной в варианте, где семена обрабатывались 0,0005 % водным раствором и составила 38,2 г, что выше, чем в контроле на 1 г.

При обработке семян раствором 5-фосфонобензол-1,3-дикарбоновой кислоты в концентрации 0,0005 %, урожайность яровой пшеницы существенно превышает как контроль, так и другие варианты. В целом за счет высокой полевой всхожести и крупности семян она в данном варианте превысила контроль на 31 % и составила 3,14 ц/га.

Полученные данные свидетельствуют о целесообразности расширения ассортимента сельскохозяйственных культур в целях дальнейшего изучения 5-фосфонобензол-1,3-дикарбоновой кислоты в качестве стимулятора роста растений.

#### **Список литературы**

1. Григорьев В.П. Защита металлов от коррозии. М.: Химия, 1999. 254 с.
2. Улиг Г.Г., Ревя Р.У. Коррозия и борьба с ней. Л.: Химия, 1989. 178 с.
3. Грандберг И.И. Органическая химия. М: Дрофа, 2001. 672 с.
4. Шукина С.М., Прокопьева М.В., Алексеевнина Е.В., Иванова Е.Г. // Теоретические и прикладные аспекты современной науки: сб. науч. тр. по материалам IX Междунар. науч.-практ. конф. Белгород, 2015. – Часть I. – С.131-133.

## СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ»

### ФИТОМОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ г. ЕЛЕЦ

*Боброва Л.В.*

студентка, Институт психологии и педагогики, Россия, г. Елец

В данной статье описаны исследования почв на основе взятых анализов из разных районов города Елец. Так как он является одним из крупнейших городов Липецкой области и на его территории находятся важнейшие промышленные предприятия, зоны отдыха, актуальным является комплексная оценка экологического состояния города с целью оптимизации показателей и улучшения состояния окружающей среды.

*Ключевые слова:* почва, фитотоксичный эффект, исследования, экология.

Поскольку оценка качества почвы, воды и воздуха приобретает в настоящее время жизненно важное значение, необходимо определять как реально существующую, так и возможную в будущем степень нарушения окружающей среды. Для этой цели используют два принципиально разных подхода: физико-химический и биологический. Биологический подход развивается в рамках направления, которое получило название биоиндикации и биомониторинга.

Биомониторинг является составной частью экологического мониторинга слежения за состоянием окружающей среды по физическим, химическим и биологическим показателям. В задачи биомониторинга входит регулярно проводимая оценка качества окружающей среды с помощью специально выбранных для этой цели живых объектов.

Одним из наглядных и достаточно простых способов биоиндикационных исследований за экологическим состоянием почв является оценка уровня их фитотоксичности [2, с. 119]. Уровень фитотоксичности почв зависит от наличия в них ряда токсинов, загрязняющих веществ, тормозящих рост и развитие растений. При этом наиболее чувствительными агентами для определения уровня фитотоксичности являются растения семейства крестоцветные (капустные), чаще всего для этих целей используют кресс-салат [1, с. 102].

Город Елец является одним из крупнейших городов Липецкой области. На его территории находятся ряд важнейших промышленных предприятий, исторических объектов, проходит крупнейшая федеральная трасса М4. Кроме того, Елец является туристическим центром. В связи с этим актуальным является комплексная оценка экологического состояния города с целью оптимизации показателей и улучшения состояния окружающей среды.

Одним из важнейших показателей экологического благополучия любой экосистемы является оценка состояния ее педосферы. В условиях постоянного антропогенного прессинга возможна деградация почв, снижение их плодородия, что в конечном итоге может привести к необратимым изменениям экосистемы в целом [2 с. 121].



Целью нашей работы был биоанализ экологического состояния почв в нескольких точках отбора г.Ельца. Нами отобраны 20 образцов почв в разных районах города: район Городского парка, парка Железнодорожников, мкр-н Александровский, 7-ой микрорайон, 5-й микрорайон и др.

Для оценки экологического состояния почв нами была изучена степень фитотоксичности данных проб. В качестве тест-объекта выбран традиционный – кресс-салат, а также отобранный нами объект – редис. Семена тест-растений раскладывали на микрокосмы исследуемых образцов почвы (150 г) по 50 шт., проращивали в течение 5 суток. Измерения проводили дважды: на третьи и пятые сутки. Оценивали всхожесть семян, рост надземной и подземной частей растений. Фитотоксичным считали ингибирование роста и развития более чем на 30% по сравнению с контролем [2 с. 123].

Наиболее интересные результаты получены в образцах:

проба №1 – Городской парк

проба №3 – мкр-н Александровский

проба №4 – 7-ой микрорайон, вблизи трассы М4

В качестве контроля проращивали семена на стерильной почве.

Во всех трех вариантах почва оказала достаточно сильное ингибирующее действие на всхожесть семян редиса. Всхожесть же семян кресс-салата подавлялась только в третьем варианте (трасса М4), причем наибольший ингибирующий эффект для редиса наблюдался также в третьем варианте (рис. 1).

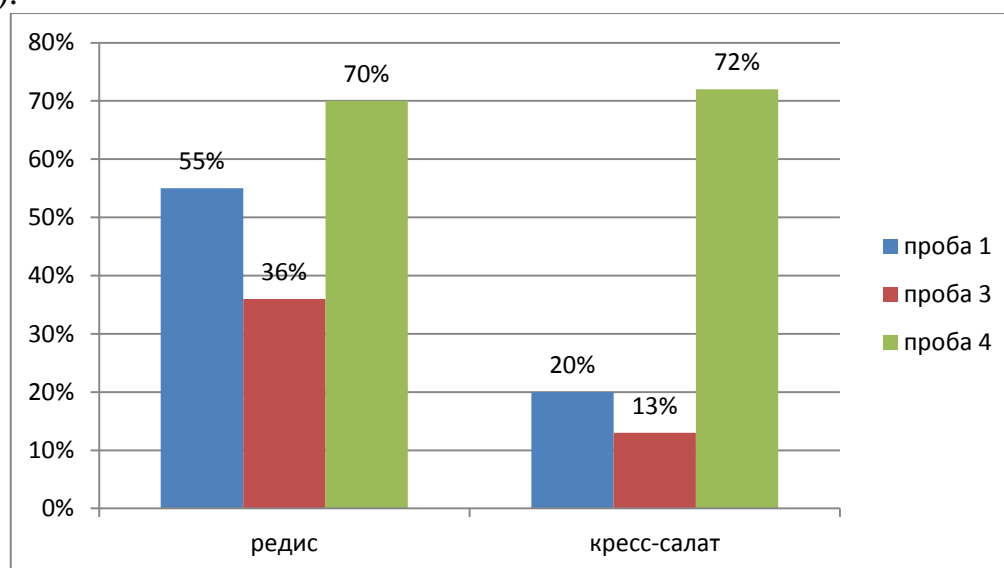


Рис. 1. Степень ингибирования всхожести тест-растений

При оценке степени ингибирования роста надземной и подземной частей тест-растений получены следующие результаты. В образцах 1 и 2 степень ингибирования не превышала 30%, что свидетельствует о незначительных нарушениях почв данных районов. В образце №3 наблюдался явный фитотоксический эффект, степень ингибирования превышала 50% (рис. 2, 3). Это свидетельствует о существенных нарушениях почв и, как следствие, всей экосистемы в целом в данном районе.

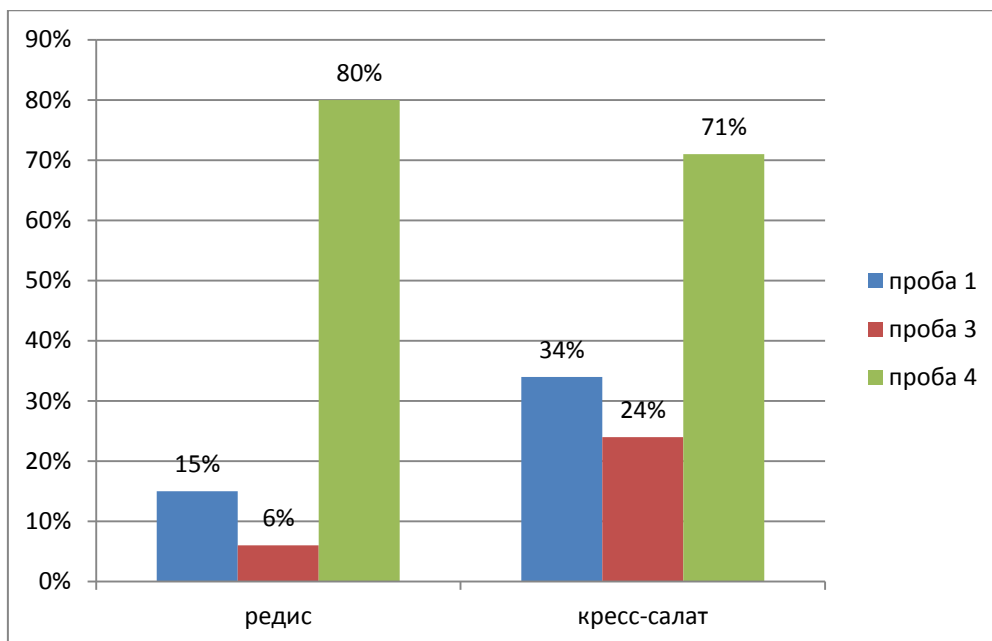


Рис. 2. Степень ингибирования роста надземной части тест-растений

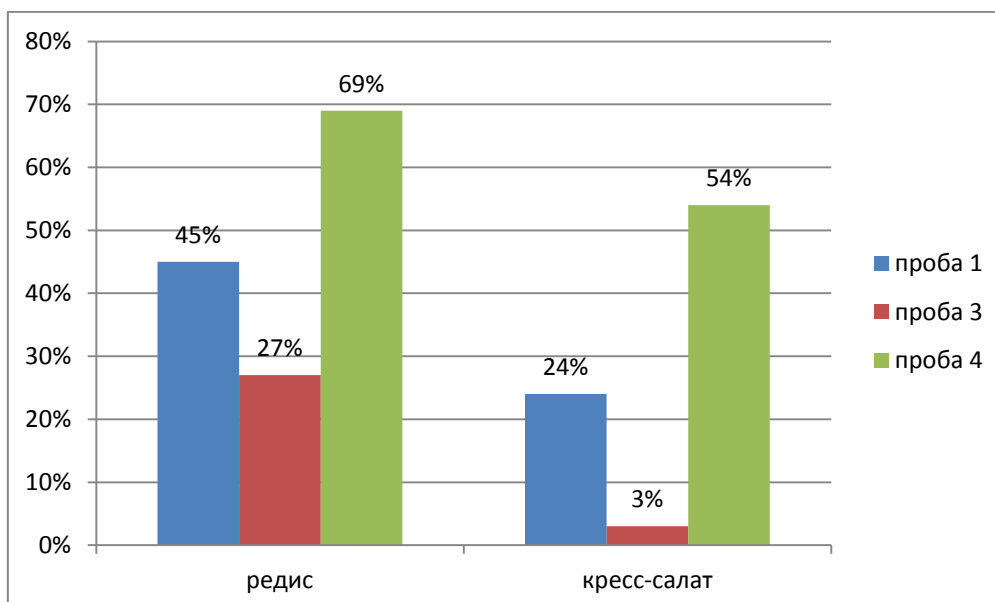


Рис. 3. Степень ингибирования роста корня тест-растений

Данный метод индикации достаточно прост в применении, нагляден и позволяет оценить состояние важнейшего компонента любой экосистемы – фитоценоза. Что особенно важно для города, т.к. именно в антропогенных экосистемах флора испытывает постоянный антропогенный прессинг и необходима систематическая оценка ее экологического состояния.

Таким образом, приведенные данные фитотоксичности почв свидетельствуют о нарушениях функционирования урбосистемы г. Ельца в некоторых районах, в частности в 7-ом микрорайоне. Требуется дальнейшее изучение экологического состояния города с целью выявления конкретных причин регрессий для дальнейшего их устранения и стабилизации развития данных экосистем.

### Список литературы

1. Сенчакова Т.Ю. Биотические связи микромицетов черноземных почв лесостепной зоны: Монография. / Т.Ю. Сенчакова, И.Д. Свистова. Елец. 2010. 102 с.
2. Свистова И.Д. Микробиоиндикация чернозема выщелоченного в агроэкосистемах / И.Д. Свистова, Т.Ю. Сенчакова // Научные Ведомости БелГУ, сер. Естественные науки. 2009. Вып. 8. № 3 (58). С. 119-123.

## МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ КОЖИ МЕСТ ЛОКАЛИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТОЧЕК У СОБАК

**Горбачева А.А.**

доцент кафедры экологии, физиологии и биологической эволюции, к.б.н.,  
ФГАОУ ВО «НИУ БелГУ», Россия, г. Белгород

**Воробьева О.В.**

доцент кафедры экологии, физиологии и биологической эволюции, к.б.н.,  
ФГАОУ ВО «НИУ БелГУ», Россия, г. Белгород

**Хорольская Е.Н.**

доцент кафедры экологии, физиологии и биологической эволюции, к.б.н.,  
ФГАОУ ВО «НИУ БелГУ», Россия, г. Белгород

В статье рассматривается микроанатомическое строение кожи собак различных пород в местах залегания биологически активных точек. Дана сравнительная характеристика кожи нейтральных участков и мест локализации точек активности. Установлено, что толщина слоев кожи в местах обнаружения биологически активных точек меньше, чем в нейтральной коже. Количество сосудов в коже, взятой из мест локализации БАТ больше, чем в нейтральной, тогда как диаметр сосудов кожи вне биологически активных точек меньше, чем в области их обнаружения.

*Ключевые слова:* биологически активные точки, собака, дерма, инкапсулированные нервные окончания, артерии, артериолы, вены.

Выявление микроструктурных особенностей мест локализации биологически активных точек позволят раскрыть механизм действия методов восточной медицины. Работы по выявлению структуры точек активности проводились на многих видах животных, в том числе и на собаках [1, с. 55; 2, с. 171; 3, с. 332]. В результате анализа доступной литературы, установлено, что, несмотря на такую популярность данного вопроса, микроструктура биологически активных точек, а особенно их кровоснабжения у животных еще мало изучена. В связи с этим, определилась цель наших исследований, а увеличение поголовья собак определило вид исследуемых животных.

Для исследования были отобраны кусочки кожи вместе с подкожной жировой клетчаткой и фасциями, размером 1,0 × 1,0 × 0,5 см, из мест залегания точек акупунктуры. Причем кожа была получена и с волосистых участков, и с безволосых частей (носовое зеркальце). Исследованию подвергались

так же участки кожи, не имеющие точек акупунктуры (интактная или нейтральная кожа). Отобранный материал фиксировали в 10%-ном нейтральном формалине, готовили парафиновые блоки, а затем получали срезы на санном микротоме МС-2. Срезы окрашивали гематоксилин-эозином [4, с. 52]. Подготовленные препараты исследовались и фотографировались под микроскопом МБИ-6 и МБИ-11 с объективами  $\times 10$ ;  $\times 20$ ;  $\times 40$  и окулярами  $\times 8$ ;  $\times 10$ ;  $\times 17$ . Для измерения микроархитектоники использовали микрометр МОБ-1-15 (ГОСТ-151-50-69). Полученные данные обрабатывались методами вариационной статистики в программе Excel (пакет анализ данных, описательная статистика).

Во всех исследованных образцах кожи обнаружено три основных структурных слоя: эпидермис, дерма и подкожная клетчатка. Наиболее мощный слой эпидермиса обнаружен на гистосрезях, полученных из области носового зеркала. Клетки эпидермиса из этих участков расположены в несколько рядов. В биологически активных точках, расположенных на участках, имеющих шерстный покров эпидермис кожи в среднем составил  $48,14 \pm 4,09$  мкм., что меньше толщины эпидермиса мест локализации БАТ носового зеркала ( $54,92 \pm 2,17$  мкм). Толщина же эпидермиса в нейтральной коже превышает таковую в точках активности, и составила в среднем  $63,92 \pm 3,99$  мкм. Изучив гистологическое строение эпидермиса с участков, имеющих волосяной покров, отметили наличие трех хорошо выраженных слоев: базального, шиповатого и рогового. Эпидермис кожи безволосых участков включает пять слоев: базальный, шиповатый, зернистый, блестящий и роговой.

Собственно кожа, или дерма, представлена сосочковым и сетчатым слоями. В отличие от эпидермиса, толщина сосочкового слоя в местах локализации биологически активных точек (и с наличием волосяного покрова, и без него) больше чем в коже, не имеющей точек, и составила  $19,88 \pm 0,06$  мкм, тогда как в нейтральной коже составила  $16,20 \pm 0,05$  мкм.

Рыхлая соединительная ткань богата кровеносными сосудами и содержит все звенья кровеносного русла. Общее количество сосудов в местах локализации биологически активных точек превышает количество сосудов в рядом расположенных участках кожи. Так, количество артерий и вен в коже, не содержащих БАТ, составило 38 и 44% соответственно, тогда как в местах локализации точек – 62 и 56% соответственно. Диаметр сосудов различен в области точек и в коже рядом расположенных участков. Диаметр артерий в БАТ превышает диаметры этих сосудов в окружающих тканях, и составил:  $86,11 \pm 7,56$  мкм. – в точках акупунктуры;  $72,75 \pm 4,97$  мкм. – в нейтральной коже. Диаметр вен в местах локализации точек составил в среднем  $247,12 \pm 51,41$  мкм.; а на участках, не содержащих точек –  $200,20 \pm 15,78$  мкм. Причем, диаметр сосудов на безволосых участках мест локализации биологически активных точек, имеет практически такие же размеры.

Проведенные исследования дают более точную характеристику микроструктурной васкуляризации мест локализации биологически активных точек

собак. В целом, мы пришли к выводу, что кожа мест локализации точек акупунктуры, сохраняя общий план строения, имеет ряд своих особенностей.

#### **Список литературы**

1. Горбачева А.А. Микроструктурные особенности биологически активных точек собак // Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки. 2001, № 15 (110), вып. 16. С. 55-58.

2. Засорина Т.Н., Рябуха В.А. Биологически активные точки лицевого отдела головы и метод рефлексотерапии в технологии выращивания собак // Технология производства молока и мяса на Дальнем Востоке: Сб. науч. тр., г. Благовещенск, 1998. С. 171.

3. Куделко А.А. Гистологическое строение биологически активных точек зейго- и -автоподия грудной конечности собак // Молодежь XXI века шаг в будущее: Материалы четвертой региональной научно-практической конференции. Благовещенск, 2003. С. 332-334.

4. Меркулов Г.А. Курс патологической техники. Л. : Медицина, 1969. 423 с.

### **ИНАКТИВАЦИЯ МЕТАПНЕВМОВИРУСА ПТИЦ АМИНОЭТИЛЭТИЛЕНИМИНОМ**

***Джавадов Э.Д.***

директор института, д-р вет. наук, профессор,  
Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства,  
Россия, г. Санкт-Петербург

***Никитина Н.В.***

ведущий научный сотрудник отдела вирусологии, канд. биол. наук,  
ст. науч. сотр. Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный  
институт птицеводства, Россия, г. Санкт-Петербург

***Дубовой А.С.***

старший научный сотрудник, Всероссийский научно-  
исследовательский ветеринарный институт птицеводства,  
Россия, г. Санкт-Петербург

***Алиев А.И.***

аспирант, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный  
институт птицеводства, Россия, г. Санкт-Петербург

В связи с эпизоотологическими особенностями метапневмовирусной инфекции птиц, принадлежностью возбудителя к различным серотипам правильная и своевременная разработка средств специфической профилактики болезни является актуальной. В статье приведены данные по выбору эффективного инактивирующего средства, его концентрации и оптимальных параметров инактивации, обеспечивающих полное подавление инфекционных свойств вируса при максимальном сохранении антигенных структур вирионов.

*Ключевые слова:* метапневмовирус, штаммы вируса, культура клеток, инактиватор.

В настоящее время для специфической профилактики инфекционных болезней птиц широко применяют живые и инактивированные вакцины.

Большинство исследователей [1, 2, 3, 5, 6, 7,] склонны отдавать предпочтение инактивированным вакцинам, так как они разрешают проблему нежелательных поствакцинальных реакций, исключают возможность заражения восприимчивой птицы и возникновения латентной инфекции, обусловленной вакцинным вирусом. Такие вакцины обеспечивают создание напряженного и продолжительного иммунного ответа у птиц.

При разработке технологии изготовления инактивированных противовирусных вакцин основное внимание уделяют получению вирусного материала в количестве, достаточном для изготовления вакцины и инактивации вирулентных свойств возбудителей. Исследованиями ряда авторов показано, что производные этиленимина минимально изменяли ответственные за антигенность белковые структуры вириона, а антигены продолжительное время сохраняли свои свойства при хранении [8, 9, 11].

Целью настоящей работы явилось изучение инактивации метапневмовируса аминоксилэтилэтиленимином (АЭЭИ).

#### Материалы и методы исследований

В работе использовали производственный вакцинный штамм «ПВ-Крон-1» подтипа А и производственный вакцинный штамм «ПВ-Крон-2» подтипа В метапневмовируса птиц, выделенные и депонированные сотрудниками ВНИВИП.

Вирус поддерживали в клетках Vero и хранили при температуре минус 200С.

Для получения вирусосодержащего материала использовали перевиваемую линию клеток почки зеленой африканской мартышки (клетки Vero), НИИ гриппа АМН, Санкт-Петербург.

Активность метапневмовируса (МПВ) птиц определяли титрацией в клетках Vero по методу Рида и Менча [11].

В качестве инактиватора использовали водный раствор димера аминоксилэтилэтиленимина (АЭЭИ) с содержанием АДВ 15%, производства фирмы «ООО Биохим ресурсы» (Россия).

Для нейтрализации остаточного количества АЭЭИ использовали 2М раствор тиосульфата натрия ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) до конечной его концентрации 0,01-0,03 М/дм<sup>3</sup>.

Снижение титра метапневмовируса после обработки выражали отношением

$$\lg \frac{V_t}{V_o},$$

где  $V_o$  – титр вируса до обработки;

$V_t$  – титр вируса после обработки в течение определенного времени.

Константу скорости инактивации ( $\lg K_{ин}$ ) определяли по уравнению:

$$\lg \frac{V_t}{V_o} = \frac{kt}{2,3},$$

где 2,3 – основание натуральных логарифмов;

t – время обработки вируса.

Полноту инактивации метапневмовируса определяли путем 3-кратных последовательных пассажей в клетках Vero.

### Результаты исследований и обсуждение

Известно, что от правильного выбора режима инактивации зависит антигенная активность получаемого препарата. Поэтому при проведении опытов учитывали концентрацию инактиватора в вирусосодержащем материале, рН суспензии, температуру и время экспозиции.

В опытах по изучению чувствительности МПВ птиц к действию аминоэтилэтиленимина (АЭЭИ) использовали культуральный вирус. Препарат применяли в конечной концентрации 0,02; 0,05; и 0,1%. Инактивацию МПВ проводили при температуре  $(37,5 \pm 0,5)^\circ\text{C}$  в течение 24 часов при рН 7,2-7,4 в режиме постоянного перемешивания. АЭЭИ в указанных концентрациях вносили при достижении температуры в вирусосодержащем материале.

В процессе инактивации через 6, 12, 18 и 24 часов отбирали пробы вирусосодержащего материала для определения биологического титра вируса в клетках Vero. В каждую пробу добавляли тиосульфат натрия в эквимольных соотношениях для нейтрализации остаточного АЭЭИ. Полученные в ходе этих исследований результаты представлены в табл. 1, 2 и на рисунке.

Таблица 1

#### Инактивация вакцинных штаммов метапневмовируса аминоэтилэтиленимином (n=3)

Штамм вируса	Конц. АЭЭИ, %	Инфекционный титр вируса, lg ТЦД <sub>50</sub>				lg K <sub>ин</sub> через 24 ч
		Экспозиция инактивации, ч				
		6	12	18	24	
ПВ-Крон-1	0,02	6,25±0,1	5,75±0,2	4,25±0,25	3,75±0,15	0,001
	0,05	5,0±0,2	4,25±0,3	3,5±0,1	2,75±0,1	0,0008
	0,1	4,3±0,2	2,85±0,15	1,4±0,25	0	0
Контроль вируса		6,25±0,1	6,25±0,05	6,2±0,1	6,2±0,1	
ПВ-Крон-2	0,02	6,75±0,15	6,0±0,5	5,0±0,4	4,0±0,2	0,0011
	0,05	6,25±0,1	5,5±0,3	3,75±0,1	3,0±0,15	0,0008
	0,1	4,5±0,3	3,0±0,15	1,5±0,25	0	0
Контроль вируса		6,75±0,1	6,7±0,05	6,75±0,1	6,7±0,1	

Таблица 2

#### Динамика кинетики инактивации вакцинных штаммов МПВ аминоэтилэтиленимином

Штамм вируса	Концентрация АЭЭИ, %	Значения V <sub>t</sub> /V <sub>0</sub> , lg			
		Время экспозиции, ч			
		6	12	18	24
ПВ-Крон-1	0,02	0,91	0,83	0,74	0,66
	0,05	0,87	0,72	0,61	0,48
	0,1	0,75	0,5	0,25	0
ПВ-Крон-2	0,02	0,92	0,83	0,75	0,67
	0,05	0,88	0,75	0,63	0,5
	0,1	0,75	0,5	0,25	0

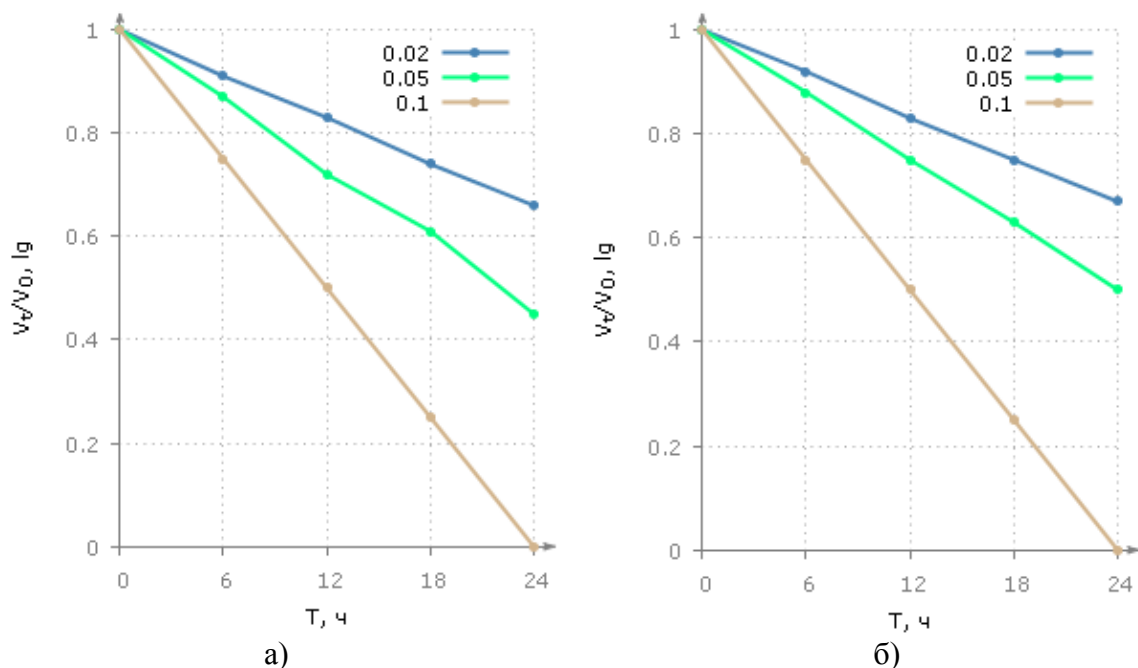


Рис. Кинетика инактивации МПВ птиц аминоэтилэтиленимином  
а) штамма ПВ-Крон-1; б) штамма ПВ-Крон-2. По оси абсцисс – время обработки, мин; по оси ординат – снижение титра вируса,  $\lg V_t/V_0$

Данные, приведенные в таблицах 1, 2 и на рисунке, свидетельствуют о том, что скорость инактивации вакцинных штаммов «ПВ-Крон-1» и «ПВ-Крон-2» МПВ птиц к АЭЭИ находилась в прямой зависимости от концентрации препарата и времени воздействия. По мере увеличения концентрации препарата в вирусосодержащей суспензии и времени его воздействия скорость инактивации штаммов повышалась. Штаммы вируса теряли свою биологическую активность при воздействии АЭЭИ в конечной концентрации 0,1%.

Полученные нами данные зависимости процесса инактивации метапневмовируса от концентрации инактиванта в вирусосодержащем материале, подтверждали ранее полученные данные в отношении чувствительности вирусов к химическим агентам, применяемым в качестве инактивантов [7, 1, 4].

На основании проведенных исследований установлено, что аминоэтилэтиленимин в конечной концентрации 0,1% при температуре 37, 5°C и экспозиции 24 часа полностью и необратимо инактивировал метапневмовирус птиц, что подтверждено определением полноты инактивации вируса путем 3-кратных последовательных пассажей в клетках Vero.

#### Список литературы

1. Борисова, И.А. Разработка технологии изготовления и контроля инактивированной вакцины против ньюкаслской болезни и метапневмовирусной инфекции птиц: дис. ... канд. биол. наук / И.А. Борисова. – Владимир, 2008. – 167 с.
2. Борисов, В.В. Инактивированные вакцины – возможные варианты применения в промышленном птицеводстве / В.В. Борисов, А.В. Борисов, С. К. Старов // Матер. конф. по птицеводству. – М., 2003. – С. 208-209.
3. Бородин, О.В. Разработка инактивированной эмульсионной вакцины против пастериллеза птиц: дис. ... канд. биол. наук / О.В. Бородин. – Ульяновск, 2005. – 122 с.



4. Глейзер, Д.А. Получение инактивированного вируса инфекционного бронхита кур (штамм «Калужский») / Глейзер Д.А., Фролов С.В., Борисов А.В., Кулаков В.Ю. // Ветеринарная патология. – 2008.- №4(27). – С. 75-79.
5. Джавадов, Э.Д. Вирус-индуцированные иммуносупрессии и способы их предупреждения в промышленном птицеводстве: дис. ... д-ра. вет. наук / Э.Д. Джавадов. – Москва., 2004. – 345 с.
6. Джавадов, Э.Д. Профилактика болезней птиц инактивированными вакцинами серии «Авикрон»/ И.Н. Вихрева, М.Е. Дмитриева, А.С.Дубовой, Г.Н. Самусева // Матер. Междунар. конг. – СПб, 2009. – С. 30-31.
7. Ельников, Е.В. Технология изготовления ассоциированной инактивированной вакцины против ньюкаслской болезни и реовирусного теносиновита птиц: автореф. дис. ... канд. вет. наук / Е.В. Ельников. – Владимир, 2003. – 24 с.
8. Куриленко, А.Н. Инфекционный бронхит кур (обзор литературы) /А.Н. Куриленко А.Н., В.Л. Крупальник, Б.А. Якимчук // Ветеринария. – 1990. – №8. – С. 36-43.
9. Лезова, Т.А. Вирулицидная активность координационных соединений этиленмина в отношении вирусов / Лезова Т.Н., Михалишин В.В. // Актуал. пробл. инфекц. патол. с.-х. ж-х: матер. Междун. науч. конф., посвящ. 45-летию ФГУ «ВНИИЗЖ». – Владимир, 2003. – С. 483-487.
10. Улупов, Н.А. Аминоэтилэтиленмин – средство инактивации инфекционности вируса ящура/ В.В. Михалишин, А.А. Гусев, Т.Н. Лезова // Современ. аспекты вет. патол. ж-ных: матер. конф., посвящ. 40-летию ФГУ ВНИИЗЖ. – Владимир, 1998. – С. 53-62.
11. Reed L.J. A simple method of estimating fifty percent endpoints / L.J.Reed, H. Muench // Amer.J.of Hyg – 1938. – V.27. – p.p. 493-497.

## **ФЕРМЕНТНЫЙ СПЕКТР КРОВИ ПРИ КОРМЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ**

*Думаева З.Н.*

старший преподаватель кафедры «Безопасность жизни деятельности»,  
Андижанский государственный университет, Узбекистан, г. Андижан

*Кадиров Ш.К.*

профессор, Андижанский государственный медицинский институт,  
Узбекистан, г. Андижан

В статье были исследованы постпрандиальные трансформации ферментных свойств крови.

*Ключевые слова:* ферменты, амилаза, кров, молоко, сливочные масло.

В настоящей работе приводятся данные о трансформации ферментного спектра крови при кормлении собак в качестве пищевого раздражителя хлебом, мясом, молоком и сливочным маслом. Выбор этих пищевых раздражителей был продиктован, во-первых, тем, что секреторная реакция главных пищеварительных желез на эти раздражители, начиная с классических работ Павлова И.П., хорошо изучена; во-вторых, эти раздражители, будучи по содержанию в них питательных веществ неоднозначны, они могли бы помочь выявить адаптивный характер секреции пищеварительными железами ферментов.

По результатам экспериментов отмечается увеличение амилалитической активности крови у подопытных собак после приема пищи. Это увели-

чение не зависело от вида пищевого раздражителя, т.е. все виды пищевых раздражителей вызывали увеличение амилазной активности крови. Значит, усиление эндосекреции амилазы наблюдалось после приема хлеба, мяса и молока.

Только наблюдались индивидуальные различия реакции животных после приема пищи. У одних увеличение амилазы в крови наблюдается через 2 часа, а у других животных это явление отмечается через 4 часа после приема пищи. Значит, после приема пищи, независимо от вида пищевых раздражителей, наступает увеличение амилазной активности крови, т.е. усиливается эндосекреция её в кровь слюнными и поджелудочной железами.

Полученные нами результаты показали, что у одной собаки Дальтон после дачи всех трех видов пищевых раздражителей отметили увеличение липолитической активности. А у остальных двух собак, Карлика и Пумы, наблюдали увеличение липолитической активности в крови только после приема молока. После приема хлеба и мяса у этих собак липолитическая активность крови осталась на уровне исходных величин.

У другой группе подопытных собак получены несколько иные результаты. Только у собаки Ласка после приема хлеба в первые часы опыта наблюдали небольшое увеличение липолитической активности в крови, в последующие часы, из-за высокой вариабельности, полученные результаты были статистически недостоверными. Но у данной собаки отмечали увеличение липолитической активности всего периода наблюдения после приема мяса и сливочного масла.

У собаки Бобик наблюдалось увеличение активности липазы в крови после приема мяса (через 4 часа) и сливочного масла (через 2 и 4 часа). У собаки Тарзан увеличение липолитической активности наблюдалось через 4 часа после приема мяса и сливочного масла.

У двух собак (Дальтон и Карлик) в первые часы после приема мяса наблюдали возрастание содержания пепсиногена в крови и к концу опыта его содержание в крови становилось ещё больше.

После приема молока у двух подопытных собак (Дальтон и Карлик) наблюдали увеличение количества пепсиногена в крови в более отставленные сроки (через 4 часа) после кормления.

У собаки Пумы прием мяса и молока на содержание пепсиногена в крови не оказывал влияния.

Отсюда можно заключить, что при приеме пищи, особенно в отставленные сроки, происходит ферментный сдвиг в крови. Независимо от принятого пищевого раздражителя усиливается инкреция амилазы и пепсиногена в кровь. Усиление инкреции липазы имеет более адаптированный характер к виду принятой пищи.

#### **Список литературы**

1. Коротько Г.Ф. Рекреция ферментов и гормонов экзокринными железами // Усп. физиол. наук. – 2003. – Т.34, №2. – С. 21-32.
2. Коротько Г.Ф. Секреция поджелудочной железы. – изд., перераб. и доп. – Краснодар: Кубанский гос.мед.университет, 2005. – 312 с.

3. Коротько Г.Ф. Секретция слюнных желез и элементы саливадиагностики. М.: Издательский Дом Академия естествознания, 2006. – 192 с.
4. Коротько Г.Ф. Физиология системы пищеварения. Краснодар. Изд. ООО БК «Группа Б», 2009, 608 с.
5. Rothman S.S., Liebow C., Isenman L. Couseration of digestive enzymes // *Physiol. Rev.* – 2002. – P. 45.

## **НАСОСНАЯ ФУНКЦИЯ СЕРДЦА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СПОРТА**

*Елистратов Д.Е.*

доцент кафедры «Физическое воспитание», канд. биол. наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»,  
Россия, г. Казань

*Ванюшин М.Ю.*

доцент кафедры «Физическое воспитание», канд. биол. наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»,  
Россия, г. Казань

*Ванюшин Ю.С.*

зав. кафедрой «Физическое воспитание», д-р. биол. наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»,  
Россия, г. Казань

В статье рассматриваются особенности и оценка вегетативных функций сердечно-сосудистой системы организма спортсменов мужского и женского пола в условиях покоя с учетом направленности тренировочного процесса. Показано, что все изучаемые параметры деятельности сердца (ЧСС, УОК, МОК) в группах спортсменов мужского и женского пола, циклических и ациклических видов спорта оказались без достоверных различий. Это можно объяснить тем, что исследование спортсменов в этих группах велось в условиях относительного покоя и, по-видимому, механизмы долговременной адаптации в данных группах не зависят от половых особенностей и вида спорта испытуемых.

*Ключевые слова:* сердечно-сосудистая система, долговременная адаптация, вегетативная функция.

Поддержание адекватного нагрузке кислородного режима является основной функцией организма при различных уровнях двигательной активности [1, с. 36]. Эту функцию в организме выполняет кардиореспираторная система, состоящая из сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Особенно велика ее роль в поддержании кислородного режима организма спортсменов, т.к. от того в какой степени это происходит, зависят физическая работоспособность и спортивные результаты. Установлено, что одним из важнейших факторов, влияющих на функциональное состояние кардиореспираторной системы, является направленность тренировочного процесса [2, с. 42]. Это

обуславливает возрастание требований к системам вегетативного обеспечения и внедрения в практику биологических критериев, в результате которых осуществляется поиск диапазона воздействий на тренирующий организм, создание условий для повышения спортивных результатов [3, с. 96].

Целью работы явилось изучение особенностей и оценка вегетативных функций сердечно-сосудистой системы организма спортсменов в условиях покоя с учетом направленности тренировочного процесса.

Представление о механизмах долговременной адаптации организма спортсменов может быть получено при сопоставлении функциональных показателей сердечно-сосудистой системы, как одной из составляющих кардиореспираторной системы. Нами регистрировались дифференциальная реограмма и электрокардиограмма у спортсменов мужского и женского пола, занимающихся циклическими и ациклическими видами спорта, в условиях покоя. По электрокардиограмме высчитывалась частота сердечных сокращений (ЧСС) и определялись патологические отклонения в деятельности сердца спортсменов. Дифференциальная реограмма по Кубичеку (1970), в модификации А.Т.Пушкаря с соавт. (1977), записывалась для определения ударного объема крови (УОК) и для высчитывания минутного объема кровообращения.

Результаты исследования свидетельствовали, что показатели деятельности сердца (ЧСС, УОК, МОК) в группах спортсменов циклических и ациклических видов спорта мужского и женского пола в условиях покоя отличались не на достоверную величину (табл.). При этом отмечались особенности, связанные с видом спорта спортсменов. Так, в группах спортсменов мужского и женского пола показатели ЧСС были меньше, а показатели УОК и МОК были больше в группах спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта. Однако при этом наблюдалась лишь тенденция к снижению и увеличению данных показателей. Надо отметить, что в группах спортсменов мужского пола такая тенденция носила более выраженный характер, чем в группах спортсменок. Следовательно, половые особенности сказываются на величинах деятельности сердца и в меньшей степени зависят от направленности тренировочного процесса, особенно, в группах спортсменок.

Таблица

**Показатели деятельности сердца в группах спортсменов мужского и женского пола, занимающихся циклическими и ациклическими видами спорта, в условиях относительного покоя**

Группы спортсменов	Показатели					
	ЧСС		УОК		МОК	
	Циклические	Ациклические	Циклические	Ациклические	Циклические	Ациклические
Мужчины	73,00	74,75	97,11	86,94	6,69	6,10
	5,79	4,52	11,20	5,97	0,42	0,33
Женщины	75,50	77,52	76,61	75,04	5,56*	5,61
	4,52	4,81	4,90	7,94	0,15	0,30

Примечание. \* – статистическая достоверность различий между показателями в группах мужчин и женщин

Таким образом, все изучаемые параметры деятельности сердца (ЧСС, УОК, МОК) в группах спортсменов мужского и женского пола, циклических и ациклических видов спорта оказались без достоверных различий. Это можно объяснить тем, что исследование спортсменов в этих группах велось в условиях относительного покоя и, по-видимому, механизмы долговременной адаптации в данных группах не зависят от половых особенностей и вида спорта испытуемых.

#### Список литературы

1. Абзалов Р.А. Насосная функция сердца развивающегося организма и двигательный режим. – Казань: ТГГПУ, 2005. – 277 с.
2. Ванюшин М.Ю., Ванюшин Ю.С. Адаптация кардиореспираторной системы спортсменов разных видов спорта и возраста к физической нагрузке. Казань: Печать-Сервис-XXI век, 2011. – 138 с.
3. Ванюшин Ю.С., Ситдииков Ф.Г. Компенсаторно-адаптационные реакции кардиореспираторной системы при различных видах мышечной деятельности. Казань: Таглитмат, 2003. – 128 с.

## ВОЗМОЖНОСТЬ МОДИФИКАЦИИ ДЕЙСТВИЯ НЕФТИ С ПОМОЩЬЮ ПАБК И ДУНАЛИЕЛЛЫ В ТЕСТАХ НА ПШЕНИЦЕ МЯГКОЙ

**Зюкова В.В.**

бакалавр института Биологии,  
Тюменский государственный университет, Россия, г. Тюмень

**Петухова Г.А.**

профессор кафедры экологии и генетики, д-р биол. наук,  
Тюменский государственный университет, Россия, г. Тюмень

Показана возможность модификации отдаленного эффекта действия нефти с помощью парааминобензойной кислоты (ПАБК) и экстракта дуналиеллы. У пшеницы, 3 года назад обработанной раствором водорастворимой фракции нефти (ВРФН), была снижена всхожесть и ряд морфометрических показателей. При использовании ПАБК и экстракта дуналиеллы после воздействия нефти на растения выявлено увеличение всех изучаемых показателей выше контрольного уровня, эффективность действия экстракта дуналиеллы была выше. Полученные результаты обсуждаются с позиции репаративного восстановления длительно живущих потенциальных повреждений в клетках пшеницы.

*Ключевые слова:* нефтяное загрязнение, модификация с помощью ПАБК и дуналиеллы, пшеница, всхожесть, морфометрические показатели.

В последнее время уделяется большое внимание состоянию окружающей среды. Ведущую роль в загрязнении биосферы играют нефть и нефтепродукты [2]. Наиболее токсичной частью нефти является водорастворимая фракция нефти (ВРФН), которая содержит углеводороды, оказывающие не только токсическое, но и мутагенное воздействие на живые организмы. Особый интерес представляет изучение эффектов отдаленного действия (ЭОД)

нефти, т.к. они изучены недостаточно полно и представляет большой интерес выяснение возможной природы этого явления [1]. Использование веществ, обладающих репаративной активностью, позволяет вычленить вклад восстановительных систем клеток в реализацию генетических поломок, имеющих, во всей видимости, длительный период потенциальной реализации. Одним из таких веществ является парааминобензойная кислота (ПАБК), а вторым – экстракт из клеток солеустойчивой водоросли дуналиеллы (*Dunaliella salina*).

Целью работы был анализ отдаленного действия нефти и комбинированного действия нефти, ПАБК и дуналиеллы на морфометрические показатели пшеницы мягкой (*Triticum aestivum*).

Для изучения влияния нефти, ПАБК и экстракта дуналиеллы использовали пшеницу мягкую сорта Тюменская-80. В лабораторном эксперименте у пшеницы анализировали выживаемость проростков и морфометрические показатели (количество корней, длина корня, длина гипокотилия, количество листьев, длина листа, ширина листа). Объем выборки составил по 100 семян каждого варианта опыта. В эксперименте использовали следующие варианты опытов:

1. Контроль (К) – семена пшеницы сорта Тюменская – 80 без обработки.
2. Опыт 1 (О1) – семена с растений, обработанных 3 года назад раствором ВРФН (28 мг/л, в течение 24 часов).
3. Опыт 2 (О2) – семена с растений, обработанных 3 года назад раствором ВРФН, а затем на следующий год – раствором ПАБК (0,001%, в течение 24 часов).
4. Опыт 3 (О3) – семена пшеницы, обработанных 3 года назад раствором ВРФН, а затем на следующий год – раствором дуналиеллы (1 мл экстракта дуналиеллы и 100мл дистиллированной воды).

Таблица 1

**Всхожесть семян пшеницы мягкой в ходе эксперимента**

Вариант эксперимента	Кол-во	Всхожесть семян пшеницы мягкой (%) на			
		3 день	5 день	10 день	15 день
К	100	18±2,8	29±2,5	33±2,7	33±2,7
О1 (ВРФН)	100	17±2,8	22±2,1*	23±2,2*	23±2,2*
О2 (ВРФН+ПАБК)	100	22±2,1	25±2,3	25±2,3*	25±2,3*
О3 (ВРФН+дунал.)	100	44±2,9*	48±2,9*	54±2,9*	54±2,9*

\* – статистически достоверные различия ( $P \leq 0,05$ ) между контролем и вариантом эксперимента

Всхожесть семян анализировали в течение 15 дней. Всхожесть семян, 3 года назад обработанных раствором ВРФН, была ниже ( $P \leq 0,05$ ) контрольного уровня на 5,10 и 15 дни наблюдения (табл. 1), т. е. проявляется эффект отдаленного действия нефти, что свидетельствует о способности нефти вызывать в клетке длительные, сохраняющиеся в течение 3 лет, нарушения. Всхожесть семян при использовании ПАБК на фоне нефтяной обработки выходила на уровень контроля на 5 день наблюдения, т.е. ПАБК снижало повреждающее действие ВРФН в один из сроков наблюдения. В варианте О3 (ВРФН+дунал.) было показано, что дуналиелла, использованная на фоне об-

работки ВРФН, увеличивает всхожесть семян во все сроки наблюдения, т.е. экстракт дуналиеллы обладает ярко выраженным репарагенным характером. Наряду с анализом всхожести семян в конце эксперимента учитывали морфометрические показатели проростков (табл. 2). Отдаленный эффект действия ВРФН в О1 проявляется при учете длины корней и листьев: длина уменьшается, т.е. проявляется ЭОД нефти у проростков. Использование ПАБК на фоне нефтяного загрязнения, показало, что практически все изученные показатели (за исключением количества корней у проростков) были выше ( $P \leq 0,05$ ) контрольного уровня. Это свидетельствует о защитном действии ПАБК при повреждениях, вызванных воздействием нефти. Экстракт дуналиеллы, используемой на фоне обработки ВРФН, статистически значимо увеличивала количество корней и их длину, а также количество листьев и их ширину. Сравнение эффекта действия ПАБК и дуналиеллы на фоне отдаленного действия ВРФН показало, что они действуют на морфометрические показатели одностипно, увеличивая показатели по сравнению с действием только ВРФН.

Таблица 2

**Морфометрические показатели пшеницы мягкой в конце эксперимента**

Вариант эксперимента	Кол-во корней, шт.	Длина корня, см	Кол-во листьев	Длина листа, см	Ширина листа, см
К	5,2±0,23	6,3± 0,66	1,4±0,13	6,9±0,80	0,12±0,01
О1 (ВРФН)	4,7±0,24	4,7± 0,29*	1,3±0,15	4,9±0,94*	0,13±0,04
О2(ВРФН+ПАБК)	5,7±0,34	9,4 ± 0,31*	1,9±0,13*	12,1±0,53*	0,20±0,05*
О3 (ВРФН+ дунал.)	5,9±0,24*	9,7±0,20*	1,6±0,56*	7,5±0,53	0,14±0,03*

\* – статистически достоверные различия ( $P \leq 0,05$ ) между контролем и вариантом эксперимента.

Проведенные исследования влияния водорастворимой фракции нефти на пшеницу показали наличие эффектов отдаленного действия ВРФН, сохранившихся в течение 3 лет после обработки. Вероятно, длительное сохранение нарушений в клетках растений связано с генетической природой возникающих нарушений. Можно предположить, что в клетках возникают длительно существующие лабильные состояния наследственного материала, которые могут реализоваться в нарушения, а могут быть восстановлены до нормального состояния при использовании модификаторов – ПАБК и экстракта дуналиеллы [3]. В наших экспериментах эффективность модифицирующего действия экстракта дуналиеллы была выше при учете всхожести семян.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Выявлены эффекты отдаленного действия ВРФН (3 года после обработки при ежегодном выращивании растений) на пшеницу мягкую, регистрируемые по снижению всхожести семян и морфометрическим показателям.

2. ПАБК и дуналиелла на фоне нефтезагрязнения увеличивает всхожесть семян и большинство исследуемых морфометрических показателей, что свидетельствует об их репарагенной активности.

3. Эффективность действия экстракта дуналиеллы на показатели жизнедеятельности проростков пшеницы выше, чем эффективность действия ПАБК.

#### Список литературы

1. Петухова Г.А. Механизмы устойчивости организмов к нефтяному загрязнению среды. Тюмень: Изд-во ТюмГУ. 2008. – 182 с.
2. Полищук, Ю. М. Оценка воздействия нефтедобычи на лесоболотные экосистемы // Ю.М. Полищук // Сибирский экологический журнал. – 2005. – № 1. – С. 3-11.
3. Петухова Е.С., Перекупка А. Г., Петухова Г.А. Активация биохимических механизмов защиты растений при действии нефтяного загрязнения и парааминобензойной кислоты // Вестник ТюмГУ. 2013, № 6. С. 41-47.

### ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАБК КАК МОДИФИКАТОРА ПОВРЕЖДАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ НЕФТИ НА ПРИМЕРЕ ОВСА ПОСЕВНОГО (*AVENA SATIVA*)

*Иванова А.Е.*

студентка института Биологии,  
Тюменский государственный университет, Россия, г. Тюмень

*Петухова Г.А.*

профессор кафедры экологии и генетики, д-р биол. наук,  
Тюменский государственный университет, Россия, г. Тюмень

В статье приводятся данные о возможности модификации негативного действия нефтяного загрязнения среды с помощью парааминобензойной кислоты (ПАБК). Показано, что все изученные морфометрические показатели овса посевного увеличиваются при использовании ПАБК на фоне нефтяного загрязнения среды.

*Ключевые слова:* ПАБК, нефтяное загрязнение, овес посевной, морфометрические показатели.

Загрязнение нефтью почв по размерам проявления и глубине последствий занимает одно из первых мест в экологических проблемах современности. Загрязнение почв нефтью является неизбежным последствием использования технологических процессов ее добычи, переработки и транспортировки [1]. Нефть в больших концентрациях оказывает ингибирующее воздействие на рост и развитие растений. На организменном уровне действие нефти проявляется в морфологических и физиологических нарушениях в отдельных растениях [2]. Под влиянием углеводородов происходит гибель растительного покрова, замедляется рост растений, отмечается хлороз и тенденция к обезвоживанию, нарушаются функции фотосинтеза и дыхания, изменяется структура хлоропластов. При действии нефтяного загрязнения углеводороды нефти оказывают повреждающее действие на мембраны клеток, происходит образование свободных форм кислорода, которые инициируют разрушение липидов – перекисное окисление [3].



В качестве активатора защитных механизмов использовали парааминобензойную кислоту (ПАБК). Регулируя активность ферментов, ПАБК повышает адаптивность организма в неблагоприятных условиях среды, т.е. является адаптогеном. Для повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды используют различные физиологически активные вещества, среди которых особое место занимает парааминобензойная кислота [4].

Целью работы был анализ изменения морфометрических показателей Овса посевного (*Avena sativa*) при комбинированном действии нефти и ПАБК.

Задачи работы – исследовать следующие морфометрические показатели: а) длину самого длинного корня; б) длину первого листа; г) длину гипокотыля.

В емкостях проращивали семена овса посевного. Для опыта было взято 100 семян овса. Для контроля использовали чистую почву. В О1 была добавлена нефть в концентрации 3%. В почву О2 была добавлена 0,001 мг ПАБК. О3 был комбинированным: была добавлена 3 % нефть и 0,001 мг ПАБК. В конце эксперимента были проведены измерения морфометрических показателей проростков.

Проведенный анализ показал, что ПАБК статистически значительно увеличивает все изучаемые показатели. Нефтяное загрязнение снижало ( $P < 0,05$ ) длину корней, длину листьев и гипокотыля. При совместном действии нефти и ПАБК длина корней и длина гипокотыля остаются ниже контрольного уровня ( $P < 0,05$ ), а длина листьев увеличивается по сравнению с уровнем контроля ( $P < 0,05$ ). Следует отметить, что, не смотря на то, что длина корня и гипокотыля при комбинированном действии нефти и ПАБК остаются ниже уровня контроля, изучаемые показатели увеличиваются по сравнению с действием только нефтяного загрязнения. Это, вероятно, связано с тем, что ПАБК, обладая адаптогенными свойствами, восстанавливает, хотя бы частично, изучаемые показатели.

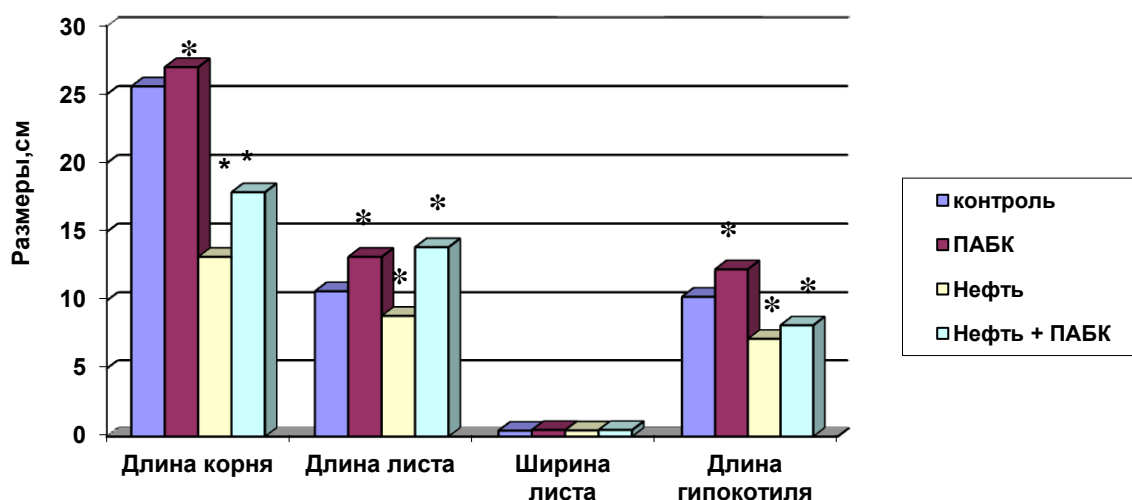


Рис. Морфометрические показатели овса посевного в конце эксперимента

Проведенные исследования показали возможность использования парааминобензойной кислоты для модификации действия нефти на растения. ПАБК улучшает морфометрические показатели растений, выступая в качестве протектора от повреждающего действия нефтяного загрязнения. Полученные в ходе эксперимента результаты имеют большое практическое значение при проведении рекультивационных работ на территориях, подвергнутых нефтяному загрязнению.

#### **Список литературы**

1. Питерс А. Разливы нефти и окружающая среда / А. Питерс // Экология. – 2006 – № 4. 18 с.
2. Московченко Д.В. Нефтегазодобыча и окружающая среда: эколого-географический анализ Тюменской области: монография. Новосибирск, 1998. 122 с.
3. Петухова Г.А. Эколого-генетические последствия воздействия нефтяного загрязнения на организмы: дис. ... д-ра биол. наук. Тюмень, 2007. 526 с.
4. Строева О.Г. Биологические свойства парааминобензойной кислоты /Онтогенез. 2000. Т. 31, № 4. С. 259-283.

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ БЕЛГОРОДА**

*Корнеев А.А.*

тренер танцевального спорта, Муниципальное бюджетное учреждение культуры «Центр досуга», Россия, г. Белгород

*Хорольская Е.Н.*

доцент кафедры экологии, физиологии и биологической эволюции, канд. биол. наук, НИУ «БелГУ», Россия, г. Белгород

В статье рассматривается относительно новое и быстро развивающееся направление биологии человека – это исследование состава тела человека с целью неинвазивной донозологической диагностики состояния организма человека.

*Ключевые слова:* нутритивный статус, антропометрия, анализатор состава тела, биоимпедансметрия, модель состава тела, жировая масса тела, безжировая масса тела.

«Объективными показателями здоровья населения, отражающими уровень физической активности и сбалансированность питания, являются физическое развитие и нутритивный (питательный) статус. Для оценки рисков нарушений нутритивного статуса, заболеваемости и смертности в практике эпидемиологических исследований наряду с антропометрическими методами применяются методы оценки состава тела. Наиболее распространённым методом определения состава тела человека на сегодняшний день является биоимпедансный анализ» [2].

В Белгороде с 2012 по 2016 г.г. авторами проведены обследования представителей популяции с целью изучения нутритивного статуса и связи конституции организма с физиологией и морфологией. В качестве методов

исследования применяли антропометрию и биоимпедансометрию. При антропометрии использовали: стандартный ростомер, сантиметровую ленту, электронные весы. При измерениях биоимпедансометрии применяли анализатор состава тела [3], измерения производились в положении пациента «стоя» по четырехэлектродной схеме. Результаты измерений заносили в таблицу, после чего производили необходимые вычисления. Модель состава тела принята двухкомпонентная, согласно которой масса тела равна сумме жировой и безжировой массы.

Общее количество обследованных – 347 человек, в том числе 297 женщин и 50 мужчин. Обследованные были распределены на две возрастные группы: I (18...29 лет) – 168 женщин, 19 мужчин; II (30...78 лет) – 129 женщин, 31 мужчина.

Основные параметры для расчетов и определения нутритивного статуса: масса тела, жировая масса тела (ЖМТ), безжировая масса, равная сумме общей мышечной массы и массы кальция и минералов, физический тип. Отклонения основных параметров определяли соответственно со значениями табличных данных, указанных в документации прибора [3]. Отклонения от нормы, означающие риск для здоровья обследуемых, присутствуют даже при нормальном физическом типе, при других физических типах влияние на степень риска выражено больше. В данном исследовании учтена рекомендация группы авторов (2014) «...базовый уровень относительного риска принимался равным единице и соответствовал значениям %ЖМТ, равным 19,2% для мужчин и 26,7% для женщин» [2, с. 68].

В результате проведенных исследований установлено, что всего в зоне риска находится 54,9% женщин и 60,0% мужчин, что составляет 55,6% от общего количества обследованных. При рассмотрении по группам пациентов получены следующие данные: в I-ой группе в зоне риска находятся 47,6% женщин и 52,6% мужчин; во II-ой группе в зоне риска находятся 64,3% женщин и 64,5% мужчин. Возможными причинами отклонений у пациентов I-ой группы являются предположения, обозначенные В.А. Руженковым с соавторами [1].

При устном опросе пациентов установлено, что основной причиной значимых отклонений является поведение людей, что непосредственно связано с их образом жизни. Пациентам были даны рекомендации по ведению здорового образа жизни. При значительных отклонениях исследуемых параметров от нормы было рекомендовано обратиться к специалисту.

#### Список литературы

1. Аддиктивное поведение студенческой молодежи: систематика, распространенность, клиника и профилактика. В.А. Руженков, И.С. Лукьянцева, В.В. Руженкова. – Научные ведомости БелГУ. – Серия медицина, фармация.- 2015. № 10 (207). – Выпуск 30. – С. 13.
2. Биоимпедансное исследование состава тела населения России / С.Г. Руднев, Н.П. Соболева, С.А. Стерликов, Д.В. Николаев, О.А. Старунова, С.П. Черных, Т.А. Ерюкова, В.А. Колесников, О.А. Мельниченко, Е.Г. Пономарёва. – М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2014. – 493 с.
3. Body Composition Guide for InnerScan. 2008 TANITA Corporation. All Right Reserved.-24s BC5907901(0)

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КСИЛИТА**

*Кудасова Д.Е.*

старший преподаватель кафедры «Биотехнология»,  
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова,  
Казахстан, г. Шымкент

*Алибай А.М., Асанова Д.А., Абдуалиева А.К.*

студенты кафедры «Биотехнология»,  
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова,  
Казахстан, г. Шымкент

В статье проведены исследования по изучению химического состава углеводсодержащих сельскохозяйственных и промышленных отходов – рисовая лузга, пшеничная солома, гуза-пая, пивная дробина, меласса и др. – которые в Республике Казахстан являются многотоннажными и ежегодно возобновляются. В результате сопоставления полученных данных для получения глюкозы выбрана гуза-пая, для получения ксилитозы – пивная дробина, что является новым для нашей республики.

*Ключевые слова:* промышленные отходы, ксилит, сорбит, арабиноза, химический состав, твердая фаза.

Основным критерием при переработке отходов является их стоимость, объем, доступность и локализация, а также химический состав и технологические свойства. Однако их эффективное превращение в биологически усвояемые сахара – сложная задача, над которой работают научные коллективы во всем мире. При этом исследуются возможности использования непосредственно микроорганизмов, комплексов ферментов, химических гидролизующих агентов для эффективного превращения непищевого сырья в усвояемые сахара.

Разрабатываемые в настоящее время технологии переработки так и не нашли своего промышленного применения в силу серьезных затруднений, связанных с регенерацией кислот, дороговизной ферментов, многостадийностью процессов, сложным аппаратным оформлением, с требованиями экологической безопасности производства. К тому же отсутствует исследовательское технологическое оборудование, позволяющее на лабораторной стадии оценить технико-экономические характеристики соответствующих технологий, что затрудняет решение вопросов определения перспективы внедрения в производство получаемых научных результатов.

Поэтому разработка эффективной технологии для осуществления процессов переработки углеводсодержащих сельскохозяйственных и промышленных растительных отходов с возможностью ценных продуктов является чрезвычайно актуальной задачей.

Объектом исследования являются многотоннажные углеводсодержащие сельскохозяйственные и промышленные растительные отходы.

Цель работы – техническое обоснование и разработка технологии глубокой переработки углеводсодержащего сырья для получения ксилита и сорбита посредством химического и ферментативного гидролитического гидролиза и гидрирования углеводсодержащего растительного сырья и отходов, основанных на использовании совмещенного (гибридного) процесса.

Методология проведения работы основана на изучении химического состава углеводсодержащих отходов, выборе наиболее оптимальных по составу, разработке технологии выделения полисахаридов и оригинальных способов кислотного и ферментативного гидролиза, сравнении данных способов с целью определения вероятности реализации процессов на основе совмещения.

Проведены исследования по изучению химического состава углеводсодержащих сельскохозяйственных и промышленных отходов – рисовая лузга, пшеничная солома, гуза-пая, пивная дробина, меласса и др. – которые в Республике Казахстан являются многотоннажными и ежегодно возобновляются. В результате сопоставления полученных данных для получения глюкозы выбрана гуза-пая, для получения ксилитозы – пивная дробина, что является новым для нашей республики.

Для получения полисахаридов осуществлены процессы автогидролиза и натронной варки гуза пай и выделение гемицеллюлоз пивной дробины.

Разработанные усовершенствования установки низко- и высокотемпературного гидролиза для исследования кинетики процессов деполимеризации полисахаридов растительного сырья и отходов позволили контролировать скорость химических реакций в процессе гидролиза. Осуществлен ферментативный гидролиз гуза-пай и пивной дробины при следующих условиях: штаммы *Aspergillus niger*., *Trichoderma sp.*, при температуре 27<sup>0</sup>-37<sup>0</sup>С.

Проведено сопоставление эффективности кислотного и ферментативного методов гидролиза.

Твердая фаза дробины содержит оболочку и нерастворимую часть зерна [1, 2].

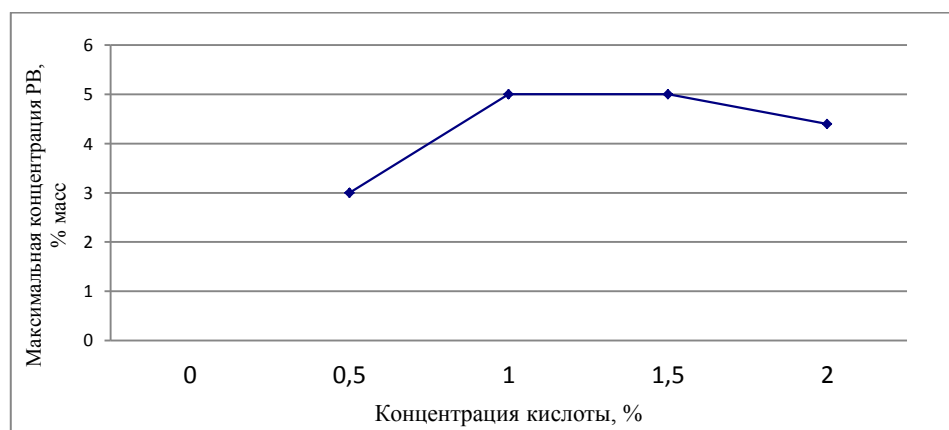


Рис. 1. Зависимость достигаемой концентрации РВ при 150 °С в процессе гидролиза пивной дробины от концентрации сернистой кислоты

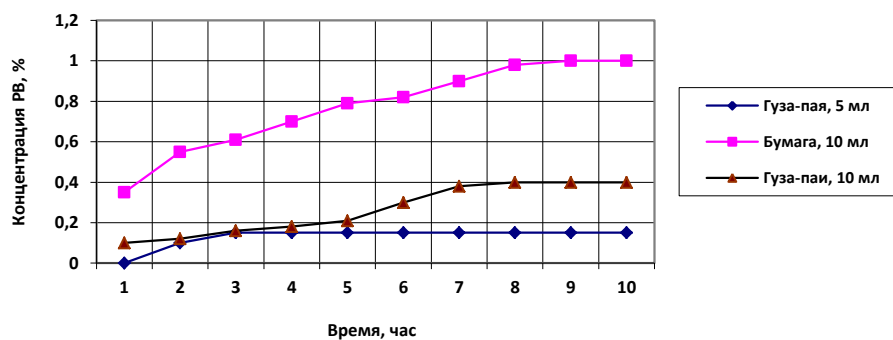


Рис. 2. Изменение концентрации РВ в процессах ферментализации бумаги и гуза-пай ферментом СВ-100

Таким образом, закономерности процессов гидролиза гуза-пая и пивной дробины качественно идентичны [3]. Однако, вследствие наличия в составе пивной дробины относительно легко гидролизуемого крахмала, скорость нарастания концентрации Сахаров в процессах гидролиза пивной дробины при идентичных режимных параметрах выше, чем в процессах гидролиза гуза-пая. Соответственно, выше примерно в 1,5 раза и достигаемая концентрация сахаров (~6,3 % масс, против = 4,2 % масс).

#### Список литературы

1. Колпакчи А.П., Голикова Н.В., Андреева О.В. Вторичные материальные ресурсы пивоварения. – М.: Агропромиздат, 1986. – 160 с.
2. Тихомиров В.Г. Технология пивоваренного и безалкогольного производств. – М.: Колос, 1999. – 448 с.
3. Пехер К. Тепловая утилизация пивной дробины // Пиво и напитки. 2006. – №5. – 93-97 с.
4. Холькин Ю.И. Новые методы гидролиза растительного сырья // ВНИИСЭНТИ. – М., 1995. – 227 с.

## ПРИЧИНЫ ПОРЧИ ПОЧВЫ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

*Мирахмедов Ф.Ш., Рахимов А.Д.*

ассистенты кафедры «Генетика, селекция и семеноводство с/х культур», Андижанский сельскохозяйственный институт, Узбекистан, г. Андижан

*Абдурахимова А.Р., Уроков К.Э.*

магистранты факультета «Агрономия», Андижанский сельскохозяйственный институт, Узбекистан, г. Андижан

В нарастающем процессе производственной деятельности человеческого общества происходит естественный процесс изъятия из природы необходимых веществ: сырья для промышленности, воды, продуктов для питания, леса и других природных ресурсов. Одновременно нарастает выброс в природу отходов, отработанных предметов и так далее.

Кроме того, человеческое общество перестраивает природу для своих нужд, в первую очередь для сельскохозяйственного производства, существенно ее изменяя.

Рациональное и плановое использование природных ресурсов, защита окружающей среды от загрязнения легли в основу наших научных изысканий.

*Ключевые слова:* почва, загрязнение почвы, природа, природная среда, эрозия, плодородие, биогеоценозы, агробиоценозы.

Почва, это удивительное творение природы, представляет часть окружающей человека природной среды. Она возникает в результате сложного взаимодействия атмосферы, литосферы, гидросферы, растительного и животного мира. Внутри самого почвенного слоя постоянно происходит закономерный круговорот веществ. В нем участвуют многообразные макро и микроорганизмы, корни наземных растений, химические элементы и так далее. Считается, что мощность почвы зависит от экологических условий и является результатом борьбы двух противоположных процессов – почвообразования. Направленного на увеличение глубины вертикального слоя почвы, и естественной эрозии, препятствующей этому.

Почва представляет собой незаменимый природный ресурс. Сегодня наука не в состоянии рекомендовать пути замены естественных почв искусственными. По всей вероятности, и в дальнейшем это сделать не удастся. Как бы ни были совершенны способы выращивания растений без почвы, такими как гидропонный, плаstopонный, аэропонный, они ни в коей мере не могут заменить ее. Поэтому задачей первостепенной важности было и остается поддерживать способность почв к самовозобновлению в процессе почвообразования.

Русский учёный В.В. Докучаев писал, что русский чернозем дороже каменного угля, дороже нефти, дороже золота. Это обязывает нас всячески беречь почву от изнашивания и разрушения, памятуя, что на уход и заботу она отвечает соответствующей прибавкой урожая, повышением продуктивности. Почва является таким природным ресурсом, который при правильной эксплуатации не убавляется, а сохраняется и улучшается [1, 44 с].

#### **Причины порчи почвы.**

Основной причиной выведения из строя почвы является эрозия. Под эрозией подразумевается разрушение или смыв плодородного слоя. Эрозию почв принято делить на ветровую и водную. Сейчас известны еще ирригационная и техногенная эрозия. Существует также геологическая эрозия. Она представляет собой естественный процесс и также приносит известный вред.

Загрязнение почвы происходит и от выброса промышленных отходов в атмосферу. Химические вещества попадают в почву с осадками и служат причиной ее химического загрязнения. Вследствие этого нарушается химизм почвы, ее кислотность, почва теряет плодородие, растения плохо развиваются или гибнут.

Почва загрязняется также при неразумном применении ядохимикатов. Устойчивые гербициды, инсектициды и другие ядохимикаты, накапливаясь в

почве, способствуют химическому ее загрязнению и вызывают гибель почвенных организмов.

Накопление ядохимикатов и гибель почвенных организмов сказываются на почвообразовательных процессах и снижают плодородие почвы.

В результате неправильно организованного полива, при отсутствии дренажа и при других обстоятельствах возникает засоление почвы. В различных государствах Африки, Азии широко распространено вторичное засоление почв на орошаемых полях. Происходит это при подъеме по капиллярам почвы неглубоко залегаемых минерализованных вод. Вода испаряется, а соли остаются. Вторичное засоление наблюдается также при неумеренном поливе, когда происходит подъем грунтовых вод, заболачивание и засоление почвы солями, которые растворяются в этих водах. От засоления и заболачивания ежегодно гибнет 250-300 тыс. га поливных земель планеты [3, 53 с].

### **Охрана и рациональное использование почвы в сельском хозяйстве.**

В природе все больше проявляются изменения, вызываемые сельскохозяйственной деятельностью человека, в связи с увеличением продовольственных потребностей и с ростом населения. В результате естественные биогеоценозы вытесняются пашнями, садами, огородами, поливными лугами, искусственными пастбищами и возникают трансформированные экосистемы – агробиоценозы.

Агробиоценозами принято называть искусственные сообщества, формирующиеся в результате растениеводческой и животноводческой деятельности человека.

Когда говорилось о борьбе с водной и ветровой эрозией, подчеркивалась необходимость осуществления многих мероприятий. Это – полевые, приовражные и прибалочные насаждения, гидротехнические сооружения в оврагах, специальные приемы обработки почвы и правильное размещение сельскохозяйственных культур. Все это вносит разнообразие в природную среду и поддерживает ее экологическую мозаику, что способствует поддержанию устойчивости и динамического равновесия естественных и искусственных биогеоценозов. Следовательно, мероприятия, проводимые в сельском хозяйстве одновременно с решением хозяйственных задач, прямо способствуют экологическому разнообразию в природе, повышению продуктивности ландшафтов и их охране.



Рис. Сельскохозяйственные угодья планеты (по Ф.Ш.Мирахмедову 2015)



В сельскохозяйственных угодьях планеты насчитывается огромное количество агробиоценозов. Агробиоценозы с их посевами занимают в настоящее время в мире около 1,3 млрд. га, что составляет примерно 10 % всей поверхности суши. Пашни дают человечеству 88 % пищевой энергии. Кроме того, примерно 10 % этой энергии люди получают от пастбищных экосистем. Около 2 % пищевой энергии дает людям Мировой океан. Приведенные цифры ясно показывают, какое значение имеет сельское хозяйство в снабжении человечества продовольствием.

Ниже приводятся основные вопросы по охране природы, на которых должно быть сосредоточено внимание специалистов сельского хозяйства.

1. Рациональное использование земель, их охрана, освоение правильных севооборотов. Осуществление комплекса агротехнических, гидротехнических, луго-и лесомелиоративных мероприятий по борьбе с ветровой и водной эрозией почв.

2. Осуществление комплекса мероприятий по защите сельскохозяйственных растений и животных от вредителей и болезней.

3. Строгое соблюдение установленных правил по применению пестицидов, предусматривающих недопущение накопления ядохимикатов в сельскохозяйственной продукции, почве, водоисточниках.

4. Установление в каждом конкретном случае целесообразности использования химических средств; осуществление правильной транспортировки и хранения ядохимикатов, исключающих загрязнение природной среды и отравление домашних животных, гибель полезной фауны.

5. Строгое соблюдение установленных правил уничтожения запрещенных к применению и пришедших в негодность ядохимикатов.

6. Предотвращение загрязнения почвы и водоисточников возбудителями инфекционных заболеваний.

7. Охрана лесов, защитных и озеленительных лесонасаждений от поправ скотом, лесных пожаров, повреждений механизмами, ядохимикатами, облесение оврагов, балок, песков и других неудобных земель; создание и охрана полезащитных лесонасаждений. Озеленение населенных пунктов, животноводческих комплексов и других культурно – бытовых и производственных объектов.

Основными направлениями экономического и социального развития Узбекистан на 2016-2020 годы и на период до 2030 года намечено повысить действенность государственного контроля за состоянием природной среды и источниками загрязнения, улучшить техническое оснащение этой службы эффективными автоматическими приборами и оборудованием. Расширить формы и методы участия в этой работе общественных организаций и населения. Воспитывать у простых людей чувство высокой ответственности за сохранение и приумножение природных богатств, бережливое их использование, совершенствовать управление делом охраны природы в стране.

#### **Список литературы**

1. Банников А.Г., Рустамов А.К. Охрана природы. М.: Колос, 1977. 43-45 с.

2. Вахобов А. Тиркашев Л. Эликсир плодородия почвы. Андижан. Издательство «Андижан» 1997. 12 с.
3. Макевнин С.Г. Охрана природы. Волгоград, 1976. 51-54 с.
4. Смирнова А.А. Семеноводство с основами селекции полевых культур. М.; Ростов на Дону: Издательский центр «Март», 2004. 17 с.

## **БИОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ГРИБОВ *TRICHODERMA SPP.* В СОВРЕМЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ**

***Павловская Н.Е.***

зав. кафедрой биотехнологии, д.б.н., профессор,  
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, Россия, г. Орёл

***Гнеушева И.А.***

старший преподаватель, к.т.н.,  
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, Россия, г. Орёл

***Лушников А.В.***

научный сотрудник, аспирант кафедры биотехнологии,  
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, Россия, г. Орёл

***Карначёва О.Г.***

студент кафедры биотехнологии,  
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, Россия, г. Орёл

В статье рассматриваются вопросы комплементарных исследований биологической активности видов *Trichoderma spp.* и их потенциальной токсикогенности в связи с тем, что в последнее время оппортунистические грибы признаются патогенными в иммунологической супрессии хозяина. Исследователям предстоит открыть ещё многие соединения этого уникального микроорганизма и разгадать их роль, прежде всего, в качестве биохимического агента в биоконтроле.

*Ключевые слова:* биологическая активность, грибы рода *Trichoderma spp.*, биологическая безопасность.

В настоящее время мицелиальные грибы *Trichoderma spp.* стали значительно шире использоваться в биотехнологических разработках, так как они достаточно полно удовлетворяют основным требованиям современной биотехнологии – это экономичность, экологичность, возможность масштабирования, краткосрочные ферментации и др.

В мире так называемая «эксплуатация» этих микроорганизмов в области молекулярной биологии, биотехнологии и сельского хозяйства широко отражена во многочисленных омикс-исследованиях [1].

В течение последних двух десятилетий значительные успехи сделаны в понимании молекулярных механизмов управления антагонистическими и полезными свойствами мицелиальных грибов в контроле фитопатогенов и для усиления роста и развития растений [4].

*Trichoderma spp.* – оппортунистический авирулентный симбиот растения, колонизируя корни которого, устанавливает химическую связь и системно изменяет экспрессию множества генов в растительном объекте [3].

Грибы *Trichoderma spp.* секретируют около 200 соединений с антибактериальным, антигрибным, цитотоксическим и антипротозойным действием. Среди них пептаиболы – новая группа природных пептидных антибиотиков [5].

Исследователям предстоит открыть ещё многие соединения этого уникального микроорганизма и разгадать их роль, прежде всего, в качестве биохимического агента в биоконтроле.

При этом, использование штаммов не потенциально вредных и токсических для человека, а также сотрудничество экологов, генетиков, биохимиков, физиологов растений, токсикологов и других исследователей в этой области, позволит получению новых биопрепаратов для технологий производства полноценной, экологически чистой, оздоравливающей сельскохозяйственной продукции растительного и животного происхождения, на основе высоко оппортунистических видов *Trichoderma spp.*, которые защищены своей уникальной генетической природой от экологических условий.

Споры, клетки, продукты метаболизма мицелиальных микроорганизмов как продуценты в биотехнологиях являются неким «биологическим фактором» воздействия на человека и окружающую среду. И связано это с их способностью размножаться в естественных и искусственных условиях, продуцировать биологически активные вещества и тем самым оказывать неблагоприятное влияние на здоровье людей.

Комплементарные исследования биологической активности видов *Trichoderma spp.* и их потенциальной токсикогенности важны в связи с тем, что в последнее время оппортунистические грибы признаются патогенными в иммунологической супрессии хозяина. Они не вызывают болезни у здоровых макроорганизмов, но могут быть причиной инфекции у организмов с ослабленными иммунными функциями [2].

Усиление требований к безопасности применения *Trichoderma spp.* в современной биотехнологии является обязательной частью научных исследований.

#### Список литературы

1. Druzhinina I.S., Seidl-Seiboth V., Herrera-Estrella A., Horwitz B.A., Kenerley C.M., Monte E., Mukherjee P.K., Zeilinger S., Grigoriev I.V., Kubicek C.P. (2011). *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. *Nature Rev. Microbiol.* 9 (10): 749–759.
2. Druzhinina, I.S., Komon-Zelazowska M., Kredics, L., Hatvani, L., Antal, Z., Belayneh, T. & Kubicek, C. P. (2008). Alternative reproductive strategies of *Hypocrea orientalis* and genetically close but clonal *Trichoderma longibrachiatum*, both capable of causing invasive mycoses of humans. *Microbiology* 154, 3447–3459.
3. Harman G.E., Howell C.R., Viterbo A., Chet I., Lorito M. (2004). *Trichoderma* species – opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nat. Rev. Microbiol.* 2 (1): 43–56.
4. Vinale F, Sivasithamparam K, Ghisalberti EL, Marra R, Woo SL, Lorito M. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. *Soil Biol Biochem* 2008; 40: 1-10.
5. Rohrich C. R., Jaklitsch W. M., Voglmayr H. et al., “Front line defenders of the ecological niche! Screening the structural diversity of peptaibiotics from saprotrophic and fungicolous *Trichoderma/Hypocrea* species,” *Fungal Diversity*, vol. 69, no. 1, pp. 117–146, 2014.

## ОЦЕНКА ДИНАМИКИ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ УЧЕБНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА НФИ КЕМГУ

*Подурец О.И.*

доцент кафедры естественно-научных дисциплин и методики преподавания,  
канд. биол. наук, доцент, Кемеровский государственный университет,  
Россия, г. Новокузнецк

*Гильфанова Р.Р.*

студентка естественно-географического факультета,  
Кемеровский государственный университет, Россия, г. Новокузнецк

Природно-климатические условия учебного ботанического сада благоприятны для ведения сельскохозяйственного производства. Длительное использование почв в хозяйственной деятельности повлияло на ряд агрохимических показателей. Одним из важных показателей состояния почв является кислотность среды, анализ которой приводится в статье.

*Ключевые слова:* почва, учебно-ботанический сад, кислотность среды, мониторинг, агрохимическая картограмма кислотности.

Почвы учебного ботанического сада используются в хозяйственной деятельности с 1956 года. На этой территории проводятся учебные практики с основами сельского хозяйства для студентов биологов. С учётом длительности использования почв для выращивания различных культур в рамках полевых опытов, использование различных технологий обработки почв, агрохимического прессинга, связанного с внесением различных химических препаратов, стала актуальна проблема корректировки агрохимической картограммы почвенной кислотности.

**Цель работы:** провести экологический мониторинг кислотности почв учебного ботанического сада в условиях различного хозяйственного использования.

**Методика.** Объектом исследования являются почвы учебного ботанического сада, предметом – процессы изменения кислотности почвенной среды на основе анализа многолетних данных (1968-2015гг). В работе использовалась общепринятая методика определения рН водной вытяжки и составления картограмм [1, с. 27; 3, с. 205].

**Результаты и их обсуждение.** Почвенный покров учебного ботанического сада представлен серыми лесными и лугово-болотными типами почв. Наибольшую площадь территории занимают темно-серые лесные, доля площади серых лесных глееватых и лугово-болотных незначительна (> 10%). Лучшими физическими свойствами отличаются темно-серые почвы, они характеризуются большей влагоемкостью, высоким содержанием доступной для растений влаги, меньшей плотностью твердой фракции. Для почв характерен периодически промывной тип водного режима. В почвах просматриваются процессы оглеения, диагностируемые железистыми новообразованиями

в нижней части профиля у серой лесной почвы и почти по всему профилю у лугово-болотной. По грансоставу почвы среднесуглинистые и довольно распылены, от крупно-зернистой до глыбистой структуры [2, с. 107].

Важным агрохимическим показателем экологического состояния почв является кислотность почвенной среды. Кислотность почвенного раствора влияет на рост и развитие растений, которые не только находятся в зависимости от среды, но сами способны воздействовать на величину рН, приспосабливаясь к своим потребностям. Кислотность почвы зависит не только от общего содержания в нём кислоты или щёлочи, но и от соотношения концентрации свободных водородных и гидроксидных ионов. Реакция среды по величине рН делится на группы от резкокислой (рН 3,0-5,0) до резкощелочной (рН 10-12).

Анализ данных за 1968 г. выявил, что диапазон значений изменялся от сильнокислой (min рН 5,0) до нейтральной (max рН 6,8). Изолинии картограммы совпадают с изолиниями рельефа естественных понижений. В данных 1984 г. диапазон значений изменялся от сильнокислой (min рН 5,5) до нейтральной (max рН 7,2). Прослеживается сдвиг изолиний картограммы, приуроченность сильнокислых почв к участкам с наибольшей антропогенной нагрузкой. Картограмма кислотности почвы за 2008 год содержит ареалы щелочных почв (диапазон рН 7,5 – 8,2), которые ранее не прослеживались в данных. Приуроченность ареала к геоморфологическим особенностям, а также к виду проводимой на тот период хозяйственной деятельности и к видам растительности, выращиваемых на этом участке, не выявлена. Вероятно, сдвиг рН в щелочную сторону связан с внесением каких-либо удобрений или препаратов, сильно изменивших почвенную среду. Спектр данных и картограмма кислотности почвы 2013 года [2, с. 110] характеризуется наибольшей вариабильностью показателей и мозаичностью ареалов групп кислотности от резкокислых до слабощелочных.

На основании изученного полевого и картографического материала были сделаны следующие **выводы**:

1. Длительный сельскохозяйственный прессинг определил современное агрохимическое состояние почв. При изменении хозяйственного использования различное соотношение элементов в почве и, как следствие рН, изменяется.

2. Появление мозаичности и широкого диапазона значений рН для сравнительно небольшой территории определяет необходимость проведения мероприятий по стабилизации кислотности среды, что является одним из условий при проведении организационно-хозяйственных мероприятий на территории учебного ботанического сада.

#### Список литературы

1. Подурец О.И. Практикум по географии почв с основами почвоведения. Новокузнецк: РИО Куз ГПА, 2009. – 41 с.
2. Подурец О.И., Прошкин Б.В. Агрохимическая характеристика почв учебно-ботанического сада Новокузнецкий филиал-институт // Теоретические и прикладные во-

просы науки и образования. Тамбов: ООО Консалтинговая компания Юком, 2015. С.107-110.

3. Пособие по проведению анализов почв и составлению агрохимических картограмм. – М.: Россельхозиздат, 1965. – 332 с.

## **ВЛИЯНИЕ ЗАНЯТИЙ ФУТБОЛОМ НА НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПОДРОСТКОВ**

*Саидбаева Л.М.*

профессор кафедры «Безопасность жизни деятельности»,  
Андижанский государственный университет, Узбекистан, г. Андижан

*Мирзабеков И.А., Абдуллаев А.А.*

студенты, Андижанский государственный университет,  
Узбекистан, г. Андижан

В процессе занятий физической культурой и спортом происходят существенные морфологические и функциональные изменения растущего организма.

*Ключевые слова:* ЧСС, масса тела, артериальное давления, динамометрия кистей рук, рост.

В нашей Республике проводится большая работа по воспитанию гармонично развитого, физически здорового и духовно зрелого подрастающего поколения. Неотъемлемой составляющей этого процесса является спорт. В нашей стране создана уникальная система его популяризации среди детей и подростков, широкого утверждения здорового образа жизни.

Наши исследования проводились в Андижанском футбольно-спортивном лицее-интернате, где было изучено влияние различных физических нагрузок на физическое развитие юных футболистов. Были проведены соматометрические (рост, масса тела, динамометрия кистей рук, объем грудной клетки в покое, глубоком в дохе и выдохе) и физиометрические (частота сердечных сокращений – ЧСС в покое и после нагрузки, артериальное давление до и после нагрузки) исследования учащихся 5-9 классов в возрасте 11-15 лет. Всего в исследованиях приняли участие 131 учащихся. В качестве стандартной нагрузки была использована 3-х моментная проба Летунова (1-20 приседаний, 2-скоростной 15 с. Бег, 3-3-х минутный бег в среднем темпе). Полученные данные статистически обработаны методом Стьюдента-Фишера.

По нашим данным в пяти группах испытуемых показатели роста находились в пределах возрастных норм. Так, рост учащихся 5-х классов составил  $139,0 \pm 0,9$  см, 6-х классов  $142,0 \pm 0,9$  см, 7-х классов  $146,0 \pm 1,8$  см, 8-х классов  $157,4 \pm 1,5$  см, 9-х классов  $162,7 \pm 1,8$  см. Как видно из полученных, наиболее интенсивное увеличение роста отмечено у подростков 7-9 классов, что связано с периодом полового созревания. Аналогичные результаты получены и при измерении массы тела: масса тела учащихся 5-7 классов была равна  $30,0 \pm 0,7$  кг,  $33,0 \pm 0,6$  кг и  $33,1 \pm 1,3$  кг. Соответственно. Статистически досто-

верное увеличение массы тела было выявлено у учащихся 8-9 классов ( $p < 0,001$ ).

По нашим данным, сила кистей рук у юных футболистов разного возраста также находилась в тесной зависимости от возрастного периода их развития. У учеников 5-7 классов сила кистей правой руки была равна  $30,0 \pm 0,8$  кгм,  $35,0 \pm 1,5$  кгм,  $31,2 \pm 1,0$  кгм, у учащихся 8-9 классов этот показатель был значительно выше –  $48,6 \pm 2,2$  кгм и  $53,2 \pm 3,8$  кгм соответственно.

Таким образом, ощутимые морфологические изменения организма проявляются, в основном, в подростковом возрасте, в период полового созревания.

Определенные возрастные особенности выявлены и в показателях объема грудной клетки в покое при глубоком вдохе и выдохе. Эти особенности проявляются как в изменении объемов грудной клетки, так и в показателях жизненной ёмкости легких. Окружность грудной клетки в покое у юных футболистов 5-7 классов была равна соответственно –  $68,0 \pm 0,7$  см,  $68,0 \pm 0,7$  см,  $71,6 \pm 0,9$  см, при глубоком вдохе  $64,0 \pm 0,7$  см,  $66,0 \pm 0,7$  см,  $67,0 \pm 0,9$  см. У учащихся 8-9 классов эти показатели составили в покое  $77,2 \pm 0,9$  см, и  $80,0 \pm 1,0$  см, при глубоком вдохе  $73,4 \pm 0,9$  см и  $73,7 \pm 1,3$  см, при глубоком выдохе  $74,4 \pm 0,9$  см и  $75,7 \pm 1,1$  см соответственно.

ЖЕЛ у учащихся 5-7 классов была равна соответственно  $2040,0 \pm 2,0$  л,  $2190,0 \pm 50,0$  л,  $2170,0 \pm 40,0$  л. У учащихся 8-9 классов она составляла  $2380,0 \pm 90,0$  л. и  $2540,0 \pm 70,0$  л.

Во время мышечной работы у взрослого человека легочная вентиляция увеличивается в связи с учащением и углублением дыхания. Такие виды деятельности, как бег, плавание и другие резко повышают объем легочной вентиляции. У тренированных людей усиление легочного газообмена идет главным образом за счет увеличения глубины дыхания. У детей усиление легочного газообмена при физических нагрузках происходит за счет учащения дыхания. Организм подростка, в отличие от взрослого, быстрее достигает максимального уровня потребления кислорода, но и быстрее прекращает работу, так как не может долго поддерживать потребление кислорода на высоком уровне.

Важным показателем физического развития организма является состояние сердечно-сосудистой системы. В наших исследованиях проведено изучение показателей артериального давления во всех возрастных группах испытуемых до и после физической нагрузки. По нашим данным, у учащихся 5-6-7 классов показатели артериального давления до нагрузки существенно не отличались. У учащихся 8-9 классов отмечено незначительное увеличение систолического давления.

Показатели диастолического давления у всех групп испытуемых также существенно не отличались. Показатели систолического давления после нагрузки свидетельствуют о возросших адаптационных возможностях организма в зависимости от возраста и длительности занятий спортом.

По мере роста и развития сердечно-сосудистой системы изменяются и её реакции у детей и подростков на физическую нагрузку. Возрастные осо-

бенности этих реакций отчетливо проявляются при постановке специальных функциональных проб, направленных на выявление состояния сердечно-сосудистой системы, так и в процессе выполнения физических упражнений.

Таким образом полученные данные свидетельствуют, что наибольшие изменения в гемодинамике имеют возрастные особенности и адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы развиваются в течение длительного времени.

Учитывая важную роль, которую выполняет в организме сердечно-сосудистая система, необходима разработка и применение специальных профилактических мер, направленных на нормализацию его функций. Одним из таких мер является, наряду с полноценным рациональным питанием, нормализацией учебной нагрузки соблюдать учет физических нагрузок в зависимости от возраста и состояния организма детей.

Полученные данные позволяют заключить, что систематические занятия физическими упражнениями оказывают существенное влияние на морфологические показатели организма подростка. Наибольшие изменения отмечены в показателях массы тела в зависимости от возраста и длительности занятий спортом. Во всех возрастных группах наблюдалось увеличение жизненной емкости легких, что было связано с увеличением объема грудной клетки во всех видах измерений. Таким образом занятия спортом повышают адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы на физические нагрузки и укрепляют состояние кардио-респираторной системы.

#### **Список литературы**

1. Физиология дыхания / под ред. И.С. Бреслава. Л., 1991. Руководство по физиологии.
2. Хрипкова А.Г., Антропова М.В., Фарбер Д.А. Возрастная физиология и гигиена и школьная гигиена. М.: Просвещение, 1990.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛУГОВО-СТЕПНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ**

***Сапронова С.Г.***

доцент кафедры общей биологии и экологии, канд. с-х. наук, доцент,  
Курский государственный университет, Россия, г. Курск

В статье описываются результаты исследований лугово-степных фитоценозов Курской области. Приводится характеристика эколого-фитоценологических групп, выделенных в изучаемых сообществах. На основе полученных данных составлен экологический спектр лугово-степного сообщества, который анализируется по доле представленных в нем экоформ.

*Ключевые слова:* экологический анализ, лугово-степной фитоценоз, эколого-фитоценологической группа.

Благоприятное произрастание растений возможно при оптимальном сочетании экологических факторов, которые и определяют приуроченность видов к определенным местообитаниям.



Нами были проанализированы представители лугово-степных фитоценозов Курской области, используемых под сенокосение и выпас скота. Видовой состав сообществ определялся в ходе маршрутных исследований и в результате закладки стационарных площадок в окрестностях с. Петренка (Петренская балка), пос. Моква (Моковская балка) и г. Курска. Зафиксированные 82 вида, собранные в период исследований лугово-степных растений были проанализированы, на предмет приспособленности к экологическим условиям. На основе полученных данных для травянистых фитоценозов Курской области были выделены следующие экотипы: настоящие ксерофиты, мезоксерофиты, мезофиты, ксеромезофиты и построен экологический спектр (рис.).

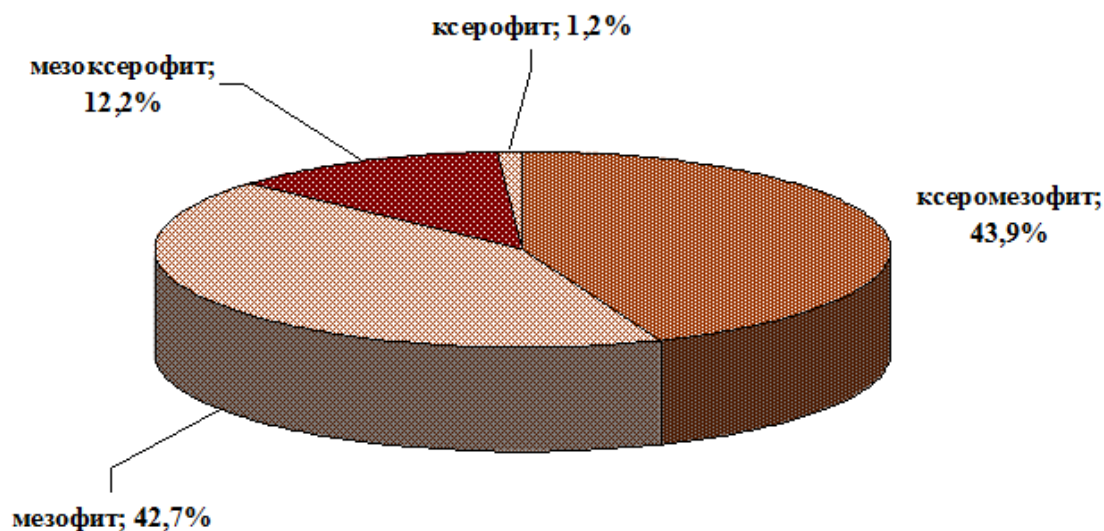


Рис. Экологический спектр растений лугово-степных фитоценозов Курской области

В травянистых лугово-степных сообществах ведущее место принадлежит ксеромезофитам – 36 видов (43,9%). Это виды, которые в основном относятся к степно-луговой эколого-фитоценотической группе. Приведенные растения, обычно встречаются в небольших понижениях рельефа, западинах, на северных и восточных склонах балок, на опушках. В основном это палеарктические или паннонско-палеарктические виды, так как происходят из западных более влажных степей (земляника зеленая – *Fragaria viridis* Duch., нивяник обыкновенный – *Leucanthemum vulgare* Lam., шалфей луговой – *Salvia pratensis* L.).

В такой же степени как и ксеромезофиты в структуре северных степных экосистем представлены и мезофиты – 35 видов (42,7%). Такое положение объясняется миграцией видов из близлежащих экотопов, таких как суходольные луга, склоны балок. Примерами мезофитов являются лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.), лютик едкий (*Ranunculus acris* L.) пришедшие из луговых сообществ. Из опушечно-лесных сообществ шло переселение буквицы лекарственной (*Stachys officinalis* (L.) Trevis), смолевки поникающей (*Silene nutans* L.), которые представлены в спектре как мезофиты и неко-

торых сорных растений, появившихся с нарушенных местообитаний (тропинки, сбитые пастбища).

Кроме того выработке экологических типов мезофитной группы способствуют климатические условия местности. Найдя в засушливых местах условия, позволяющие успешно вегетировать, виды более влажных мест могут даже вытеснять аборигенные растения. В последнее время произошла активная миграция райграса высокого (*Arrhenatherum elatius* (L.) J. Et C. Presl), относящегося к опушечно-луговым видам. Этот вид фиксировался на некосимой степи Стрелецкого участка Центрально-Черноземного государственного биосферного заповедника им. проф. В.В. Алехина, что стало свидетельством в пользу мнения о олуговении степных участков. Позднее, в 1997 году, описывается массовое покрытие райграсом высоким участков плакорных степей с косимым и выпасаемым режимом заповедования. Числовое обилие этого вида достигло более 1000 побегов на 1 м<sup>2</sup> (Г.Е. Сафонов, В.Д. Собакинских, М.К. Пружин, С.Г. Сафонова, 1998). Этот злак стал вытеснять привычные доминирующие растения мятлик узколистный (*Poa angustifolia* L.), кострец береговой (*Bromopsis riparia* (Rehm.) Holub) и др. Сегодня он стал привычным для травянистых лугово-степных сообществ.

Далее в экологическом спектре следуют мезоксерофиты – 10 видов (12,2%). Это степные растения, имеющие больший ксерофильный характер, чем ксеромезофиты. Их можно встретить на плакорных участках степи, остепненных лугах, южных склонах балок, остепненных песках. Свое происхождение они берут в южных степях в связи с чем, у них выработались приспособления для обитания в более жестких условиях, чем у типичных мезофитов. Примерами таких видов являются шалфей поникающий (*Salvia nutans* L.), резак обыкновенный (*Falcaria vulgaris* Bernh), лапчатка серебристая (*Potentilla argentea* L.).

Настоящие ксерофиты в экологическом спектре представлены лишь 1,2%. К данной группе относится один вид – володушка многожилковая (*Vupleurum multinerve* DC.). Это растения связаны по происхождению с пустынями и полупустынями, некоторые из них могут быть связаны с меловым субстратом – кальцефиты. Низкая доля участия в лугово-степных фитоценозах ксерофитов объясняется неблагоприятными фитоценологическими условиями для их развития. Сомкнутость растительного покрова и задернованность многолетниками составляет препятствие для развития ксерофитов.

Следовательно, на территории Курской области, сложились наиболее благоприятные условия для развития ксеромезофильных и мезофитных экологических форм, как видно из приведенного анализа лугово-степных фитоценозов.

#### Список литературы

1. Сафонов Г.Е., Собакинских В.Д., Пружин М.К., Сафонова С.Г. Основные черты флоры Центрально-Черноземного заповедника // Бот. журн. 1998. – Т.83, №4. – С.31-38.

# ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА БИОДЕГРАДАЦИИ ГЕКСАДЕКАНА БАКТЕРИЯМИ РОДА *RHODOCOCCLUS* ПРИ ПОНИЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

**Сатина В.Э.**

Тульский государственный университет, Россия, г. Тула

**Нечаева И.А.**

канд. биол. наук, доцент,

Тульский государственный университет, Россия, г. Тула

В статье показана способность бактерий рода *Rhodococcus* к деградации гексадекана при температуре культивирования 10<sup>0</sup>С. За первые 6 суток культивирования степень деградации гексадекана штаммами *Rhodococcus* sp. S67 и *Rhodococcus* sp. X5 составила 26% и 25%, соответственно.

*Ключевые слова:* бактерии-деструкторы, *Rhodococcus*, низкая температура, гексадекан.

Разливы нефти при её добычи и транспортировке наносят серьезный ущерб окружающей среде различных регионах России, особенно обширным территориям Западной Сибири. Биоценозы северных регионов страдают даже от небольших техногенных загрязнений из-за очень короткого вегетативного периода. Способность микроорганизмов к деструкции углеводов нефти и нефтепродуктов лежит в основе многих биотехнологий, направленных на улучшение экологических условий, в том числе, биотехнологии восстановления нефтезагрязненных почв и водных акваторий. Считается, что наиболее распространенными в загрязненных местах обитания являются бактерии родов: *Rhodococcus*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter* и *Acinetobacter* [1] и на их основе составляют биопрепараты для биоремедиации. Большинство исследований в области биodeградации и биоремедиации углеводов в экстремальных условиях показывают, что аборигенные микроорганизмы, способны более эффективно деградировать углеводороды, чем интродуцированные в почву штаммы. Тем не менее, интродукция в загрязненные алканами арктические почвы микроорганизмов-деструкторов *Rhodococcus erythropolis* увеличивает скорость минерализации гексадекана, как эталонного углеводорода нефти при 5<sup>0</sup>С [4]. В связи с этим остаётся актуальной задача разработки биопрепаратов для очистки нефтезагрязнённых территорий в условиях холодного климата.

Целью данной работы являлось определение остаточного содержания гексадекана газохроматографическим методом после деградации данного углеводорода бактериями-деструкторами при пониженной температуре культивирования.

В данной работе для определения остаточного количества гексадекана после процесса биodeградации использовали газохроматографический метод анализа. Культивирование микроорганизмов-деструкторов углеводов

нефти *Rhodococcus sp. S67* и *Rhodococcus sp. X5*, входящих в состав биопрепарата "МикроБак" [2], проводили в жидкой минеральной среде Эванса с добавлением гексадекана (в количестве 2% по объёму) в качестве единственного источника углерода и энергии. Остаточное количество гексадекана определяли после 6, 12, 15 и 18 суток культивирования при 10<sup>0</sup>С. Экстракцию гексадекана из культуральной жидкости проводили гексаном.

За первые шесть суток культивирования степень деградации для штаммов *Rhodococcus sp. S67* и *Rhodococcus sp. X5* составила 26% и 25%, соответственно, в то время как в течении следующих 12 суток степень деградации увеличилась на 9% для обоих штаммов микроорганизмов, то есть основная масса субстрата утилизируется в течении первых 6 суток. Возможно, данный временной промежуток соответствует экспоненциальной фазе роста данных штаммов при культивировании при 10<sup>0</sup>С, в которой происходит активное потребление субстрата.

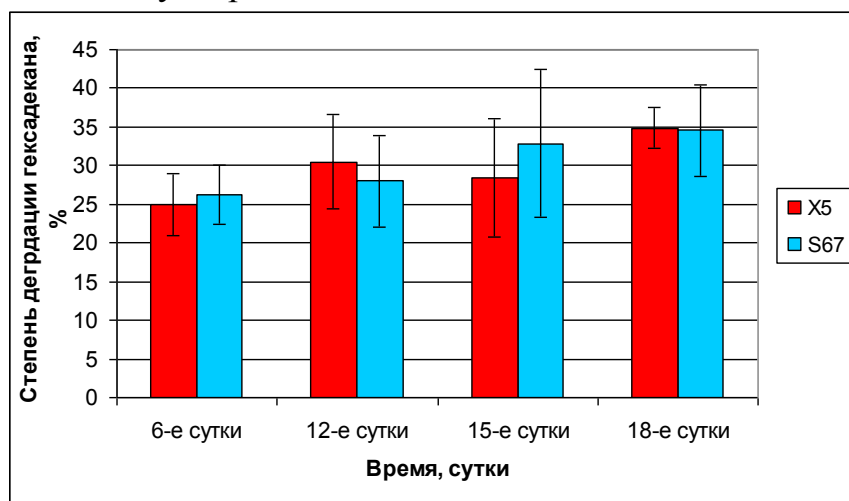


Рис. Степень деградации гексадекана штаммом *Rhodococcus sp. X5* и *Rhodococcus sp. S67*

Таким образом, показана способность бактерий рода *Rhodococcus* к деградации гексадекана при температуре культивирования 10<sup>0</sup>С, что позволяет использовать данные штаммы для биоремедиации нефтезагрязненных почвенных и водных объектов в северных регионах России.

#### Список литературы

1. Тумэндэмбэрэл, Г. Исследование процессов биodeградации вязких нефтей монголии для создания методов увеличения нефтеотдачи и рекультивации нефтезагрязненных почв: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. хим. наук (02.00.13)/ Тумэндэмбэрэл Гэрэлмаа; Учреждение Российской Академии Наук Институт Химии нефти Сибирского Отделения РАН.-Томск,2010. – 26 с.
2. Филонов А.Е., Кошелева И.А., Самойленко В.А., Шкидченко А.Н., Нечаева И.А., Пунтус И.Ф., Гафаров А.Б., Якшина Т.В., Боронин А.М., Петриков К.В. Биопрепарат для очистки почв от загрязнений нефтью и нефтепродуктами, способ его получения и применения / Патент № 2378060, Российская Федерация. Опубл. 10.01.2009. Бюл. № 1.
3. URL: [http://www.innostar.ru/catalog.aspx?CatalogId=223&d\\_no=7753](http://www.innostar.ru/catalog.aspx?CatalogId=223&d_no=7753)
4. Margesin R., Schinner F. Biodegradation and bioremediation of hydrocarbons in extreme environments / Appl Microbiol Biotechnol (2001) 56:650–663 DOI 10.1007/s002530100701

## АДАПТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КАРДИО-РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ПОДРОСТКОВ (2000-2002 г.р.)

*Скворцова А.Ю.*

студентка 4 курса, Институт инженерных технологий и естественных наук,  
НИУ «БелГУ», Россия, г. Белгород

*Хорольская Е.Н.*

доцент кафедры экологии, физиологии и биологической эволюции, к.б.н.,  
Институт инженерных технологий и естественных наук, НИУ «БелГУ»,  
Россия, г. Белгород

В статье приведена оценка морфофункционального статуса подростков с определением показателей физического развития по индексу Кетле, жизненному индексу, кислородному обеспечению организма по пробам Штанге и Генчи.

*Ключевые слова:* индекс Кетле, жизненный индекс, устойчивость к гипоксии, пробы Штанге и Генчи, физиология, адаптация, кардио-респираторная система.

Одну из главных ролей на всех уровнях адаптации человека играет кардио-респираторная система. Благодаря высокой лабильности физиологических механизмов ее регуляции она одна из первых включается в адаптационную деятельность. Антропометрические измерения подростков дают возможность определить уровень и особенности физического развития, степень его соответствия полу и возрасту, имеющиеся отклонения, а также уровень улучшения физического развития под воздействием занятий физическими упражнениями и различными видами спорта [1].

Исследование проводили на базе гимназии г. Белгорода. Всего было исследовано 47 восьмиклассников, из них 65,9% девочек и 34,1% мальчиков.

Для оценки массово-ростового соответствия организма применяли индекс Кетле (ИМТ). В результате проведенного исследования обнаружили 31,2% мальчиков с недостаточной массой тела, 18,7% – с избыточной массой. Среди девочек выявлено 51,7% с недостаточной и 9,6% с избыточной массой тела. И только 50,1% мальчиков и 38,7% девочек соответствуют нормальным возрастным значениям индекса Кетле. Это может означать, что подростки с выявленными массово-ростовыми отклонениями ведут малоподвижный образ жизни и почти не занимаются спортом. Однако объективные изменения в физическом развитии школьников нельзя характеризовать однозначно. Ведь на антропометрические показатели подростков оказывает воздействие комплекс факторов риска, в том числе социально-экономических, экологических и поведенческих, которые определяют развитие и здоровье школьников. Важная роль принадлежит общеобразовательным учреждениям, в которых учащиеся проводят значительную часть времени [3].

Кислородное обеспечение организма определили при помощи проб Штанге и Генчи. От продолжительности времени задержки дыхания на вдохе и выдохе зависит способность сердечно-сосудистой и дыхательной систем

обеспечивать удаление из организма образующийся углекислый газ. В результате исследования задержки дыхания на вдохе (проба Штанге) были выявлены 6,2% мальчиков со средним показателем устойчивости к гипоксии, 68,8% – с хорошим показателем и только у 25,0% отличное состояние. Среди девочек выявлены следующие значения: 19,4% – с плохим показателем устойчивости к гипоксии, 22,7% – со средним, 51,6% – с хорошим. И только 6,4% восьмиклассниц имеют отличную устойчивость к гипоксии. По результатам исследования задержки дыхания на выдохе (проба Генчи) было обнаружено 25,0% мальчиков с плохим показателем, 18,7% – со средним показателем, 31,3% – с хорошим показателем и лишь 25,0% характеризуются отличными значениями. Среди девочек выявили 38,7% с плохим показателем устойчивости к гипоксии, 22,6% со средним, 19,4% с хорошим и всего лишь 19,3% с отличным показателем устойчивости к гипоксии. При определении задержки дыхания на вдохе или выдохе, были выявлены как тренированные, так и не тренированные ученики.

Одним из важнейших средств контроля жизнестойкости организма считают жизненный индекс. Среди исследованных мальчиков у 81,3% наблюдается отклонение от нормы и только 18,7% имеют нормальный жизненный индекс. Среди девочек 80,6% имеют отклонения от нормы, а 19,3% соответствует нормальным параметрам жизненного индекса. Полученные данные показывают, что большинство исследуемых подростков находятся в зоне риска возникновения заболеваний. На основании данных жизненной емкости легких исследуемых учеников было обнаружено, что большинство подростков не занимаются спортом.

Таким образом, оценка физического развития подростков методом индексов показала низкий уровень адаптивных возможностей кардиореспираторной системы подростков. Большинство подростков имеют отклонения от нормального веса. Обнаружены школьники, как с ожирением, так и недостаточным весом, что может негативно сказаться на дальнейшем развитии растущего организма. В то время как, пробы с задержкой дыхания на вдохе и выдохе показали хорошую устойчивость к гипоксии, жизненный индекс характеризует низкую выносливость и плохую устойчивость к различным заболеваниям. Результаты комплексной оценки морфофункционального состояния подростков характеризуют многообразие индивидуального физического развития организма, как отражение индивидуальных генетических, личностных психофизиологических свойств, так и условий среды обитания [2].

#### Список литературы

1. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология: (физиология развития ребенка) учебное пособие для студентов высших педагогических учебных заведений – Академия, 2009 – 416 с.
2. Калюжный Е.А. Адаптационные возможности школьников и современные методы их оценки // Современные проблемы науки и образования – 2014. – №6. 6 с.
3. Калюжный Е.А., Маслова В.Ю., Титова М., Маслова М. Реализация метода индексов для оценки физического развития студентов // Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации». – № 6(38) – 2014 – июнь. 17с.

## ВЛИЯНИЕ ЗАНЯТИЙ ФУТБОЛОМ НА ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПОДРОСТКОВ

*Топилова Ф., Юнусов Л.*

преподаватели кафедры «Безопасность жизнедеятельности»,  
Андижанский государственный университет, Узбекистан, г. Андижан

Статья посвящена изучению физического развития организма подростков, занимающихся футболом в зависимости от величины физических нагрузок. Систематические занятия футболом приводят к изменению некоторых особенностей физиологических функций организма подростков.

*Ключевые слова:* антропометрия, систола, диастола, динамометр, спирометр, пульс (ЧСС), артериальное давление, сила мышц, жизненная ёмкость легких (ЖЁЛ).

«Воспитание здорового поколения – это создание фундамента великого государства, основа благополучной жизни». Эти слова Президента Ислама Каримова, сказанные в первые годы независимости, определили главную цель страны на будущее, приоритеты государственной политики.

В нашей стране проводится большая работа по укреплению здоровья и оптимизации гигиенических условий, режима воспитания, обучения и труда детей, подростков и молодёжи.

Неотъемлемой составляющей воспитания гармонично развитого поколения является спорт. В нашей республике создана уникальная система его популяризации среди детей и подростков, широкого утверждения здорового образа жизни.

За годы независимости детский спорт в Узбекистане обрёл массовый характер и развивается как составная часть молодёжной политики и национальной программы по подготовке кадров.

Широкие условия, созданные под руководством Президента нашей страны И.А.Каримова для воспитания молодого поколения физически и духовно развитыми личностями, регулярных занятий спортом, проявления своего таланта и потенциала дают весомые результаты. В процессе занятий физической культурой и спортом происходят существенные изменения морфологического и функционального характера. Двигательная активность, рациональное питание, закаливание, укрепляя здоровье человека, повышает функциональные возможности организма и усиливает устойчивость против отрицательных влияний внешней среды. Всё это свидетельствует о большой роли физической активности как регулятора и стимулятора морфологического и функционального развития в онтогенезе человека.

В организации и осуществлении физического воспитания подрастающего поколения необходимо учитывать и некоторые особенности их физического развития, состава и строения опорно-двигательного аппарата, нервной и мышечной систем. В современной физиологии изучение функционального состояния организма человека является одной из важнейших проблем. Подростковый возраст является одним из самых ответственных периодов в фор-

мировании основ физической культуры. Это критический период как в социальном, так и в биологическом отношении, так как именно в этом возрасте завершается биологическое созревание человека и наступает социальное взросление личности. Серьезные изменения происходят в психике подростка. Происходит рост его самосознания, развитие процессов мышления, быстро развивается вторая сигнальная система. Это имеет непосредственное отношение к физическому воспитанию подростков. У подростка усиливается степень концентрации процессов возбуждения и торможения. При этом тормозящая функция коры больших полушарий головного мозга становится всё более эффективной. Однако в этом возрасте у подростка возрастает чувствительность к внешним обстоятельствам. Поэтому все эти особенности развития в подростковом возрасте должны учитываться при организации физического воспитания не только в семье, но и в учебных заведениях. При осуществлении физического воспитания подростков необходимо учитывать и некоторые особенности развития, состава и строения опорно-двигательного аппарата, нервной и мышечной систем.

Наши исследования проводились в Андиганском футбольном лицее – интернате, где было изучено физическое развитие юных футболистов под влиянием различных нагрузок. В процессе выполнения данной работы проведены антропометрические и физиометрические исследования учащихся 5-9 классов Андиганского спортивно-футбольного лицея. Нашей целью было изучить влияние футбола на организм подростков в зависимости от длительности занятий. В настоящем исследовании участвовали подростки 11-15 лет, которые занимались футболом. В каждой группе проведены соматометрические (рост, масса тела, мышечная сила спины, окружность грудной клетки в покое, на вдохе и выдохе, сила кистей рук) и физиометрические (жизненная ёмкость легких (ЖЁЛ), частота дыхания) измерения. Полученные результаты статистически обработаны методом Стьюдента-Фишера.

По нашим данным у испытуемых рост в 5 классе равен  $139,0 \pm 0,9$  см; в 6-классе равен  $142,0 \pm 0,9$  см; в 7-классе  $146 \pm 1,8$  см; в 8-классе равен  $157,4 \pm 1,5$  см; в 9-классе равен  $162,7 \pm 1,8$  см. Из полученных данных, наиболее интенсивное увеличение роста отмечено у подростков 7-9 классов, что связано с периодом полового созревания. Аналогичные результаты получены и при измерении массы тела. Так, масса тела учащихся 5-7 классов была равна  $30,0 \pm 0,07$  кг,  $33,0 \pm 0,6$  кг и  $33,1 \pm 1,3$  кг соответственно. Статистически достоверное увеличение массы тела было выявлено у учащихся 8-9 классов этот показатель был значительно выше  $43,8 \pm 1,1$  кг;  $47,5 \pm 2,6$  кг ( $p < 0,001$ ).

Исследования показывают, что школьники 7-11 лет обладают еще сравнительно низкими показателями мышечной силы. Силовые и особенно статические упражнения вызывают у них быстрое утомление. Дети этого возраста более приспособлены к кратковременным скоростно-силовым динамическим упражнениям.

У мальчиков прирост силы начинается в 13-14 лет, у девочек раньше с 10-12 лет, что, возможно, связано с более ранним наступлением у девочек



полового созревания. В 13-14 лет четко проявляются половые различия в мышечной силе, показатели относительной силы мышц девочек значительно уступают соответствующим показателям мальчиков. Выносливость к статическим усилиям особенно интенсивно увеличивается в период от 8 к 17 годам. Наиболее значительные изменения этого динамического качества отмечаются в младшем школьном возрасте. У 11-14-летних школьников самыми выносливыми являются икроножные мышцы.

По нашим данным, сила кистей рук у юных футболистов разного возраста также находилась в тесной зависимости от возрастного периода их развития. У учеников 5-7 классов сила кистей правой руки была равна  $30,0 \pm 0,8$  кг/м,  $35,0 \pm 1,5$  кг/м,  $31,2 \pm 1,0$  кг/м, у учащихся 8-9 классов этот показатель был значительно выше –  $48,6 \pm 2,2$  кг/м и  $53,2 \pm 3,8$  кг/м соответственно. Таким образом, ощутимые морфологические изменения организма проявляются в основном в подростковом возрасте, в период полового созревания.

В наших исследованиях в показателях объема грудной клетки в покое, при глубоком вдохе и выдохе также отмечены определённые возрастные особенности. Эти особенности проявляются в как изменении объёмов грудной клетки, так и в показателях жизненной ёмкости лёгких.

В наших исследованиях проведено изучение показателей артериального давления во всех возрастных группах испытуемых до и после физической нагрузки. В качестве стандартной нагрузки была использована 3-х моментная проба Летунова (1 – 20 приседаний, 2 – скоростной 15 сек. бег, 3 – 3х мин. бег в среднем темпе).

Как видно из полученных данных у учащихся 5-6-7 классов показатели артериального давления до нагрузки существенно не отличались. У учащихся 8-9 классов отмечено не значительное увеличение систолического давления. Показатели диастолического давления у всех групп испытуемых также существенно не отличались. Показатели систолического давления после нагрузки свидетельствуют о возросших адаптационных возможностях организма в зависимости от возраста и длительности занятий спортом.

Уровень диастолического давления во всех группах испытуемых свидетельствует о меньшей реактивности этого показателя по сравнению с систолическим давлением. Систематические занятия физическими упражнениями оказывает существенное влияние на морфологические показатели организма подростка. Наибольшие изменения отмечены в показателях массы тела подростков в зависимости от возраста и длительности занятий спортом. Занятия спортом повышают адаптационные возможности кардиореспираторной системы.

#### Список литературы

1. Ермольев В.И. Соматометрическая характеристика человека прогрессивного периода развития. Морфология, 1996.
2. Косицкий Г.И. (ред). Физиология человека. М. Медицина, 1985.
3. Физиология дыхания (под ред. И.С.Бреслава). Л.,1991.Руководство по физиологии.
4. Хрипкова А.Г., Антропова М.В., Фарбер Д.А. возрастная физиология и гигиена и школьная гигиена. М., Просвещение, 1990.

## **ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОРГАНИЗМА ЮНЫХ ПЛОВЦОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

*Холмирзаева М., Топилова Ф.*

преподаватели кафедры «Безопасность жизни деятельности»,  
Андижанский государственный университет, Узбекистан, г. Андижан

*Абдуллаев А.А., Мирзабеков И.А.*

студенты, Андижанский государственный университет,  
Узбекистан, г. Андижан

Статья посвящена изучению влияния физической нагрузки на особенности кардиореспираторной системы и физического развития подростков, занимающихся плаванием. Систематические занятия плаванием приводят к изменению некоторых особенностей физиологических функций организма подростков.

*Ключевые слова:* гемодинамика, антропометрия, систола, диастола, динамометр, спирометр, пульс (ЧСС), артериальное давление, сила мышц, жизненная ёмкость легких (ЖЁЛ).

В нашей республике проводится большая работа по воспитанию гармонично развитого, физически здорового и духовно зрелого подрастающего поколения, в чем свидетельствуют Постановления и многочисленные законы, посвященные этой проблеме. Неотъемлемой составляющей воспитания гармонично развитого поколения является спорт. Из всех видов спорта плавание является самым важным для всестороннего физического развития, так как в этом виде спорта участвуют все виды мышечной системы организма.

Плавание развивает скоростные, координационные и силовые способности организма. К скоростным способностям относятся скорость двигательной реакции, скорость выполнения отдельного движения, способность к быстрому началу движения и максимальная частота движений. Скоростные способности зависят от подвижности нервных процессов и качества спортивной техники. Скоростные способности воспитываются в единстве с ловкостью и координированностью.

В плавании развитие координационных способностей способствует успешному овладению плавательными навыками.

Нашей целью было изучить влияние плавания на организм подростков в зависимости от длительности занятий. В исследовании принимали участие подростки, занимающиеся плаванием в специализированной детско-юношеской спортивной школе олимпийского резерва г.Андижана. Испытуемые были разделены на группы в зависимости от времени занятия плаванием. В каждой группе проведены соматометрические (рост, масса тела, мышечная сила спины, окружность грудной клетки в покое, на вдохе и выдохе, сила кистей рук) и физиометрические (жизненная ёмкость легких (ЖЁЛ), частота дыхания до и после физической нагрузки) измерения. Полученные результаты статистически обработаны методом Стьюдента-Фишера.

По нашим данным, в трех группах испытуемых рост практически не отличался: в первой группе  $-148,3 \pm 7,2$  см; во второй группе  $-148,5 \pm 3,3$  см; в третьей группе  $-151,1 \pm 3,0$  см; соответственно аналогичные результаты получены и при измерении массы тела. У ребят первой группы  $-31,6 \pm 7,2$  кг, во второй группе  $-38,5 \pm 2,5$  кг, в третьей группе  $-38,4 \pm 1,7$  кг. Длительные тренировки существенно влияли и на показатели окружности бедра. У первой и второй групп показатели почти одинаковые, а у пловцов третьей группы показатели сравнительно больше ( $p < 0,01$ ). Большие различия в развитии мышечной силы выявлены и в показателях мышечной силы спины. Так, в начальной группе мышечная сила спины составляет  $29,4 \pm 0,2$  кг, во второй группе  $-32,9 \pm 0,1$  кг. Длительные систематические занятия плаванием существенно увеличили этот показатель у подростков третьей группы  $-45,2 \pm 0,1$  кг.

В показателях объема грудной клетки в покое, при вдохе и выдохе у подростков первой и второй групп существенных различий не выявлено, в третьей группе испытуемых наблюдалось увеличение этих показателей ( $p < 0,001$ ).

Эти данные свидетельствуют о том, что ощутимые морфологические изменения организма у подростков появляются через достаточно длительные занятия плаванием.

Важным показателем физического развития организма является состояние кардио-респираторной системы.

В наших исследованиях ЖЕЛ в третьей группе подростков была достоверно выше ( $p < 0,001$ ), чем у подростков первой и второй групп. Показатели задержки дыхания у пловцов первой и второй групп практически одинаковы, а показатели третьей группы существенно больше, это говорит о том, что систематические занятия плаванием в течение нескольких лет дают хорошие результаты для кардио-респираторной системы. Частота дыхания у пловцов трех групп почти одинакова до физической нагрузки. После физической нагрузки у ребят первой группы наблюдалось учащение частоты дыхания, а ребят третьей группы эти показатели имели наибольшие изменения, т.е. их дыхание было не столь частым как у пловцов первой группы.

Результаты исследования показали, что в состоянии относительно мышечного покоя основные показатели газообмена и внешнего дыхания существенно не изменяются. Эти данные свидетельствуют о высокой кислородной стоимости стандартной нагрузки у спортсменов младшего возраста и её снижение в средней и старшей возрастных группах, что можно оценить как следствие возрастных особенностей, так как и результат тренированности высококвалифицированных спортсменов старшего возраста. Подтверждением этого могут служить более выраженные изменения легочной вентиляции и частоты дыхания у спортсменов младшего возраста на стандартную нагрузку. У спортсменов средней и старшей группы прирост минутной вентиляции легких был выражен в меньшей степени, причем это увеличение достигалось за счет объёмных показателей в результате выраженного увеличения дыхательного объёма.

У спортсменов всех возрастных групп систолическое давление до нагрузки было в пределах возрастных показателей, существенной разницы между ними не было выявлено.

Показатели диастолического давления у всех возрастных групп в этих условиях также существенно не отличались. Уровень систолического давления после нагрузки свидетельствовал о возросших адаптационных возможностях организма пловцов в зависимости от длительности занятия плаванием. Так, систолическое давление у пловцов 1 группы было равно  $114,9 \pm 3,8$  мм.рт.ст.; этот показатель у пловцов 2 группы снижался до  $111,6 \pm 1,6$  мм.рт.ст.; у пловцов третьей группы систолическое давление составляло  $104,2 \pm 2,2$  мм.рт.ст.

Уровень диастолического давления во всех трёх группах испытуемых также имело тенденцию к уменьшению. Это является свидетельством того, что диастолическое давление обладает меньшей реактивностью по сравнению с систолическим.

По мере роста и развития сердечно-сосудистой системы изменяются и её реакции у детей и подростков на физическую нагрузку. Возрастные особенности этих реакций отчетливо проявляются при постановке специальных функциональных физических упражнений.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что наибольшее изменение гемодинамики отмечают в группах, которые занимались плаванием в течение более длительного времени (1 год) и адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы развиваются в течение длительного времени.

Одним из важных профилактических мер является наряду с полноценным рациональным питанием, нормализацией учебной нагрузки соблюдать учет физических нагрузок в зависимости от возраста и состояния организма детей.

Полученные данные необходимы также для прогноза спортивной пригодности подростков после периода начального обучения плаванию.

#### **Список литературы**

1. Ермольев В.И. Соматометрическая характеристика человека прогрессивного периода развития. Морфология, 1996.
2. Косицкий Г.И. (ред). Физиология человека. М.: Медицина, 1985.
3. Физиология дыхания / под ред. И.С.Бреслава. Л., 1991. Руководство по физиологии.
4. Хрипкова А.Г., Антропова М.В., Фарбер Д.А. Возрастная физиология и гигиена и школьная гигиена. М.: Просвещение, 1990.

## ХАРАКТЕР ВЛИЯНИЯ ТОКОФЕРОЛА НА СИСТЕМУ ГЕМОСТАЗА

**Шановалова Е.М.**

профессор кафедры аналитической и органической химии, д-р биол. наук,  
доцент, Тюменский государственный медицинский университет,  
Россия, г. Тюмень

**Шидин А.В.**

заведующий кафедрой мобилизационной подготовки здравоохранения  
и медицины катастроф, канд. мед. наук, доцент, Тюменский  
государственный медицинский университет, Россия, г. Тюмень

**Бессонова Н.С.**

старший преподаватель кафедры аналитической и органической химии,  
канд. биол. наук, Тюменский государственный медицинский университет,  
Россия, г. Тюмень

Отсутствие, дефицит или избыток токоферола, обладающего антиоксидантными свойствами, изменяет липидпероксидацию в тромбоцитах, способных инициировать гиперкоагулемию, непрерывное внутрисосудистое свертывание крови и толерантность к тромбину что надо учитывать при витаминотерапии заболеваний с гипероксидацией и тромбообразованием.

*Ключевые слова:* токоферол, гемостаз, антиоксиданты.

В научных публикациях середины прошлого века, посвященных эффектам токоферола на течение заболеваний с нарушениями гемостаза, были выявлены противоречия. Сообщалось, что витамин Е повышает свертываемость крови и при его длительном применении может происходить тромбирование периферических сосудов, что *in vitro* он действует как антикоагулянт (связывая катионы кальция, удлиняет время рекальцификации плазмы) и как антигепариноподобный прокоагулянт. Тем не менее, эти наблюдения позволили использовать витамин Е при заболеваниях, протекающих с тромбоэмболией. Выявили, что токоферол ускоряет тромболизис, восстанавливая локальное кровообращение, ограничивает образование тромбов в микроциркуляции, способствуя этим развитию коллатерального кровообращения при коронаротромбозах. Связывали антитромбиновую активность витамина Е с его способностью повышать уровень гепарина в крови, хотя это и не согласуется с данными об антигепариноподобной активности токоферола [6].

В опытах на крысах после введения 1.5 мг/кг  $\alpha$ -токоферола находили тенденцию к активации фибринолиза в эуглобулиновой фракции плазмы. При атерогенном рационе фибринолиз в эуглобулиновой фракции прогрессивно ослабевает, гепаринемия и антитромбиновая активность снижаются, фибриногенемия же растет. Введение токоферола усугубляет гиперкоагулемию, хотя и не влияет на уровень холестерина в крови. Не изменялась холестеринемия даже при высоких дозах токоферола, вызывающих некротические изменения в миокарде [1].

В эксперименте и клинике токоферол активирует фибринолиз, не изменяя времени свертывания, протромбинового времени, антитромбиновой активности, толерантности плазмы к гепарину, фибриногемии, тромбоэластографических показателей и течения экспериментального тромбоза. Экспериментально установленную способность токоферола сокращать время кровотечения нельзя объяснить его влиянием на плазмокоагуляцию или на тромбоциты, численность и свойства которых при избытке токоферола не меняются.

В последние годы опубликованы результаты наблюдений за интегральными показателями состояния гемостаза при введении токоферола [2, 4]. Найдено, что токоферол *in vivo* в физиологических условиях замедляет липидпероксидацию в тромбоцитах, снижает содержание маркеров непрерывного внутрисосудистого свертывания крови (НВСК) и повышает толерантность к тромбину, ограничивая эффекты прооксиданта (свинца) на НВСК и липидпероксидацию. Однако неясно осталось, реализуется ли это за счет противоокислительной способности токоферола. Кроме того, эти работы не коснулись оценки состояния гемостаза при Е-авитаминозе, а лишь эффектов гиповитаминоза. Дело в том, что рацион в указанных работах не является Е-авитаминным, поскольку в его состав входило растительное масло – источник токоферолов.

Таким образом, сохраняется необходимость уточнять характер влияния Е-авитаминного рациона и рационов с точно заданным содержанием витамина Е в широком диапазоне доз на способность системы гемостаза, зависящую от состояния многих систем жизнеобеспечения, реагировать на гипертромбинемиию, как фактор, ускоряющий НВСК, и, следовательно, определяющий склонность к тромбозу или к кровоточивости.

Эксперименты нами были выполнены на нелинейных белых крысах-самцах, используя рацион, содержащий белок, липиды, углеводы, витамины и минералы согласно потребности. Контрольная группа добавок к рациону не получала, крысы других подопытных групп получали в составе рациона токоферол в возрастающих дозах – 3.0, 6.0, 12 и 24 мг/кг массы тела. В каждую подопытную группу входило 18 животных. Пробы крови у крыс подопытных групп брали через 6 и 8 недель от начала опыта, когда изменения уже были явными, а у контрольных – в конце опыта. В пробах определяли показатели липидпероксидации и антиоксидантного потенциала, содержание маркеров НВСК, толерантность к тромбину и активность фибринолиза во фракции эуглобулинов плазмы. Необходимость оценки фибринолиза обоснована, во-первых, данными, где была выявлена роль изменений фибринолиза в парадоксальных, на первый взгляд, сдвигах уровня двух маркеров НВСК, являющихся одновременно и маркерами фибринолиза (ПДФ и D-димеров), во-вторых, сведениями, одни из которых свидетельствуют об активации фибринолиза при введении витамина Е, другие – об его угнетении [3, 5].

Выявлено, что содержание крыс на Е-авитаминном рационе по мере увеличения длительности опытов приводит к ускорению липидпероксидации (рост уровня ДК и ТБК в тромбоцитах). Одновременно и пропорцио-

нально длительности опыта сокращается период индукции (ПИ) и растет скорость окисления (СО), т.е. снижается антиоксидантный потенциал. Эти сдвиги обнаруживаются уже через 2 недели и становятся максимальными через 8 недель от начала эксперимента. Степень этих изменений ограничивается при введении в рацион витамина Е в количестве, составляющем 25% от суточной потребности, однако, изменения, будучи менее значительными, выявлялись и при дозе, составляющей 75% от потребности в токофероле (в этом случае изменялась лишь часть показателей состояния липидпероксидации и сдвиги были невелики).

При количестве витамина Е, двукратном против суточной потребности, уровень липидпероксидов ДК и ТБК на ранних этапах опыта не изменялся, а, начиная с 4-й недели, снижался. То же, но в более ранние сроки, происходило при количествах токоферола, значительно превышающих суточную потребность.

Согласно экспериментальным данным, отсутствие витамина Е в рационе ведет к росту уровня всех определявшихся маркеров непрерывного внутрисосудистого свертывания крови (НВСК) уже за 6 и, заметнее, за 8 недель. Так, толерантность к тромбину падает уже после четырёх и усугубляется через 6 и особенно через 8 недель. Введение витамина Е в количествах, не достигающих суточной потребности, ограничивало глубину этих сдвигов, не устраняя их полностью. Отметим лишь, что при дозе, составляющей 75% от потребности, выявлены сдвиги не всех, а лишь части маркеров непрерывного внутрисосудистого свертывания крови.

Введение витамина Е в количествах, составляющих лишь часть суточной потребности (соответственно 25 или 50% от неё) уменьшало степень этих сдвигов, не устраняя сдвиги полностью (правда, при количестве токоферола, составляющем 75% от потребности, изменялось содержание лишь некоторых маркеров непрерывного внутрисосудистого свертывания крови).

С увеличением в рационе количества витамина Е ограничивался прирост содержания маркеров НВСК в первые 2 недели от начала опытов, и это становилось заметнее (относительно контрольных значений), начиная с 4-й недели и до 8-й недели включительно.

Выявлено, что на фоне сбалансированного рациона отсутствие токоферола ведет у крыс к ускорению липидпероксидации и к снижению антиоксидантного потенциала; введение витамина Е в количествах, составляющих часть суточной потребности, ограничивает эти сдвиги. Изменения интенсивности НВСК находятся в обратной связи с интенсивностью липидпероксидации и с величиной толерантности к тромбину.

Таким образом, отсутствие, дефицит или избыток токоферола модифицирует ЛПО в тромбоцитах, способных инициировать гиперкоагулемию, ускорять НВСК и ограничивать способность организма реагировать на воздействия, ускоряющие тромбиногенез.

#### Список литературы

1. Пустынников А.В. Взаимодействие тромбин-фибриноген, толерантность к тромбину и липидпероксидация зависят от обеспеченности витамином Е /А.В. Пустынни-

ков, Е.М. Шаповалова, М.К. Умутбаева // Электронная конференция «Экологические проблемы внутренних болезней, перинатологии и педиатрии». – Июнь, 2007.

2. Сулкарнаева Г.А. Влияние витамина Е (токоферола) на фибринолиз и общую свертываемость крови (Г.А. Сулкарнаева, С.В. Миневцев, О.З. Мустаев, Э.В. Багумян) : В кн. «Витамины, внутрисосудистое свертывание крови и липидпероксидация» М: Медицина. – 2006. – С. 9-12.

3. Blinc A. Pharmacological prevention of atherothrombotic events in patients with peripheral arterial disease / A. Blinc, P. Poredos // Eur. J. Clin. Invest. – 2007. – 37 (3). – P.157-164.

4. Byshevsky A.S. The connection between lipid peroxidation and thrombin-fibrinogen interaction /A.S. Byshevsky, A.Y. Rudzevich ... A.V. Shidin e.a. / European J. of Natural History // 2007. -2. – P.35-42.

5. Vibo R. Acute phase proteins and oxidised low-density lipoprotein in association with ischemic stroke subtype, severity and outcome / R. Vibo, J. Korv, M. Roose e.a. // Free Radic. Res. – 2007. – 41 (3). – P.282-287.

6. Vignini A. A study on the action of vitamin E supplementation on plasminogen activator inhibitor type 1 and platelet nitric oxide production in type 2 diabetic patients /A. Vignini, L. Nanetti, C. Moroni e.a. //Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis. – 2008. – 18(1). – P.15-22.

## **ЗНАЧЕНИЕ КАРОТИНОИДОВ В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ И ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ НА ИХ НАКОПЛЕНИЕ В КУРИНЫХ ЯЙЦАХ**

***Шевченко Т.С.***

старший преподаватель кафедры биохимии, к.б.н., НИУ «БелГУ»,  
Россия, г. Белгород

***Пальчиков М.Ю.***

доцент кафедры биохимии, к.б.н., НИУ «БелГУ», Россия, г. Белгород

***Шенцева Е.А.***

доцент кафедры биохимии, к.б.н., НИУ «БелГУ», Россия, г. Белгород

В статье рассматривается значение каротиноидов в эмбриогенезе и раннем постнатальном периоде кур, исследование влияния биологически активной добавки, состоящей из смеси измельченных высушенных лепестков цветков бархатцев (*Tagetes erecta*) и чашечек физалиса (*Physalis alkekengi*) на накопление каротиноидов в организме кур-несушек и в желтке яиц.

*Ключевые слова:* каротиноиды, зеаксантин, лютеин, антиоксиданты, яйца.

Самая обычная окраска желтка яиц свидетельствует о значимости каротиноидов для эмбриогенеза и постнатального развития птицы.

Каротиноиды делятся на две группы: каротины и ксантофиллы, первые, в основном, являются предшественниками витамина А, а вторые – ксантофиллы.

Из всех ксантофиллов наиболее важными и наиболее распространенными являются лютеин и зеаксантин [1].



Каротиноиды также называют липохромными веществами, так как они жирорастворимые, соответственно накапливаются в желтке яиц и попадают в эмбриональные ткани птицы [6, с. 117].

Ксантофиллы являются компонентами антиоксидантной системы организма в эмбриогенезе и раннем постнатальном онтогенезе кур. За период эмбрионального развития цыпленком усваивается около 76% каротиноидов желтка [5].

Наивысшая концентрация каротиноидов отмечается в последнюю неделю инкубации, а также содержание их в эмбриональной печени постепенно увеличивается, достигая максимального уровня к моменту выхода молодняка. При том данные о резком снижении содержания каротиноидов в печени птенцов в постнатальном онтогенезе также могут являться отражением важных функций этих пигментов в их организме в первые дни после вылупления [2, с. 3].

Значение каротиноидов для эмбриона цыпленка может быть также связано с регуляцией пролиферации и межклеточного взаимодействия клеток, которые регулируют возникновение разнообразия популяции В-клеток из предшественников лимфоцитов в бурсе и тимусе [4, с. 203].

Накопление каротиноидов в яйце обуславливается их доступностью, усвояемостью из различных кормовых средств и биологически активных добавок, вводимых в рацион птицы. Доказана возможность прямого переноса ксантофиллов из корма через кровь и накопление их в желтке яиц [3, с. 36].

Целью исследования является изучение влияния биологически активной добавки, состоящей из измельченных лепестков цветков бархатцев оранжевой окраски (*Tagetes erecta*) и чашечек физалиса декоративного (*Physalis alkekengi*) на накопление каротиноидов в организме кур-несушек и в желтке яиц. Спектрофотометрическим методом было установлено, что содержание диэфиров лютеина в 1г высушенных лепестков бархатцев составляет 3 мг, а содержание диэфиров зеаксантина в 1 г чашечек физалиса – 5 мг.

Опыт был проведен на 20 курах-несушках кросса «Родонит», которых разделили на две группы (по 10 в каждой). Продолжительность опыта составила 74 суток: адаптационный период – (18 суток) и основной (56 суток). Куры контрольной и опытной группы в качестве основного рациона получали полнорационный и сбалансированный по питательным и биологически активным веществам комбикорм в количестве 120 г на одну птицу. После завершения адаптационного периода смесь из лепестков цветков бархатцев и чашечек физалиса добавляли в рацион кур опытной группы в количестве 0,57 г на одну птицу, тщательно перемешивая ее с комбикормом, и давали в утреннее кормление. Потребление воды не ограничивали. Ежедневно контролировали кормление птицы, ее физиологическое состояние и яйценоскость.

После завершения опыта произвели убой птицы путем декапитации и отобрали образцы печени для лабораторных анализов.

Отбор яиц для анализа производили из каждой клетки. Суммарное содержание лютеина и зеаксантина определяли спектрофотометрическим методом.

Полученный цифровой материал был обработан статистически. При определении достоверной разницы между контрольной и опытными группами был использован аргумент Стьюдента. Результаты рассматривали как достоверные, начиная со значения  $p \leq 0,05$ .

Каротиноиды депонируются в печени птицы, поэтому целесообразно было исследовать их концентрацию в этом органе (табл. 1). Действительно концентрация каротиноидов в печени кур опытной группы достоверно превышала контроль в 4,2 раза и составляла 7,32 мкг/г.

Таблица 1

**Концентрация каротиноидов в печени**

Группа	Каротиноиды, мкг/г
Контрольная	1,76±0,27
Опытная	7,37±0,95*

При исследовании яиц в конце адаптационного периода установлено, что концентрация каротиноидов находилась на уровне контроля и достоверных различий не имела (табл. 2).

Через 28 суток от начала основного периода концентрация каротиноидов в желтке яиц опытной группы птицы была выше, чем в контрольной на 71,9%. Добавление к комбикорму добавки в опытной группе приводило к увеличению концентрации каротиноидов в середине опыта (через 28 суток) по сравнению с началом на 82,6%.

Результаты анализов, выполненные при последнем отборе яиц через 56 суток основного периода опыта, свидетельствуют о сохранении тенденции к накоплению каротиноидов в опытной группе. Прирост концентрации каротиноидов в желтке яиц превышает контроль на 73,9%.

Таблица 2

**Концентрация каротиноидов в желтке яиц**

Группа	Каротиноиды, мкг/г
в конце адаптационного периода опыта	
Контрольная	12,31±0,29
Опытная	12,56±0,54
Через 28 суток от начала основного периода опыта	
Контрольная	13,34±0,16
Опытная	22,93±0,13*
Через 56 суток от начала основного периода опыта	
Контрольная	11,51±0,91
Опытная	20,02±0,95*

Таким образом, введение в рацион исследуемой добавки из высушенного растительного сырья благотворно влияет на процессы всасывания, транспорта и депонирования каротиноидов в организме птицы и последующего их трансформирования в яйцо.

### Список литературы

1. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов. М.: Мир, 1986. 442 с.
2. Сурай П., Фисинин В.И. Природные антиоксиданты в эмбриогенезе кур и защита от стрессов в постнатальном развитии // Сельскохозяйственная биология. 2013. № 2. С. 3-16.
3. Adams C. Natural pigments for chicken// World poultry. – 1985. – V. 49, N 7. – P. 36-37.
4. Apanius V. Ontogeny of immune function. In: Starck J.M., Ricklefs R.E. (Eds.) Avian Growth and Development: evolution within the Altricial-Precocial Spectrum. Oxford University Press, Oxford. 1998. P. 203-222.
5. Konno T. Assada T., Kafsuki T. Studies on the improvement of egg quality. Effect of various additives on egg composition// Nippon Veter Zootech Cole. Tokio, 1984. P. 33.
6. Surai P.F., Speake B.K., Sparks N.H.C. Carotenoids in avian nutrition and embryonic development. 2. Antioxidant properties and discrimination in embryonic tissues. J. Poult. Sci., 2001, V. 38. P. 117-145.

## СЕКЦИЯ «СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ»

### ДИНАМИКА УРОЖАЙНОСТИ ГРЕЧИХИ В КУЛУНДЕ

**Важов В.М.**

профессор кафедры географии и экологии, д-р с.-х. наук, профессор,  
Алтайский государственный гуманитарно-педагогический  
университет им. В.М. Шукшина, Россия, г. Бийск

**Важов С.В.**

доцент кафедры географии и экологии, канд. биол. наук,  
Алтайский государственный гуманитарно-педагогический  
университет им. В.М. Шукшина, Россия, г. Бийск

**Одинцев А.В.**

доцент кафедры географии и экологии, канд. с.-х. наук, доцент,  
Алтайский государственный гуманитарно-педагогический  
университет им. В.М. Шукшина, Россия, г. Бийск

Кулундинский природный район имеет существенное значение в производстве зерна гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench.) в Алтайском крае. Площади ее посевов за последние 9 лет в среднем составили 18,38 тыс. га, однако полученная урожайность на уровне 0,58 т/га меньше средней по краю на 0,15 т/га. Причины низкой урожайности гречихи разноплановые, среди них существенное значение имеет недоучет особенностей её выращивания в аридных условиях Кулунды. Для наращивания производства зерна необходимо исходить из зональных технологических требований гречихи, увязанных с её биологией, а также оросительных мелиораций, снимающих зависимость культуры от недостатка влагообеспеченности территории.

*Ключевые слова:* гречиха, урожайность, Кулундинский природный район, Алтайский край.

Алтайский край является ведущим российским регионом по производству зерна гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench.). В 2015 г. ее посевы на Алтае составили 464 тыс. га [2], что значительно выше, чем в других субъектах страны. Значительная часть посевных площадей находится в Кулундинском природном районе, расположенном в границах административной территории Алтайского края и представляющим собой обширную засушливую степь. Однако урожайность зерна в Кулунде самая низкая в регионе, что связано с аридностью климата, скудным плодородием почв, несовершенной агротехникой и отсутствием адаптированных к атмосферной засухе сортов. Районированные на Алтае сорта гречихи негативно реагируют на дефицит атмосферной и почвенной влаги, это существенно ухудшает процессы плодообразования, так как интенсивность цветения растений находится в тесной зависимости не только от морфологии и биологии культуры [8]. Важный вклад в формирование плодов вносят также агрометеорологические условия территории [7]. В связи с этим, анализ многолетней динамики урожайности гречихи является актуальным, так как позволяет определить пути оптимизации производства зерна на примере локальной территории.

При сборе, систематизации и обобщении материалов статьи использовались данные Алтайкрайстата [2], литературные источники и результаты собственных исследований [1].

В Кулунде расположены 12 муниципальных районов Алтайского края, производящих большие объемы гречихи, причем в 3-х из них, самых засушливых, гречиха высевается эпизодически. Данная природная зона занимает лидирующее положение в земледелии Алтайского края. Сельскохозяйственные угодья здесь занимают почти треть от краевых показателей, из них на пашню приходится более 2 млн. га. Однако почвенный покров представлен скудными по плодородию почвами с содержанием гумуса 2,5–4,5%. В западной части Кулундинского природного района находятся преимущественно каштановые суглинистые и легкосуглинистые, в приборовой части – супесчаные и только в восточной части Кулунды сформированы более плодородные почвы – южные и обыкновенные чернозёмы. По западной границе территории расположены тёмно-каштановые почвы. Такой почвенный комплекс предопределяет специфику пищевого режима гречихи, несмотря на ее незначительные требования к почвенному плодородию.

За последние 9 лет (2007–2015) посевы гречихи здесь в среднем составили 18,38 тыс. га, при урожайности 0,58 т/га, что ниже краевых показателей на 0,15 т/га. К тому же, урожайность зерна в Кулундинской степи непостоянная и существенно изменяется во времени. Из данных таблицы видно, что достаточно высокие урожаи зерна на уровне 1,00 т/га и более с убранной площади в весе после доработки получали Ключевский (2007, 2015), Михайловский (2013), Родинский (2009, 2015) и Немецкий (2009) районы. Более высокие урожаи (1,61 и 1,82 т/га) отмечены в 2009 и в 2015 годах в Славгородском и Хабарском районах, что является хорошим практическим достижением, учитывая рискованный характер местного земледелия.

Таблица

**Урожайность гречихи в Кулундинском природном районе, т/га  
(по данным Алтайкрайстата)**

Район	Год									Средняя по годам
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Благовещенский	0,54	0,41	-	-	-	0,50	0,60	-	0,53	0,52
Бурлинский	0,56	0,25	0,86	0,21	0,55	0,16	-	0,15	0,85	0,45
Волчихинский	0,84	0,42	0,81	0,53	0,58	0,35	0,86	0,74	1,11	0,69
Ключевский	1,31	0,89	-	-	0,48	0,42	0,90	-	1,03	0,84
Кулундинский	0,34	0,20	0,97	0,26	0,20	0,08	-	-	-	0,34
Михайловский	0,90	0,84	-	0,97	0,49	0,50	1,16	0,93	0,74	0,82
Немецкий	0,51	0,86	1,20	0,72	0,81	0,15	0,83	0,68	0,25	0,67
Родинский	0,61	0,31	1,30	0,39	0,19	0,15	0,91	-	1,49	0,67
Славгородский	0,25	0,30	-	0,17	0,65	0,06	1,82	0,26	0,38	0,49
Табунский	0,57	0,26	0,52	0,15	0,39	0,10	0,55	0,16	0,20	0,32
Угловский	0,59	0,29	0,49	0,30	0,21	0,30	0,60	0,64	0,49	0,43
Хабарский	0,59	0,37	1,61	0,78	1,02	0,28	0,81	0,43	0,83	0,75
Средняя	0,63	0,45	0,97	0,45	0,51	0,25	0,90	0,50	0,72	

В целом же за 2007–2015 гг. средняя урожайность зерна гречихи в Кулунде превысила уровень 0,5 т/га в большинстве анализируемого ряда лет (6 из 9). Наиболее урожайными являлись 2009 и 2013 годы (0,90–0,97 т/га), что можно объяснить благоприятными погодными условиями, сложившимися в период цветения и плодообразования. Самая низкая урожайность (0,25 т/га) отмечена в 2012 г. из-за аномальной засухи, охватившей как Кулунду, так и весь Алтайский край.

Графическое изображение урожайности гречихи с уборной площади в весе после доработки говорит о контрастной динамике в разрезе ряда лет. Судя по средним показателям, в 3-х муниципалитетах Кулундинского природного района положительная динамика сложилась в 2009, 2011 и 2013 годах, отрицательная – в 2008, 2010, 2012 и 2014 годах (рис.). Такие изменения можно объяснить не только агрометеорологическими условиями, но и тем, что товаропроизводители недостаточное внимание уделяют сортам нового поколения, прежде всего, орловской селекции. Для наращивания объемов производства зерна необходим также поиск технологических резервов переработки зерна в крупу, так как отходы достигают 26% от общего объема перерабатываемой гречихи [6].

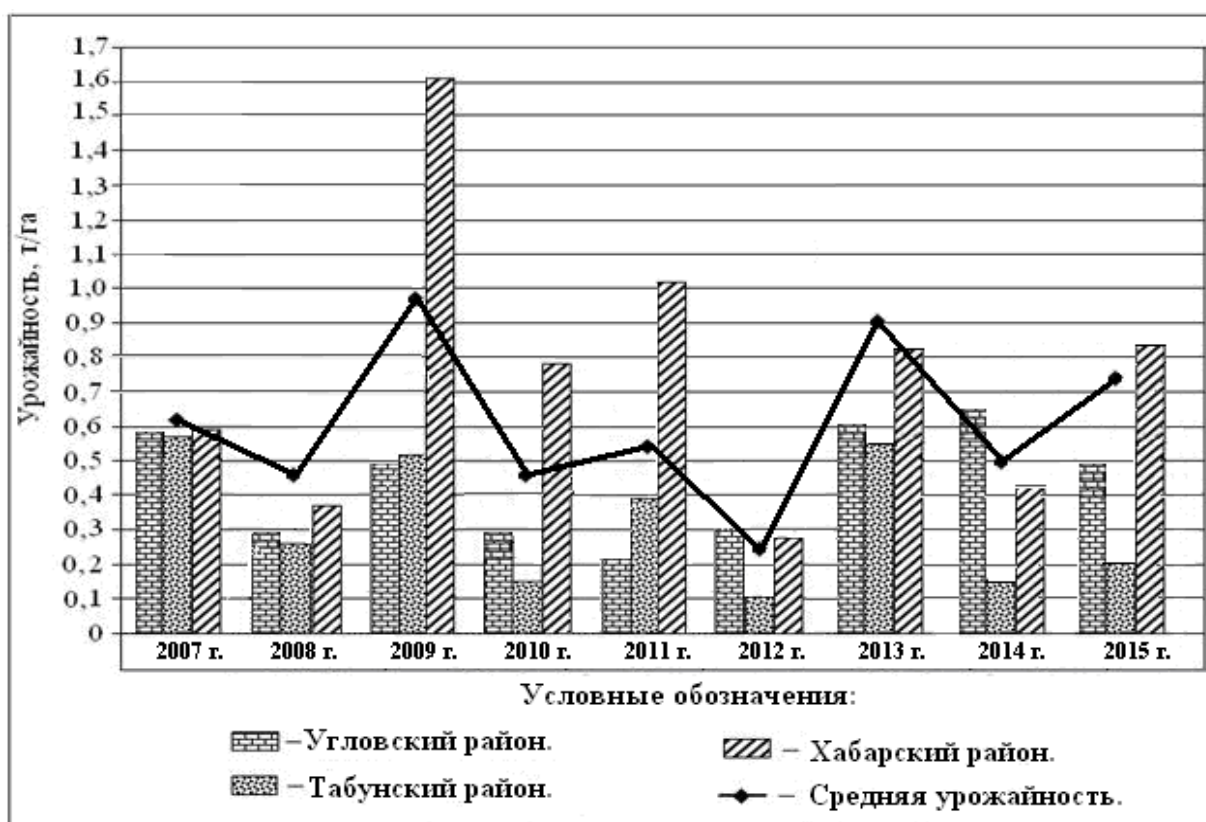


Рис. Динамика урожайности гречихи в отдельных муниципальных районах Кулунды, т/га

Известно, что зональные микроклиматические показатели, особенно влажность воздуха, обуславливают пестроту урожая и снижают его даже на локальной территории [5]. Полив дождеванием посевов сельскохозяйственных культур устраняет этот негативный процесс, прежде всего, в сухостепных агроэкосистемах. При научно-обоснованном дождевании растений на

полях не образуется сток дождевой воды, что исключает эрозию, опасность вторичного засоления и снижение плодородия почв [3, 4].

Очевидно, что ближайшее развитие этой отрасли зернового хозяйства в Кулунде проблематично, требует применения искусственного орошения и совершенствования агротехнических приемов, увязанных с биологическими особенностями гречихи [1]. Наши многолетние исследования (2003–2015 гг.) показали, что выполнение основных мероприятий сортовой агротехники в разные по влагообеспеченности годы позволяет довести урожайность зерна в хозяйствах до 1,5-1,8 т/га и более.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что применяемые типовые технологии возделывания гречихи, даже в пределах одного природного района, показывают разную эффективность во времени. Очевидной причиной резкого варьирования урожайности гречихи в Кулунде является, прежде всего, недостаточная влагообеспеченность территории, ограничивающая зональный биопродукционный процесс, низкое плодородие почв, невысокая культура земледелия, вызывающая засоренность полей и ветровую эрозию. Учет в агротехнике гречихи этих, а также других факторов может способствовать увеличению производства зерна.

#### Список литературы

1. Важов В.М., Важов С.В., Важова Т.И. Резервы производства гречихи в Алтайском крае // Международный научно-исследовательский журнал = International Research Journal. 2016. № 2. Часть 3. С. 91-94.
2. Информация Алтайкрайстата. № 22-16/184 от 21.03.2016. 2 с.
3. Козинская О.В., Пантюшина Т.В. Эффективность агрономелиоративных приемов при поливе дождеванием // Актуальные проблемы, современное состояние, инновации в области природообустройства и строительства: материалы всероссийской заочной научно-практич. конф., посвященной памяти д-ра техн. наук, профессора, заслуженного мелиоратора РФ И.С. Алексейко. Благовещенск, 2015. С. 100-104.
4. Кружилин И.П., Кузнецова Н.В., Козинская О.В. Сочетание орошения дождеванием с агрономелиоративными приемами обеспечивает сохранение и повышение плодородия почвы // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. № 57-1. С. 84-89.
5. Кузнецова Н.В., Маковкина Л.Н., Степанова Н.Е. Экологическое обоснование распределения облака дождя при поливе ДКШ–64 // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. №4. С. 30-35.
6. Марьин В.А., Верещагин А.Л. Пищевая ценность отходов переработки зерна гречихи // Хлебопродукты. 2014. № 7. С. 51-53.
7. Одинцев А.В. Технологические особенности возделывания гречихи в Бийско-Чумышской аграрной зоне Алтайского края // Успехи современного естествознания. 2014. № 1. С. 56-60.
8. Фесенко А.Н., Бирюкова О.В. Динамика цветения растений мутантной формы *determinate floret cluster* // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. №3. С. 28-32.

## ВЛИЯНИЯ ЗЕЛЕННЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОЧВУ И РАСТЕНИЯ

*Мирахмедов Ф.Ш., Рахимов А.Д.*

ассистенты кафедры «Генетика, селекция и семеноводство с/х культур»,  
Андижанский сельскохозяйственный институт, Узбекистан, г. Андижан

*Мамадалиев М.З., Маматкодиров Ж.Б., Якубова З.А.*

студенты факультета «Агрономия»,  
Андижанский сельскохозяйственный институт, Узбекистан, г. Андижан

Интенсификация земледелия в настоящее время сопровождается многосторонним вмешательством человека в ход почвообразовательного процесса, вызывающим преобразование почв, изменение их химического состава и гумусного состояния. А как нам известно, получение высоких и устойчивых урожаев тесно связано с плодородием почвы, важным показателем которого является количество и качество гумуса.

Чтобы представить влияние зеленых удобрений на плодородие пахотных земель и урожаи сельскохозяйственных культур были проведены полевые опыты. Эксперименты проводили на незасоленных орошаемых типичных сероземах среднесуглинистого механического состава.

*Ключевые слова:* земледелия, плодородия почвы, урожай, улучшение почвы, сидераты, минеральные удобрения, люцерна, клевер, зеленое удобрение, полевые опыты, гумус, агротехнические мероприятия.

Сельское хозяйство Узбекской Республики за последнее десятилетие подверглась коренному преобразованию. Объединение всех крестьян в фермерские хозяйства выдвигают много новых проблем и задач в области земледелия перед практикой и наукой. Хотя земледелия всегда и всюду основывалось на естественнонаучных знаниях и практическом опыте, но при производственных отношениях, когда действуют экономические законы рынка, оно получило новое содержание: максимальное производство растительной продукции, соответствующее народнохозяйственным потребностям при одновременном сохранении и увеличении плодородия почвы.

Тысячелетиями человечество занималось земледелием только на основе практического опыта. При этом наблюдениями было установлено, что почва может быть улучшена, а урожай повышен при добавлении в нее определенных веществ. Уже в древности было известно благоприятное действие навоза. Для улучшения почвы также применялись древесная и костная зола, гипс и сидераты.

Благодаря применению минеральных удобрений можно значительно увеличить производство сельскохозяйственной продукции. Минеральные удобрения не призваны вытеснить или заменить органические удобрения, а являются их действенным дополнением. В этом заключается их большое значение. При совместном внесении органических и минеральных удобрений могут быть получены максимальные урожаи на пашне и на лугопастбищных угодьях [3, с. 296].



С сидератами в почву не вносятся фосфор и калий, наоборот, эти питательные вещества будут больше поглощаться из почвенного запаса. В связи с этим при возделывании сидеральных культур, безусловно, следует вносить соответствующее количество фосфорно-калийных удобрений.

В наших исследованиях в качестве сидератов мы выбрали люцерну и клевер. Как кормовое растение люцерна известна с древности. Считают, что она вошла в культуру 7-8 тыс. лет назад. Наиболее богатый естественный генофонд люцерны сосредоточен в Средней Азии. А клевер имеет большое значение в полевом луговом кормопроизводстве, Европейских стран [2, с. 501].

Полевые опыты на типичных сероземах в Андижанской области показывают очевидное преимущество весенней заправки сидератов (табл.).

Исследования биологической активности почвы показывают, что в условиях Узбекистана при глубокой заправке, особенно в апреле и мае, разложение зеленой массы замедляется.

Таблица

**Эффективность зеленого удобрения на типичных сероземных почвах при осенней и весенней заправке (2015 г.)**

Вариант	Картофель, ц/га	Прибавка урожай, ц/га	Озимая пшеница, ц/га	Прибавка урожай, ц/га	Хлопчатник, ц/га	Прибавка урожай, ц/га
Без зеленого удобрения (контроль)	72	-	43	-	23	-
Люцерна, запаханный с осени	104	32	49	6	29	6
Люцерна, запаханный весной	121	49	59	16	37	14
Клевер, запаханный с осени	100	28	47	4	27	4
Клевер, запаханный весной	117	45	53	10	34	11

С увеличением глубины заделки зеленой массы клевера (с 10 до 40 см) возросли урожаи озимой пшеницы.

Как показывает мировая практика влияние зеленого удобрения на урожайность кроме других факторов, зависит от величины доз минеральных удобрений, а такие разновидности почвы. На песчаных почвах эффект выше, чем на других почвенных разностях.

Большинство пахотных почв Узбекистана содержат относительно мало гумуса (0,3-1 %). Во влажных районах мира, например в Дании и Швеции, пахотные почвы содержат несколько больше гумуса (3-6 %).

Чтобы поддержать плодородие почвы необходимо, по меньшей мере, за ротацию севооборота вносить в почву столько же гумусообразующих веществ, сколько их будет минерализовано и вынесено с урожаем.

По нашим подсчетам люцерна, клевер и клеверо-злаковая смесь оставляют значительно больше корневых остатков, пропашные культуры меньше.

Плодородие почвы не постоянно, оно может улучшаться, ухудшаться и даже полностью разрушаться. Особо следует отметить, что только при ком-

плексном осуществлении агротехнических мероприятий, в частности углубления пахотного слоя, а также обогащения почвы гумусом, фосфором и другими мероприятиями можно получать наивысшие урожаи при одновременном росте плодородия почвы.

#### Список литературы

1. Андреев Н.Г. Луговое и полевое корма производство. М.: Агропромиздат, 1989. С. 28-29.
2. Коновалов Ю.Б., Долгодворова Л.И. Частная селекция полевых культур. М.: Агропромиздат, 1990. 501 с.
3. Рюбензам Э., Рауэ К. Земледелие. М.: Колос, 1969. С. 294-296.

### РАЗМЕЩЕНИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТАХ НА ВОСТОЧНЫХ РАЙОНАХ УЗБЕКИСТАНА

*Мирахмедов Ф.Ш., Мирхomidова Н.А., Сарibaева Н.Н., Рахимов А.Д.*  
ассистенты кафедры «Генетика, селекция и семеноводство с/х культур»,  
Андижанский сельскохозяйственный институт, Узбекистан, г. Андижан

*Маматкодиров Ж.Б.*  
студент факультета «Агрономия»,  
Андижанский сельскохозяйственный институт, Узбекистан, г. Андижан

Порядок чередования полевых культур в отдельном севообороте может быть установлен только после того, когда будут обоснованы число и размещение севооборотов и их полей, а также состав полевых культур в севооборотах и масштабы их выращивания.

На пашне аналогичные «идеальные» растительные сообщества можно выращивать очень редко. В наибольшей степени такие желательные качества проявляются у многолетних кормовых смесей, таких как люцерна злаковые и клевера злаковые травосмеси, почвоулучшающее действие которых бесспорно.

В наших опытах при высеве разных сортов озимой пшеницы по пласту люцерны или клевера и по хлопчатнику были получены следующие результаты. Урожай озимой пшеницы по пласту трав значительно выше, чем по хлопчатнику. В 2014 году отличавшемся засушливой осенью и холодной зимой, урожай при посеве по хлопчатнику были в 2 раза ниже, чем по пласту.

*Ключевые слова:* севооборот, озимая, пшеница, хлопчатник, клевер, люцерна, урожай, плодородие, зерновые, сорт.

В сельскохозяйственной практике существует множество различных севооборотов. Большое число факторов, влияющих на формирование севооборотов вследствие их очень различных сочетаний, даже в сельскохозяйственных предприятиях такой относительно небольшой территории, какой является Ферганская долина (восточная часть Узбекистана), требует большого разнообразия севооборотов.

На ферганской долине озимую пшеницу возделывают преимущественно по непаровым предшественникам. В большей части края основными предшественниками озимой пшеницы являются подсолнечник, кукуруза,

технические культуры, и в первую очередь хлопчатник, а также колосовые культуры.

В наших многолетних опытах при посеве озимой пшеницы сорта Дурдона по черному пару и хлопчатнику на Андижанской селекционной станции были получены следующие урожаи зерна (табл. 1). В среднем за 4 лет урожай озимой пшеницы по черному пару составил 45,7 ц с 1 га, а по хлопчатнику – 31,2 у или в среднем на 14,5 ц ниже. За все годы по черному пару урожай озимой пшеницы не опускался ниже 41,6 ц с 1 га, а иногда достигал 52,3 ц.

Таблица 1

**Урожай озимой пшеницы Дурдона при посеве по разным предшественникам (в ц с 1 га)**

Год	Урожай зерна при посеве по		
	черному пару	клеверу	хлопчатнику
2011	52,3	43,7	37,2
2012	42,7	39,5	35,9
2013	41,6	37,9	27,6
2014	46,2	42,9	24,1
Среднее за 4 лет	45,7	41,0	31,2

Таким образом, в восточных областях Узбекистана при размещении озимой пшеницы по черному пару независимо от погодных условий года можно получать не менее 40 ц зерна с 1 га. При посеве же по хлопчатнику урожаи ее неустойчивы.

В отдельные годы они бывают в 2 раза ниже, чем по пару.

Известно, что хлопчатник сильно иссушает почву, поэтому после него влаги и усвояемых форм пищи, главным образом азота, в осенний и ранневесенний период для озимой пшеницы бывает недостаточно.

Особенно резко это проявляется в годы с засушливой осенью и холодной зимой. В такие годы ранней весной листья озимой пшеницы имеют бледно-желтую окраску, указывающую на азотное голодание. То же и нередко в более сильной степени наблюдается при посеве озимых после кукурузы [1, с. 326].

Влияние полевых культур сказывается на последующих культурах исключительно через то состояние почвы, в котором они ее оставляют. При этом, по-видимому, необходимо различать с земледельческой точки зрения непосредственное влияние предшественника, то есть его влияние на первую или также и на вторую последующую культуру, и кумулятивное влияние предшественника, то есть его долговременное влияние на почву, на ее плодородие [2, с. 454].

Люцерна и клевера злаковые травосмеси всегда бывают хорошими предшественниками для части полевых культур, но они положительно влияют на свойства почвы, потому что обогащают почву гумусом и азотом. Это различие видно, например, при сравнении между люцерной в чистом посеве и клевера злаковой травосмесями. Люцерна обоснованно считается более ценным предшественником, так как первой следующая за ним в севообороте культура получает большее количество азота, тогда как под клевера злаковой

травосмесью большая часть азота сначала закрепляется в образовавшемся гумусе. Однако вторая культура в большинстве случаев дает после клевера злаковой травосмеси более высокие урожаи, как это видно из приводимых данных Избосканских опытов (табл. 2).

Таблица 2

**Урожаи последующих культур по подсевной люцерне и клевера злаковой травосмеси**

Предшественник	Первая последующая культура-хлопчатника		Вторая последующая культуры-зерновые	
	ц / га	%	ц / га	%
Люцерна	36,1	122	47,7	103
Клевер, овсяница луговая и райграс	34,6	117	49,2	106
Зерновые (без подсева)	29,4	100	46,3	100

Севообороты на легких, не пригодных для люцерны и клевера почвах, создают наибольшие трудности при установлении благоприятного соотношения между пропашными культурами и благоприятными предшественниками. На этих почвах особенно большое значение имеют однолетние бобовые и промежуточные культуры.

#### **Список литературы**

1. Лукьяненко П.П. Избранные труды. М.: ВО «Агропромиздат» 1990. 324-326 с.
2. Рюбензам Э., Рауэ К. Земледелие. М.: Колос, 1969. 453-456 с.

## **ПУТИ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ ИЗ-ЗА БОЛЕЗНЕЙ ОПЕРАТОРОВ В СВИНОВОДСТВЕ**

**Широков Ю.А.**

ген. директор, д.т.н., агрокомплекс ЗАО «Био-М», Россия, Брянская обл.

**Смирнов Г.Н.**

зав. кафедрой «Охрана труда», к.т.н., Российская государственная аграрная академия-МСХА им. К.А. Тимирязева, Россия, г. Москва

**Рыжкова Н.С.**

доцент кафедры «Охрана труда», к.с.-х.н., Российская государственная аграрная академия-МСХА им. К.А. Тимирязева, Россия, г. Москва

В статье рассмотрены проблемы снижения потерь рабочего времени из-за болезней работников свиноводческих ферм и комплексов. Сравниваются нормативные требования к микроклимату на рабочих местах для человека и в помещениях для содержания животных. Показано, что в угоду экономике параметры микроклимата значительно отличаются от допустимых для человека, работающего в животноводческих помещениях. Это приводит к значительным потерям рабочего времени из-за болезней операторов. Даны предложения по организации профилактики заболеваний работников животноводства.

*Ключевые слова:* свиноводство, потери рабочего времени, операторы, болезни, микроклимат, профилактика.

По данным Федеральной инспекции труда РФ удельный вес рабочих мест с вредными и опасными условиями труда вырос с 1990 года по настоящее время более чем на 5% и составляет в последние годы в среднем примерно 23%, достигая в отдельных отраслях производства трети и даже половины.

Особенно тревожное положение наблюдается в животноводстве.

В сельском хозяйстве РФ работает около 800 тысяч человек (без специалистов и руководителей), из них более 70% – работники животноводческих ферм и комплексов. И большинство из них работают в условиях, далеких от оптимальных. Причем это несоответствие заложено уже при проектировании животноводческих предприятий [1]. Естественное стремление проектировщиков создать высокоэффективные предприятия приводит к созданию таких условий для животных, при которых будут обеспечены оптимальные обменные процессы (табл. 1). О человеке, работающем с животными, никто не заботится. Здоровье работников животноводства игнорируется ради экономических показателей.

Таблица 1

**Сравнение нормативных значений температуры и влажности воздуха для человека и в помещениях для содержания свиней различных половозрастных групп**

Нормативные значения для работы операторов и содержания животных	Температура воздуха в помещении, °С		Относительная влажность воздуха в помещении, %	
	максимальная	минимальная	максимальная	минимальная
Для операторов	24	22	60	30
Для групп животных				
<i>Хряки</i>	19	13	75	40
<i>Матки холостые и супоросные</i>	19	13	75	40
<i>Матки подсосные с поросятами</i>	22	18	70	40
<i>Свинки ремонтные на выращивании и поросята-отъемыши</i>	22	18	70	40
<i>Свиньи на откорме</i>	20	14	70	40

Сравнение нормативных значений температуры и влажности внутреннего воздуха для человека (оператора, свинарки и т.п.) и в помещениях для содержания свиней различных половозрастных групп показывает, что даже проектное значение максимальной температуры ниже рекомендованной для человека на 2-5 °С, а минимальной – на 4-9 °С, максимальной влажности на 15%.

Еще большее различие в (2-3 раза) в нормативах скорости движения воздуха (табл. 2).

Различие в микроклимате для работы операторов и содержания животных создает предпосылки, как для простудных, так и для профессиональных заболеваний. Причем в реальном производстве параметры микроклимата еще более отличны от допустимых для человека. На сотнях малых и средних сви-

нокомплексах, помещения, где содержатся животные, не обогреваются. Зимой температура в них нередко отрицательная.

Таблица 2

**Скорость движения воздуха в животноводческих помещениях**

Нормативные значения для работы операторов и содержания животных	Скорость движения воздуха в помещении, м/с	
	расчетная в холодный и переходный периоды года	допустимая в теплый период года
Для операторов	0,1	0,1
Для групп животных		
Для холостых и супоросных маток и хряков	0,3	1,0
Для ремонтного молодняка и порослят-отъемышей	0,2	0,6
Для откорма молодняка	0,3	1,0
Для опороса и содержания подсосных маток с поросятами-сосунами	0,15	0,4

Проведенные обследования рабочих мест при специальной оценке условий труда на свинокомплексе ЗАО "БИО- М" Брянской области показали, что микроклимат в свинарниках явно дискомфортный: повышенная относительная влажность (75-90 %), низкая температура (8-18 °С), при этом образуется туман и конденсат на стенах и оборудовании. Шум в свинарниках непостоянный, но его уровень в период кормления и прививок достигает 86-96 дБ. Максимум звукового давления приходится на высокие частоты до 8000 Гц. Воздушная среда свиноводческих помещений загрязнена газовыми примесями, обусловленными жизнедеятельностью животных, разложением экскрементов и кормов. Специфический неприятный запах обусловлен наличием в воздухе сероводорода, аммиака, меркаптана, индола, скатола, аминов, альдегидов, кетонов и т. д. Концентрации аммиака, углекислого газа и сероводорода превышают допустимые. Наибольшее количество газов обнаруживается в утренние часы в зимний период, когда закрыты все проемы и двери.

На свинокомплексе большая часть операций выполняется вручную. Значительная часть работ связана с физическим и психическим напряжением, однотипна, сопровождается нередко отрицательными эмоциями. В течение смены оператор только при кормлении выполняет до 4000 мелких операций. Очистка станков для содержания животных от навоза вручную (2 раза в смену) сопровождается напряжением мышц спины и конечностей. За 1 уборку оператор выполняет до 1400-1600 движений. Эти данные согласуются и результатами других исследователей [2, 4].

Потери рабочего времени операторами свинокомплекса ЗАО "Био-М", построенном в 1997 году как межрайонное откормочное предприятие, по причине заболеваний значительно, более чем на порядок, превышают потери рабочего времени из-за несчастных случаев (табл. 3). Материальный ущерб от болезней за три года превысил 2 млн. рублей. Эти болезни медики не связывают с условиями работы свинарок, хотя связь наверняка имеется.

Анализ потерь рабочего времени на свинокомплексе ЗАО "Био-М"

№, п/п	Показатели	2012	2013	2014
1	Среднесписочное количество работающих (Р), чел.	225	213	203
2	Количество дней нетрудоспособности из- за несчастных случаев,(Дн), дн.	59	27	22
3	Материальный ущерб от н.с., руб.	45200	24600	16400
4	Количество дней нетрудоспособности из- за болезней,(Дб), дн.	983	1254	1198
5	Материальный ущерб из-за болезней, руб.	549360	787512	789482

Однако, за 18 лет работы свинокомплекса не было выявлено ни одного профзаболевания. С одной стороны, сами работники не связывают свои болезни с профессиональной деятельностью. С другой – трудность в установлении связи заболеваний с профессией во многих случаях обусловлена отсутствием специфичности клинических проявлений многих профессиональных заболеваний и отсутствием достаточно четких тестов их диагностики.

Что же должно быть сделано для эффективной профилактики и снижения потерь рабочего времени из-за болезней операторов в животноводстве? Прежде всего, работодатели должны оценить реальные потери производства от болезней работников и понять, что более выгодно предотвратить болезнь. А профилактические мероприятия по борьбе с заболеваниями можно разделить на четыре группы:

1) общегосударственные мероприятия, проводимые путем введения в строительные нормы и правила и зооветеринарные требования на проектирование животноводческих предприятий условий обязательного оборудования свинокомплексов изолированными помещениями для периодического отдыха обслуживающего персонала в комфортных для органов дыхания условиях (кондиционированный, насыщенный аэроионами воздух) и для проведения лечебно-профилактических мероприятий, направленных на предупреждение профессиональных форм патологии (кислородные коктейли, гидропроцедуры, вибромассаж и др.);

2) профилактические мероприятия, которые должны быть выполнены на каждом производстве путем устранения тех недостатков, которые выявляются при проведении специальной оценки условий труда на рабочих местах. Это, прежде всего, технические усовершенствования с целью устранения различных профессиональных вредностей (например, модернизация систем вентиляции и микроклимата с целью максимального приближения реальных параметров микроклимата свинарников к допустимым для персонала, устройство пылеуловителей и т. п. Современное оборудование позволяет это сделать);

3) организационные мероприятия в виде предоставления работникам свинокомплексов путевок для профилактики профзаболеваний в специализированных санаториях;

4) усиление контроля за состоянием здоровья работников свинокомплексов при периодических медицинских осмотрах.

#### **Список литературы**

1. Ведомственные нормы технологического проектирования свиноводческих предприятий (ВНТП 2-96), Минсельхозпрод РФ. М., 1996.
2. Зайцев В.П., Свердлов М.С. Охрана труда в животноводстве. М.: Агропромиздат, 1989.
3. Kendall Thu, Craig Zwerling, Kelly Donham, Энциклопедия по охране и безопасности труда MOT, 2015г. URL: <http://www.safework.ru>.
4. Князев А.Ф., Иванова З. В. Безопасность жизнедеятельности в животноводстве. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2009.

Подписано в печать 11.05.2016. Гарнитура Times New Roman.  
Формат 60×84/16. Усл. п. л. 8,01. Тираж 100 экз. Заказ № 140  
ООО «ЭПИЦЕНТР»  
308010, г. Белгород, ул. Б.Хмельницкого, 135, офис 1  
ИП Ткачева Е.П., 308000, г. Белгород, Народный бульвар, 70а