



АГЕНТСТВО ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ СБОРНИК

ПО МАТЕРИАЛАМ XX МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
Г. БЕЛГОРОД, 30 НОЯБРЯ 2016 Г.



2016 № 11-1  
ISSN 2413-0869

АГЕНТСТВО ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
(АПНИ)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ  
НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

**2016 • № 11, часть 1**

**Периодический научный сборник**

*по материалам  
XX Международной научно-практической конференции  
г. Белгород, 30 ноября 2016 г.*

**ISSN 2413-0869**

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

2016 • № 11-1

### **Периодический научный сборник**

**Выходит 12 раз в год**

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-65905 от 06 июня 2016 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

### **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 XX Международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития науки и технологий» (г. Белгород, 30 ноября 2016 г.).*

### **Редакционная коллегия**

*Духно Николай Алексеевич*, директор юридического института МИИТ, д.ю.н., проф.

*Васильев Федор Петрович*, профессор МИИТ, д.ю.н., доц., чл. Российской академии юридических наук (РАЮН)

*Датий Алексей Васильевич*, главный научный сотрудник Московского института государственного управления и права, д.м.н.

*Кондрашихин Андрей Борисович*, профессор кафедры экономики и менеджмента, Институт экономики и права (филиал) ОУП ВО «Академия труда и социальных отношений» в г. Севастополе, д.э.н., к.т.н., проф.

*Тихомирова Евгения Ивановна*, профессор кафедры педагогики и психологии Самарского государственного социально-педагогического университета, д-р пед. наук, проф., 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., доц.

*Стариков Никита Витальевич*, директор научно-исследовательского центра трансфера социокультурных технологий Белгородского государственного института искусств и культуры, к.с.н.

*Ткачев Александр Анатольевич*, доцент кафедры социальных технологий НИУ «БелГУ», к.с.н.

*Шаповал Жанна Александровна*, доцент кафедры социальных технологий НИУ «БелГУ», к.с.н.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ «ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ» .....</b>	<b>6</b>
<i>Голосов Е.В., Колобов Ю.Р., Жидков М.В.</i> ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТИ И ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТИТАНА VT1-0 .....	6
<i>Ермаков А.И., Гольдштейн С.Л.</i> ФИЗИКАЛИЗМ РЕСУРСНО-РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ.....	8
<i>Иванисова О.В., Грановская А.А.</i> ОБТЕКАНИЕ МЕМБРАНЫ ПОТОКОМ ВЕСОМОЙ ЖИДКОСТИ .....	11
<i>Крючков С.В., Ионкина Е.С., Попов К.А.</i> О ВЛИЯНИИ ПОПЕРЕЧНОГО ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ТОК В ДВУМЕРНОЙ СВЕРХРЕШЕТКЕ НА ОСНОВЕ ГРАФЕНА .....	16
<i>Мартынов В.В., Лукьянов Е.А., Клемешина Н.Г., Зайцев А.Ю.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ МОМЕНТОВ СФЕРИЧЕСКОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА.....	19
<i>Михайлов А.М., Анিকেенко В.И.</i> УПРУГИЕ ПОСТОЯННЫЕ КАРБИДА БОРА ПОД ДАВЛЕНИЕМ .....	23
<i>Мищенко Д.С., Стёпкин С.В., Дубина В.И.</i> ГАЗОФАЗОВАЯ ЭПИТАКСИЯ ИЗ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. ПРОБЛЕМЫ РОСТА МОС-ГИДРИДНОЙ ЭПИТАКСИИ .....	26
<i>Попков В.И.</i> АНАЛОГИЯ КАК МЕТОД ПОЗНАНИЯ В ФИЗИКЕ.....	31
<i>Чеботарев С.В.</i> ОБ ОБЩЕМ ВИДЕ ПРЕДЕЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СУММ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН.....	37
<b>СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ» .....</b>	<b>40</b>
<i>Беспалов А.В., Бондарев Д.А., Горняева Ю.А., Заболоцкий В.И.</i> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МОДИФИКАТОРЫ ДЛЯ АНИОНООБМЕННЫХ МЕМБРАН .....	40
<i>Гурбанов Г.Р., Адыгезалова М.Б.</i> ХАРАКТЕР ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ $\text{GeSb}_2\text{Te}_4\text{-SnSb}_2\text{Te}_4$ .....	42
<i>Гурбанов Г.Р., Мамедов Ш.Г.</i> ХАРАКТЕР ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ $\text{PbSb}_2\text{Se}_4\text{-Pb}_5\text{Bi}_6\text{Se}_{14}$ .....	45
<i>Железнякова А.А.</i> ВОДООТТАЛКИВАЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ НА ОСНОВЕ ОЛИГОПИПЕРИЛЕНСТИРОЛА И АЛКОКСИСИЛАНА .....	47
<i>Киреева Ю.Г.</i> ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНТАКТНЫХ ПЕНОПЛАСТОВ С ПОЛИОРГАНОСИЛОКСАНОВЫМ СВЯЗУЮЩИМ В ОБЛАСТИ СВЕРХВЫСОКИХ РАДИОЧАСТОТ .....	50
<i>Крещик А.А.</i> ПОЛИЭФИРСУЛЬФОН: ПРИМЕНЕНИЕ, СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ, КРАТКИЙ ОБЗОР .....	53
<i>Ломанова Н.А.</i> ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА МУЛЬТИФЕРРОИКОВ ТИПА ФАЗ АУРИВИЛЛИУСА $\text{A}_{m-1}\text{Bi}_2\text{B}_{m-1}\text{B}'_m\text{O}_{3m+3}$ (A-Bi, Sr; B-Fe; B'-Ti).....	55
<i>Маринин А.А., Меркулов В.В., Мантлер С.Н.</i> КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ГИДРИРОВАНИЕ СМОЛОСОДЕРЖАЩИХ ОСТАТКОВ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА Pt/Pd КАТАЛИЗАТОРЕ .....	59

<i>Синицын М.Ю., Ревина Е.И., Борзенко А.Г., Горбатенко А.А.</i> АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСТОЧНИКА СПЛОШНОГО СПЕКТРА ПРИ ААС ОПРЕДЕЛЕНИИ АТОМНЫХ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ ФОРМ АНАЛИТОВ .....	63
<i>Синицын М.Ю., Ревина Е.И., Борзенко А.Г., Горбатенко А.А.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЗЭ В ПЛАМЕНИ .....	67
<i>Сметанин А.Г., Ощепкова Е.С.</i> ВЛИЯНИЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ЭКОЛОГИЮ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ .....	70
<i>Худиева А.Г., Ильяслы Т.М., Исмаилов З.И., Алиев И.И.</i> ТРОЙНАЯ СИСТЕМА Nd-As-S .....	72
<b>СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ» .....</b>	<b>75</b>
<i>Антонова И.С., Барт В.А., Клочкова П.С.</i> О СТРОЕНИИ ПОБЕГОВЫХ СИСТЕМ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА <i>ACER L.</i> .....	75
<i>Артемук Е.Г., Корзюк О.В.</i> РОСТРЕГУЛИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ БРАССИНОСТЕРОИДОВ НА БОБОВЫЕ КУЛЬТУРЫ .....	83
<i>Васильева Ю.А., Кузнецов А.П.</i> ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ И СОДЕРЖАНИЕ ПОЛОВЫХ ГОРМОНОВ У ДЕВУШЕК В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОНУСА ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ .....	85
<i>Гусейнова С.А.</i> ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДНЕКАСПИЙСКОЙ КОТЛОВИНЫ.....	90
<i>Керяя А.В., Большаков М.А., Ростов В.В.</i> ДНЕВНАЯ И НОЧНАЯ ДИНАМИКИ ОБЩЕЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЕЙ В ХОДЕ ОБЛУЧЕНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА НАНОСЕКУНДНЫМ ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКИМ МИКРОВОЛНОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ .....	95
<i>Краснопивцева А.Н., Белова Т.А.</i> ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПЕРЕСТРОЙКА ПИГМЕНТНОГО АППАРАТА РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ УВЕЛИЧЕННОГО СВЕТОВОГО ПЕРИОДА.....	99
<i>Круглов Д.С., Столбова О.А.</i> МЕСТА ОБИТАНИЯ ЗООФИЛЬНЫХ МУХ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	101
<i>Лавриненко Е.С., Елина Е.Е.</i> ОСОБЕННОСТИ ГНЕЗДОВАНИЯ ХОХОТУНЬИ <i>LARUS CACHINNANS</i> НА ЮГО-ЗАПАДЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ.....	105
<i>Наквасина А.В., Столбова О.А.</i> АНАЛИЗ ПАТОЛОГИЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ У КОШЕК В ГОРОДЕ ТЮМЕНИ .....	109
<i>Паритов А.Ю.</i> РОЛЬ ХИМИЧЕСКИХ МУТАГЕНОВ В СЕЛЕКЦИИ КУКУРУЗЫ НА МНОГОПОЧАТКОВОСТЬ .....	112
<i>Полежаев А.В.</i> К ИЗУЧЕНИЮ БАЛОБАНА В АЛТАЙСКОМ КРАЕ <i>FALCO CHERRUG J.E. GRAY, 1834</i> .....	116
<i>Родина Н.П., Сулацкий М.И., Поварова О.И., Сулацкая А.И.</i> СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ АМИЛОИДНЫХ ФИБРИЛЛ НА ОСНОВЕ ЛИЗОЦИМА, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ФИБРИЛЛОГЕНЕЗА, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТИОФЛАВИНА Т.....	119
<i>Сасу Н.В.</i> СОЗДАНИЕ НАУЧНОГО ЗАДЕЛА, ОРИЕНТИРОВАННОГО НА РАЗРАБОТКУ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОЛОНГИРОВАННОЙ ФОРМЫ ГЕНТАМИЦИНА .....	123

<i>Сергиенко Г.Ф., Пашкова О.Н., Боровая Е.А., Сергиенко С.С.</i> ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ТРЕНИРУЕМОЙ ЛОШАДИ, ИСПОЛЬЗУЯ ЭКШН-КАМЕРУ, ОСНАЩЕННУЮ ПРОГРАММНЫМ УСТРОЙСТВОМ.....	125
<i>Скорбач В.В., Ларина А.Ю., Матвиенко М.М.</i> ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ г. БЕЛГОРОДА .....	129
<i>Скорбач В.В., Матвиенко М.М., Ларина А.Ю.</i> КРАСНОКНИЖНЫЕ РАСТЕНИЯ, ПРОИЗРАСТАЮЩИЕ НА УЧАСТКЕ «ШОПИНО САДЫ» БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	132
<i>Степанов А.С., Маркин Д.А., Тухтаназарова К.Р.</i> ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ АВТОТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗКИ НА СОСТОЯНИЕ ПРИДОРОЖНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ .....	133
<b>СЕКЦИЯ «СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА» .....</b>	<b>138</b>
<i>Змеева А.А.</i> АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПОКРЫШКИ КАК ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ В РОССИИ .....	138
<i>Ивлева О.Т., Шавва А.О.</i> АРХИТЕКТУРА СТОЛИЧНЫХ И РОСТОВСКИХ КЛУБОВ ДВАДЦАТЫХ – ТРИДЦАТЫХ ГОДОВ XX ВЕКА .....	141

## СЕКЦИЯ «ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ»

### ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТИ И ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТИТАНА ВТ1-0

***Голосов Е.В.***

старший научный сотрудник лаборатории биоматериалов НОиИЦ  
«Наноструктурные материалы и нанотехнологии», канд. физ.-мат. наук,  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, г. Белгород

***Колобов Ю.Р.***

заведующий кафедрой наноматериалов и нанотехнологий на базе Научного  
центра РАН в г. Черногловка, д-р физ.-мат. наук, Белгородский государ-  
ственный национальный исследовательский университет, Россия, г. Белгород

***Жидков М.В.***

аспирант, Белгородский государственный национальный  
исследовательский университет, Россия, г. Белгород

Исследовано влияние фемтосекундного лазерного облучения ИК-лазера на топографию поверхности и фазовый состав приповерхностных слоев технически чистого титана марки В1-0. В результате облучения на поверхности титановых сплавов формируется пространственная периодическая структура, представляющей собой достаточно равномерное чередование выступов (порогов) и впадин со средней периодичностью порядка 400-500 нм. По данным просвечивающей электронной микроскопии фемтосекундное лазерное облучение приводит к формированию в приповерхностных слоях нанокристаллической структуры.

*Ключевые слова:* фемтосекундное лазерное облучение, просвечивающая электронная микроскопия, титановый сплав, микроструктура.

Высокоэнергетические бесконтактные методы воздействия на поверхность материалов, позволяющие изменять механические, электрофизические и физико-химические свойства поверхности и приповерхностных слоев представляют значительный интерес в современной науке и технике. Одним из таких методов, вызывающий интерес в последние годы, является фемтосекундное лазерное облучение (ФЛЮ) [1-7]. Такое воздействие с формированием пространственно-периодических структур, период которых сопоставим с длиной волны света, позволяет придавать особые свойства поверхности: возможность управления отражением, а также поглощением света почти до 100 процентов с одновременным расширением спектра поглощения, супергидрофобность или супергидрофильность, биоактивность. Преимуществом фемтосекундных лазерных импульсов является малая – суб- и околомикронная – глубина зоны теплового воздействия. Это позволяет осуществлять сильнолокализованную модификацию отдельных обрабатываемых

участков поверхности с их быстрым нагревом до температуры плавления и охлаждением с высокой скоростью.

В настоящей работе представлены экспериментальные результаты по исследованию топографии поверхности, фазового состава и структуры приповерхностных слоев после взаимодействия лазерного излучения фемтосекундной длительности с поверхностью технически чистого титана марки ВТ1-0.

В результате фемтосекундной лазерной обработки (ИК-лазер,  $\lambda=744$  нм,  $\tau \approx 120$  фс,  $E \leq 8$  мДж) при выбранных условиях облучения на поверхности исследуемого титанового сплава ВТ1-0 формируется пространственная периодическая структура, представляющая собой достаточно равномерное чередование выступов (порогов) и впадин. Ширина порогов колеблется в диапазоне от 200 до 400 нм. Средняя периодичность составляет порядка 500 нм.

Полученные с использованием просвечивающей электронной микроскопии экспериментальные данные показали, что фемтосекундное лазерное облучение оказывает значительное влияние на структурно-фазовое состояние приповерхностных слоев наноструктурированного титана. Из представленного на рисунке изображения микроструктуры видно, что в приповерхностном слое титана марки ВТ1-0 происходит формирование нанокристаллической структуры с размером элементов структуры (зерен) примерно от 20 до 50 нм. Толщина нанокристаллического (НК) слоя титана, которая, по видимому, соответствует глубине воздействия фемтосекундного лазерного облучения, составляет примерно 100-150 нм.

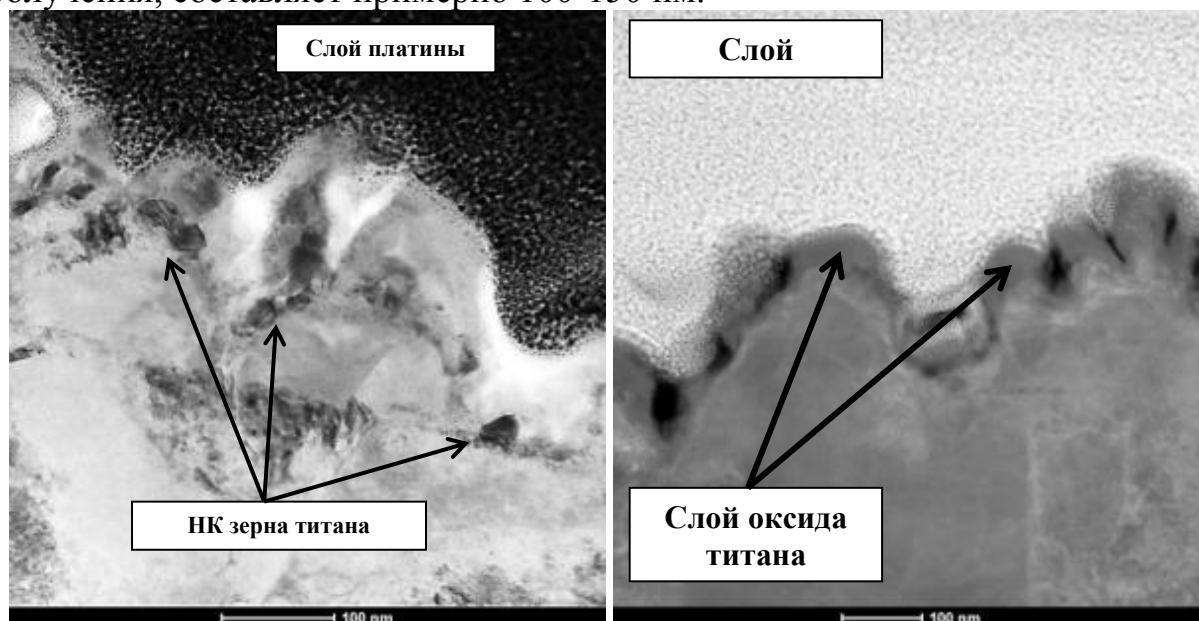


Рис. Микроструктура (ПЭМ) модифицированного ФЛО приповерхностного слоя технически чистого титана марки ВТ1-0

По данным просвечивающей электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа тонкий поверхностный слой толщиной до 50-70 нм является фазой на основе титана и кислорода. Содержание титана и кислорода по данным микрорентгеноспектрального анализа составляет примерно 70 и 30 ат. %, соответственно. По данным равновесной диаграммы состояния это соответствует диоксиду титана  $TiO_2$ .



Таким образом, полученные в настоящей работе экспериментальные результаты по исследованию приповерхностных слоев наноструктурированного титана после фемтосекундного лазерного облучения показали, что такое воздействие приводит к значительному изменению структурно-фазового состояния приповерхностных слоев НС титана.

#### Список литературы

1. Golosov E. V., Emel'yanov V. I., Ionin A. A., Kolobov Y. R., Kudryashov S. I., Ligachev A. E., Novoselov Y. N., Seleznev L. V., Sinitsyn D. V. Femtosecond laser writing of subwave one-dimensional quasiperiodic nanostructures on a titanium surface, JETP Letters. – 2009. V. 90. №2. – P. 107-110.
2. Заботнов С.В., Головань Л.А, Остапенко И.А. и др. Фемтосекундное наноструктурирование кремниевых поверхностей // Письма в ЖЭТФ. – 2006. – Т. 83. – Вып.2. – С. 76-79.
3. Wagner R., Gottmann J., Horn A. et al. Subwavelength ripple formation induced by tightly focused femtosecond laser radiation // Applied Surface Science. – 2006. – V. 252. – I. 34. – P. 8576-8579.
4. Голосов Е.В., Ионин А.А., Колобов Ю.Р., Кудряшов С.И., Лигачев А.Е., Новоселов Ю.Н., Селезнев Л.В., Синицын Д.В. Сверхбыстрые изменения оптических свойств поверхности титана и фемтосекундная лазерная запись одномерных квазипериодических нанорешеток ее рельефа // ЖЭТФ. – 2011. – Т. 140. – Вып. 1. С. 21-35.
5. Yongguang Huang, Shibing Liu, Wei Li, Yuanxing Liu, and Wei Yang. Two-dimensional periodic structure induced by single-beam femtosecond laser pulses irradiating titanium // Opt. Exp. – 2009. – Vol. 17. – Issue 23, p. 20756-20761.
6. Vorobyev A.Y., Guo C. Femtosecond laser structuring of titanium implants // Applied Surface Science. – 2007. – N 253. – P. 7272–7280.

## ФИЗИКАЛИЗМ РЕСУРСНО-РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

*Ермаков А.И.*

студент группы ФТ-430802,

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

*Гольдштейн С.Л.*

профессор кафедры выч. техники, д-р физ.-мат наук, профессор,  
Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина,  
Россия, г. Екатеринбург

В данной работе представлены рассуждения понятия потенциала в физике и связь с ней. На основе литературных источников предложен вариант оценки потенциала медицинского учреждения, опираясь на законы физики.

*Ключевые слова:* потенциал, физический потенциал, медицинское учреждение, ресурсы.

Потенциал – это физическая величина, характеризующая запас энергии тела, находящегося в данной точке поля. С другой стороны, потенциал – со-

вокупность всех имеющихся возможностей, средств в какой-либо области, сфере [1].

Потенциал бывает различных видов: ресурсный, маркетинговый, финансовый, инновационный и другие. В медицинских учреждениях существуют кадровый потенциал, экономический потенциал, трудовой потенциал работника, потенциал оборота пациентов и т. д.

Потенциал медицинского учреждения пренебрегает законы физики. Он не обоснован с научной точки зрения, так как нет формул для оценки потенциала медицинского учреждения.

Цель данного исследования – определение потенциала медицинского учреждения, используя законы физики.

На данный момент не существует единого определения понятия потенциала медицинского учреждения.

Конкретно потенциал врача- оценка медицинским учреждением (представителем) максимальной ценности врача для компании. Измеряется в количестве уже назначенных упаковок препарата. Установить можно на основании таких параметров:

1. Размер очереди у кабинета врача.
2. Количество приемов в сутки (особенно удобно определять, когда больные приходят по записи).
3. Частота назначения каких-либо препаратов.

Потенциал пациента – показатель, оценивающий на основе комплекса медицинских, психологических и социальных факторов реальные возможности восстановления нарушенных функций и способностей организма, в том числе участия в трудовой деятельности. Оценка должна учитывать возможности обратимости и (или) компенсированности функциональных нарушений, психологическую готовность больного или инвалида к реабилитации, наличие и степень выраженности сопутствующих заболеваний, возможности компенсации патологии при помощи технических средств, а также возможность сохранения имеющегося уровня патологии при прогрессирующем течении процесса. Определение базируется на комплексной оценке 3-х групп факторов.

#### **Медицинские факторы:**

- Клиническое течение заболевания (характер заболевания, степень выраженности последствий основного и сопутствующих заболеваний, частоту обострений, наличие синдрома взаимного отягощения, эффективность лечения и потребность в курсовом, поддерживающем лечении для стабилизации патологического процесса, возможности обратного развития заболевания);

- Наличие функциональных резервов организма, определение способностей организма к развитию компенсаторных возможностей человека (определение показателей работоспособности в условиях физических и психоэмоциональных нагрузок и «цены» адаптации к ним);

- Клинико-трудовой прогноз с определением возможности продолжения трудовой деятельности в своей специальности или определением доступной тяжести и напряженности трудового процесса.

**Психологические факторы:**

- Психологические особенности личности пациента;
- Определение установки на продолжение трудовой деятельности или возможность ее коррекции;
- Адекватное отношение к болезни и лечению;
- Наличие психических отклонений.

**Социальные факторы включают:**

- Место жительства пациента;
- Уровень и разносторонность образования и профессиональной подготовки;
- Профессиональная пригодность в основной профессии, наличие других квалифицированных специальностей;
- Возможность приобретения другой, показанной по состоянию здоровья профессии (при профессиональной непригодности в основной профессии);
- Экономическое положение пациента и его семьи.

С учетом вышеизложенных медицинских, психологических и социальных факторов определяется потенциал пациента: высокий, средний или низкий [2].

Из определений видно, что отсутствует связь с законами физики. Связь между потенциалом медицинского учреждения и физическим потенциалом могла бы упростить процесс его вычисления и анализа.

В физическом потенциале используются конкретные параметры (например, потенциал падающего с высоты камня можно оценить тремя параметрами: массой камня и высоты, с которой он падает). Также надо и при расчете потенциала учреждения, соблюдая размерности конкретных ресурсов. Ведь тщательный анализ каждого элемента может дать понятие о результативности потенциала.

При нахождении связи между физическим потенциалом и потенциалом медицинского учреждения, можно связать любые различные законы физики с работой медицинского учреждения.

**Список литературы**

1. Лансберг Г. С. Элементарный учебник физики Том II [Текст] / Лансберг Г. С. – М.: Наука, 1971. – 530 с.
2. Михайлов Ю. М. Охрана труда в медицинских учреждениях [Текст] / Михайлов Ю. М. – М.: Альфа-пресс», 2009. – 207 с.

# ОБТЕКАНИЕ МЕМБРАНЫ ПОТОКОМ ВЕСОМОЙ ЖИДКОСТИ

**Иванисова О.В.**

доцент кафедры вычислительной математики и информатики,  
канд. физ.-мат. наук, Кубанский государственный университет,  
Россия, г. Краснодар

**Грановская А.А.**

магистрант 2 курса кафедры вычислительной математики и информатики,  
Кубанский государственный университет, Россия, г. Краснодар

Статья посвящена исследованию поведения мембраны с жестко закрепленным концом и изучению изменения формы поверхностных волн при движении мембраны под свободной поверхностью весоной жидкости.

*Ключевые слова:* задача гидроупругости, мембрана, упругие смещения, весоная жидкость, свободная граница.

Рассмотрим обтекание мембраны, расположенной на глубине  $H$  под свободной поверхностью весоной жидкости, потоком со скоростью на бесконечности  $V_\infty$ . Пусть подвижная система координат связана с мембраной так, что ось  $Ox$  будет направлена вдоль скорости  $V_\infty$ , а ось  $Oy$  проходит через середину отрезка  $[-l, l]$ , соответствующего хорде мембраны, и направлена вверх против силы тяжести  $g$ .

Форму мембраны будем задавать уравнением  $y = f_0(x) + f(x)$ , где  $f_0(x)$  – первоначальная форма,  $f(x)$  – упругие смещения относительно заданной первоначальной формы. Форму свободной поверхности опишем уравнением  $y = H + \eta(x)$ , где  $\eta(x)$  – изменение свободной поверхности относительно невозмущенного уровня  $y = H$ .

Граничную двумерную задачу относительно потенциала возмущенной скорости течения  $\varphi(x, y)$  в предположениях линеаризованной теории волн можно записать в следующем виде [2]:

$$\Delta\varphi = 0 \text{ при } y < H, (x, y) \notin \{y = 0, |x| \leq l\}, \quad (1)$$

$$V_\infty \cdot \frac{\partial\varphi}{\partial x} + g \cdot \eta = 0 \text{ при } y = H, \quad (2)$$

$$\frac{\partial\varphi}{\partial y} = V_\infty \cdot \frac{\partial\eta}{\partial x} \text{ при } y = H, \quad (3)$$

$$\frac{\partial\varphi}{\partial y} = v_y(x) = V_\infty \left( \frac{df_0}{dx} + \frac{df}{dx} \right) \text{ при } y = 0, |x| \leq l, \quad (4)$$

$$\varphi(x, y) \rightarrow 0 \text{ при } y \rightarrow -\infty \text{ равномерно по } x, \quad (5)$$

$$|\nabla\varphi| \rightarrow 0 \text{ при } x \rightarrow -\infty \text{ для всех } y, \quad (6)$$

$$|\varphi(x, y)| < C = \text{const} \text{ при } x \rightarrow +\infty. \quad (7)$$

В качестве уравнения связи деформации формы мембраны с распределением давления вдоль её границы возьмем уравнение равновесия для случая

цилиндрического изгиба пластины при наличии усилий  $T$  в срединной плоскости

$$-T \frac{d^2 f}{dx^2} = p_- - p_+ \quad (8)$$

с краевыми условиями

$$f(-l) = f'(-l) = 0, \quad (9)$$

которые обеспечивают жесткое закрепление левого конца мембраны.

Для решения гидродинамической части (1) – (7) краевой задачи используем функцию

$$\gamma(x) = \left( \frac{\partial \varphi_+}{\partial x} - \frac{\partial \varphi_-}{\partial x} \right) \Big|_{y=0}, \quad |x| \leq l,$$

которая связана с перепадом давления вдоль мембраны следующим образом:

$$p_- - p_+ = \rho V_\infty \gamma(x).$$

Индексы «+» и «-» указывают величины, относящиеся соответственно к верхней и к нижней поверхности мембраны.

С применением преобразования Фурье задача (1) – (7) сводится к сингулярному интегральному уравнению [1]:

$$\int_{-l}^l \gamma(\xi) k(x - \xi) d\xi = -V_\infty \left( \frac{df_0}{dx} + \frac{df}{dx} \right), \quad (10)$$

где

$$k(x) = F^{-1} \left[ -\frac{1}{2i} \operatorname{sign} u \left( 1 + e^{-2|u|H} + \frac{2v|u|}{u^2 - v|u|} e^{-2|u|H} \right) \right] =$$

$$= \frac{1}{2\pi} \left( P \frac{1}{x} + \frac{x}{x^2 + 4H^2} \right) - vR(x),$$

$$v = \frac{g}{V_\infty^2},$$

$$R(x) = \begin{cases} -\frac{1}{\pi} \int_0^{+\infty} \frac{e^{\beta x}}{\beta^2 + v^2} (v \cos 2\beta H + \beta \sin 2\beta H) d\beta & \text{при } x < 0, \\ \frac{1}{\pi} \int_0^{+\infty} \frac{e^{-\beta x}}{\beta^2 + v^2} (v \cos 2\beta H + \beta \sin 2\beta H) d\beta - 2e^{-2vH} \cos vx & \text{при } x > 0. \end{cases}$$

Производную  $\frac{df}{dx}$  неизвестной функции упругих деформаций в правой части уравнения (10) можно выразить через  $\gamma(x)$ , решив уравнение (8).

Введём безразмерные величины  $x = l\bar{x}$ ,  $\gamma(\xi) = V_\infty \bar{\gamma}(\bar{\xi})$ ,  $f(x) = l\bar{f}(\bar{x})$ ,  $h = \frac{H}{l}$ ,  $Fr = \frac{V_\infty}{\sqrt{2lg}}$ ,  $\mu = \frac{\rho V_\infty^2 2l}{T}$ , тогда уравнение (8) примет следующий вид:

$$-\frac{d^2 \bar{f}}{d\bar{x}^2} = \frac{\mu}{2} \bar{\gamma}(\bar{x}). \quad (11)$$

Далее черточки над безразмерными величинами будем опускать.

Решение уравнения (11) с краевыми условиями (9) имеет представление через функцию Грина:

$$f(x) = -\frac{\mu}{2} \int_{-1}^1 G(x, s) \gamma(s) ds, \quad (12)$$

где

$$G(x, s) = \begin{cases} 0, & x \leq s, \\ x - s, & s < x. \end{cases}$$

Выражение (12) для упругих перемещений подставим в уравнение (10) и получим следующее уравнение в безразмерном виде:

$$\int_{-1}^1 \gamma(s) \left[ k(x - s) - \frac{\mu}{2} \frac{\partial G(x, s)}{\partial x} \right] ds = -\frac{df_0}{dx}. \quad (12)$$

Для численного решения уравнения (13) используем метод дискретных вихрей. Выберем следующую схему расположения дискретных вихрей и точек коллокации:

$$x_i = -1 + \left(i - \frac{1}{4}\right) \frac{2}{N}, \quad s_j = -1 + \left(j - \frac{3}{4}\right) \frac{2}{N}, \quad i, j = \overline{1, N}. \quad (13)$$

Тогда уравнение (13) запишется системой линейных алгебраических уравнений, которую можно представить в матричном виде:

$$(A - \mu B)\gamma = C,$$

где  $A$  и  $B$  – матрицы порядка  $N \times N$ ,  $C$  – вектор правой части,  $\gamma$  – вектор неизвестных  $\gamma_i$ .

Зная  $\gamma_i$ , можно определить форму мембраны и свободной поверхности по следующим формулам:

$$y(x_i) = f_0(x_i) - \frac{\mu}{N} \sum_{j=1}^N \gamma_j G(x_i, s_j)$$

$$\eta(x_i) = \frac{2}{N} \sum_{j=1}^N \gamma_j q(x_i - s_j), \quad i = \overline{1, N},$$

где [2]

$$q(x) = \begin{cases} \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{2Fr^2 e^{-\beta|x|}}{4Fr^4 \beta^2 + 1} (2Fr^2 \beta \cos \beta h - \sin \beta h) d\beta, & x < 0, \\ \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{2Fr^2 e^{-\beta|x|}}{4Fr^4 \beta^2 + 1} (2Fr^2 \beta \cos \beta h - \sin \beta h) d\beta - 2e^{-\frac{h}{2Fr^2}} \sin \frac{x}{2Fr^2}, & x > 0. \end{cases}$$

Численный эксперимент проводился при  $f_0' = -\alpha$ ,  $N = 50$ .

Исследуем корни характеристического уравнения  $|A - \mu B| = 0$ .

На рисунке 1 показана зависимость значения наименьшего критического числа  $\mu_1$  от числа Фруда, при котором происходит потеря статической устойчивости, при различных отстояниях от свободной поверхности. На всем интервале числа Фруда величина  $\mu_1$ , равно как и  $\mu_2$ , принимает действительные значения (см. рис. 1, 2).

Кривизна мембраны при переходе параметра  $\mu$  через критические значения скачком меняет знак. Соответствующие критическим значениям  $\mu$  формы профиля являются собственными криволинейными формами мембраны в потоке жидкости. На рисунке 3 представлены собственные формы мембраны с жестко закрепленным левым концом при  $Fr = 0,5, h = 0,4$ .

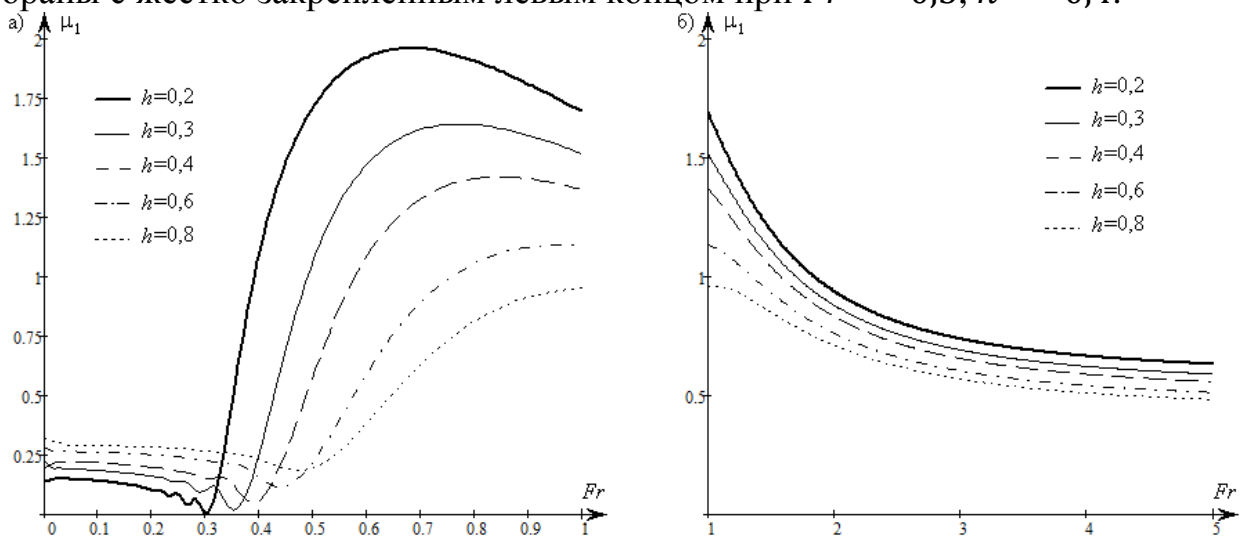


Рис. 1. Зависимость наименьшего критического значения  $\mu_1$  от числа Фруда

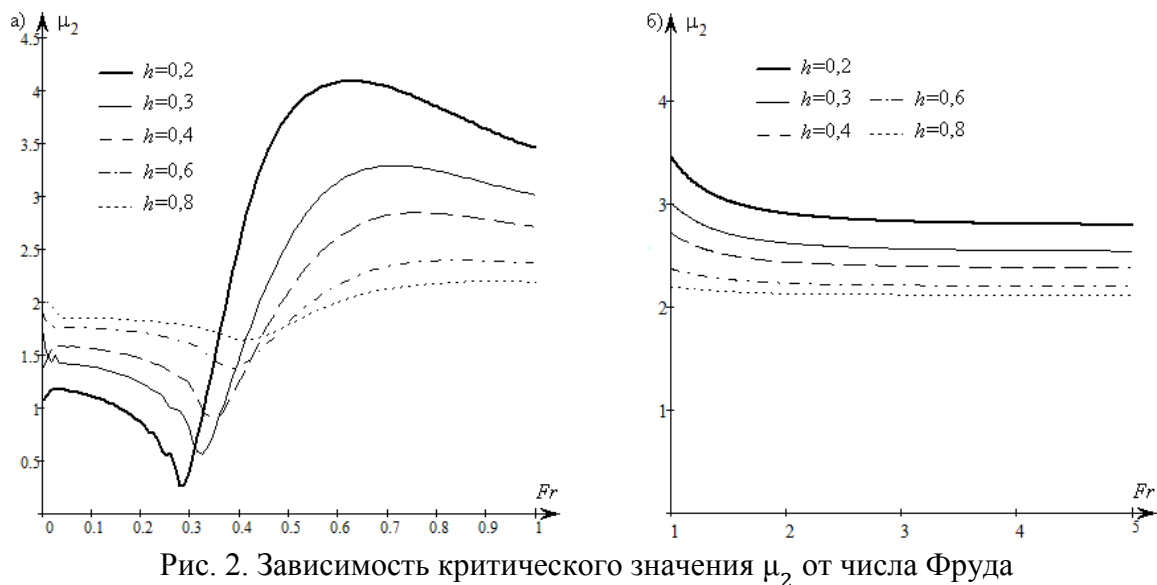


Рис. 2. Зависимость критического значения  $\mu_2$  от числа Фруда

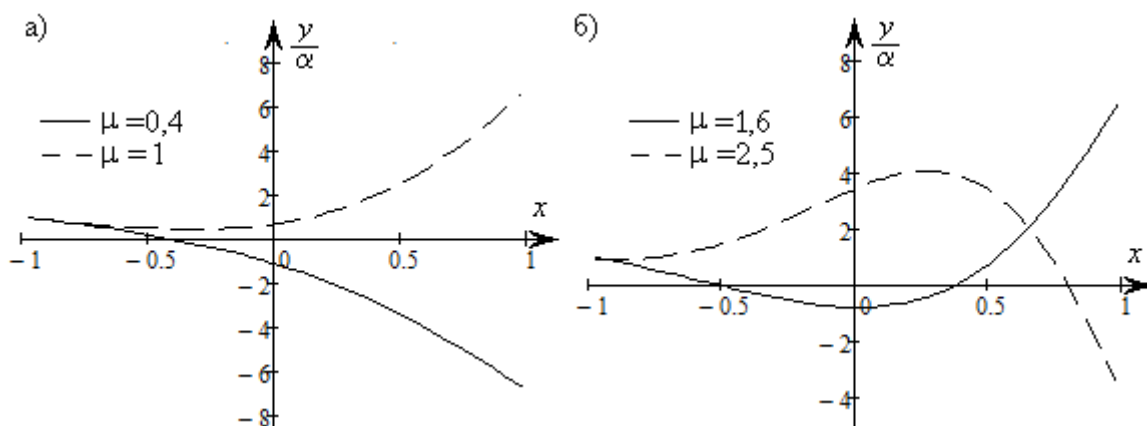


Рис. 3. Собственные формы мембраны а) при  $\mu \approx 0,589$ , б) при  $\mu \approx 2,103$

На рисунке 4 изображен график формы свободной границы при заданных параметрах погружения и параметра  $\mu$ . Значение  $\mu$  при заданных параметрах движения лежит вне окрестности  $\mu$  критического. По графику можно проследить, как изменение скорости движения мембранного профиля влияет на форму свободной границы весоной жидкости. Близость к критическим значениям  $\mu$  вызовет неограниченный рост амплитуды поверхностных волн. При изменении числа Фруда происходит изменение периода и сдвиг фазы по направлению оси  $Ox$ .

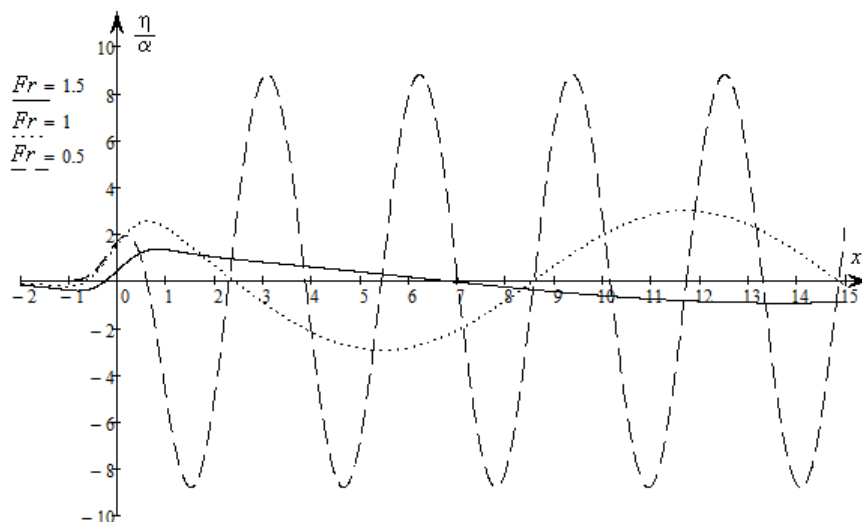


Рис. 4. Форма свободной поверхности при  $h = 0,4$  и  $\mu = 3,2$

Изменение глубины погружения мембраны (см. рис. 5) приводит к изменению амплитуды волны, не затрагивая значения длины волны и сдвига фаз.

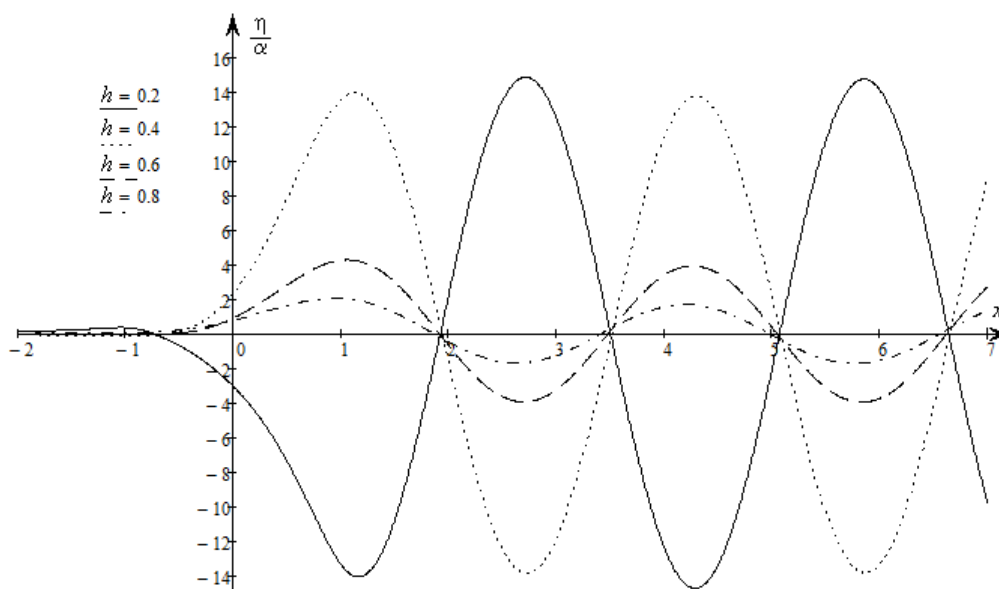


Рис. 5. Влияние глубины погружения на форму свободной поверхности при  $Fr = 0,5$  и  $\mu = 1,1$

При фиксированных параметрах погружения и числа Фруда можно проследить изменение кривизны линии свободной границы в окрестности критического значения параметра  $\mu$  (см. рис. 6). Кривизна свободной границы скачком меняет знак при переходе через  $\mu$  критическое.



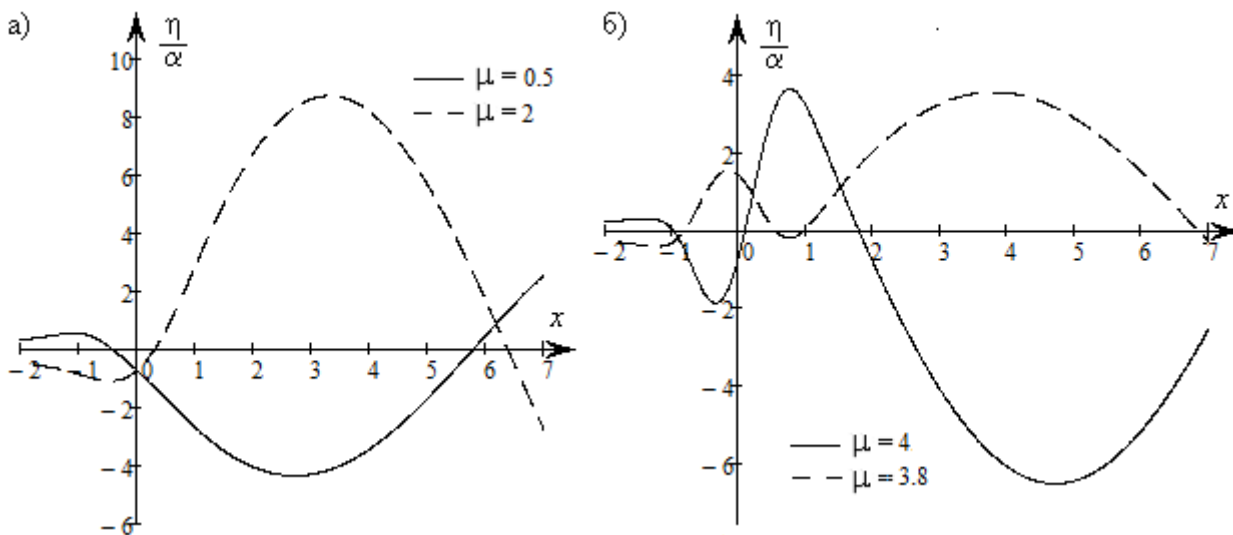


Рис. 6. Влияние параметра  $\mu$  на кривизну линии свободной границы при  $Fr = 1$  и  $h = 0,4$

### Список литературы

1. Ефремов И.И., Иванисова О.В. Гидродинамические характеристики малопогруженного подводного крыла // Труды XI Всероссийской школы-семинара «Современные проблемы математического моделирования». Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2005. С.138-144.
2. Лукащик Е.П., Иванисова О.В. Влияние волнообразования на гидроупругую устойчивость подводного профиля // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2011. №1(13). С. 105–119.

## О ВЛИЯНИИ ПОПЕРЕЧНОГО ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ТОК В ДВУМЕРНОЙ СВЕРХРЕШЕТКЕ НА ОСНОВЕ ГРАФЕНА

**Крючков С.В.**

профессор кафедры физики, методики преподавания физики и математики, ИКТ, д-р физ.-мат. наук, профессор, 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

**Попов К.А.**

доцент кафедры физики, методики преподавания физики и математики, ИКТ, канд. физ.-мат. наук, доцент, Волгоградский государственный социально-педагогический университет, Россия, г. Волгоград

В данной статье получено выражение для тока, текущего в слое графена, энергетический спектр которого модулирован периодическим потенциалом подложки в двух взаимно перпендикулярных направлениях (двумерная сверхрешетка). Рассмотрено влияние на ток поперечного постоянного электрического поля. Показано, что наличие поперечного

поля приводит к появлению дополнительного максимума в вольт-амперной характеристике сверхрешетки.

*Ключевые слова:* двумерная сверхрешетка, графен, вольт-амперная характеристика, постоянное электрическое поле.

Последнее десятилетие ознаменовалось всплеском интереса исследователей к материалам на основе графена – монослоя графита [1, 3]. В частности, было предложено несколько вариантов создания сверхрешеток на основе графена, в том числе и нанесение графена на подложку из чередующихся слоев оксида кремния и гексагонального нитрида бора [2, 5].

В данной статье мы рассматриваем сверхрешетку на основе графена, помещенного на подложку, в которой ячейки SiO<sub>2</sub> и h-BN чередуются в шахматном порядке, образуя периодическую структуру с периодом  $d_1$  по одной оси (в нашем случае по оси O<sub>x</sub>) и с периодом  $d_2$  по другой (соответственно, по оси O<sub>y</sub>). Рассмотрим влияние на данную сверхрешетку постоянного электрического поля  $\vec{E}(E_x, E_y, 0)$  при условии, что электрический ток может протекать только в направлении оси O<sub>x</sub>.

В таком случае плотность тока определяется выражением ( $\hbar = 1$ ):

$$j_x = \frac{2e}{(2\pi)^3} \int_{\vec{p}} v_x(\vec{p}) f(\vec{p}, t) d\vec{p}, \quad (1)$$

где  $f(\vec{p}, t)$  – неравновесная функции распределения

Принимая энергетический спектр электронов в виде [4]

$$\varepsilon(\vec{p}) = \sqrt{\Delta^2 + \Delta_1^2(1 - \cos(p_x d_1)) + \Delta_2^2(1 - \cos(p_y d_2))}, \quad (2)$$

получаем выражение для скорости электрона:

$$v_x(\vec{p}) = \frac{\partial \varepsilon(\vec{p})}{\partial p_x} = \frac{\Delta_1^2 d_1 \sin(p_x d_1)}{2\sqrt{\Delta^2 + \Delta_1^2(1 - \cos(p_x d_1)) + \Delta_2^2(1 - \cos(p_y d_2))}}. \quad (3)$$

При этом для плотности тока (1) имеем:

$$j_x = j_0 \int_0^\infty dt \exp(-t) \int_{-\pi}^\pi \int_{-\pi}^\pi d\alpha d\beta \frac{\sin \alpha \exp\left(-\frac{D}{kT} \sqrt{g(\alpha, \beta, \omega_x, \omega_y)}\right)}{\sqrt{1 - \frac{\Delta_1^2}{D^2} \cos \alpha - \frac{\Delta_2^2}{D^2} \cos \beta}}, \quad (4)$$

где  $j_0 = \frac{e\Delta_1^2 d_1 n_0 \exp(D/kT)}{8\pi^2 D \cdot I_0(\Delta_1^2/(2DkT)) \cdot I_0(\Delta_2^2/(2DkT))}$ ,  $D = \sqrt{\Delta^2 + \Delta_1^2 + \Delta_2^2}$ ,  $\omega_x = eE_x d_1$ ,

$\omega_y = eE_y d_2$ ,  $g(\alpha, \beta, \omega_x, \omega_y) = 1 - \frac{\Delta_1^2}{D^2} \cos\left(\alpha + \frac{\omega_x}{v} t\right) - \frac{\Delta_2^2}{D^2} \cos\left(\beta + \frac{\omega_y}{v} t\right)$ ,  $I_0(x)$  –

модифицированная функция Бесселя.

Результаты прямого численного интегрирования в соответствии с формулой (4) представлены на рисунке.

Интегрирование (4) с использованием разложения функций корня и экспоненты в ряд приводит к следующему выражению для плотности тока:

$$j_x = j_0 \left( C_1 \frac{\omega_x}{\omega_x^2 + \nu^2} + C_2 \left( \frac{\omega_x - \omega_y}{(\omega_x - \omega_y)^2 + \nu^2} + \frac{\omega_x + \omega_y}{(\omega_x + \omega_y)^2 + \nu^2} \right) \right), \quad (5)$$

здесь константы  $C_1$  и  $C_2$  зависят лишь от свойств сверхрешетки.

Численный анализ (4) и исследование выражения (5) показывают, что в присутствии поперечной составляющей электрического поля на вольт-амперной характеристике появляется дополнительный максимум, несколько смещенный от значения  $\omega_y / \nu$  в область более сильного поля.

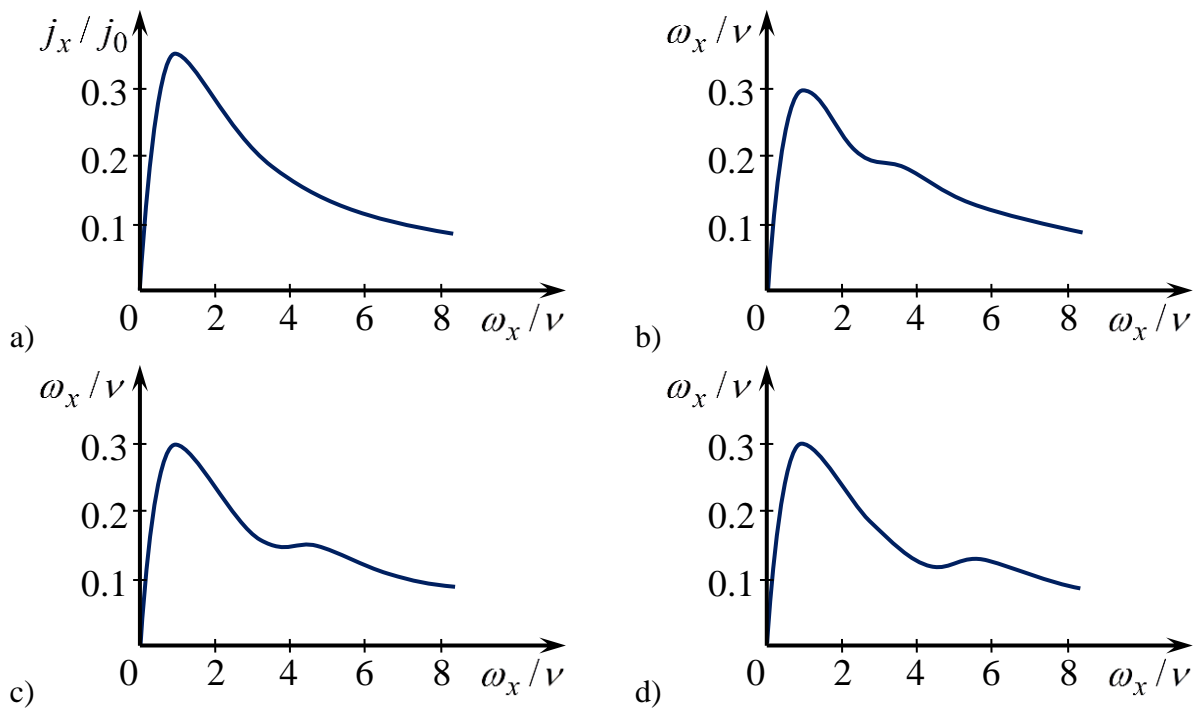


Рис. Графики плотности тока в зависимости от соотношения  $\omega_x / \nu$  при разных значениях  $\omega_y / \nu$ : а)  $\omega_y / \nu = 0$ ; б)  $\omega_y / \nu = 3$ ; в)  $\omega_y / \nu = 4$ ; д)  $\omega_y / \nu = 5$ .

### Список литературы

1. Geim A.K., Novoselov K.S. The rise of graphene // Nature Materials. 2007. V. 6. P. 184-191.
2. Kryuchkov S.V., Kukhar' E.I. The solitary electromagnetic waves in the graphene superlattice // Physica B. 2013. V. 408. P. 188-192.
3. Novoselov K.S. et al. Electric field effect in atomically thin carbon films // Science. 2004. V. 306. P. 666-669.
4. Ионкина Е.С., Крючков С.В., Попов К.А. Нелинейные электромагнитные волны в двумерной сверхрешетке на основе графена // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 5-2. С. 15-17.
5. Ратников П.В. Сверхрешетка на основе графена на полосчатой подложке // Письма в ЖЭТФ. 2009. Т. 90. Вып. 6. С. 515-520.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ МОМЕНТОВ СФЕРИЧЕСКОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА**

***Мартынов В.В.***

доцент кафедры «Робототехника и мехатроника», к.т.н., доцент,  
Донской государственной технической университет,  
Россия, г. Ростов-на-Дону

***Лукьянов Е.А.***

заведующий кафедрой «Робототехника и мехатроника», к.т.н., доцент,  
Донской государственной технической университет,  
Россия, г. Ростов-на-Дону

***Клемешина Н.Г., Зайцев А.Ю.***

магистранты кафедры «Робототехника и мехатроника»,  
Донской государственной технической университет,  
Россия, г. Ростов-на-Дону

В статье выполнен анализ влияния конструктивных параметров робота на его статические и динамические характеристики, представлены полученные уравнения для определения рабочих моментов мобильного робота.

*Ключевые слова:* мобильный робот, сферобот, нетрадиционные движители, сферические роботы, рабочие моменты мобильного робота.

В настоящее время в сфере машиностроения актуальными являются разработки в области нетрадиционных движителей мобильных роботов. Особый интерес в этом отношении представляют движители, расположенные внутри замкнутого объема, чаще всего сферической формы, они не имеют непосредственного контакта с внешней средой и поэтому надежно защищены от ее влияния. Именно это является главным достоинством сферического робота, что позволяет ему перемещаться по земле, песку, жидкой грязи, воде. «Такие аппараты достаточно компактны и могут использоваться для получения информации из труднодоступных мест и обследования подозрительных объектов» [1]. В зарубежной прессе рассматриваются также вопросы военного использования сферических роботов.

При конструировании сферических роботов возникают проблемы обеспечения их управляемости на сложнопереесеченной местности, расширение диапазона преодолеваемых препятствий и необходимых динамических характеристик. Одним из путей решения этих проблем является рациональное размещения внутренних узлов робота. Для этого необходимо связать статические и динамические характеристики робота с его конструктивными параметрами.

Описанные в литературе расчеты нелинейной динамики [2] затруднительно использовать при конструировании сферических роботов.

## Определение рабочих моментов мобильного робота

На основе выявленных проблем, связанных с влиянием конструктивных параметров на статические и динамические характеристики, были выведены уравнения для определения рабочих моментов мобильного робота.

При данных расчётах были приняты следующие допущения: корпус разработанного сфероробота, представляет собой жесткую сферу, катящуюся по горизонтальной плоскости без проскальзывания (в первом приближении будем считать систему «катящийся модуль – дорога» голономной).

Принятые обозначения (рисунок): величины, характеризующие движение стержня маятника с грузом помечены индексом «м», а описывающие движение корпуса модуля – индексом «к», положительное направление отсчета углов, угловых скоростей и ускорений – против часовой стрелки.

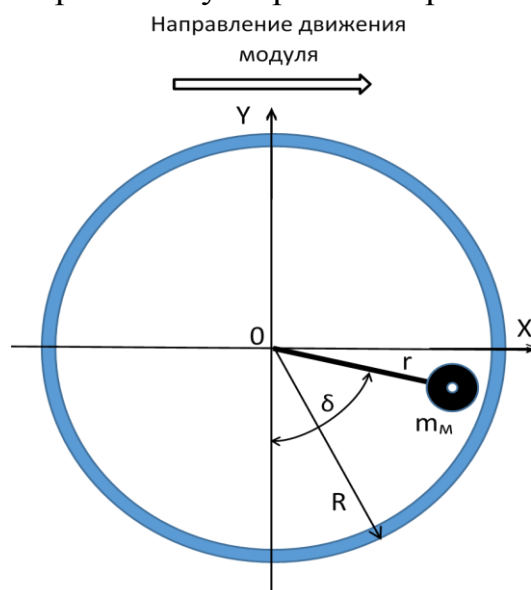


Рис. Упрощённая схема робота

$R$  – внешний радиус корпуса модуля робота;

$r$  – длина рычага маятника от центра его вращения (точка  $O$  начала координат) до центра массы груза маятника;

$\delta$  – угол отклонения оси стержня маятника от вертикали;

$m_m$  – масса груза маятника;

$m_{\text{полн}} = m_{\text{эле}} + m_k$  – полная масса сферического робота ( $m_{\text{эле}}$  – суммарная масса всех элементов (части электропривода, груза и стержня маятника и др.), перемещающихся поступательно во время равномерного качения модуля при неизменном значении угла  $\delta$ );  $m_k$  – масса вращающейся при качении модуля (корпус робота и неподвижная относительно корпуса часть электропривода маятника);

$g$  – ускорение силы тяжести;

$\delta_m$  – текущее значение угла поворота оси стержня маятника относительно корпуса модуля (стержень маятника жестко закреплен на его оси, которая вращается в подшипниках относительно корпуса модуля; угол  $\delta_m$  отсчитывается от начала движения);

$\varepsilon_m$  – угловое ускорение стержня маятника относительно корпуса модуля);

$\varepsilon_k$  – угловое ускорение корпуса модуля при его качении;

$v_k$  – линейная скорость центра корпуса модуля;

$\omega_k$  – угловая скорость вращения корпуса модуля;

$\delta_k$  – текущее значение угла поворота корпуса модуля относительно его начального положения перед началом движения;

$J_k$  – момент инерции вращающейся при качении части одного модуля (с массой  $m_k$ );

$M_m$  – вращающий момент, вызванный отклонением оси маятника от вертикального положения;

$a_k$  – линейное ускорение центра масс корпуса модуля при его качении;

$M_{тр пок}$  – момент трения покоя корпуса модуля о грунт, задерживающий начало качения;

$M_{тр кач}$  – момент сопротивления качению корпуса модуля по грунту, зависящий от характера грунта;

$M_{дв}$  – момент на выходном валу двигателя (с редуктором), поворачивающий стержень маятника;

$M_{тр мех}$  – момент сопротивления, вызванный трением во внутренних механизмах модуля при его качении.

В начальном положении стержень маятника расположен вертикально ( $\delta=0$ ), корпус модуля неподвижен,  $\delta_m=0$ ,  $\delta_k=0$ . При поступлении команды на начало движения вперед (вправо на рис.) электродвигатель начинает отклонять маятник вправо. Вращающий момент, вызванный отклонением оси маятника от вертикального положения (см. рис.)

$$M_m = r \cdot m_m \cdot \sin \delta. \quad (1)$$

При равномерном движении модуля по горизонтальной плоскости угол  $\delta = \text{const}$  и весь создаваемый электродвигателем момент расходуется на преодоление сопротивления движению в механических узлах привода и сопротивления качению корпуса модуля по грунту (все моменты приведены к оси маятника, что позволяет использовать полученные соотношения для различных конструктивных решений его привода). Исходя из этого, принимаем минимальное значение момента, создаваемого электродвигателем:

$$M_{мин дв} = r \cdot m_m \cdot \sin \varphi = M_{тр кач} + M_{тр мех}. \quad (2)$$

В самом начале движения, когда создаваемый маятником вращающий момент еще не превышает момент трения корпуса модуля о грунт ( $M_m < M_{тр}$ ), корпус модуля еще неподвижен и  $\delta_m = \delta$ . Когда значение вращающего момента, вызванного отклонением маятника, превысит значение момента трения, корпус модуля начинает катиться вправо (на рисунке) (катящийся момент, действующий на корпус модуля, при этом будет равен моменту, вызванному отклонением маятника минус момент трения движения:  $M_m - M_{тр кач}$ ). Увеличение этого момента путем большего отклонения маятника от вертикали приводит к увеличению скорости качения, при этом, естественно, возрастают моменты сопротивления движению. Максимальная скорость качения модуля

соответствует значению угла  $\delta=\pi/2$ . Значение угла  $\delta_k$  возрастает, но отстает от угла  $\delta_m$  на величину угла  $\delta$ , т. е.

$$\delta_k = \delta_m - \delta. \quad (3)$$

Соотношение (2) сохраняется и при изменении угла  $\delta$  в процессе качения модуля. «Момент сопротивления качению модуля по грунту зависит от полной массы модуля и коэффициента трения (в отличие от коэффициента трения скольжения, коэффициент трения качения имеет размерность длины и измеряется в метрах)» [3]:

$$M_{\text{тр кач}} = f_{\text{тр кач}} \cdot m_{\text{полн}} \cdot g. \quad (4)$$

При ускоренном движении модуля к значению момента (2) добавляется момент

$$M_{\text{уск}} = M_{\text{к уск вращ}} + M_{\text{к уск лин}} + M_{\text{м уск лин}}, \quad (5)$$

где  $M_{\text{к уск вращ}} = J_k(d^2\delta_k/dt^2) = J_k \cdot (a_k/R)$  – момент, затрачиваемый на вращательное ускорение вращающейся части модуля с массой  $m_k$ ;

$M_{\text{к уск лин}} = F_{\text{к уск лин}} \cdot R = m_k \cdot a_k \cdot R$  – момент, затрачиваемый на поступательное ускорение вращающейся части модуля с массой  $m_k$ ;

$M_{\text{м уск лин}} = F_{\text{эле м уск лин}} \cdot R = m_{\text{эле м}} \cdot a_k \cdot R$  – момент, затрачиваемый на поступательное ускорение элементов модуля (части электропривода, груза и стержня маятника с массой  $m_{\text{эле м}}$ ), перемещающихся поступательно. Или, заменяя  $a_k$  его выражением через  $\delta_k$ :

$$M_{\text{уск}} = M_{\text{к уск вращ}} + M_{\text{к уск лин}} + M_{\text{м уск лин}} = J_k(d^2\delta_k/dt^2) + m_k \cdot a_k \cdot R + m_{\text{эле м}} \cdot a_k \cdot R = J_k \cdot (d^2\delta_k/dt^2) + m_k \cdot (d^2\delta_k/dt^2) \cdot R^2 + m_{\text{эле м}} \cdot (d^2\delta_k/dt^2) \cdot R^2 = (d^2\delta_k/dt^2) \cdot (J_k + m_k \cdot R^2 + m_{\text{эле м}} \cdot R^2). \quad (6)$$

Значения коэффициентов трения в узлах привода и качения по грунту можно взять из справочных данных или определить экспериментально в зависимости от условий.

### Заключение

Полученные формулы можно использовать для выбора двигателей, оценки сопротивления движению робота по различным поверхностям, при разработке конструкции механической части приводов робота. Их можно применять для проведения анализа статических и динамических характеристик мобильного робота, в связи с тем, что по рассчитанным рабочим моментам можно получить действительные значения скоростей и ускорений.

### Список литературы

1. SpheROB. Страница Института машиноведения Российской академии наук. URL: <http://www.imash.ru/scientific-section/section7/structure7/laboratorija-modelirovanie-vibroakusticheskikh-processov/scientific-achievements7-3/SpheROB/>.

2. Борисов А. В., Килин А. А., Мамаев И. С. Как управлять шаром Чаплыгина при помощи роторов // Нелинейная динамика. 2012. Т. 8, № 2. С. 289-307. URL: <http://elibrary.udsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/9650/Borisov.pdf?sequence=1>.

3. Онищенко О. Г., Коробко Б. А., Ващенко К. М. Структура, кинематика и динамика механизмов // ПолтНТУ, 2010. – 274 с.

## УПРУГИЕ ПОСТОЯННЫЕ КАРБИДА БОРА ПОД ДАВЛЕНИЕМ

*Михайлов А.М.*

директор Научно-производственного центра  
комплексного моделирования и прототипирования,  
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,  
Россия, г. Москва

*Аникеенко В.И.*

ведущий инженер Научно-производственного  
центра комплексного моделирования и прототипирования,  
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,  
Россия, г. Москва

В работе «из первых принципов», основываясь на теории функционала электронной плотности, исследовано поведение упругих констант карбида бора стехиометрического состава  $B_4C$  под давлением.

*Ключевые слова:* карбид бора, упругие постоянные, давление.

Карбид бора сочетает в себе ряд замечательных свойств [1, 2], которые делают его перспективным материалом для брони [3], абразивов и режущих инструментов [4], термоэлектриков [5, 6] и детекторов нейтронов [6].

В проблеме применения карбида бора как конструкционного материала, важное место занимает вопрос о структурных фазовых превращениях при наличии внешних стрессов. Вопрос этот остаётся до сих пор открытым, и наиболее вероятная причина заключается в том, что структура карбида бора весьма сложна, что характерно для соединений бора и углерода. Второй причиной является затруднения в анализе этой структуры, что вызвано практически идентичными сечениями рассеяния бора и углерода для нейтронов и электронов. Несмотря на то, что в этой области в последнее время достигнут прогресс [7, 8], затруднения подчёркивают важную роль моделирования в поставленном вопросе.

Опишем кратко известные факты, касающиеся структурных изменений в карбиде бора при сжатии. Результаты ударно-волновых (УВ) экспериментов показывают, что в интервале 30-50 ГПа карбид бора претерпевает ряд структурных изменений [9-11]. Механизм этих изменений не ясен. Помимо этого, при динамическом нагружении выше упругого предела Гюгонио происходит резкая потеря сдвиговой прочности [9]. Последний эффект связывают с образованием узких аморфных сдвиговых зон, обнаруженных в баллистических экспериментах [3] при последующем СТЭМ-анализе разрушенного материала. Структурный переход и аморфные зоны были так же обнаружены в экспериментах по наноиндентации [12, 13], и во время разгрузки с критического давления в алмазных наковальнях, когда создавались условия для негидростатического сжатия [14]. В то же время, при квазигидростатическом сжатии такие существенные структурные изменения не были обнаружены [14,15.].



Общий вывод, который делается из этих результатов, состоит в том, что в активации структурных переходов решающее значение имеет негидростатическое напряжение. Это предположение было проверено с помощью первопринципного моделирования несколькими группами [14, 16-18]. Как показывает их анализ, при существенной одноосной деформации вдоль трёх-атомной цепочки или сдвиговой деформации обнаруживается разупорядочение структуры. В то же время при идеальном гидростатическом сжатии такой переход отсутствует. В работе [19] также показано, что при наличии вакансий бора в цепочке структурный переход с изменением объёма возможен и при гидростатическом сжатии.

Элементарная ячейка карбида бора в «идеальной» стехиометрии  $B_4C$  содержит 15 атомов. В структуре можно выделить два характерных элемента: 12-атомные икосаэдры, расположенные в узлах ромбоэдра, и 3-атомную цепочку. Моделирование этой структуры проводилось в программном комплексе Quantum Espresso [20] с открытым исходным кодом. Для расчётов были использованы энергия обрезания 450 эВ и гамма-центрированная  $2 \times 2 \times 2$  сетка k-точек (8 точек в неприводимой зоне Бриллюэна). Использовались PAW псевдопотенциалы с конфигурацией валентных электронов  $2s^2 2p^1$  для бора и с  $2s^2 2p^1$  валентными электронами для углерода, свободно предоставляемые на сайте Quantum Espresso.

На рисунках 1 и 2 приведена оценка зависимости упругих модулей от давления при гидростатическом и всестороннем сжатии. Погрешность оценки значений упругих модулей составляет около 10 %, однако их зависимость от давления оценивается достаточно аккуратно. Расчёт проводился для каждой оптимизированной гидростатически или всесторонне сжатой ячейки.

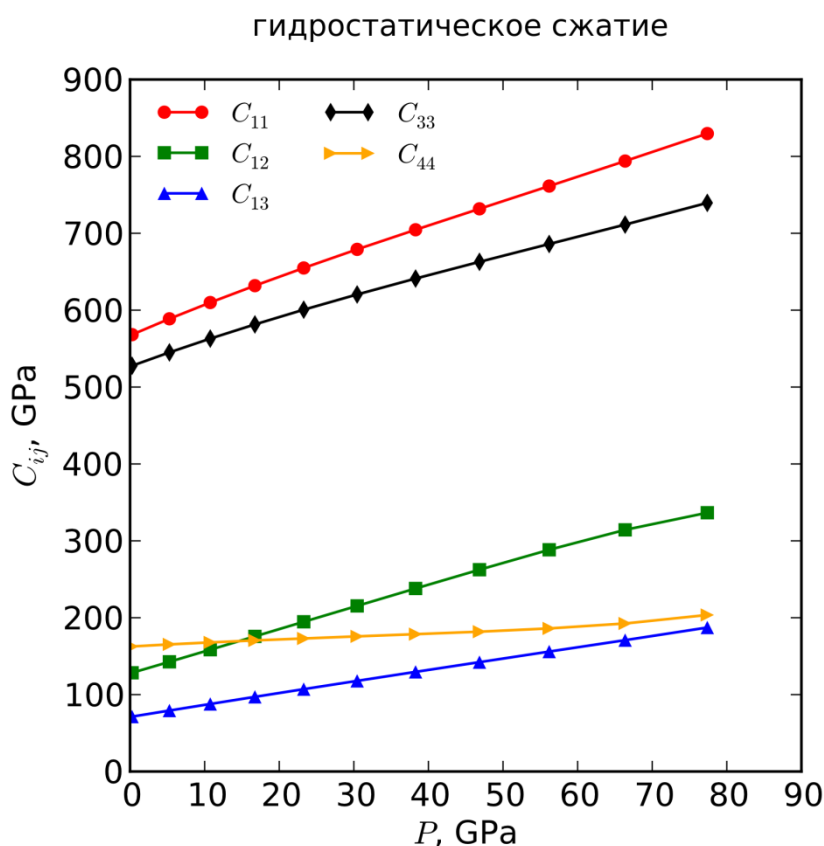


Рис. 1. Зависимость упругих модулей в  $B_4C$  от давления при гидростатическом сжатии

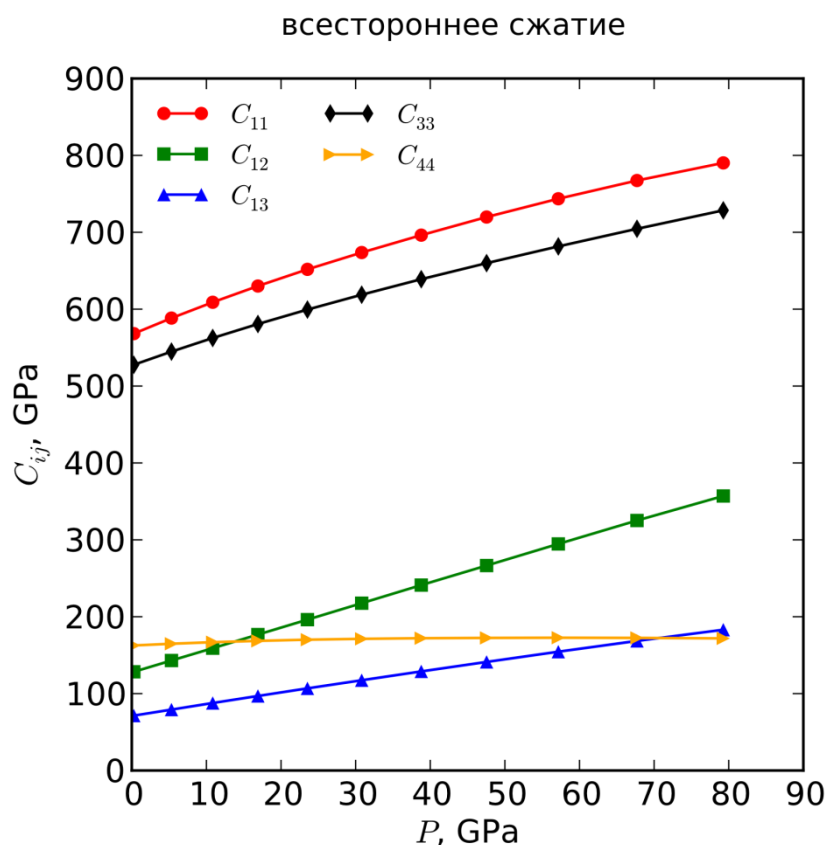


Рис. 2. Зависимость упругих модулей в В4С от давления при всестороннем сжатии

Как следует из приведённых зависимостей, при всестороннем сжатии наблюдается размягчение упругих модулей при больших давлениях, по сравнению с гидростатическим сжатием. Проведённое моделирование показало, что при гидростатическом давлении идеальная структура карбида бора может оставаться стабильной вплоть до давлений выше 70 ГПа.

*Работа выполнена в рамках государственного контракта №16411.1810190019.09.009 от 24.10.2016.*

#### Список литературы

1. Ali O., Sezer J., Brand I. Chemical vapour deposition of boron carbide// Materials Science and Engineering: B 79, 2001. 191 – 202.
2. Vladislav Domnich, Sara Reynaud, Richard A. Haber, et al. Boron Carbide: Structure, Properties, and Stability under Stress // Journal of the American Ceramic Society, 94, 2011. 3605 – 3628.
3. Mingwei Chen, James W. McCauley, Kevin J. Hemker, Shock-induced localized amorphization in boron carbide // Science, Vol 299, Issue 5612, 2003. 1563-1566.
4. J. E. Zorzi, C. A. Perottoni, J. A. H. da Jornada, Hardness and wear resistance of B4C ceramics prepared with several additive // Materials Letters, Volume 59, Issue 23, 2005. 2932–2935.
5. Helmut Werheit, Boron-rich solids: A chance for high-efficiency high-temperature thermoelectric energy conversion // Materials Science and Engineering B 29(1), 1995. 228-232.
6. David Emin, Unusual Properties of Icosahedral Boron-Rich Solids // Journal of Solid State Chemistry, 179. 2006. 2791-2798.
7. K. Madhav Reddy, P. Liu, A. Hirata, et al., Atomic structure of amorphous shear bands in boron carbide // Nature Communications 4, 248. 2013.

8. Helmut Werheit, Sul Khan Shalamberidze, Advanced microstructure of boron carbide // Journal of Physics: Condensed Matter, Volume 24, Number 38, 2012.
9. T. J. Vogler, W. D. Reinhart, L. C. Chhabildas, Dynamic behavior of boron carbide // Journal of Applied Physics 95, 4173. 2004.
10. Y. Zhang, et al., Shock Compression Behaviors of Boron Carbide (B<sub>4</sub>C) // Journal of Applied Physics 100, 113536. 2006.
11. Dennis E. Grady, Hugoniot equation of state and dynamic strength of boron carbide // Journal of Applied Physics, 117, 165904. 2015.
12. X. Q. Yan, W. J. Li, T. Goto, M. W. Chen, Raman spectroscopy of pressure-induced amorphous boron carbide // Applied Physics Letters 88, 131905. 2006.
13. Ghatu Subhash, Dipankar Ghosh, Justin Blaber, James Q. Zheng, Virginia Halls, Karl Masters, Characterization of the 3-D amorphized zone beneath a Vickers indentation in boron carbide using Raman spectroscopy // Acta Materialia 61, 3888. 2013.
14. X. Q. Yan et al., Depressurization Amorphization of Single-Crystal Boron Carbide, Physical Review Letters, 102, 075505. 2009.
15. Przemyslaw Dera, Murli H. Manghnani, Anwar Hushur, Yi Hu, Sergey Tkachev, New insights into the enigma of boron carbide inverse molecular behavior // Journal of Solid State Chemistry 215, 85. 2014.
16. V. I. Ivashchenko, V. I. Shevchenko, P. E. A. Turchi, First-principles study of the atomic and electronic structures of crystalline and amorphous B<sub>4</sub>C // Physical Review B, 80, 235208. 2009.
17. Sitaram Aryal, Paul Rulis, W. Y. Ching, Mechanism for amorphization of boron carbide B<sub>4</sub>C under uniaxial compression // Physical Review B, 84, 184112. 2011.
18. William A. Goddard, Tao Cheng, Atomistic Explanation of Shear-Induced Amorphous Band Formation in Boron Carbide Atomistic Explanation of Shear-Induced Amorphous Band Formation in Boron Carbide // Physical Review Letters, 113, 095501. 2014.
19. Emmanuel Betranhandy, Nathalie Vast, Jelena Sjakste, Ab initio study of defective chains in icosahedral boron carbide B<sub>4</sub>C, Solid State Sciences 14, 1683. 2012.
20. P. Giannozzi, S. Baroni, N. Bonini, M. Calandra, R. Car, C. Cavazzoni, D. Ceresoli, G. L. Chiarotti, M. Cococcioni, I. Dabo, A. Dal Corso, S. Fabris, G. Fratesi, S. de Gironcoli, R. Gebauer, U. Gerstmann, C. Gougoussis, A. Kokalj, M. Lazzeri, L. Martin-Samos, N. Marzari, F. Mauri, R. Mazzarello, S. Paolini, A. Pasquarello, L. Paulatto, C. Sbraccia, S. Scandolo, G. Sclauzero, A. P. Seitsonen, A. Smogunov, P. Umari, R. M. Wentzcovitch, J.Phys.:Condens.Matter, 21, 395502 (2009) <http://dx.doi.org/10.1088/0953-8984/21/39/395502>.

## ГАЗОФАЗОВАЯ ЭПИТАКСИЯ ИЗ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. ПРОБЛЕМЫ РОСТА МОС-ГИДРИДНОЙ ЭПИТАКСИИ

*Мищенко Д.С., Стёпкин С.В.*

студенты кафедры теоретической физики и информационных систем,  
Кубанский государственный университет, Россия, г. Краснодар

*Дубина В.И.*

студент кафедры международного туризма и менеджмента,  
Кубанский государственный университет, Россия, г. Краснодар

В статье рассматривается газофазовая эпитаксия из металлоорганических соединений и принцип работы реактора ГФЭ. ГФЭ эпитаксия позволяет выращивать эпитаксиальные структуры, которые используются практически в каждой сфере жизни современ-

ного человека, а также позволяет проводить эксперименты, по совершенствованию технологий оптоэлектроники.

*Ключевые слова:* газофазовая эпитаксия, МОС-гидридная эпитаксия, Установка МОС-гидридной эпитаксии, проблемы роста МОС-гидридной эпитаксии.

Впервые рост соединений  $A^3B^5$  из металлоорганических соединений (МОС) и гидридов был впервые осуществлен в 1960 году Дидченко с сотрудниками. В их эксперименте осаждения  $InP$  из триметилиндия ( $TMI_n$ ) и фосфина ( $PH_3$ ) осуществлялись в закрытой системе. Позже, в 1968 г., Манасевит продемонстрировал возможность осаждения ряда полупроводниковых соединений из МОС и гидридных источников в открытой системе. Им были получены пленки  $GaAs$  на сапфировых подложках [1], а в дальнейшем была показана применимость этого метода для выращивания гомо- и гетероэпитаксиальных слоев ряда соединений  $A^3B^5$  и твердых растворов на их основе, в том числе и слоев  $Al_xGa_{1-x}As$  [2]. Со времени первых сообщений о применении МОС для синтеза и эпитаксиального осаждения соединений  $A^3B^5$  метод МОС-гидридной эпитаксии совершил значительный прогресс в своем развитии и потеснил жидкофазную и хлорид-гидридную эпитаксии на мировом рынке по созданию сложных полупроводниковых структур. Несмотря на высокое качество пленок, получаемых жидкофазной эпитаксией (ЖФЭ), например большие коэффициенты распределения для  $Al$  и  $In$  делают невозможным получать слои  $AlInP$  с однородным составом и свойствами по толщине выращиваемых слоев. Кроме того, применение ЖФЭ сильно затруднено для получения большинства современных сложных многослойных структур с резкими гетерограницами. Особенно это касается квантоворазмерных структур. Хотя развитие МОС-гидридной эпитаксии началось с выращивания  $GaAs$  и  $AlGaAs$ , этот метод успешно применяется для получения высококачественных структур во многих других системах.

Благодаря целому ряду достоинств метод МОС-гидридной эпитаксии превратился в один из наиболее гибких и производительных методов, позволяющих решать сложные задачи современной технологии полупроводниковых структур, включая создание низкоразмерных структур (структур с одиночными и множественными квантовыми ямами, квантовыми нитями и квантовыми точками и каскадных солнечных элементов). В настоящее время метод МОС-гидридной эпитаксии успешно используется для промышленного изготовления эпитаксиальных структур, предназначенных для применения в современной микро- и оптоэлектронике. В первую очередь, это структуры для светоизлучающих диодов высокой яркости и надежности, замена которыми обычных ламп накаливания во многих практически важных областях (автомобиле- и авиастроение, системы сигнализации и организации движения и т. д.) обещает кардинальные изменения в их техническом оснащении, соизмеримые по результатам с заменой радиоэлектронных ламп на полупроводниковые транзисторы в электронике. Это также структуры для лазеров на основе  $A^{III}B^V$ , обеспечивающие высокую плотность оптической записи информации на компакт-диски, в том числе на цифровые видеодиски (digital video

disks – DVD), которые в качестве носителей информации приходят на смену привычным CD.

Структуры, получаемые методом МОСГФЭ, также широко используются для изготовления солнечных батарей, фотодетекторов, оптронов, а также высокочастотных биполярных и полевых транзисторов на гетероструктурах, ставших стандартным элементом современных средств связи и телекоммуникационных систем (мобильные телефоны, системы спутникового телевидения, системы волоконно-оптических линий связи – ВОЛС [2]). Коммерческое производство структур на базе широкозонных соединений – нитридов галлия и индия осуществляется почти полностью этим методом.

Такому успеху метода МОСГФЭ в значительной мере способствовали достижения в повышении чистоты МОС (в настоящее время чистота производимых на коммерческой основе источников соответствует по сумме металлических примесей уровню  $< 1 \text{ ppm}$ ) и прогресс в развитии высокопроизводительного технологического оборудования.

#### **Установка МОС-гидридной эпитаксии.**

Основные компоненты установки МОС-гидридной эпитаксии:

1) Реактор – Камера, в которой происходит эпитаксиальный рост. Она сделана из материалов, химически инертных по отношению к используемым химическим соединениям при высоких температурах (400-1300°C). Основными конструкционными материалами являются нержавеющая сталь, кварц и графит. Подложка располагается на нагреваемом подложкодержателе с контролем температуры. Подложкодержатель чаще всего сделан из графита, некоторые детали которого сделаны из кварца. Для нагрева камеры и подложкодержателя используют ВЧ-индукторы, ламповые или резистивные нагреватели.

2) Газовая схема. Исходные вещества, при нормальных условиях находящиеся в газообразном состоянии падают в реактор через регуляторы расхода газа. В случае, если исходные вещества при нормальных условиях представляют собой жидкости или твердые вещества (в основном это все применяемые металлоорганические соединения), используются так называемые испарители-барботеры. В испарителе-барботере газ-носитель (обычно азот или водород) продувается через слой исходного химического соединения, и уносит часть металлоорганических паров, транспортируя их в реактор. Концентрация исходного химического вещества в потоке газа-носителя на выходе из испарителя зависит от потока газа-носителя, проходящего через испаритель-барботер, давления газа-носителя в испарителе и температуры испарителя-барботера.

3) Система поддержания давления в камере реактора (в случае эпитаксии на пониженном давлении – форвакуумный насос рутса или пластинчатороторный форвакуумный насос и лепестковый клапан).

4) Система поглощения токсичных газов и паров. Токсичные отходы производства должны быть переведены в жидкую или твердую фазу для последующего повторного использования или утилизации [3].

Схематическое описание процессов при МОС-гидридной эпитаксии показано на рис. 1. Реакция происходит в газовом потоке при атмосферном или пониженном давлении в реакторе с холодными стенками. Газоносителем обычно является водород. Отдельные стадии полной реакции имеют место уже в газовой фазе. Заключительные стадии и встраивание в решетку происходят на поверхности полупроводника. Типичные реакторы позволяют подключать несколько металлоорганических и гидридных источников, поэтому в едином ростовом цикле могут быть последовательно выращены чередующиеся слои разных материалов. Это дает возможность получать многослойные многокомпонентные эпитаксиальные структуры, в том числе сверхрешетки.

В технологическом процессе эпитаксии из металлоорганических соединений не участвуют травящие вещества, процесс роста при этом не является результатом конкуренции между осаждением и травлением, как в некоторых других методах эпитаксии из парогазовой фазы. Как следствие, обеспечиваются резкие границы между слоями, однородность растущих слоев по толщине и составу [4].

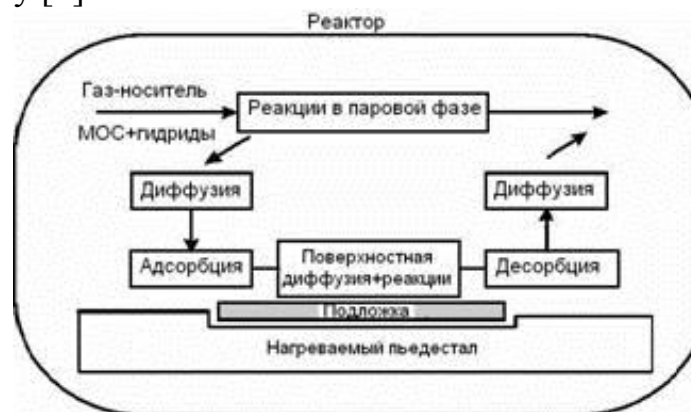
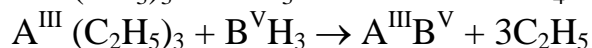
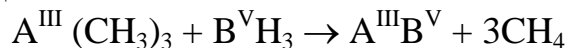


Рис. 1. Процессы в реакторе установки МОС-гидридной эпитаксии

### Химические реагенты и проблемы роста в МОС-гидридной эпитаксии.

В большинстве случаев метод базируется на использовании МОС-элементов  $A^{III}$  (чаще всего применяются соответствующие металлические соединения, реже этильные и гидриды элементов  $B^V$ ). Осаждение основано на реакциях:



которые будут рассмотрены подробнее ниже. В качестве газа-носителя в большинстве случаев используется высокочистый водород.

Одной из важнейших характеристик МОС является давление их пара, которое характеризует легкость доставки МОС в область реакции газомносителем.

Гидриды элементов  $B^V$  обычно применяются в виде заранее приготовленной смеси с высокочистым водородом (от 10% до 30%, последнее характерно для  $PH_3$ ) или в виде концентратов. Гидриды IV ( $SiH_4$ ,  $SeH_4$ ) обычно ис-

пользуются для легирования (n-тип), и поэтому они поляризуются в виде сильно разбавленных смесей с  $H_2$ . Температуры термической диссоциации алкилов элементов  $A^{III}$  относительно низки, что позволяет существенно снизить температуру эпитаксиального осаждения в сравнении с традиционными (хлоридным или хлоридно-гидридным) методами ГФЭ. Кроме того, отсутствие в системе агрессивных газовых продуктов, таких как  $HCl$ , исключает травление подложки, позволяя свести к минимуму толщину переходных слоев в гетероструктурах, а также существенно снижает вероятность неконтролируемого загрязнения эпитаксиальных слоев (ЭС).

Для легирования используют как гидриды ( $SiH_4$ ,  $GeH_4$ ,  $H_2S$  и др.), так и МОС легирующих элементов, например  $Zn(C_2H_5)_2$ ,  $Te(C_2H_5)_2$ . Химическое сходство газов, используемых в качестве источников различных элементов, обеспечивает возможность эпитаксиального наращивания широкого круга материалов без существенного изменения условий роста.

Процесс эпитаксиального осаждения при МОСГФЭ происходит в условиях, далеких от термодинамического равновесия, и характеризуется необратимостью протекающих химических реакций. Существует 3 основных показателя процесса:

- 1) Состав и химическая однородность эпитаксиального слоя;
- 2) Резкость границ в формируемых гетероструктурах;
- 3) Скорость эпитаксиального роста ( $V_p$ ).

На основные показатели влияют условия или параметры протекающих реакций, которые мы задаем до начала роста. К числу важнейших параметров процесса относятся:

- 1) Температура осаждения;
- 2) Давление в рабочем реакторе;
- 3) Отношение  $V^V/A^{III}$  в газовой фазе.

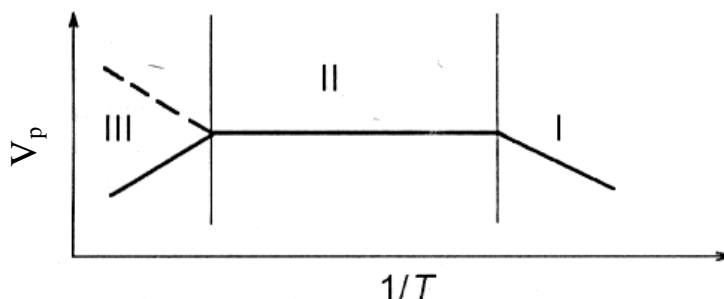


Рис. 2. Температурная зависимость скорости роста эпитаксиальных слоев при МОСГФЭ в низкотемпературных (I и II) и высокотемпературной (III) областях

Зависимость скорости эпитаксиального осаждения от температуры имеет три характерных участка (рис. 2). В низкотемпературной области I скорость роста ЭС ограничивается кинетикой поверхностных процессов и экспоненциально возрастает с ростом температуры. С повышением температуры (область II) скорость роста в преобладающей степени начинает зависеть от скорости поступления компонентов осаждаемого материала к поверхности подложки. Наконец, при более высоких температурах (область III) скорость

обычно снижается вследствие протекания нежелательных побочных процессов гомогенного разложения и взаимодействия газовых источников в реакторе до достижения ими поверхности подложки, а также возрастания десорбции реактантов с поверхности осаждения.

Ниже 500 °С осаждение лимитируется неполным разложением TMGa. В интервале температур 500-850 °С скорость роста практически постоянна и не зависит от температуры, а свыше 850 °С скорость роста начинает падать вследствие причин, указанных выше.

#### Список литературы

1. Harold M. Manasevit, Arthur C. Thorsen. Heteroepitaxy of III-V compound semiconductors on insulating substrates. – Physical Sciences Department of Autonetics, A Division of North American Rockwell Corporation. – Anaheim, California, 1969. 184 с.
2. M. F. Chang. Current trends in heterojunction bipolar transistors – World scientific. – 1996. 139 с.
3. Metalorganic vapour phase epitaxy URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Metalorganic\\_vapour\\_phase\\_epitaxy](https://en.wikipedia.org/wiki/Metalorganic_vapour_phase_epitaxy) (дата обращения 18.11.2016).
4. Игнатов А.Н. Классическая электроника и наноэлектроника. – М.: Флинта. – 2012. 728 с.

## АНАЛОГИЯ КАК МЕТОД ПОЗНАНИЯ В ФИЗИКЕ

**Попков В.И.**

профессор кафедры общей физики, канд. техн. наук,  
Брянский государственный технический университет, Россия, г. Брянск

В статье на историческом фоне рассмотрена роль аналогии в развитии физики. Показано, использование аналогии как метода познания играет плодотворную роль на первом этапе исследования новых физических явлений.

*Ключевые слова:* познание, аналогия, физика, моделирование, объекты материального мира.

*Аналогия* – прием познания, при котором на основе сходства объектов в одних признаках заключают об их сходстве и в других признаках. Аналогия с тем, что известно, помогает понять то, что неизвестно (знание переносится на менее изученный объект). Аналогия с простым помогает понять более сложное. Известно, что аналогия широко применяется в процессе преподавания физики. Например, сравнение электростатических и гравитационных полей позволяет глубже понять физику тех и других. Широко используется аналогия механических и электрических колебаний. Можно привести и другие примеры. Использование удачных аналогий позволяет достичь гораздо большей наглядности. При этом многократно возрастает легкость усвоения и запоминания материала за счет включения ассоциативного мышления.

С гносеологической точки зрения аналогия – метод научного познания, основанный на сравнении свойств разнородных предметов, процессов, явлений, величин и т.п. По мнению М.Бунге, аналогия может быть плодотворной



при предварительном исследовании новой научной области [3]. Степень вероятности получения правильного умозаключения по аналогии будет тем выше, чем больше известно общих свойств у сравниваемых объектов, чем существеннее обнаруженные у них общие свойства, чем глубже познана взаимная закономерная связь этих сходных свойств. Поэтому, кроме обучения и удобного представления полученных результатов, метод аналогий может успешно применяться и для непосредственного получения знаний.

Различают следующие виды аналогии: *простая аналогия* – на основании сходства двух предметов по одному признаку заключают об их сходстве по другим признакам; *распространенная аналогия* – на основании сходства явлений заключают о сходстве их причин; *строгая аналогия* – исходя из сходства предметов по одному признаку заключают об их сходстве по признакам, которые являются зависимыми от первого признака; *нестрогая аналогия* – то же относительно признаков, зависимость которых от первого не установлена [5].

При анализе разнообразных явлений материального мира у многих процессов обнаруживаются сходные черты, связи и отношения, которые часто выступают как сходные количественные отношения. Часто процессы, протекающие в различных физических средах, описываются одинаковыми по форме алгебраическими или дифференциальными уравнениями. Но количественные определенности всегда находятся в единстве с качественными характеристиками, поэтому при анализе количественных данных обнаруживается качественная общность между отдельными объектами. Это позволяет проводить аналогию между уже известными и еще только исследуемыми процессами, объектами и на ее основе делать умозаключения, приводящие к новым знаниям. Вихревое движение жидкости и вихревое магнитное поле описываются похожими уравнениями, что позволило Лапласу применить закон Био – Савара для расчета магнитных полей, образующихся вокруг проводников с электрическими токами.

С помощью аналогии Дж. Максвелл строил мысленные модели, при помощи мысленных экспериментов ставил их в различные отношения и связи, помещал в разные условия. Это позволило ему разработать математическую теорию электромагнитного поля. Аналогия между уравнениями Максвелла, описывающими электромагнитное поле, и волновыми уравнениями позволила предсказать существование электромагнитных волн [6]. Дж. Максвелл сопоставил созданную им классическую теорию электромагнетизма с гидродинамикой несжимаемых жидкостей и подчеркнул значение такого подхода в науке: "Для составления физических представлений следует освоиться с существованием физических аналогий. Под физической аналогией я понимаю то частное сходство между законами двух каких-нибудь областей науки, благодаря которому одна из них является иллюстрацией для другой" [4].

В физике существует большое количество примеров успешного применения аналогии как метода научного познания. Аналогия с течением жидкости в трубе сыграла важную роль в появлении теории электрического тока.

По аналогии с гидравлическим сопротивлением вводилось понятие электрического сопротивления. Аналогия с механизмом действия мышц, мозга, органов чувств животных и человека подтолкнула к изобретению многих технических устройств: экскаватора, самолета, роботов, логических машин и т.д. По аналогии Д.И.Менделеев делал предположения о химических свойствах еще неоткрытых элементов, исходя из их положения в периодической таблице. И.В.Курчатов пришел к выводу об изомерии ядер атомов по аналогии с изомерией молекул химических веществ. Л.Д.Ландау нашел математические уравнения, описывающие течение жидкого гелия по аналогии с гидродинамическими уравнениями Л.Эйлера, описывающими поведение классической идеальной жидкости, в которой отсутствует вязкость и турбулентность. Он же вывел математическое уравнение движения электронов в плазме по аналогии с кинетическим уравнением движения молекул в газе.

Я.И.Френкель писал по поводу использования аналогии в физике: «Аналогия, если обращаться с ней с должной осторожностью, представляет собой наиболее простой и понятный путь от старого к новому; не следует лишь забывать, что всякая аналогия, если только она не является физическим тождеством, имеет определенные границы. Истинно новое нигде не содержится в старом, и, познавая законы природы, мы должны научиться видеть не столько старое в новом, сколько новое в старом, рассматривая последнее как приближенную форму первого» [8]. Вывод по аналогии может быть как истинным, так и ложным. Поэтому он требует экспериментальной проверки.

Потенциальное течение жидкости и потенциальные электростатические и гравитационные поля описываются похожими уравнениями Лапласа. Установленные математические аналогии позволяют одни физические явления моделировать с помощью других. Например, газогидравлическая (ГАГА) аналогия основана на аналогии между уравнениями движения невязкой несжимаемой жидкости в открытом канале и уравнениями плоского потенциального движения газа. Применяется для изучения сверхзвуковых обтеканий тел газом путём наблюдения волн, образующихся на поверхности воды при обтекании тела той же формы. Электрогидродинамическая аналогия основана на аналогии уравнений движения электрического тока и уравнений потенциального течения идеальной несжимаемой жидкости. Заменяет вычисление поля скоростей в потоке жидкости замером разностей электрических потенциалов между соответствующими точками в электролитической ванне. Используется также для изучения движения идеального газа при дозвуковых скоростях.

При познании микромира аналогия явилась важным средством создания моделей, заменяющих чувственный образ невидимого материального образования. Такие модели помогают понять добываемые в эксперименте данные об изучаемых объектах микромира, раскрыть законы их функционирования, связи с остальным миром. По аналогии со строением Солнечной системы Резерфорд предложил планетарную модель атома. По аналогии с корпускулярно-волновым дуализмом света Луи де Бройль предположил, что корпускулярно-волновой дуализм присущ и микрочастицам. Позже Луи де

Бройль писал: «Электрон никогда явно не проявлял волновых свойств, таких, скажем, какие проявляет свет в явлениях интерференции и дифракции. Попытка приписать волновые свойства электрону, когда этому нет никаких экспериментальных доказательств, могла выглядеть как ненаучная фантазия. И, тем не менее, как только возникла идея, что электрон, возможно, обладает такими свойствами, и не только электрон, но и вообще материальные частицы, так в голову начали приходить разные беспокойные соображения» [2].

Использование аналогии в познании часто приводит к созданию модели исследуемого объекта. Этим средством широко пользовались в классической физике. Особенно большое значение моделирование приобретает в исследовании микромира. Модель микрообъекта является заменителем изучаемого предмета, который не может быть непосредственно воспринят органами чувств человека. В случае познания микромира его объекты прямо не наблюдаются, поэтому физики вынуждены на основе немногих данных о нем создавать его грубую модель. В основе модели лежат эмпирические данные об объектах микромира, полученные в материальном эксперименте. При познании микромира физики были вынуждены использовать в качестве аналогов объекты макромира и законы макромира и лишь затем по мере познания микрообъекта вносить в созданные модели уточнения, изменения. М.Борн писал в связи с анализом истории изучения атома: «Изучая строение материи, физика всегда пользовалась методом, основанном на следующем принципе: законы, справедливые для «макроскопических» тел, т.е. для тел, имеющих привычные глазу размеры, сначала для пробы переносятся на элементарные частицы в неизменном виде; если при этом обнаруживается какое-то противоречие, то предпринимается видоизменение этих законов. Таким образом, научный прогресс существенно зависит от теснейшего сотрудничества теории и эксперимента» [1].

Моделирование микрообъектов началось с изучения структуры атома. Рассмотрим, как постепенно изменялась и усложнялась модель атома. Первой моделью атома была модель Дж.Томсона, согласно которой атом состоит из положительно заряженной сферы, внутри которой движутся отрицательно заряженные электроны. Ей на смену пришла планетарная модель атома Резерфорда, основанная на большем количестве экспериментальных данных и точнее отражающая процессы в атоме. Эта модель вступила в противоречие с классической физикой. Согласно электромагнитной теории, электрон, движущийся вокруг ядра по орбите, должен излучать электромагнитные волны и терять свою энергию. Это приводило бы к уменьшению радиуса его орбиты и в конечном итоге – к падению электрона на ядро. В действительности этих процессов не наблюдалось. Атом является устойчивой системой [7].

В 1913 г. Н.Бор предложил гипотезу, противоречащую классической электромагнитной теории, основанную на двух постулатах. Согласно гипотезе Бора, электрон, находящийся на стационарной орбите, не излучает. Излучение происходит при переходе электрона с более высокой орбиты на более низкую. Эти переходы и образуют спектр атома. Бор сформулировал правила квантования, ввел квантовые числа. На основании модели Бора был расчи-

тан спектр атома водорода, хорошо совпавший с экспериментом. Теория Бора была крупным шагом вперед в развитии атомной физики и явилась важным этапом в создании квантовой механики. Однако она обладала внутренними противоречиями (основывалась на квантовых постулатах, но применяла к описанию движения электрона законы классической физики). С ее помощью не удалось рассчитать спектр атома гелия, следующего в таблице Менделеева за водородом.

Основанные на аналогии с Солнечной системой, грубые модели атома Резерфорда и Бора позволили сделать первые шаги в познании структуры атома, которые стали исходными для дальнейшего изучения этого сложного материального образования. Позже появилась квантово-механическая модель атома, учитывающая волновые свойства электрона. Она позволила более точно познать структуру атома, законы, управляющие взаимодействием ядра и электронов и т.д.

Чем сложнее объект познания и чем глубже он расположен в структуре материального мира, тем труднее находить ему аналог в макром мире, что затрудняет создание его модели. В таких случаях на первых порах ученые вынуждены использовать не одну, а несколько моделей, каждая из которых помогает познать какую-то сторону, свойство, закономерность сложнейшего материального образования. Именно так велись исследования атомного ядра. Первой моделью ядра была капельная модель, разработанная независимо друг от друга Н.Бором и Я.И.Френкелем (1936 г.). Она была основана на аналогии между поведением нуклонов в ядре и поведением молекул в капле жидкости. Капельная модель ядра позволила объяснить механизм деления ядер и ядерных реакций. В 1949-1950 гг. американский физик М.Гепперт-Майер и немецкий физик Х.Йенсен разработали оболочечную модель ядра, которая позволила объяснить различную устойчивость атомных ядер, периодичность изменения их свойств, спины и магнитные моменты ядер. Для объяснения процесса рассеяния нейтронов различными ядрами, взаимодействия ядра с налетающими частицами В.Ф.Вайскопфом и Г.Фешбахом была разработана оптическая модель ядра. По мере накопления экспериментальных данных о свойствах атомных ядер появлялись новые факты, которые не могли объяснить указанные выше модели. О.Бор и Б.Моттelson предложили коллективную (обобщенную) модель ядра. Позже были разработаны статистическая, кластерная и другие модели ядра атома.

Исторический анализ показывает, что важнейшей стратегической задачей физиков всегда были поиски единства и простоты научного знания [6]. И здесь часто выручал метод аналогии. «В физике часто случалось, что существенный успех был достигнут проведением последовательной аналогии между несвязанными по виду явлениями» [9]. Часто важнейшие физические идеи рождались не столько для разрешения противоречий между теорией и аномальными экспериментальными результатами, сколько для достижения единства и простоты физического знания. Эта тенденция часто определяла направление научного поиска. Соображения единства лежали в основе создания первой научной картины мира, основанием которой явилась класси-

ческая механика. С единой точки зрения удалось объяснить движение земных и небесных тел. Открытые ранее Галилеем законы движения тел вблизи поверхности Земли и кеплеровские законы движения планет стали проявлением единого закона всемирного тяготения.

Аналогия как метод научного познания находит применение и в новейших физических исследованиях. Особое внимание уделяется применению методов симметрии и теории групп, устанавливающих родство между предметами, явлениями и теориями, внешне никак несвязанными. Несмотря на успехи аналогии, М.Бунге обращал внимание на ограниченность метода: «Аналогия ... вещь обоюдоострая. С одной стороны, она способствует исследованию неизвестного, вдохновляя нас экстраполировать предшествующее знание на новые области. С другой стороны, если мир многообразен, аналогия должна рано или поздно обнаружить свою ограниченность, так как радикально новое по самой сути есть то, что не может быть полностью объяснено с помощью знакомых и привычных терминов» [3].

С середины XX в. в науке наблюдается период интенсивной интеграции научного знания, становления междисциплинарных наук. Первый шаг в этом направлении – создание кибернетики – науки об управлении в машинах, живых организмах и их объединениях на основе получения, хранения, переработки и использования информации. Следующий шаг – создание синергетики – теории, исследующей процессы самоорганизации, устойчивости, распада и возрождения самых разнообразных структур живой и неживой природы. Оказывается, что законы управления и самоорганизации аналогичны в системах различной физической природы. Метод аналогии, связанный с идеями кибернетики и синергетики, можно эффективно использовать для дальнейшего развития междисциплинарных связей.

В объединении усилий специалистов разных отраслей знаний кроется путь к решению проблем, которые долго не могут решить усилиями одной науки. Практически до сегодняшних дней научная картина мира, по существу, распадалась на три картины мира (неорганическую, органическую, социальную), в которых процессы самоорганизации, саморазвития материи не были объединены единым системным подходом. Это стало возможным в рамках синергетического подхода, объединяющего в особый класс динамические, физические, химические, биологические и социальные структуры, которые ранее принципиально не сводились вместе. Синергетический подход в современной научной картине мира позволяет выявить инвариантные характеристики эволюционных процессов разного типа и выразить их в форме, пригодной для математико-информационной обработки.

#### Список литературы

1. Борн М. Атомная физика. – М.: Мир, 1965. – 484 с.
2. Бройль Луи де. Революция в физике (новая физика и кванты). – М.: Атомиздат, 1965. – 232 с.
3. Бунге М. Философия физики. – М.: Прогресс, 1975. – 352 с.
4. Максвелл Дж. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. – М.: ГИТТЛ, 1954. 687 с.

5. Попков В.И. Введение в логику и методологию естественных наук. – Брянск: БГТУ, 2009. – 175 с.
6. Попков В.И. Принцип историзма в преподавании физики // Физическое образование в вузах. – 2011. Т. 17. № 2. С. 8 – 22.
7. Попков В.И. Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц. – Брянск: БГТУ, 2015. – 224 с.
8. Френкель Я.И. Волновая механика – Л.; М.: ГТТИ, 1931. – Т. 1. – 386 с.
9. Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики // А. Эйнштейн. Собрание научных трудов: в 4 т. – М.: Наука, 1967. – Т. 4. 599 с.

## ОБ ОБЩЕМ ВИДЕ ПРЕДЕЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СУММ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

*Чеботарев С.В.*

ст. преподаватель кафедры информационных технологий,  
Алтайский государственный педагогический университет, Россия, г. Барнаул

В статье рассмотрены последовательности случайных величин радемахеровского и бернуллиевского типа, имеющие нетривиальный слабый предел сумм  $\frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sum_{i=1}^n \xi_i$ . Для них найден общий вид предельного распределения. Показано, что вид предельного распределения зависит лишь от усредненных смешанных моментов первого порядка, характеризующих случайные величины рассматриваемой последовательности.

*Ключевые слова:* зависимые случайные величины, сумма зависимых случайных величин, предельное распределение сумм случайных величин, нормальность предельного распределения сумм случайных величин.

Рассмотрим последовательности радемахеровских и бернуллиевских случайных величин, относительно которых будем предполагать, что последовательности  $\xi = (\xi_t)_{t \in N}$  заданы на вероятностном пространстве  $(\Omega_N, \mathfrak{A}_N, \mathbf{P}_\xi)$ , где  $N = 1, 2, \dots, t, \dots$ . Считается, что случайные величины заданы на пространствах элементарных исходов  $\Omega_t = \Omega$ ,  $t \in I$ , а  $\Omega_N = \Omega_1 \times \Omega_2 \times \dots \times \Omega_t \dots$ , с алгебрами событий  $\mathfrak{A}_t = \mathfrak{A}$  и  $\mathfrak{A}_N = \mathfrak{A}_1 \times \mathfrak{A}_2 \times \dots \times \mathfrak{A}_t \times \dots$ . Значения случайных величин лежат в пространстве значений  $\xi_t(\omega) \in \mathfrak{X}_t = \mathfrak{X}$ ,  $\omega \in \Omega_t$ . Более конкретно: последовательности радемахеровского типа будем описывать множеством  $\Xi_1$  последовательностей  $\xi = (\xi_t)_{t \in N}$ , где  $\xi_t(\omega) \in \mathfrak{X}_t = \mathfrak{X} = \{-1; 1\}$ ,  $\omega \in \Omega_t$  с  $\mathbf{P}(\xi_t = 1) = p_t$  и  $\mathbf{P}(\xi_t = -1) = 1 - p_t = q_t$ . Для произвольной последовательности  $\xi \in \Xi_1$  выполняются следующие условия:

1.  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \mathbf{M} \xi_t = 0$
2. существует слабый предел  $S_{1/2}(\xi)$ , имеющий невырожденное распределение:  $S_{1/2}(\xi) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{t=1}^n \xi_t$ .

Последовательности бернуллиевского типа будем описывать множеством  $\Xi_0$  последовательностей  $\xi = (\xi_t)_{t \in N}$ , где  $\xi_t(\omega) \in \mathfrak{X}_t = \mathfrak{X} = \{0; 1\}$ ,  $\omega \in \Omega_t$  с  $\mathbf{P}(\xi_t = 1) = p_t = 1/2$  и  $\mathbf{P}(\xi_t = 0) = 1 - p_t = q_t = 1/2$ . Для произвольной последовательности  $\xi \in \Xi_0$  выполняются следующие условия:

$$1. \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n M \tilde{\xi}_t = 0$$

2. существует слабый предел  $S_{1/2}(\tilde{\xi})$ , имеющий невырожденное распределение:  $S_{1/2}(\tilde{\xi}) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{t=1}^n \tilde{\xi}_t$ , здесь  $\tilde{\xi} = \frac{\xi - M\xi}{\sqrt{pq}}$ .

Обозначим через  $v_I$  начальный смешанный момент порядка  $|I| = m$   $m$  случайных величин  $\xi_{t_1}, \dots, \xi_{t_m}$ , с  $I = \{t_1, \dots, t_m\}$ :

$$v_I(\xi) = M \prod_{i=1}^m \xi_{t_i}.$$

Кроме того, введем в рассмотрение суммарные смешанные моменты порядка  $m$ :  $v_m(\xi) = \sum_{|I|=m} v_I(\xi)$  и  $\dot{v}_m(\xi) = v_m(\xi) / \sqrt{C_n^m}$ ,  $m = 1, \dots, n$ , причем при  $m=0$ , полагаем  $v_0 = 1$ . Здесь  $C_n^m$  – биномиальный коэффициент, число сочетаний из  $n$  по  $m$ . Аналогичные центральные смешанные моменты будем обозначать  $cv_m(\xi)$ ,  $c\dot{v}_m(\xi)$ ,  $c\ddot{v}_m(\xi)$  соответственно.

Определим также понятие последовательности с усредненными связями (сокращенно *нсс*), которые строятся исходя из равенства вероятностей сумм случайных величин с вероятностями тех же сумм исходной последовательности и которые построены таким образом, что совместные вероятности от конечного набора случайных величин у них инвариантны относительно замены случайных величин (переменных). Если задана последовательность  $\xi \in \Xi_1$ , то соответствующую ей *нсс* будем обозначать через  $\hat{\xi}$  и определим через  $\hat{\Xi}_1 \subset \Xi_1$  множество всех последовательностей случайных величин с усредненными связями для последовательностей из  $\Xi_1$ . То есть элементы  $\hat{\xi} \in \hat{\Xi}_1$  можно описать следующим образом:  $\hat{\xi} = (\hat{\xi}_t)_{t \in \mathbb{N}}$ ,  $\hat{\xi}_t(\omega) \in \{-1; 1\}$ ,  $\omega \in \Omega_t$ ,  $M \hat{\xi}_t = 0$

и при этом выполняется:  $\forall I = (i_1, i_2, \dots, i_m) \subset \mathbb{N}$ ;  $\forall J = (j_1, j_2, \dots, j_m) \subset \mathbb{N}$ , при  $m \geq 1$  и  $\forall B = \mathfrak{X}_1 \times \mathfrak{X}_2 \times \dots \times \mathfrak{X}_m$ ,  $\mathfrak{X}_i = \{-1; 1\}$ ,  $i = 1, \dots, m$  имеет место соотношение:  $P((\hat{\xi}_{i_1}, \hat{\xi}_{i_2}, \dots, \hat{\xi}_{i_m}) \in B) = P((\hat{\xi}_{j_1}, \hat{\xi}_{j_2}, \dots, \hat{\xi}_{j_m}) \in B)$ .

Более подробно существование, построение и свойства таких последовательностей изложены в [1]. Тривиальным примером таких последовательностей, в частности, являются последовательности независимых одинаково распределенных случайных величин.

Опишем полученные в [2] следующие предельные соотношения, определяющие общий вид предельного распределения сумм случайных величин, рассматриваемых последовательностей:

**Теорема 1** Если задана последовательность  $\xi \in \Xi_1$ , то  $\eta = S_{1/2}(\xi)$  суть абсолютно непрерывная случайная величина и ее плотность распределения задается следующим соотношением

$$\mu_\eta(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \sum_{m=0}^{\infty} \dot{v}_m(\xi) h_m(x), \forall x \in \mathbf{R},$$

здесь  $h_m$  – ортонормированный многочлен Эрмита  $m$ -й степени.

Полученная предельная случайная величина обладает следующими свойствами:

**Свойство 1** Если задана  $\xi \in \Xi_1$ , то у случайной величины  $\eta = S_{1/2}(\xi)$  все моменты существуют и конечны, если ее плотность распределения является непрерывной функцией на всей числовой оси.

**Свойство 2** Если задана  $\xi \in \Xi_1$ , то случайная величина  $\eta = S_{1/2}(\xi)$  имеет стандартное нормальное распределение тогда и только тогда, когда  $\dot{v}_m(\xi) = 0$  при  $m \geq 2$ .

**Теорема 2** Если задана последовательность  $\xi \in \Xi_0$ , то  $\eta = S_{1/2}(\xi)$  суть абсолютно непрерывная случайная величина и ее плотность распределения задается следующим, соотношением:

$$\mu_\eta(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \sum_{m=0}^{\infty} 2^m \dot{v}_m(\xi) h_m(x), \forall x \in \mathbf{R}$$

#### Список литературы

1. Чеботарёв С.В. О последовательностях случайных величин с усредненными связями. – Вестник АлтГПА, серия: естественные и точные науки. 2011. вып. 7. С. 28-37.
2. Sergey V.Chebotarev. About limit distribution of sums of random variables. – Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics 2016, 1, 319-327 p.



## СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»

### ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МОДИФИКАТОРЫ ДЛЯ АНИОНООБМЕННЫХ МЕМБРАН

***Беспалов А.В.***

доцент кафедры органической химии и технологий, канд. хим. наук,  
Кубанский государственный университет, Россия, г. Краснодар

***Бондарев Д.А.***

аспирант кафедры физической химии,  
Кубанский государственный университет, Россия, г. Краснодар

***Горняева Ю.А.***

студент 2-го курса магистратуры факультета химии и высоких технологий,  
Кубанский государственный университет, Россия, г. Краснодар

***Заболоцкий В.И.***

заведующий кафедрой физической химии, д-р хим. наук,  
Кубанский государственный университет, Россия, г. Краснодар

Целью данной работы было получение перспективных модификаторов для анионообменных мембран на основе высокомолекулярных соединений, содержащих в своем составе гетероциклы с кватернизированными атомами азота. Найдены оптимальные условия проведения полимеризации, позволяющие увеличивать выход целевых продуктов. Полученные полимеры охарактеризованы при помощи ИК и ЯМР спектроскопии.

*Ключевые слова:* модификатор, анионообменные мембраны, устойчивость, полимеризация, инициатор, растворитель.

В настоящее время электродиализные процессы находят все более широкое применение, в связи с чем актуальной задачей является разработка мембранных материалов, обладающих повышенной химической и термической устойчивостью в условиях сверхпределных токовых режимов. С экономической точки зрения наиболее оптимальным способом получения таких материалов является не их целенаправленный синтез, а химическая модификация уже существующих и промышленно производимых мембран.

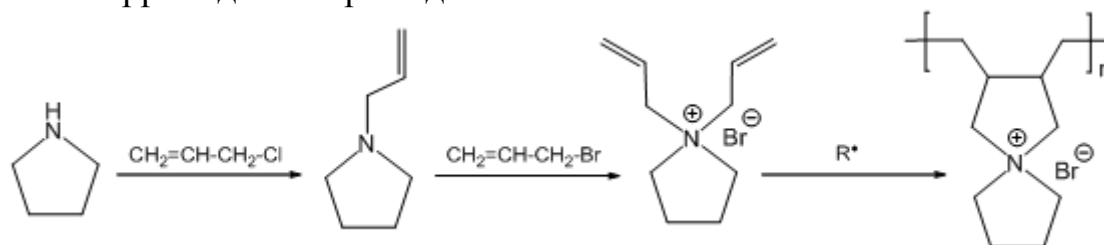
Известно, что в процессе электродиализа происходит частичная химическая деструкция анионообменных мембран, связанная с превращением четвертичных аммониевых групп в третичные аминогруппы при сверхпределных токовых режимах [1]. Одним из способов повышения устойчивости промышленно производимых анионообменных мембран является их модификация сополимерами на основе диметилдиаллиламмоний хлорида (ДМДААХ) [2]. По всей видимости, причиной повышенной устойчивости сополимеров на основе ДМДААХ к деструкции в сверхпределных токовых режимах является включение кватернизированного атома азота в пятичлен-

ную циклическую систему, образующуюся в результате полимеризации ДМДААХ.

Анализ строения данных модификаторов позволяет предположить, что еще большей эффективностью должны обладать высокомолекулярные соединения, в которых кватернизированный атом азота принадлежит одновременно двум циклическим системам, таким образом, формируя гетероциклический спиро-фрагмент в составе полимера [3].

Целью данной работы было получение перспективных полимерных модификаторов для анионообменных мембран на основе поли-N,N-диаллилморфолиний и поли-N,N-диаллилпирролидиний бромидов, а также исследование их структуры при помощи спектральных методов.

На первом этапе были получены мономеры (N,N-диаллилпирролидиний и N,N-диаллилморфолиний бромиды), полимеризацию которых затем осуществляли в различных условиях, варьируя природу растворителя и инициатора. Общую схему получения исследуемых полимеров можно представить следующим образом на примере синтеза поли-N,N-диаллилпирролидиний бромида:



Исследование строения исходных мономеров и продуктов их полимеризации при помощи ИК и ЯМР спектроскопии позволило однозначно установить факт протекания реакции полимеризации. Об этом свидетельствует исчезновение в ИК спектрах полученных полимеров полос валентных колебаний двойных связей  $\text{C}=\text{C}$ , а также отсутствие в их ЯМР  $^1\text{H}$  спектрах сигналов винильных протонов, связанных с  $\text{sp}^2$ -гибридизованными атомами углерода. В результате проведенных исследований также было установлено, что использование *n*-бутанола в качестве растворителя и перекиси бензоила в качестве инициатора позволяет увеличивать выход синтезируемых полимеров, по сравнению с применением системы вода/персульфат калия.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-48-230364-р\_а).*

#### Список литературы

1. Simons R. Electric field effects on proton transfer between ionizable groups and water in ion exchange membranes // *Electrochimica Acta*. 1984. Vol. 29. P. 151-158.
2. Заболоцкий В.И., Чермит Р.Х., Шарафан М.В. Механизм массопереноса и химическая стабильность сильноосновных анионообменных мембран при сверхпредельных токовых режимах // *Электрохимия*. 2014. Т. 50, № 1. С. 45-52.
3. Jaeger W., Bohrisch J., Lachewsky A. Synthetic polymers with quaternary nitrogen atoms – synthesis and structure of the most used type of cationic polyelectrolytes // *Progress in Polymer Science*. 2010. Vol. 35. P. 511-577.

## ХАРАКТЕР ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ $\text{GeSb}_2\text{Te}_4\text{-SnSb}_2\text{Te}_4$

*Гурбанов Г.Р.*

профессор кафедры транспорта и хранения нефти и газа, д-р хим. наук,  
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,  
Азербайджан, г. Баку

*Адыгезалова М.Б.*

доцент кафедры «Химия и технология неорганических веществ»,  
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,  
Азербайджан, г. Баку

Впервые различными физико-химическими методами (DTA, РФА, МСА, измерением микротвердости и определением плотности) изучен характер взаимодействия компонентов по разрезу  $\text{GeSb}_2\text{Te}_4\text{-SnSb}_2\text{Te}_4$ . Установлено, что разрез является квазибинарным сечением квазитройной системе  $\text{GeTe-Sb}_2\text{Te}_3\text{-SnTe}$ . В разрезе найдены четверные соединения  $\text{GeSnSb}_4\text{Te}_8$ , плавящееся конгруэнтно при 950К. Установлено, что соединение  $\text{GeSnSb}_4\text{Te}_8$  кристаллизуется в ромбической сингонии с параметрами решетки  $a=4,92$ ,  $b=9,43$ ,  $c=18,05\text{Å}$  пр.гр.  $P_{\text{нмм}} V=837,44\text{ Å}^3$ .  $Z=2$ .

*Ключевые слова:* квазитройной системы, фазовая равновесия, четверное соединения, диаграмма состояния, твердых растворов.

Полупроводниковые материалы по праву занимают одно из ведущих мест в ряду важнейших материалов, определяющих уровень развития мировой цивилизации. Они составляют основу элементной базы современной электронной техники, без которой сегодня немыслим научно-технический прогресс. С развитием твердотельной электроники (и, прежде всего, микроэлектроники) связано успешное решение проблем крупномасштабной компьютеризации и информатизации создания современных систем связи и телевидения, эффективной передачи и преобразования электроэнергии, разнообразной бытовой, медицинской и специальной электронной аппаратуры. Большую роль эти материалы в решении задач развития экологически чистых энергетики и холодильной техники, создания современных систем мониторинга загрязнении окружающей среды, а также высокочувствительной сенсорной техники широкого функционального назначения [6].

Характерной особенностью современного этапа развития электронной техники является вовлечение в сферу ее непосредственных материалов. Важнейшим из них являются разнообразные эффективные термоэлектрические и сенсорные материалы.

**Цель настоящей работы** – получение новых сложных полупроводниковых соединений.

Боковые квазитройной системы  $\text{GeTe-Sb}_2\text{Te}_3$ ;  $\text{SnTe-Sb}_2\text{Te}_3$  и  $\text{GeTe-SnTe}$  очень широко изучены в литературе. Фазовые равновесия в системе  $\text{Sb}_2\text{Te}_3\text{-GeTe}$  впервые изучена в [1] и построена его диаграмма состояния. Установлено образование трех тройных теллуридов при соотношении компонентов 2:1 ( $\text{GeSb}_4\text{Te}_7$ ); 1:1 ( $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$ ) и 1:2 ( $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ ).  $\text{GeSb}_4\text{Te}_7$ ,  $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$  и

$\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  образуются по перитектической реакции при 866, 888 и 903К соответственно. Позже [8] электронографическим методом расшифрованы структуры  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  и  $\text{GeSb}_4\text{Te}_7$ . Оказалось, что обе структуры слоистые, гексагональные с периодами ячейки:  $a=4,20$ ,  $c=16,96\text{Å}$  и  $a=4,21$ ,  $c=23,65\text{Å}$  соответственно. Кристаллическая структура  $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$  определена в работе [3]. Оказалось, что  $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$  кристаллизуется в гексагональной сингонии со следующими параметрами элементарной ячейки:  $a=4,21$ ,  $c=40,6\text{Å}$  пр.гр.  $R\bar{3}m$ . Авторами работы [2] построена проекция ликвидуса тройной системы Ge-Sb-Te. Система была изучена уже по известному сечению GeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> [1], где подтверждено образование трех тройных теллуридов состава  $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$ ,  $\text{GeSb}_4\text{Te}_7$ ,  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ . Повторное исследование гомологического ряда сложных соединений  $n\text{GeTe}\cdot m\text{Sb}_2\text{Te}_3$  показало, что кроме известных  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ ,  $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$  и  $\text{GeSb}_4\text{Te}_7$  в системе GeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> образуются и  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_7$ ,  $\text{Ge}_3\text{Sb}_2\text{Te}_6$  и  $\text{GeSb}_6\text{Te}_{10}$  [11]. В системе SnTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> образуется всего одно соединение  $\text{SnSb}_2\text{Te}_4$  кристаллизующееся непосредственно из жидкости при температуре около 876К [9].  $\text{SnSb}_2\text{Te}_4$  кристаллизуется в ромбоэдрическое сингонии с параметрами  $a=4,294$ ,  $c=41,54\text{Å}$  пр.гр.  $K\bar{3}m$ .  $Z=2,9$  [5]. В системе GeTe-SnTe по данным [10] наблюдается непрерывный ряд твердых растворов.

Для приготовления сплавов были использованы следующие материалы: германий с удельным сопротивлением 10 Ом·см, олово марки ОВЧ-000, сурьма марки С<sub>у</sub>-000 и теллур очищенный двойной дистилляцией, с содержанием примесей <0,05%. Поликристаллические образцы сплавов  $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$ - $\text{SnSb}_2\text{Te}_4$  синтезировали в вакуумированных кварцевых ампулах из элементов, взятых в соответствующих соотношениях. Синтез проводили при температуре 700-1100К в зависимости от состава сплавов с последующим их охлаждением со скоростью 6 К/мин до 650К. В этой температуре сплавы охлаждали на воздухе. Полученные образцы отжигали в течение 250-500 ч. при 650К, после чего закаливали в воду со льдом.

Отожженные сплавы исследовали методами физико-химического анализа: ДТА выполнена пирометре НТР-75 при скорости нагревания 9<sup>0</sup>/мин. РФА был выполнен с помощью дифрактометра ДРОН-2 (CuK<sub>α</sub>-излучение, Ni-фильтр): параметры решетки определили методом наименьших квадратов.

На основе полученных результатов построена диаграмма состояния разреза  $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$ - $\text{SnSb}_2\text{Te}_4$  (рис.). Как видно из рис. разрез  $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$ - $\text{SnSb}_2\text{Te}_4$  является квазибинарным сечением квазитройной системы GeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-SnTe. Разрез  $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$ - $\text{SnSb}_2\text{Te}_4$  характеризуется образованием сложного теллурида  $\text{GeSnSb}_4\text{Te}_8$  и ограниченной растворимостью на основе исходных компонентов. Соединения  $\text{GeSnSb}_4\text{Te}_8$  плавиться конгруэнтно при температуре  $950\pm 5\text{К}$  и делит систему на две подсистемы:  $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$ - $\text{GeSnSb}_4\text{Te}_8$  и  $\text{GeSnSb}_4\text{Te}_8$ - $\text{SnSb}_2\text{Te}_4$ . Обе подсистемы относятся к эвтектическому типу. Растворимость на основе  $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$  20 моль%. Координат эвтектической точки подсистемы  $\text{GeSb}_2\text{Te}_4$ - $\text{GeSnSb}_4\text{Te}_8$ : 35 моль%  $\text{SnSb}_2\text{Te}_4$  и  $T=700\text{К}$ .

Подсистеме  $S_1$ - $SnSb_2Te_4$  также относится к эвтектическому типу. Координат эвтектической точки: 15 моль%  $GeSb_2Te_4$  и  $T=650K$ . Растворимость на основе  $SnSb_2Te_4$  составляет 15 моль%.

Исследование микроструктуры сплавов разрезy  $GeSb_2Te_4$ - $SnSb_2Te_4$  показало, что кроме сплавов, богатых исходными теллуридами и составом 1:1, остальные двухфазные и представляют собой механическую смесь. На основании данных ДТА можно предположить что характер взаимодействия между соединениями  $GeSb_2Te_4$  и  $SnSb_2Te_4$  носит не сложный характер. На кривых нагревания и охлаждения имеются по два термических эффекта.

Четверное соединение  $GeSnSb_4Te_8$ , выделено в индивидуальном виде и по методу направленной кристаллизации получены его монокристаллы. Рентгеноструктурное исследование показало, что  $GeSnSb_4Te_8$  кристаллизуется в ромбической сингонии с параметрами решетки  $a=4,92$ ,  $b=9,43$ ,  $c=18,05A^0$ . пр.гр.  $P_{nmm}$ ,  $V= 837,44 A^{03}$ ,  $Z=2$ .

Кристаллы из области твердых растворов на основе  $GeSb_2Te_4$  и  $SnSb_2Te_4$  для физических измерений получали направленной кристаллизацией по методу Бриджмена [4]. При этом получали блестящие кристаллы металлического цвета размерами  $7 \times 18$  -  $7 \times 20$  мм. В таблице дается режим получения монокристаллов, установленный на основании многочисленных опытов.

Таблица

**Кристаллографические данные твердых растворов на основе  $GeSb_2Te_4$**

Состав, моль% $GeSb_2Te_4$	Параметры решетки, $A^0$		V, $A^{03}$	Плотность, $г/см^3$		Микротвердость, МПа
	a	c		Пикн.	Вычисл.	
0,0	4,21	40,6	659,4	6,467	6,527	675
2,5	4,23	40,7	674,6	6,517	6,567	725
5,0	4,25	4,08	689,2	6,567	6,627	755
7,5	4,29	4,10	718,5	6,627	6,667	785
10,0	4,32	4,12	744,7	6,707	6,767	795
15,0	4,35	4,14	777,0	6,787	6,817	865
20,0	4,40	4,17	818,4	6,867	6,907	935

Твердые растворы, полученные на основе  $GeSb_2Te_4$  кристаллизуются в гексагональной сингонии (табл.). Как видно из данных табл., с увеличением концентрации  $SnSb_2Te_4$  параметры элементарной ячейки увеличивается и это связано с замещением мелкого радиуса катиона  $Ge^{+2}$  (0,065нм) большими по радиусу катионами  $Sn^{+2}$  (0,102 нм). Сохранение молекул приходящихся к элементарной ячейке и изменение параметров решетки, подтверждает образование в разрезе  $GeSb_2Te_4$ - $SnSb_2Te_4$  твердого раствора типа завешания.

#### Список литературы

1. Абрикосов Н.Х., Данилова-Дворякова Г.Д. Исследование диаграммы состояния  $Sb_2Te_3$ - $GeTe$  // Изв. АН.СССР. Неорган. материалы.1965. Т.1, №1. С. 204-208.
2. Абрикосов Н.Х., Данилова-Дворякова Г.Д. Исследование тройной системы  $Ge$ - $Sb$ - $Te$  // Изв. АН.СССР. Неорган. материалы. 1970. Т.15, №3. С. 475-479.
3. Агаев К.А., Талыбов А.Г. Электронографическое определение структуры  $GeSb_2Te_4$  // Кристаллография. – 1966. – Т.11, №3. С. 454-456.

4. Бахтиярлы И.Б., Аждирова Д.С., Мамедов Ш.Г., Гурбанов Г.Р. Система  $\text{SnPbSb}_4\text{S}_8\text{-4SnS}$  // Изв. Вузов. Химия и хим. технология. 2009. Т.52. Вып. 4. С. 120-122.
5. Жукова Т.Б., Заславский А.И. Кристаллические структуры  $\text{PbBi}_4\text{Te}_7$ ,  $\text{PbBi}_2\text{Te}_4$ ,  $\text{SnBi}_4\text{Te}_7$ ,  $\text{SnBi}_2\text{Te}_4$ ,  $\text{SnSb}_2\text{Te}_4$  и  $\text{GeBi}_4\text{Te}_7$  // Кристаллография. – 1971. Т.16, №5. С. 918.
6. Мильвидский М.Г., Уфимцев В.Б. Полупроводниковые материалы на современном этапе развития твердотельной электроники // Неорган. материалы. 2000. Т. 36, № 3. С. 360-368.
7. Новоселова А.В., Господинов Г.Г., Один И.Н. и др. Исследование системы  $\text{SnS-Sb}_2\text{S}_3$  // Изв. АН СССР. Неорган. материалы. 1972. Т.8, №1. С. 173-175.
8. Петров И.И., Имамов Р.М., Пинскер В.Г. Электронографическое определение структур  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  и  $\text{GeSb}_2\text{Te}_x$  // Кристаллография. 1965. Т.13. №3. С. 417-421.
9. Шелимова Л.Е., Карпинский О.Г., Косяков В.М. и др. Гомологические ряды слоистых тетрадимитоподобных соединений в системах  $\text{Bi-Te}$  и  $\text{GeTe-Bi}_2\text{Te}_3$  // Журн.структ.химии.2000. Т.41, №1. С. 100-108.
10. Yashina L., Leute V. The phase diagrams of the quasibinary systems  $(\text{Pb,Ge})\text{-Te}$  and  $(\text{Ge,Sn})\text{-Te}$  // J.Alloya Compd.2000. Vol. 313. P. 82-92.

## **ХАРАКТЕР ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ $\text{PbSb}_2\text{Se}_4\text{-Pb}_5\text{Bi}_6\text{Se}_{14}$**

***Гурбанов Г.Р.***

профессор кафедры транспорта и хранения нефти и газа, д-р хим. наук,  
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,  
Азербайджан, г. Баку

***Мамедов Ш.Г.***

ст. науч. сотр. лаб-ии «Халькогениды переходных элементов», канд. хим. наук,  
Институт катализа и неорганической химии им. академика М.Ф. Нагиева,  
Азербайджан, г. Баку

Комплексными методами физико-химического анализа исследован разрез  $\text{PbSb}_2\text{Se}_4\text{-Pb}_5\text{Bi}_6\text{Se}_{14}$  квазитройной системы  $\text{Sb}_2\text{Se}_3\text{-PbSe-Bi}_2\text{Se}_3$  и построена ее фазовая диаграмма. Установлена, что разрез  $\text{PbSb}_2\text{Se}_4\text{-Pb}_5\text{Bi}_6\text{Se}_{14}$  является частично квазибинарным сечением квазитройной системы  $\text{Sb}_2\text{Se}_3\text{-PbSe-Bi}_2\text{Se}_3$ . Выявлена область твердых растворов на основе  $\text{PbSb}_2\text{Se}_4$  при комнатной температуре (10 моль%  $\text{Pb}_5\text{Bi}_6\text{Se}_{14}$ ). При соотношении исходных компонентов 1:1 образуется конгруэнтноплавящееся четверные соединения  $\text{Pb}_6\text{Sb}_2\text{Bi}_6\text{Se}_{18}$ .

*Ключевые слова:* конгруэнтно, соединения, диаграмма твердых растворов.

Настоящее время направлений поиска является создание тройных или четверных узкозонных полупроводников, обладающих сложными кристаллическими решетками [1]. Для этих материалов ожидаются низкие значения теплопроводности. Это связано с тем, что большие элементарные ячейки, которые, как правило, характерны для сложных халькогенидов, способствуют уменьшению скорости распространения фононов, ответственных за перенос тепла в материале.

В связи с практической ценностью материалов на основе халькогенидов свинца, стибума и висмута возникает необходимость более глубокого изучения их взаимодействия.

Для изучения фазового равновесия в системе  $PbSb_2Se_4 - Pb_5Bi_6Se_{14}$  синтезировали 13 образцов различного состава (табл.).

Сплавы разрезы синтезировали из высокочистых компонентов  $PbSb_2Se_4$  и  $Pb_5Bi_6Se_{14}$  в вакуированных до 0,133 Па кварцевых ампулах. Образцы разрезы  $PbSb_2Se_4 - Pb_5Bi_6Se_{14}$  переплавляли либо спекали при температурах 700-1000<sup>0</sup>К, а затем отжигали при 600<sup>0</sup>К в течение 1000 ч. и закачивали в воде со льдом.

Полученные сплавы были компактными, устойчивыми на воздухе и к органическим растворителям, взаимодействовали с концентрированными минеральными кислотами (HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и др.)

Таблица

**Результаты ДТА, плотность и микротвердость сплавов разреза  $PbSb_2Se_4 - Pb_5Bi_6Se_{14}$**

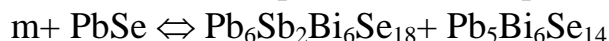
№	Состав сплавов, моль%	Термические эффекты, нагревание К	Плотность, г/см <sup>3</sup>	H <sub>μ</sub> МПа
1	100% $PbSb_2Se_4$	890	6.82	Одна
2	90% $PbSb_2Se_4$	820, 875	6.93	Одна
3	80% $PbSb_2Se_4$	800, 845	7.05	Два
4	75% $PbSb_2Se_4$	800, 825	7.11	Два
5	70% $PbSb_2Se_4$	800 (e)	евт	Два
6	60% $PbSb_2Se_4$	800, 895	7.28	Два
7	50% $PbSb_2Se_4$	950	7.41	Два
8	40% $PbSb_2Se_4$	825, 880, 920	7.53	Два
9	30% $PbSb_2Se_4$	850, 870, 930	7.67	Два
10	25% $PbSb_2Se_4$	850, 950, 975	7.74	Два
11	20% $PbSb_2Se_4$	850, 900, 1010	7.80	Два
12	10% $PbSb_2Se_4$	850, 960, 1050	7.95	Два
13	100% $Pb_5Bi_6Se_{14}$	995	8.10	Одна

Исследование сплавов системы проводили методами дифференциального термического (ДТА), рентгенографического (РФА), микроструктурного (МСА) анализа, а также измерением микротвердости и определением плотности.

На основе полученных результатов построена диаграмма состояния разреза  $PbSb_2Se_4 - Pb_5Bi_6Se_{14}$  квазитройной системы  $Sb_2Se_3 - PbSe - Bi_2Se_3$ . Разрез  $PbSb_2Se_4 - Pb_5Bi_6Se_{14}$  является частично квазибинарным. При соотношении исходных компонентов  $PbSb_2Se_4 : Pb_5Bi_6Se_{14} = 1:1$  установлено образование конгруэнтно плавящегося соединения состава  $Pb_6Sb_2Bi_6Se_{18}$ , которое плавится при 950±5К. Область гомогенности у соединения практически отсутствует.

Систему  $PbSb_2Se_4 : Pb_5Bi_6Se_{14}$  условно можно разделить на две подсистемы:  $PbSb_2Se_4 - Pb_6Sb_2Bi_6Se_{18}$  и  $Pb_6Sb_2Bi_6Se_{18} - Pb_5Bi_6Se_{14}$ . Первая относится к эвтектическому типу с ограниченной растворимостью на основе  $PbSb_2Se_4$ . Координаты эвтектической точки: 800К и 30 моль%  $Pb_5Bi_6Se_{14}$ . Вторая под-

система из заинконгруэнтного плавления  $Pb_5Bi_6Se_{14}$  сложная и относится к неквазибинарным сечениям. Квазибинарность нарушается выше температуры инконгруэнтного плавления  $Pb_5Bi_6Se_{14}$ . При понижении температуры от 995 до 850К жидкость исчезает по перитектической реакции:



Четверное соединение  $Pb_6Sb_2Bi_6Se_{18}$  выделено в индивидуальном виде и монокристаллы его получали из газовой фазы методом химических транспортных реакций (ХТР) [2,3] в кварцевых ампулах, вакуумированные до 0,133 Па. За паяные ампулы помещали в горизонтальную двух секционную печь. Температуры измеряли с помощью хромель-алюмелевой термопары.

Оптимальные параметры для выращивания монокристаллов четверного соединения  $Pb_6Sb_2Bi_6Se_{18}$  методом ХТР. Механизм получения монокристаллов  $Pb_6Sb_2Bi_6Se_{18}$  методом ХТР можно представить уравнением.



#### Список литературы

1. Konatridis. M.G. Accounts of Chemical Research. 38. №4. P. 361 (2005).
2. Нагаев В.В., Орловская В.П., Гананаев И.В. // Изв. АН.СССР. Неорган. материалы. 1984. Т.20, №6. С. 937-941.
3. Расшир. тез. VI Междунар. конф. по росту кристаллов. Рост из газовой фазы. Т.1. М.: Наука, 1980. С. 102-103.

## ВОДООТТАЛКИВАЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ НА ОСНОВЕ ОЛИГОПИПЕРИЛЕНСТИРОЛА И АЛКОКСИСИЛАНА

*Железнякова А.А.*

студентка кафедры «Химические технологии»,  
Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,  
Россия, г. Владимир

В статье рассматриваются вопросы создания новых водоотталкивающих материалов на основе олигопипериленстирола, модифицированного тетраэтоксисиланом. Изучена наноструктура поверхности покрытия и влияние состава и природы компонентов лакокрасочного материала на его свойства. Материалы предназначены для защиты зданий и сооружений от воздействия неблагоприятных факторов.

*Ключевые слова:* олигопипериленстирол модифицированный тетраэтоксисиланом, адгезия, пленкообразующий полимер, гальваношлам, гидрофобные углеводородные группы.

В настоящее время использование полимерных покрытий в качестве защиты элементов конструкций зданий и сооружений от воздействия неблагоприятных природных и техногенных факторов нашли очень широкое применение. К таким факторам относятся разрушение строительных материалов за счет замерзающей капиллярной влаги под действием отрицательных температур, воздействие кислотных дождей, пламени, атмосферного озона, ультрафиолетового излучения, и т.д.



Однако многие гидрофобные полимерные материалы недостаточно устойчивы к вышеперечисленным факторам. Поэтому использование органических полимеров, модифицированных кремнийорганическими соединениями с образованием блок-сополимеров представляет большой интерес [3-4]. Эти материалы обладают хорошими физико-механическими характеристиками, высокой устойчивостью как к повышенным температурам и УФ – излучению, так и к воздействию атмосферной влаги. При такой модификации возникает сильнейший гидрофобный эффект. В ранее опубликованных работах [4-7] рассматривались защитные композиции с гидрофобизирующим эффектом на основе полиуретана, модифицированного алкоксисиланами и полиорганосилоксанами, разработанные Владимирским государственным университетом. В качестве связующего в представленной работе был выбран сополимер стирола – олигопипериленстирол, а в качестве алкоксисилана – тетраэтоксисилан [ТЭОС].

Нанесение композиций на поверхность для последующих испытаний проводилось при температуре 20°C и относительной влажности воздуха 75%. Композиция доводилась до рабочей вязкости. Композиция с помощью фильеры наносилась на зеркальное стекло или металлическую подложку.

В результате проведенных исследований было выявлено, что взаимодействие олигопипериленстирола с тетраэтоксисиланом протекает за счет модификации сополимера продуктами поликонденсации алкоксисилана. Однако не исключено, что при высоких температурах возможно и химическое взаимодействие этих компонентов вследствие высокой реакционной способности ТЭОС и наличия кратных связей в олигопипериленстироле [6]. Одно из наиболее заметных изменений физических свойств при модификации алкоксисиланами это появление сильного гидрофобного эффекта.

Сам эффект возникает уже при содержании алкоксисилана 4% в связующем. Появление этого эффекта можно объяснить наличием у продуктов гидролиза ТЭОС функциональных групп у атома кремния, за счет которых происходит образование связей с поверхностью обрабатываемого материала. При этом молекулы ориентируются таким образом, что неполярные фрагменты оказываются направленными во внешнее пространство, а полярные – к обрабатываемой поверхности в результате чего, последняя оказывается защищенной гидрофобными углеводородными группами и теряет способность смачиваться водой. При этом на обрабатываемой поверхности образуется не сплошное покрытие, а тончайший слой вещества, благодаря чему, сохраняется паро- и газопроницаемость материала, что особо важно для многих строительных материалов [7].

Увеличение твердости композиции при модификации тетраэтоксисиланом связано с образованием межмолекулярных сшивок. Процесс отверждения композиции носит конкурирующий характер и зависит от степени высыхания покрытия, от количества образующихся сшивок и многих других факторов. Однако самые высокие показатели наблюдаются при добавлении гальваношлама. Шлам, выбранный из отвалов, содержащий кварцевый песок в составе, способствует увеличению твердости композиции.

Долговременность эксплуатации защитного покрытия зависит в значительной степени от адгезии к строительному материалу, на который оно наносится. Адгезионные свойства покрытия объясняются сложным взаимодействием (физическим, химическим, электрическим) функциональных групп полимера с активными центрами материала субстрата. Возникшие связи препятствуют взаимодействию этого материала с частицами среды, т.е. процессу коррозии. То есть чем выше адгезия, чем больше связей субстрата с полимером, и чем сильнее эти связи, тем меньше остается вакантных участков, на которых возможен коррозионный процесс.

Исследования показали, что максимальный предел прочности при отрыве наблюдается при содержании тетраэтоксисилана 20%. Увеличивая его концентрацию снижаются показатели, что вероятнее всего связано с эффектом пластификации. Таким образом, высокая адгезия пленкообразующего полимера олигопипериленистирола достигается благодаря его модификации тетраэтоксисиланом. Как было показано выше макромолекулы такой композиции полярны и имеют большое число химически активных функциональных групп, благодаря которым тетраэтоксисилан образует ориентированный адсорбционный слой, прочно связывающий между собой пленку и подложку [7]. На основании данных исследований, величина адгезии в данном случае определяется силой возможного физического или химического взаимодействия ТЭОС с гидроксильными группами на поверхности стальной пластины.

Таким образом, проведенные исследования водоотталкивающего покрытия показывают реальную возможность создания новых полимерных материалов для защиты зданий и сооружений от воздействия неблагоприятных факторов природного и техногенного характера.

*Автор выражает большую благодарность научному руководителю профессору Владимиру Юрьевичу Чухланову за оказанную помощь при проведении экспериментов и за участие в обсуждении полученных результатов.*

#### **Список литературы**

1. Олигоорганосилоксаны. Свойства, получение, применение / Под ред. М.В. Соболевского. – М.: Химия, 1985. – 264 с.
2. Химия. Большой энциклопедический словарь. – М: Научное издательство "Большая Российская Энциклопедия", 1998. – 797 с.
3. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г. Диэлектрические свойства герметизирующей композиции на основе эпоксидиановой смолы, модифицированной полиметилфенилсилоксаном, в сантиметровом свч-радиодиапазоне // Клеи. Герметики, Технологии. – 2015. – № 3. – С. 6-10.
4. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г. Связующие для радиопрозрачных композиционных материалов на основе эпоксидной смолы, модифицированной алкоксисиланами // Материаловедение. – 2015. – № 6. – с. 31-36.
5. Чухланов В.Ю., Усачева Ю.В., Селиванов О.Г., Ширкин Л.А. Новые лакокрасочные материалы на основе модифицированных пипериленистирольных связующих с использованием гальваношлама в качестве наполнителя // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2012. – № 12. – С. 52-55.

6. Chukhlanov V.Y., Kriushenko S.S., Chukhlanova N.V. Elastic polyurethane foams modified by tetraethoxysilane // Theoretical foundations of chemical engineering. – 2015. – Т. 49. – № 4. – С. 518-522.

7. Chukhlanov V.Y., Selivanov O.G. The thermophysical properties of syntactic plastic foams based on polydimethylsiloxane binder // International polymer science and technology. – 2016. – С. 43. – № 3. – С. 39-42.

## **ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНТАКТНЫХ ПЕНОПЛАСТОВ С ПОЛИОРГАНОСИЛОКСАНОВЫМ СВЯЗУЮЩИМ В ОБЛАСТИ СВЕРХВЫСОКИХ РАДИОЧАСТОТ**

*Киреева Ю.Г.*

кафедра химических технологий, Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, Россия, г. Владимир

В данной статье представлено описание характеристик синтактных пенопластов, наполненных полыми стеклянными микросферами и полидиметилсилоксаном, в области сверхвысоких частот, а также исследуется зависимость их термической устойчивости от содержания связующего.

*Ключевые слова:* синтактные пенопласты, полые стеклянные микросферы, полидиметилсилоксан, диэлектрические характеристики, радиопрозрачность.

В настоящее время в связи с возрастающим применением в большинстве отраслей промышленности разнообразных устройств и приборов, принцип работы которых основан на использовании сверхвысококачастотной электромагнитной энергии (>300 МГц) возникает интерес к диэлектрическим материалам с минимальными диэлектрическими потерями и соответственно наибольшей радиопрозрачностью в этой области радиочастот. Для этих целей особый интерес благодаря низкой плотности и высоким физико-механическим характеристикам могут представлять синтактные пенопласты [СП], представляющие собой полый сферический наполнитель, скрепленный полимерной матрицей. Естественно, как наполнитель, так и связующее должны иметь достаточно высокие диэлектрические характеристики. Кроме того, оба компонента должны характеризоваться еще и достаточно высокой термической устойчивостью [1, с. 1].

Авторами было сделано предположение, что вышеперечисленным требованиям соответствуют полые стеклянные микросферы [ПСМ] и кремнийорганические полимерные связующие материалы, которые, помимо хороших диэлектрических свойств, имеют еще и высокую термическую устойчивость.

Так как литературные данные по диэлектрическим характеристикам исследуемых пеноматериалов в СВЧ-диапазоне отсутствуют, то целью представленной работы является изучение диэлектрических характеристик СП, а также выявление влияния природы и соотношения связующего и наполнителя на эти свойства.

В качестве наполнителя были использованы серийно производимые полые натрийборосиликатные ПСМ марки МСО А9 гр. А2. Данные ПСМ имеют следующие характеристики: плотность частиц:  $300 \text{ кг/м}^3$ , средний размер частиц:  $20 \text{ мкм}$ , коэффициент заполнения объема:  $60\%$ .

В качестве кремнийорганического связующего в работе был использован низкомолекулярный диметилсилоксановый каучук СКТН-1 с концевыми гидроксильными группами. СКТН-1 отверждался катализатором К-18, представляющим собой смесь тетраэтоксисилана и диэтилдикаприлата олова. Процесс отверждения сопровождался взаимодействием концевых гидроксильных групп с реакционноспособными этоксигруппами тетраэтоксисилана и выделением этилового спирта. В результате реакции образовывался полидиметилсилоксан [ПДМС], имеющий повышенную термическую устойчивость и приемлемые диэлектрические характеристики.

Процесс получения СП заключался в смешении полых микросфер с заданным количеством СКТН-1 в который предварительно добавлялось  $3\%$  катализатора К-18. Формование образцов проводилось в алюминиевой форме под небольшим избыточным давлением  $0,4 \text{ МПа}$ . После выдержки в течение  $72 \text{ ч}$  при температуре  $298 \text{ К}$  образцы извлекались из формы и при необходимости подвергались дополнительной механической обработке.

Определение диэлектрических характеристик образцов проводилось в объемном резонаторе на частоте  $9,8 \text{ ГГц}$  в соответствии с ГОСТ 8544. Проведенные исследования показали, что с увеличением объемной доли связующего наряду с возрастанием потерь радиопрозрачности происходит и рост тангенса угла диэлектрических потерь (рисунок).

Действие влаги на поверхность стекла приводит к уменьшению поверхностного электрического сопротивления материала с  $1 \times 10^{12} - 1 \times 10^M \text{ Ом}$  до  $0,5 \times 10^7 - 3 \times 10^8 \text{ Ом}$ . Для снижения влагопоглощения СП были проведены эксперименты по введению в пеноматериал гидрофобизирующей жидкости ГКЖ 136 – 41 [8, с. 205-207].

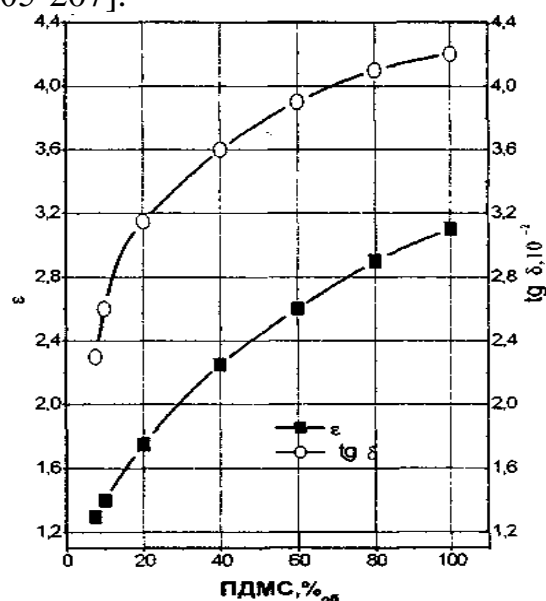


Рис. Зависимость диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь от содержания ПДМС в СП

Эта жидкость по своей природе представляет собой органосилоксан, содержащий наряду с боковыми органическими радикалами и водородные заместители. Применение гидрофобизаторов должно привести к сохранению очень высокого поверхностного электрического сопротивления ПСМ, практически не зависящего от влажности окружающего воздуха [6, с. 109].

На изменение электрических свойств ПДМС в значительной степени влияет лишь переход полимера из стеклообразного в высокоэластическое состояние. В этой области диэлектрическая проницаемость достигает своего максимального значения. В высокоэластическом состоянии изменения диэлектрических характеристик не велики. Поскольку рабочие температуры исследуемых СП находятся лишь в области высокоэластичного состояния, то это обстоятельство должно сказываться на сохранении электрических свойств на этом температурном участке [2, с. 2-3].

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы: увеличение содержания связующего в СП свыше 15-20% (об) приводит к значительной потере радиопрозрачности (>1 Дб на 10 мм толщины материала); уменьшение тангенса угла диэлектрических потерь и повышение радиопрозрачности практически в 4 раза в СВЧ – радиодиапазоне для СП с содержанием связующего менее 15 % (об) достигается введением гидрофобизирующей кремнийорганической жидкости в количестве 1,0-1,5 % от массы пеноматериала; зависимость диэлектрических характеристик от температуры в диапазоне 273-423 К незначительна, что позволяет эксплуатировать СП в условиях повышенных температур.

*Авторы выражают благодарность научному руководителю профессору, д.т.н. Чухланову В.Ю.*

#### **Список литературы**

1. Чухланов В.Ю., Трифонова Т.А., Селиванов О.Г., Селиванова Н.В., Чухланова Н.В. Оценка токсичности полиуретанового защитного покрытия, наполненного гальваническим шламом, методом фитотестирования // Химическая технология. 2014. Т. 15. № 10. С. 635-640.
2. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г., Чухланова Н.В. Термическая устойчивость высоконаполненных сферопластиков на основе полидиметилсилоксанового связующего // Химическая технология. 2015. Т. 16. № 12. С. 721-725.
3. Chukhlanov V.Y., Kriushenko S.S., Chukhlanova N.V. Elastic polyurethane foams modified by tetraethoxysilane // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2015. Т. 49. № 4. С. 518-522.
4. V. Yu. Chukhlanov, O. G. Selivanov, É. P. Sysoev, E. S. Pikalov and N. V. Chukhlanova/ Enhancement of the Dielectric Properties of Ceramic in the Centimeter Microwave Range by Structural Modification of Pyrogenic Silicon Dioxide by Nanoparticles // Glass and Ceramics, Vol. 73, Nos. 7 – 8, November, 2016.
5. V. Yu. Chukhlanov, O. G. Selivanov, and N. V. Chukhlanova. A Sealing Composition with High Dielectric Characteristics and Increased Optical Transparency on the Basis of Epoxy Diane Resin Modified with Phenyl Ethoxysilane // Polymer Science, Series D, 2016, Vol. 9, No. 3, pp. 281–285
6. Олигоорганосилоксаны. Свойства, получение, применение / Под ред. М.В. Соболевского. – М.: Химия, 1985. –264с.

7. Anthony J., O'Lenick Jr. // *Silicone Polymers: New Possibilities in Nanotechnology*. American Chemical Society. Symposium Series, 2007. V. 96. P. 165.

8. Радиопрозрачные изделия из стеклопластиков. И.Г. Гуртовник, В.И. Соколов, Н.Н. Трофимов, С.И. Шалгунов. Издательство МИР. М., 2003. 368 с.

## ПОЛИЭФИРСУЛЬФОН: ПРИМЕНЕНИЕ, СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ, КРАТКИЙ ОБЗОР

*Крещик А.А.*

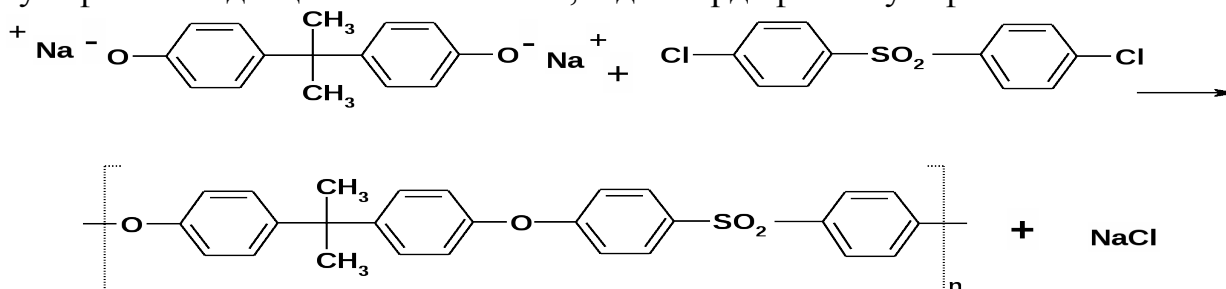
студентка 4 курса кафедры химические технологии,  
Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,  
Россия, г. Владимир

В статье рассматривается такой полимерный материал как полиэфирсульфон. Кратко описываются его физико-химические свойства, позволяющие использовать данный материал в промышленности. Рассматриваются области применения материала и способы его утилизации.

*Ключевые слова:* полиэфирсульфон, полимеризация, деполимеризация, пиролиз.

Полиэфирсульфон (ПЭС) – это неусиленный, аморфный полимер, главными характеристиками которого являются его высокие термические, электрические и механические свойства, которые типичны для кристаллического полимера. Полиэфирсульфоны обладают высокой стойкостью к воздействию высоких температур, гидролизу, химическому воздействию, пару, радиационным воздействиям [3].

Они получают реакцией поликонденсации 4,4'-диоксифенилсульфона в виде щелочной соли с 4,4'-дихлордифенилсульфоном.



В результате этой реакции полученный полимер имеет и ароматическое кольцо, и достаточно прочную по связям сульфо-группу, которая положительно влияет на характеристики полимера.

Область применения полиэфирсульфона достаточно разнообразна:

1. Использование в электротехнике: очень высокие изоляционные и диэлектрические свойства полисульфонов делают данный материал незаменимым во многих областях электротехники: печатные платы, катушки, изоляторы.

2. Использование в механике: данный материал используется там, где требуются высокие эксплуатационные характеристики, как, например, под-

шипники и высокоточные зубчатые передачи, функционирующие в условиях низких и высоких температур.

3. Использование в химии: использование данного материала в области химии является идеальным благодаря высокой его химической и термической стойкости. Хорошая стойкость к воздействию минеральных кислот, щелочей и солевых растворов. Полисульфон разрушается эфирами, соединениями хлора и ароматическими углеводородами.

4. Полисульфоны используются для некоторых конструкций и герметизации ядерных реакторов в зонах максимальной радиации.

5. Полые волокна из полисульфонов и пленки из сульфированных полисульфонов используют в качестве мембран для обратного осмоса. Пористые полупроницаемые анизотропные пленки из полиэфирсульфонов на подложке применяют в качестве мембран для микро- и ультра-фильтрации.

6. Использование в контакте с пищевыми продуктами: данный материал физиологически инертный, поэтому он используется для деталей, пребывающих в контакте с пищевыми продуктами, даже в условиях высокой температуры.

7. Использование в медицине: благодаря стерилизуемости, гидролитической стабильности, нетоксичности, химической стойкости, прозрачности некоторые марки полисульфонов используются для деталей искусственного сердца [4].

Материалы, изготовленные из полиэфирсульфона, достаточно долго служат, но, как и у других, у них есть срок эксплуатации. Обычно отработанные детали или пленки отправляются на полигон твердых отходов, но, как известно, полимерные материалы крайне долго разлагаются в земле (от ста лет и дольше), поэтому вопрос переработки или утилизации полимерных материалов весьма актуален.

Существует несколько методов утилизации изделий из пластмасс, в том числе и полиэфирсульфона: сжигание, прессование, растворение в низших спиртах-растворителях, пиролиз.

Первый метод весьма плохо влияет на окружающую среду, так как в процессе сжигания происходит горение вещества, содержащего не только углерод, но и сульфо – группу с ароматическим кольцом. Такой метод утилизации принесет больше вреда, чем пользы.

Прессование материалов происходит в специальных машинах под высоким давлением, так как материалы из полиэфирсульфона достаточно прочны. Этот метод широко применяется, но он весьма энергозатратен. К тому же он направлен не на утилизацию отходов, а на уменьшение их объема [2].

Третий же способ является весьма интересным. Он имеет другое название – утилизация отходов полимеров методом деполимеризации.

Основа этого метода утилизации заключается в том, что процесс разложения полимеров осуществляют в низших спиртах-растворителях (C1-C3), находящихся в сверхкритическом состоянии, таких как: сверхкритический метиловый спирт, сверхкритический этиловый спирт, сверхкритический пропиловый спирт, сверхкритический изопропиловый спирт, в области давлений

100-270 атм и при температурах 200-260°C в реакторе закрытого типа – автоклаве с перемешиванием.

Технический результат – деполимеризация и превращение отходов полимерных материалов в гомогенные жидкие соединения с высокой степенью конверсии за малые времена контакта.

Полученные в результате деполимеризации отходов полимерных материалов гомогенные жидкие соединения могут быть использованы как высококалорийное топливо для применения в энергетических установках и служить альтернативными источниками энергии [1].

Пиролиз также является методом деполимеризации. Он происходит в закрытых реакторах при отсутствии доступа воздуха. Загруженный в закрытый реактор полимер подвергается термической обработке. Данный метод более энергозатратный, чем деполимеризация в растворе, зато он не требует тщательной обработки материала перед загрузкой в реактор [2].

Таким образом, полиэфирсульфон – это полимер нового поколения. Его свойства позволяют использовать его во многих отраслях промышленности. Но методы его утилизации несовершенны, что дает основу для дальнейшего изучения этого материала.

#### Список литературы

1. Аникеев В.И. Способ утилизации отходов полимеров // Патент России № 2430121. Режим доступа: URL: <http://www.findpatent.ru/patent/243/2430121.html> (дата обращения 22.11.2016).
2. Полимер Инфо. Технология переработки пластиковых отходов. [Электронный ресурс]- Режим доступа: URL: <http://polimerinfo.com/kompozitnye-materialy/pererabotka-plastika.html> (дата обращения 24.11.2016).
3. Технические таблицы// Полисульфон, Полиэфирсульфон, Полифениленсульфон [Электронный ресурс]-Режим доступа – URL:<http://tehtab.ru/Guide/GuideMatherials/ResinesElastomersPlasticsPolimers/DiscriptionOfElastomers/PSUPESPPSU/#>(дата обращения 20.11.16).
4. Штейнберг Е.М., Сергеева Е. А., Зенитова Л. А., Абдуллин И. Ш. Применение и производство полиэфирсульфона. Обзор.:сб.ст. Вестник казанского Технологического университета.

### ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА МУЛЬТИФЕРРОИКОВ ТИПА ФАЗ АУРИВИЛЛИУСА $A_{m-1}Bi_2B_{m-1}B'_mO_{3m+3}$ (A-Bi, Sr; B-Fe; B'-Ti)

*Ломанова Н.А.*

научный сотрудник лаборатории новых неорганических материалов,  
Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе, Россия, г. Санкт-Петербург

Изучены особенности формирования твердых растворов на основе слоистых перовскитоподобных фаз Ауривиллиуса  $A_{m-1}Bi_2B_{m-1}B'_mO_{3m+3}$  (A-Bi, Sr; B-Fe; B'-Ti) в системе  $Bi_2O_3$ -SrO-TiO<sub>2</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при синтезе методом твердофазных химических реакций.

*Ключевые слова:* перовскитоподобные оксиды, мультиферроики, фазы Ауривиллиуса.



Интерес к получению перовскитоподобных соединений, перспективных для создания на их основе мультиферроиков, с каждым годом повышается. Это связано как с возможностью их использования в различных областях техники, так и с необходимостью дополнительной информации для развития химических основ технологии. Исследованию мультиферроиков со слоистой перовскитоподобной структурой фаз Ауривиллиуса каждый год посвящается большое число публикаций и это связано с широким спектром их функциональных свойств и большой вариабельностью структуры. Поэтому, изучение особенностей синтеза и механизма формирования таких веществ является актуальной задачей.

Слоистые перовскитоподобные оксиды типа фаз Ауривиллиуса с общей формулой  $A_{m-1}Bi_2V_{m-1}V'_mO_{3m+3}$  (A-Bi, Sr; B-Fe; B'-Ti) интересны для различных областей техники, так как обладают ферромагнитными, каталитическими, пьезоэлектрическими свойствами (см., например [1-8]). В общем случае, структура  $A_{m-1}Bi_2V_{m-1}V'_mO_{3m+3}$  может рассматриваться как комбинация флюоритоподобных слоев  $\{(Bi_2O_2)^{2+}\}_\infty$  и перовскитоподобных блоков  $\{(A_{m-1}V_{m-1}V'_mO_{3m+1})^{2-}\}_\infty$  [9, 10], которые имеют среднюю толщину  $h=p \cdot m$ , где  $m$  может быть целым или дробным, т.е. характеризующем равномерность или переменность в чередовании слоев в блоке.

Представленные в литературе данные по фазообразованию в системе  $Bi_2O_3$ -SrO-TiO<sub>2</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в областях существования фаз Ауривиллиуса касаются, как правило, ее частных разрезов. Особенности синтеза и структуры фаз Ауривиллиуса частных разрезов  $Bi_4Ti_3O_{12}$ -SrTiO<sub>3</sub> и  $Bi_4Ti_3O_{12}$ -BiFeO<sub>3</sub> описаны, например, в работах [4-7], согласно которым в структуре этих соединений может содержаться до  $m \leq 9$ . В оксидной системе  $Bi_2O_3$ -SrO-TiO<sub>2</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> описаны соединения  $A_{m-1}Bi_2V_{m-1}V'_mO_{3m+3}$  (A-Bi, Sr; B-Fe; B'-Ti) с  $m \leq 6$ , а также твердые растворы на их основе.

Изучение влияния изоморфного замещения в структуре фаз Ауривиллиуса на особенности их формирования и количество компонентов гомологического ряда  $A_{m-1}Bi_2V_{m-1}V'_mO_{3m+3}$  необходимо для получения новых мультиферроиков на их основе и являлось целью данной работы.

### Экспериментальная часть

Методом твердофазных химических реакций синтезированы образцы состава  $(Bi_{1-x}, Sr_x)_{m-1}Bi_2V_{m-1}V'_mO_{3m+3}$  (A-Bi, Sr; B-Fe; B'-Ti), отвечающие значениям  $m=4-9$  и диапазону  $x=0.1-1.0$ . В качестве реактивов использовались оксиды висмута, железа и титана (ч), а также карбонат стронция (чда). Гомогенизацию исходной смеси проводили в вибрмельнице, затем образцы прессовали в таблетки и обжигали в муфельной печи WiseTherm (Германия). Термообработка образцов проводилась в режиме нагрев-изотермическая выдержка на воздухе в температурном диапазоне 870- 1000 °C в течении 10ч. На каждой стадии синтеза образцы исследовали методом рентгенофазового анализа с использованием дифрактометра XRD-7000 Shimadzu (CuK<sub>α</sub> - излучение). Параметры элементарных ячеек рассчитывали с использованием программного комплекса PDWin 4.0.

Микроструктуру и элементный состав образцов определяли методами сканирующей электронной микроскопии и элементного микроанализа (электронный микроскоп FEI Quanta 200).

### Обсуждение результатов

На рис. 1 приведены рентгеновские дифрактограммы на примере образца фазы Ауривиллиуса  $\text{Bi}_{6-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_2\text{Ti}_3\text{O}_{18-\delta}$  ( $x=0.1-1$ ), в структуре которого перовскитоподобный блок состоит из  $m=5$  слоев, после его термообработки при  $1000^\circ\text{C}$ . Как показали данные рентгенофазового анализа, дальнейшее повышение температуры или длительности термообработки образцов приводит к увеличению содержания примесных фаз в реакционной смеси, по-видимому, вследствие испаряемости оксида висмута.

На промежуточной стадии синтеза, после термообработки при  $900^\circ\text{C}$ , в фазовом составе реакционной смеси присутствуют перовскитоподобная фаза типа  $A\text{FeO}_3$  (предположительно, на основе  $\text{BiFeO}_3$ ), а также фаза Ауривиллиуса с  $m < 5$  слоев в перовскитоподобном блоке. При термообработке образцов  $\text{Bi}_{6-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_2\text{Ti}_3\text{O}_{18-\delta}$  при  $1000^\circ\text{C}$ , которая выше температуры разложения  $\text{BiFeO}_3$ , структура фазы Ауривиллиуса, отвечающая значениям  $x=0.1-0.5$ , приходит к заданному составу. Однако данные рентгенофазового анализа образцов  $\text{Bi}_{6-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_2\text{Ti}_3\text{O}_{18-\delta}$  ( $x=0.7, 1.0$ ), термообработанных при  $1000^\circ\text{C}$ , показывают наличие в реакционной смеси как фазы Ауривиллиуса, так и примесных фаз на основе  $\text{BiFeO}_3$  и  $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39}$ , затрудняющих процесс формирования целевого продукта.

На рис. 2 представлены зависимости среднего объема перовскитоподобного блока  $V'=V/m$  и степени размерного несоответствия между перовскитоподобным и флюоритоподобными слоями  $A$  твердых растворов  $(\text{Bi}_{1-x}\text{Sr}_x)_{m-1}\text{Bi}_2\text{B}_{m-1}\text{B}'_m\text{O}_{3m+3}$  ( $x=0.1$ ) от числа слоев в перовскитоподобном блоке их структуры ( $m$ ). Зависимость  $V'(m)$  уменьшается до значения  $m \sim 7$ , а дальнейшее увеличение содержания стронция в структуре практически не сказывается на изменении параметров фазы Ауривиллиуса.

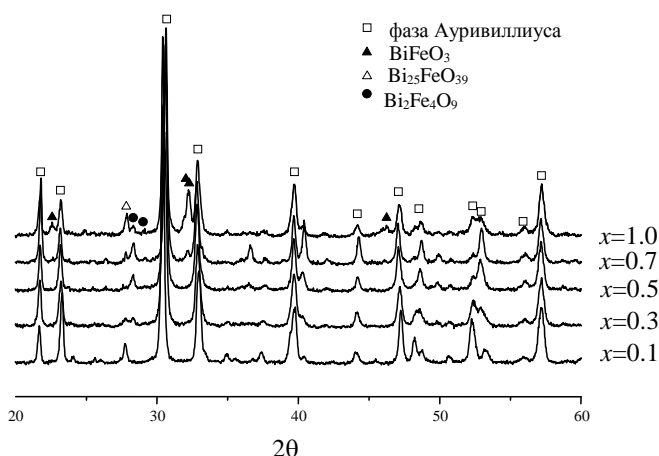


Рис. 1. Рентгеновские дифрактограммы образцов  $\text{Bi}_{6-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_2\text{Ti}_3\text{O}_{18-\delta}$  после обжига при  $1000^\circ\text{C}$

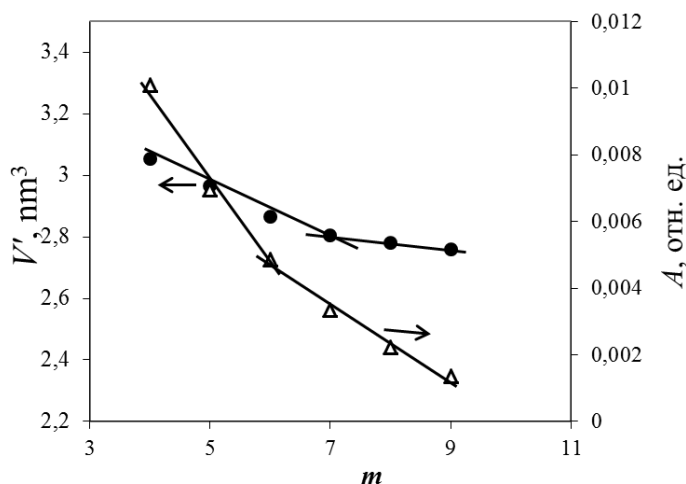


Рис. 2. Зависимость среднего объема перовскитоподобного блока  $V$  и степени размерного несоответствия  $A$  от числа слоев  $m$  в структуре фаз Ауривиллиуса

Величина  $A$  определялась на основании выражения  $A=(a_p-a_f)/a_f$ , где  $a_f$  – параметр флюоритоподобного слоя, а параметр перовскитоподобного слоя  $a_p$  определялся на основании эмпирического уравнения, предложенного в работе [11], для идеализированного перовскитоподобного блока:  $a_p=1.33 r_B + 0.60 r_A + 2.36 \text{ \AA}$  (где  $r_B$  – ионный радиус октаэдрически координированного катиона В,  $r_A$  – ионный радиус 8-координированного катиона А). Зависимость  $A(m)$  свидетельствует об увеличении сте-

пени размерного несоответствия между флюоритоподобным и перовскитоподобным слоями с увеличением длины гомологического ряда  $A_{m-1}Bi_2B_{m-1}B'_mO_{3m+3}$  (А-Bi, Sr; В-Fe; В'-Ti). Можно отметить, что при  $m>6$  на зависимости  $A(m)$  наблюдается перегиб и она резко уменьшается, что коррелирует с изменением структурных параметров фаз Ауривиллиуса.

Как показывают данные элементного анализа, в образцах фаз Ауривиллиуса с  $m>7$  при любых значениях  $x$  наблюдается существенное отличие состава от стехиометрического, что, совместно с данными рентгенофазового анализа, предполагает их образование в данных условиях маловероятным. По-видимому, структурные изменения, представленные на рис. 2, затрудняют формирование фаз Ауривиллиуса и значения  $m\sim 6-7$  являются предельными для гомологического ряда  $A_{m-1}Bi_2B_{m-1}B'_mO_{3m+3}$  (А-Bi, Sr; В-Fe; В'-Ti).

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 16-03-01056).*

#### Список литературы

1. Keeney L., Maity T., Schmidt M/, Amann A/, Deepak N., Petkov N., Roy S., Pemble M. E., Whatmore R. W. Magnetic Field-Induced Ferroelectric Switching in Multiferroic Aurivillius Phase Thin Films at Room Temperature // J. Am. Ceram. Soc., 2013. V. 96. P. 2339–2357.
2. Zhao Y., Fan H., Liu G., Liu Z., Ren X. Ferroelectric, piezoelectric properties and magnetoelectric coupling behavior in aurivillius  $Bi_5Ti_3FeO_{15}$  multiferroic nanofibers by electrospinning // Journal of Alloys and Compounds. 2016. V. 675. P. 441–447.
3. Shet T., Varma K.B.R. Dielectric, piezoelectric and ferroelectric anisotropy in grain oriented Aurivillius phase  $Sr_2Bi_4Ti_5O_{18}$  processed by the reactive templated technique // Ferroelectrics. 2016. V.502 (1). P. 87–100.
4. Cao Z.-P., Wang C.-M., Lau K., Tian H.-H., Yin D.-F. Large enhancement of piezoelectric properties in Mn-modified  $SrBi_4Ti_4O_{15}$  and its thermal stabilities at elevated temperatures // Ceramics International. 2016. V.42 (10). P. 11619–11625.

5. Jartych E., Gąska K., Przewoznik J., Kapusta C., Lisińska-Czekaj A., Czekaj D., Surowiec Z. Hyperfine interactions and irreversible magnetic behavior in multiferroic Aurivillius compounds // *Nukleotnika*. 2013. V. 58. P.47–51.
6. Jing-Bo Li, Yong-Ping Huang, Hai-Bo Jin, Guang-Hui Rao, Jing-Kui Liang Inhomogeneous Structure and Magnetic Properties of Aurivillius Ceramics  $\text{Bi}_4\text{Bi}_{n-3}\text{Ti}_3\text{Fe}_{n-3}\text{O}_{3n+3}$  // *J. Am. Ceram. Soc.* 2013. P. 3920–3925.
7. Hervoches Ch. H., Snedden A., Riggs R., Kilcoyne S. H., Manuel P., Lightfoot Ph. Structural Behavior of the Four-Layer Aurivillius-Phase Ferroelectrics  $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$  and  $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$ // *J. Sol. St. Chem.* 2002. V. 164. P.280.
8. Huang Y., Wang G., Sun Sh., Wang J., Peng R., Lin Y., Zhai X., Fu Z., Lu Y. Observation of Exchange Anisotropy in Single-Phase Layer-Structured Oxides with Long Periods// *Scientific Reports*. 2015. V.5. P.:15261.
9. Aurivillius B. Mixed bismuth oxides with layer lattices. I // *Ark. Kemi*. 1949. Bd 1. N.1. P. 463-471.
10. Смоленский Г.А., Исупов В.А., Аграновская А.И. Новая группа сегнетоэлектриков (со слоистой структурой) I // *Физика твердого тела*. 1959. № 1. С. 169-170.
11. Newnham R.E., Wolfe R.W., Dorrain J.F. Structural basis of ferroelectricity in the bismuth titanate family // *Mater. Res. Bull.* 1971. V.6. p.1029.

## **КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ГИДРИРОВАНИЕ СМОЛОСОДЕРЖАЩИХ ОСТАТКОВ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА Pt/Pd КАТАЛИЗАТОРЕ**

***Маринин А.А.***

студент группы ХТОВ-13, Карагандинский государственный  
индустриальный университет, Казахстан, г. Темиртау

***Меркулов В.В.***

старший преподаватель, канд. хим. наук, профессор РАЕ,  
Карагандинский государственный индустриальный университет,  
Казахстан, г. Темиртау

***Мантлер С.Н.***

старший преподаватель, магистр техн. наук,  
Карагандинский государственный индустриальный университет,  
Казахстан, г. Темиртау

В статье рассмотрен один из самых перспективных на сегодняшний день способов переработки смолосодержащих отходов коксохимического производства – термическая деструкция молекул тяжелой фракции и последующее насыщение водородом образованных в процессе разрушения свободных связей в присутствии Pt/Pd катализатора. Целью исследования стало выяснение возможности каталитического гидрирования отходов коксохимического производства Карагандинского региона для дальнейшего выделения легкой фракции  $\text{C}_6\text{-C}_{12}$ .

*Ключевые слова:* смола, коксохимия, водород, катализатор, гидрирование, тяжелокипящая фракция, легкокипящая фракция, гетерогенный катализ, термическая деструкция.

Гидрирование – химическая реакция, включающая присоединение водорода к органическому веществу. В ходе данной реакции молекула водорода присоединяется к двойной или тройной связи молекулы. Если же в результате гидрирования происходит разрыв связи углерод – углерод или углерод – гетероатом, то такой процесс называется гидрогенолизом [2, с. 451].

Каменноугольная смола – это сложная смесь ароматических соединений, особенно полициклических ароматических углеводородов и гетероциклических соединений. Она представляет собой чёрную, вязкую жидкость с сильным едким запахом из-за присутствия в ней большого количества фенола. Каменноугольная смола получается как побочный продукт при производстве металлургического кокса. Как и в процессах термического расщепления нефтепродуктов, при коксовании угля получают основной продукт кокс и коксовый газ, при конденсации которого образуется каменноугольная смола.

Коксохимическая смола может быть использована в качестве сырья для некоторых технологических процессов [4, с.147-150], в том числе и для получения из нее легких фракций  $C_6 - C_{12}$  путем гидрирования. За небольшими исключениями, молекулярный водород не реагирует с органическими веществами при температуре ниже  $480^{\circ}C$ . Реакция с газообразным водородом возможна лишь на поверхности катализатора, который сорбирует и водород, и органические молекулы, облегчая их контакт. Однако даже в таких условиях энергия активации реакции составляет 27-67 кДж/моль (значения измерены для реакции пропилена с водородом в присутствии различных катализаторов). Для процесса гидрирования могут быть применены различные металлические катализаторы. Активность их в данной реакции уменьшается в следующем ряду:  $Rh > Ir > Ru > Pt > Pd > Ni > Fe > Co > Os$ .

Из металлов данного ряда сейчас широко используются только платина, палладий, родий, рутений и никель. Также находят применение в качестве катализаторов гидрирования и некоторые другие вещества [1, с. 4].

Выбор катализатора Pt/Pd для проведения наших экспериментальных исследований обусловлен высоким сродством платины и палладия к водороду, а также их активирующей способностью. Гидрирование отходов коксохимического производства на нем представляет собой гетерогенно-каталитический процесс. Гетерогенный катализ наиболее широко используется в промышленности, поскольку обладает рядом преимуществ: малый расход катализатора и отсутствие стадии отделения катализатора от реакционной массы [3, с. 58].

Сущность каталитического гидрирования жидких отходов коксохимического заключается в приготовлении смеси исходного образца смолы с Pt/Pd катализатором, нагревании исходной смеси до температуры  $250-300^{\circ}C$  и пропускании через слой жидкости водорода, получаемого в аппарате Киппа при реакции растворения металлического цинка в соляной кислоте.

Эксперимент состоял из подготовительного и основного этапа.

Подготовительный этап исследования включал в себя нагрев исходного образца вязких отходов коксохимического производства до температуры 100°C без добавления катализатора с целью обезвоживания пробы. Необходимость данного этапа обуславливается отравляющим действием воды на Pt/Pd катализатор.

Основной этап заключался в добавлении Pt/Pd катализатора (каталитическая доза 0,1%) в исходную пробу и барботировании водорода через смесь. Затем колба со смесью смолы и катализатора была нагревалась до температуры 250°C и через слой жидкости в колбе начинали пропускать водород. Глубина переработки образца смолы находится в зависимости от суммарного количества водорода, пропускаемого через объем образца.

Под действием температуры реакционная масса подвергалась термической деструкции, а образующиеся в данном процессе свободные связи насыщались водородом, адсорбированным на поверхности катализатора. Процесс гидрирования в данных условиях занимает больше количество времени (около 30 часов) и лучше всего его проводить непрерывно.

В лабораторных условиях нами было проведено исследование возможности жидкофазного процесса каталитического гидрирования коксохимической смолы в присутствии Pt/Pd катализатора.

Ход исследования. В трёхгорлую круглодонную термостойкую колбу общим объёмом 1 литр помещен образец вязких отходов коксохимического производства объёмом 500 мл. Для первичной обработки 2 горла из трёх необходимо заглушить, а к основному (центральному) присоединить стеклянные переходники-удлинители с обратным холодильником для конденсации отбираемых фракций. Первоначальный отгон воды и лёгких водных азеотропов проводился в мягком температурном режиме (температура куба всей системы не превышала 100°C). Окончание подготовительного этапа определялось прекращением отгона жидкости из общей реакционной массы.

Затем в одно из двух заглушенных горловин был помещён сифон для подачи водорода из аппарата Киппа. В прошедшую первичную обработку пробу был введен измельченный до 5 мк Pt/Pd катализатор на Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> носителе общей массой 0,6 г (соотношение Pt:Pd – 1:1). Катализатор находился в исходной смоле в плавающем состоянии и был способен перемещаться по всему реакционному объёму под влиянием потока жидкой пробы.

При подаче водорода было необходимо поддерживать более жёсткий температурный режим (180-200°C). При этом конденсации и отбора легкокипящих углеводородов из общей реакционной массы не наблюдалось, что свидетельствует об отсутствии данной фракции в исходном образце смолы. Деструктивные процессы тяжелокипящей фракции, а также процесс гидрирования образованных в результате деструкции свободных связей в последствии привели к отбору легкокипящей ( $t_{кип} < 180^\circ\text{C}$ ) фракции из пробы.

В течение всего процесса гидрирования через реакционную массу было пропущено 280 л водорода, общее время, затраченное на процесс, составило 28 часов (гидрирование проводилось непрерывно). Отобранная (после гидрирования) при 150-180°C фракция не имела сильного едкого запаха, как у начального образца смолы, что свидетельствует о получении фракционных групп углеводородов, таких как циклические спирты (циклогексанол, циклопентанол), алифатические углеводороды (гептан, октан, нонан, декан), алициклические (циклогексан, циклогептан, циклооктан, циклононан).

**Выводы и заключение.** Проведенные экспериментальные исследования подтверждают возможность процесса жидкофазного гидрирования смолосодержащих отходов коксохимического производства на Pt/Pd катализаторе. Необходимо отметить, что температура 200°C, достигнутая нами в условиях эксперимента, является недостаточной для протекания процесса гидрирования в полной мере и насыщение свободных связей водородом произошло лишь в 20% массы исходного образца. При более высоких температурах гидрирование коксохимической смолы пройдет практически полностью, появится возможность отбора отличных от полученных фракций углеводородов, что даст возможность проведения дальнейших исследований по этой теме.

#### **Список литературы**

1. Hudlicky M. Reductions in Organic Chemistry. – Ellis Horwood Limited, 1984. 267 p.
2. Sanfilippo D., Rylander P. N. Hydrogenation and Dehydrogenation // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley, 2012. 30080 p.
3. Бочкарёв В.В. Теория химико-технологических процессов органического синтеза. Гетерофазные и гетерогенно-каталитические реакции. Учеб. пособие. – Том. политехн. ун-т. Томск, 2005. 118 с.
4. Маринин А.А., Меркулов В.В., Мантлер С.Н. Использование составов на основе модифицированной каменноугольной смолы в дорожном строительстве // Сборник статей ЦНС «Международные научные исследования» по материалам IV международной научно-практической конференции: «Проблемы и перспективы современной науки», ч. 1. – М.: «ISI-journal», №4. 2016. С. 147-150.

## **АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСТОЧНИКА СПЛОШНОГО СПЕКТРА ПРИ ААС ОПРЕДЕЛЕНИИ АТОМНЫХ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ ФОРМ АНАЛИТОВ**

***Синицын М.Ю.***

аспирант кафедры аналитической химии, Химический факультет,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
Россия, г. Москва

***Ревина Е.И.***

м.н.с. кафедры лазерной химии, к.х.н., Химический факультет,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
Россия, г. Москва

***Борзенко А.Г.***

доцент кафедры аналитической химии, к.х.н., Химический факультет,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
Россия, г. Москва

***Горбатенко А.А.***

доцент кафедры лазерной химии, к.х.н., Химический факультет,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
Россия, г. Москва

Сопоставлены метрологические характеристики атомно-абсорбционных спектрометров с источниками сплошного (СС) и линейчатого спектров (ЛС). Показано, что пределы обнаружения и характеристические концентрации оказываются лучшими для СС ААС, что хорошо согласуется и с результатами теоретического анализа.

*Ключевые слова:* атомно-абсорбционная спектрометрия со сплошным источником спектра, чувствительность, предел обнаружения.

Для решения широкого круга аналитических задач успешно применяется метод атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС). Он обладает рядом преимуществ перед другими методами анализа, к числу которых можно отнести:

- высокую селективность и чувствительность (пределы обнаружения без предварительного концентрирования достигают  $10^{-5} - 10^{-7}\%$  в зависимости от определяемого элемента и способа атомизации пробы);
- отсутствие заметных спектральных наложений резонансных линий различных элементов при атомно-абсорбционных измерениях;
- хорошие метрологические характеристики анализа в целом;
- достаточно простые требования, предъявляемые к системам ввода пробы в аналитическую зону;
- относительно менее жесткие требования к регистрирующей аппаратуре, чем, например, в случае измерения эмиссионных спектров;
- малые количества пробы, необходимые для проведения анализа.



Такие характеристики делают метод ААС незаменимым при рутинном элементном анализе. Этим методом определяют элементы, резонансные линии которых находятся в области от 190 до 900 нм (~ 70 элементов). В качестве источника излучения традиционно применяют источники линейчатого спектра (лампы с полым катодом, ЛПК), которые во многом и определяют селективность метода в целом.

Возможности применения ААС для определения трудноатомизируемых элементов ограничены недостаточной чувствительностью метода, что связано с образованием в пламени термически стабильных оксидов [1]. Даже высокотемпературное пламя ацетилен-закись азота не позволяет достичь приемлемых пределов обнаружения. Использование ААС с электротермической атомизацией для этих целей также малоэффективно, что связано с образованием на поверхности графита труднолетучих карбидов [2]. В связи с этим ААС на сегодняшний день для определения трудноатомизируемых элементов практически не используют.

Использование в качестве аналитической формы молекул монооксидов "проблемных" элементов позволяет существенно улучшить метрологические характеристики их определения методом абсорбционной спектроскопии именно потому, что концентрация молекулярной формы в пламени на несколько порядков величины превышает концентрацию свободных атомов [3]. Однако при этом возникает серьезная проблема выбора подходящего источника поглощаемого излучения. Одним из путей ее решения является переход к новой концепции проведения атомно-абсорбционных измерений, базирующейся на использовании источника излучения со сплошным спектром (СС). Такой способ реализован в линейке спектрометров ContrAA, выпускаемых фирмой Analytik Jena.

Представляло интерес оценить различие в чувствительности измерений при использовании источников сплошного и линейчатого спектра.

Для малых величин оптической плотности можно, учитывая разложение логарифмической функции в ряд Тейлора по малым значениям аргумента, записать следующее выражение:

$$\ln \frac{I_0}{I} \cong 1 - \frac{I_0}{I} = 2,3A_{CS}$$

где  $A_{CS}$  – оптическая плотность, регистрируемая при источнике сплошного спектра.

Следуя [4], можно записать:

$$Nfl = \frac{mc}{\pi e^2} \frac{\Delta\nu}{\varphi(A)} \left(1 - \frac{I_0}{I}\right)$$

где  $N$  – количество атомов, находящихся на основном уровне;  $f$  – сила осциллятора для резонансного перехода;  $l$  – длина пути, на котором поглощается излучение;  $\Delta\nu$  – интервал сплошного спектра, выделяемого монохроматором;  $\varphi(A)$  – табулированная функция, зависящая от принципа измерения поглощения, остальные обозначения имеют общепотребительный смысл.

Контур линии поглощения определяется величиной коэффициента поглощения, равной

$$k = \frac{2e^2}{mc} \frac{\Delta\nu_L}{\Delta\nu_L + 4\Delta\nu_s^2} Nf$$

где  $\Delta\nu_L$  – лорентцевское уширение линии поглощения;  $\Delta\nu_s$  - линхольдовский сдвиг максимума линии поглощения.

Величина оптической плотности для источника с линейчатым спектром определяется следующим выражением [4]:

$$A_{LS} = 0,434 \frac{2e^2}{mc} \frac{0,658\Delta\nu_L}{\Delta\nu} Nfl$$

Величины оптической плотности, регистрируемой в случаях использования разных (СС и ЛС) источников излучения связаны между собой следующим соотношением:

$$A_{CS} \cong 2,4 \frac{\Delta\nu_L}{\Delta\nu} A_{LS}$$

Учитывая величины лорентцевского уширения линий поглощения в пламенных атомизаторах и разрешение монохроматора в приборе ContrAA 300 для различных элементов, теоретически следовало ожидать улучшения метрологических характеристик определения отдельных элементов в среднем от 2 до 8 раз. Для проверки этого предположения были измерены зависимости величины атомного поглощения для растворов с различным содержанием меди на приборах с источником сплошного спектра (ContrAA 300, Analytik Jena, Германия) и классическим вариантом ААС с ЛПК (Квант-2А, Кортек, Россия).

Стандартный раствор с концентрацией меди 50 мкг/мл готовили растворением навески металлической меди в азотной кислоте. Рабочие растворы с концентрациями меди 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 мкг/мл готовили разбавлением стандартного раствора.

Оптическую плотность измеряли на атомно-абсорбционных спектрометрах с источниками сплошного и линейчатого спектра при длине волны 324,75 нм. Используемые параметры пламени указаны в табл. 1.

Таблица 1

**Условия атомно-абсорбционного определения меди**

Тип источника	Горючее	Окислитель	Расход, л/ч	
			Горючее	Окислитель
СС	ацетилен	воздух	50	763
ЛС	пропан	воздух	40	337

По результатам фотометрирования строили градуировочные графики (рис. 1, рис. 2), и определяли метрологические характеристики двух приборов (табл. 2).

Таблица 2

**Характеристические концентрации и пределы обнаружения меди**

Тип источника	Характеристическая концентрация, мкг/л	Предел обнаружения, мкг/л
ЛС	80	8,3
СС	62	4,7

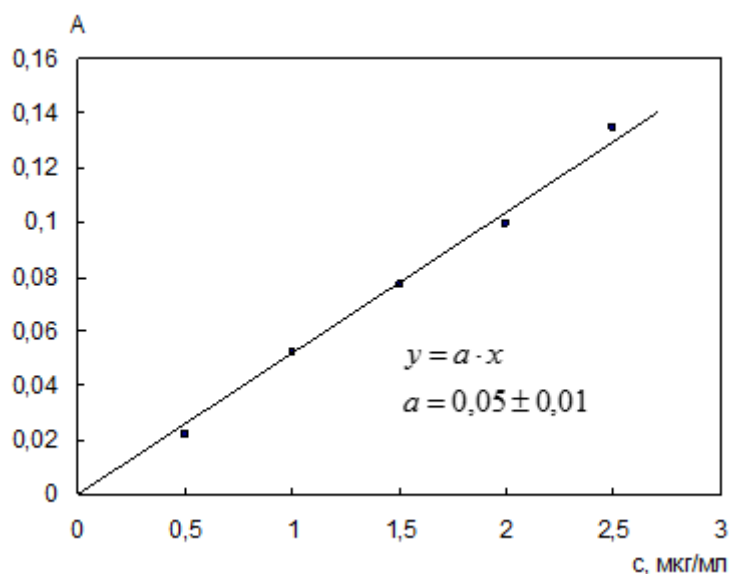


Рис. 1. Градуировочный график для определения меди (ЛС ААС)

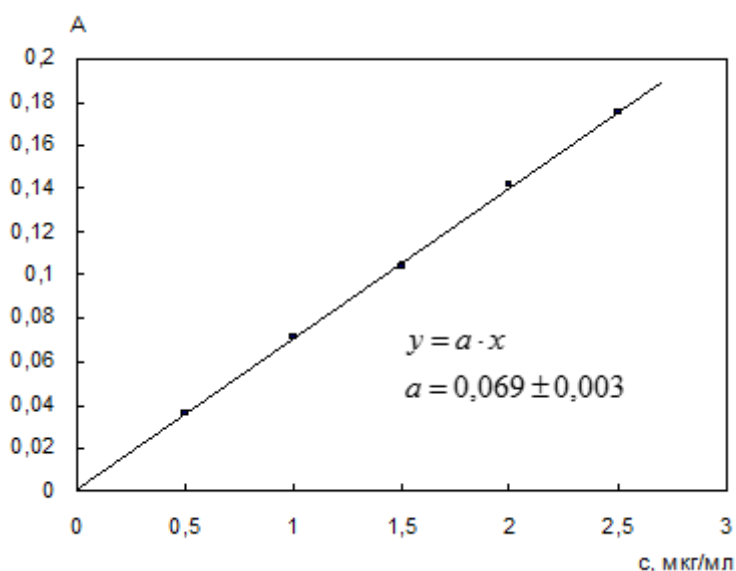


Рис. 2. Градуировочный график для определения меди (СС ААС)

Сопоставлены метрологические характеристики атомно-абсорбционных спектрометров с источниками сплошного (СС) и линейчатого спектров (ЛС). Показано, что пределы обнаружения и характеристические концентрации оказываются лучшими для СС ААС, что хорошо согласуется и с результатами теоретического анализа.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 15-03-05853).*

#### Список литературы

1. Lajunen L.H.J., Choppin G.R. Analytical chemistry of the lanthanides. Part 1. Atomic absorption and plasma atomic emission spectroscopic methods // Rev. Anal. Chem. – 1989. – V.9, No.3. – P.91-130.

2. Goltz D.M., Gregoire D.C., Chakrabarti C.L. Mechanism of vaporization of yttrium and rare earth elements in electrothermal vaporization inductively coupled plasma mass spectrometry // Spectrochim. Acta. – 1995. – V.50B. – P. 1365-1382.

3. Горбатенко А.А., Зоров Н.Б., Кузяков Ю.Я., Ревина Е.И. Определение La методом лазерно-индуцированной ионизационной спектроскопии LaO в низкотемпературном пламени // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. – 1997. – Т. 38, № 4. – С. 257-260.

4. Львов Б.В. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. М.: Наука, 1966. 392 с.

## ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЗЭ В ПЛАМЕНИ

***Синицын М.Ю.***

аспирант кафедры аналитической химии, Химический факультет,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
Россия, г. Москва

***Ревина Е.И.***

м.н.с. кафедры лазерной химии, к.х.н., Химический факультет,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
Россия, г. Москва

***Борзенко А.Г.***

доцент кафедры аналитической химии, к.х.н., Химический факультет,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
Россия, г. Москва

***Горбатенко А.А.***

доцент кафедры лазерной химии, к.х.н., Химический факультет,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
Россия, г. Москва

Проведен расчет распределения молекулярных форм РЗЭ в пламени на примере иттрия. Полученные результаты подтверждаются экспериментальными данными, что позволяет оптимизировать тип и состав пламени, исходя из термодинамических свойств определяемых элементов.

*Ключевые слова:* аналитическая спектроскопия пламени, чувствительность, термодинамический расчет, молекулярные формы, монооксиды.

Использование в качестве аналитической формы молекул монооксидов трудноатомизируемых элементов, в том числе РЗЭ, позволяет улучшить метрологические характеристики их определения методами аналитической спектроскопии пламени, т.к. концентрация молекулярной формы в пламени на несколько порядков величины превышает концентрацию свободных атомов [1]. Так, с использованием метода молекулярной лазерной ионизационной спектроскопии пламени получены пределы обнаружения РЗЭ значительно более низкие, чем при ионизации атомов РЗЭ [2]. Для нахождения оптималь-

ного состава и типа пламени требуется знать распределение РЗЭ между различными молекулярными формами.

Цель настоящей работы заключается в проведении термодинамических расчетов равновесного состава форм РЗЭ (на примере иттрия) в пламени пропан-бутан-воздух и сравнении полученных данных с экспериментальными.

### Теоретическая часть

Проведен расчет распределения молекулярных форм иттрия в предположении, что в пламени существуют локальное термодинамическое равновесие. Расчет проводили двумя методами:

1) На основании уравнений, получаемых с использованием констант равновесия для различных форм иттрия:

$$K_1 = \frac{p(Y)p(O)}{p(YO)} \quad K_2 = \frac{p(Y)p^2(O)}{p(YO_2)}$$

$$K_3 = \frac{p(Y)}{p(e)p(Y^+)} \quad K_4 = \frac{p(Y)p(O)}{p(e)p(YO^+)}$$

где  $p(e)$  – парциальное давление электронов,  $p(O)$  – парциальное давление атомарного кислорода.

Выражения для степеней превращения  $\alpha$  различных форм:

$$\alpha(Y^+) = \frac{K_1 K_2 K_4}{q} \quad \alpha(Y) = \frac{K_1 K_2 K_3 K_4 p(e)}{q}$$

$$\alpha(YO_2) = \frac{K_1 K_3 K_4 p^2(O) p(e)}{q} \quad \alpha(YO) = \frac{K_2 K_3 K_4 p(O) p(e)}{q}$$

$$\alpha(YO^+) = \frac{K_1 K_2 K_3 p(O)}{q},$$

где  $q = K_1 K_2 K_4 + K_1 K_2 K_3 K_4 p(e) + K_2 K_3 K_4 p(O) p(e) + K_1 K_3 K_4 p(e) p^2(O) + K_1 K_2 K_3 p(O)$

2) Численным расчетом с использованием специально разработанной программы FLAME [3].

### Экспериментальная часть

Для регистрации эмиссионных сигналов использовали атомно-абсорбционный спектрофотометр С-302, предназначенный для определения элементов в жидких пробах атомно-абсорбционным и эмиссионным спектральными методами.

Для определения иттрия использована полоса эмиссии YO при 597.3 нм.

Была построена градуировочная зависимость в диапазоне 0.05-1 г/л Y. Из характера зависимости интенсивности сигнала от давления кислорода следует, что при варьировании состава газовой смеси наклон градуировочного графика меняется (рис. 1).

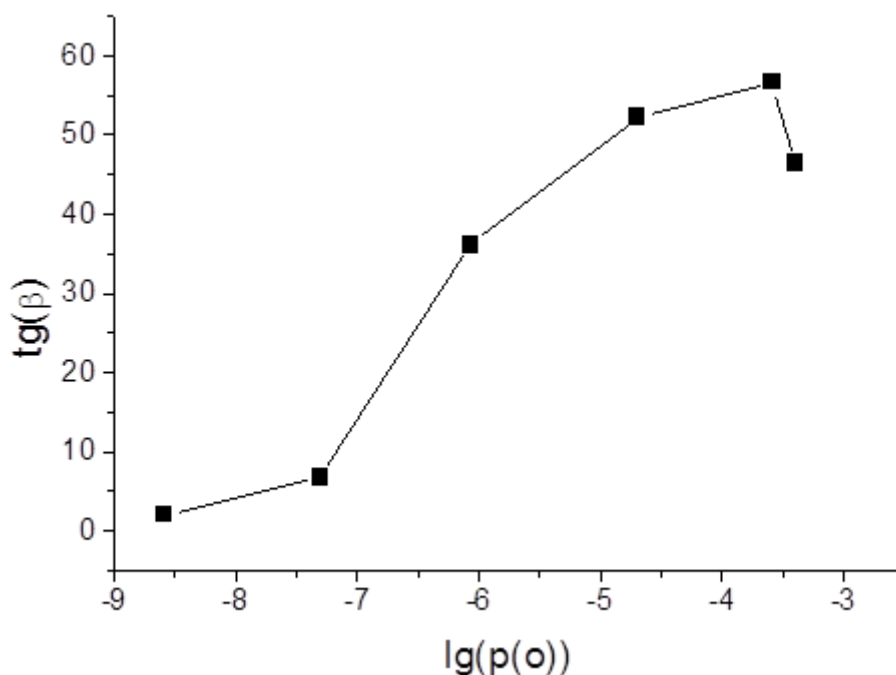


Рис. 1. Зависимость наклона градуировочного графика от парциального давления атомарного кислорода

Как показал расчет с помощью программы FLAME, полный переход иттрия в форму монооксида в пламени пропан-бутан-воздух невозможен. Реально достигаемые значения  $\alpha$  для аналитической формы составляют порядка  $10^{-5}$ . Построена зависимость степени превращения для аналитической формы (YO) от состава пламени (рис. 2) с учетом величины  $N_2$  – заселенности возбужденного уровня, рассчитываемой в соответствии с распределением Больцмана:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{g_1}{g_2} \exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right)$$

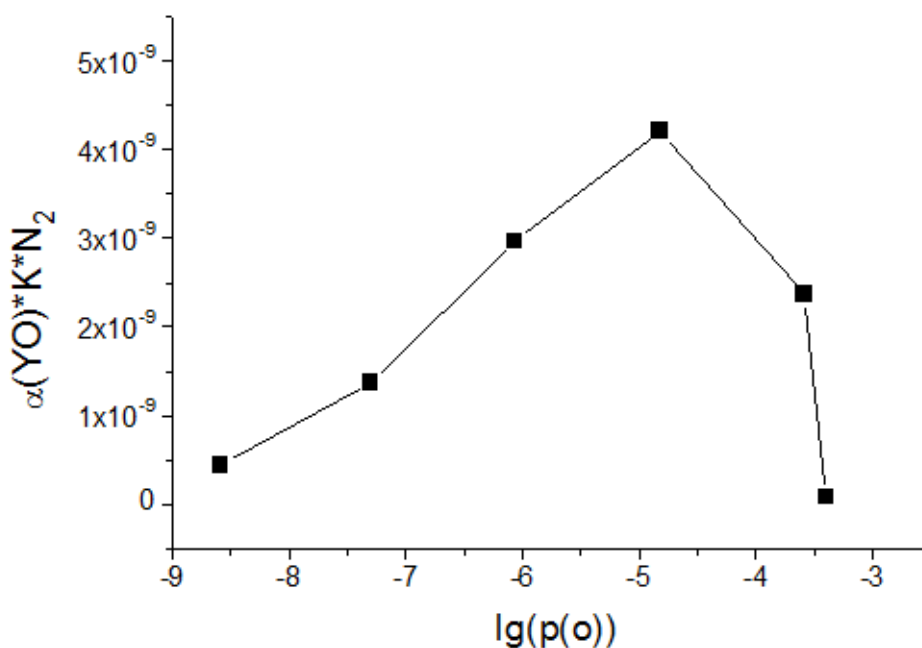


Рис. 2. Зависимость рассчитанной степени превращения YO от парциального давления атомарного кислорода

Видно хорошее согласие обеих зависимостей, что позволяет выбирать оптимальные условия определения РЗЭ на основании термодинамических характеристик частиц, которые эти элементы образуют в пламени.

*Данная работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 15-03-05853).*

#### **Список литературы**

1. Горбатенко А.А., Зоров Н.Б., Кузяков Ю.Я., Ревина Е.И. Определение La методом лазерно-индуцированной ионизационной спектроскопии LaO в низкотемпературном пламени // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. – 1997. – Т. 38, № 4. – С. 257-260.
2. Горбатенко А.А., Воронина Р.Д., Ревина Е.И. Аналитическая лазерная ионизационная спектроскопия пламени. Выбор аналитической формы определения редкоземельных элементов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. – 2008. – Т. 49, № 1. – С. 66-70.
3. Горбатенко А.А. Расчет равновесного состава, адиабатической температуры и степеней атомизации элементов в пламенах // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. – 1997. – Т. 38, № 1. С. 45-47.

## **ВЛИЯНИЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ЭКОЛОГИЮ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

***Сметанин А.Г.***

преподаватель физической культуры,  
Кемеровский государственный университет, Россия, г. Кемерово

***Ощепкова Е.С.***

студентка кафедры органической химии,  
Кемеровский государственный университет, Россия, г. Кемерово

В данной статье дана оценка влияния горнодобывающей промышленности на экологию Кемеровской области. Приведены данные о ее состоянии на данный момент.

*Ключевые слова:* уголь, экология, загрязнения, Кемеровская область, горнодобывающая промышленность, Кузбасс.

На всем протяжении истории человек был неразрывно связан с окружающей средой. Однако в настоящее время люди забыли о первостепенной важности природы и хищнически грабят и уродуют ее. Экологическая катастрофа – главная проблема современности. По данным специалистов экологическую ситуацию в России сложно назвать благополучной. Экология страны характеризуется целым рядом серьезных проблем, таких как загрязнение воздуха, воды, почв, радиоактивные загрязнения. По результатам исследования Йельского университета, Индекс экологической эффективности России составляет 53,45 балла. Она стоит лишь на 73 месте в экологическом рейтинге стран.

В Российской Федерации существует несколько районов, объявленных зоной экологического бедствия. Одним из таких районов является Кемеровская область. «Для Кемеровской области характерны все основные составля-

ющие, которые определяют негативное влияние промышленности на окружающую среду: крупные масштабы промышленного производства, сложная структура промышленности, включающая виды экономического действия высокого класса вредности (добыча полезных ископаемых, металлургическое и химическое производство, производство и распределение электроэнергии, газа и воды)» [1]. В недрах этой области обнаружены разнообразные полезные ископаемые: каменный и бурый уголь, железные и полиметаллические руды, золото, фосфориты, строительный камень и другие минеральные ресурсы. Такой промышленный потенциал обусловил возникновение многих экологических проблем в Кузбассе. Вследствие ведения открытых разработок в атмосферу попадает большое количество загрязняющих веществ. Под атмосферными загрязнениями понимается поступление в воздух паров, газов, твердых и жидких веществ, которые неблагоприятно влияют на экологическую обстановку региона. Основным источником загрязнений атмосферы пылью является ведение открытых разработок, а также сортировка и транспортировка угля. Газовое же изменение состава воздуха происходит из-за поступления вредных ядовитых примесей, содержащихся в горном массиве, рудничных пожаров и взрывов метана. Так, атмосферные выбросы шахты «Абашевская» в городе Новокузнецк практически не фильтруются (доля улавливания вредных веществ менее 50%) и составляют 51,097 тыс. тонн в год. Новокузнецк вошел в десятку самых загрязняющих воздух городов страны. Добыча угля может так или иначе негативно сказаться на гидрологии любого региона, так как в хранилищах шахт находится большое количество кислоты, которая иногда протекает в подземные водные источники, водостоки. Последствия могут быть плачевными: ухудшается состояние рек, озер, прудов, гибнут рыбы и земноводные. Самая грязная река Кузбасса – Аба, она вбирает в себя на всем своем протяжении в 71 км стоки Киселёвска, Прокопьевска и части Новокузнецка. Площадь водосбора – 872 кв. км – в основном тоже с неблагоприятных территорий. И все же самый грязный водоем Кузбасса – большое озеро у так называемого шестого километра в Новокузнецке. На каждого кузбассовца в год приходится по 230 кубометров загрязненных вод, что в полтора раза больше, чем в целом по России. Мониторинг нарушенных территорий, проводимый сотрудниками ИПА СО РАН, показал, что расположенные на территории Междуреченского муниципального образования группировка угольных разрезов, шахт и предприятий золотодобычи занимают площадь свыше 6 тыс. га. Общая площадь нарушенных земель, которые утратили природные свойства и хозяйственную ценность для лесного хозяйства, превышает 14 тыс. га. По информации, предоставленной Междуреченским комитетом по охране окружающей среды и природопользованию на 01.01.2010 г., общая площадь земель, занятых предприятиями горнодобывающей промышленности составляет 13,352 тыс. га., а общая площадь нарушенных горными работами земель, занятых внешними отвалами, отстойниками, траншеями, котлованами и карьерным выемками, транспортными и инженерными коммуникациями угольных разрезов – 5,973 тыс. га. Добыча каждого миллиона тонн угля в городе Междуреченске (27,5-28,7 тонн в год) сопровождается потерей земельных ресурсов лесного назначения площадью 3-4 га ежегодно [2].



Эксперты пришли к мнению, что горнодобывающая промышленность оказывает губительное воздействие на экологию Кемеровской области.

Подводя итоги, следует сказать о том, что экологическая обстановка в Кузбассе действительно требует внимания. Решение проблем экологической безопасности связано с активной деятельностью как на уровне предприятий, загрязняющих природную среду, так и на образовательном уровне. Необходимо не только модернизировать промышленное оборудование для уменьшения доли ядовитых выбросов в окружающее пространство, но и формировать экологическую культуру населения. И только если каждый из нас будет бережно относиться к природе, беречь ее богатства, мы сможем избежать экологического бедствия и сохранить природную гармонию.

#### **Список литературы**

1. В Материалах к Государственному докладу о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2009 г.
2. Двуреченский, В. Г. Мониторинг нарушений и развитие почвенного покрова в техногенных ландшафтах горно-таежного пояса Кузбасса (на примере г. Междуреченска) // Проблемы мониторинга окружающей среды (ЕМ-2011). – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2011. – С. 161-165.

### **ТРОЙНАЯ СИСТЕМА Nd-As-S**

***Худиева А.Г.***

докторант кафедры общей и неорганической химии,  
Бакинский государственный университет, Азербайджан, г. Баку

***Ильяслы Т.М.***

зав. кафедрой общей и неорганической химии, д-р хим. наук, профессор,  
Бакинский государственный университет, Азербайджан, г. Баку

***Исмаилов З.И.***

кафедра общей и неорганической химии, канд. техн. наук, доцент,  
Бакинский государственный университет, Азербайджан, г. Баку

***Алиев И.И.***

заведующий лабораторией, д-р хим. наук, профессор,  
Национальная Академия Наук Азербайджана, Азербайджан, г. Баку

Результаты исследования показали, что образцы в интервале концентрации 0-5 ат% Nd являются стёклами. Установлено, что значения макроскопических свойств стекол увеличивается с увеличением концентрации Nd, и по результатам макроскопических свойств можно предполагать, что в стеклах образуются новые тетраэдрические структурные единицы  $NdAsS_{8/2}$  т.е. тригональные  $AsS_{3/2}$  переходят на тетраэдрическую  $NdAsS_{8/2}$ .

*Ключевые слова:* сплавы, редкоземельные элементы, тройная система, стеклообразование, разрез, температура.

Стеклообразные халькогенидные полупроводники (ХСП) на основе халькогенидов мышьяка проявляют существенные фотоиндуцированные изменения оптических, фотоэлектрических и физико-химических свойств, что делает эти соединения перспективными материалами для создания фоторезисторов нового типа для нужд микроэлектроники [1, 2].

Изменения оптических и фотоэлектрических свойств ХСП изучены достаточно подробно ХСП, содержащие в своем составе значительное количество щелочного металла и редкоземельные элементы обладают ионной проводимостью, значительно превышающей проводимость электронную [3-5].

Целью настоящей работы является установление области стеклообразования, а также изучения некоторых физико-химических свойств полученных фаз. Для установления характера химического взаимодействия в тройной системе Nd-As-S использовали литературные данные о Nd-As, Nd-S и As-S бинарных системах [6], а также результаты исследования, полученные нами.

Для приготовления образца  $As_2S_3$ -Nd использовали As-B5, Nd и S.

Сплавы синтезированы из лигатур  $As_2S_3$ , и из элемента Nd. Синтез лигатур и тройных сплавов проводились прямым ампульным методом ступенчато. В начале температуру печи поднимали до  $450^{\circ}C$ , при этой температуре металлы взаимодействуют с серой, а затем для расплавления сплавов температуру печи поднимали до  $900-950^{\circ}C$ . Далее выдерживая при этой температуре 2 часа, сплавы охлаждали со скоростью  $100^{\circ}C$  в час до комнатной температуры.

Полученные сплавы имели вишнево красный цвет с желтоватым оттенком. Сплавы на основе  $As_2S_3$  получены в стеклообразном виде. Область стеклообразования изучено в двух режимах охлаждения. Закалкой на воздухе и в воде. Сплавы  $As_2S_3$  на основе  $As_4S_4$  и серы получены в стеклообразном виде.

Сплавы исследованы комплекс методами физико-химического анализа. Дифференциально термический анализ проводили на терм анализаторе типа термоскан, рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре XRDD8 фирмы "Broker" на  $CuK\alpha$  излучении, микроструктурный анализ проводили на микроскопе МИМ-7 и МИН-8. Микротвердость испытывали на микротвердомере ПМТ-3 при экспериментально установленных нагрузках.

Результаты исследования показали, что образцы в интервале концентрации 0-5 ат % Nd являются стёклами. Некоторые физико-химические свойства стекол приведены в таблице.

**Некоторые физико-химические свойства стекол системы  $As_2S_3-Nd$   
(при комнатной температуре)**

Состав		Термические эффекты, Т, К			Микротвердость $H_{\mu}$ , кг/мм <sup>2</sup>	Плотность $d$ г/см <sup>3</sup>	Результаты МСА
$As_2S_3$	Nd	$T_{ст}$ , К	$T_{кр}$ , К	$T_{п}$ , К			
100	0	440	510	590	118	3,58	Стекло, тёмная фаза
99	1	445	515	580	120	3,61	—
97	3	455	520	575	125	3,70	—
95	5	460	528	565	120	3,83	—
90	10	465	530	570	115	3,90	Стекло, крист.

Как видно, из таблицы значения макроскопических свойств стекол увеличивается с увеличением концентрации Nd.

Результаты исследований показали, что сплавы синтезированные в тройной системе Nd-As-S со стороны  $As_2S_3$ , и S получаются в стеклообразном виде.

#### Список литературы

1. Цэндин К. Д. Электронные явления в халькогенидных стеклообразных полупроводниках. – СПб.: Наука, 1996. – С. 486.
2. Lyubin V., Klebanov M., Shapiro L., Lisiansky M., Spektor B., Shamir J. Peculiarities of Photorefractive Effect in thick Glassy  $As_2S_3$  Films // J. of Optoelectr. and Adv. Mater. 1999. V. 1. № 3. P. 31-35.
3. Ильяслы Т.М., Садыгов Ф.М., Исмаилов З.И., Насибова Л.Э. «Халькогенидные стекло», патент AZN I20140079.
4. Минаев В.С. Тез. докладов Всес. конф. Стеклообразные полупроводники. – Ленинград, 1985. С. 184-185.
5. Цэндин К.Д. Электронные явления в халькогенидных стеклообразных полупроводниках. – СПб.: Наука, 1996. С. 486.
6. Диаграммы состояния двойных металлических систем : справочник в 3 т. / Под общ. ред. акад. РАН Лякишева Н.П. – М.: Машиностроение, 1996. Т. 1.

## СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ»

### О СТРОЕНИИ ПОБЕГОВЫХ СИСТЕМ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА *ACER L.*

*Антонова И.С.*

доцент кафедры геоботаники и экологии растений, канд. биол. наук, доцент,  
Санкт-Петербургский государственный университет,  
Россия, г. Санкт-Петербург

*Барт В.А.*

доцент кафедры общей математики и информатики, канд. физ.-мат. наук,  
Санкт-Петербургский государственный университет,  
Россия, г. Санкт-Петербург

*Клочкова П.С.*

студент магистратуры, Санкт-Петербургский государственный университет,  
Россия, г. Санкт-Петербург

В статье на основе архитектурного подхода рассмотрено пространственное строение верхней части кроны 4 видов рода клен. В структуре кроны выявлены и типизированы двулетние побеговые системы (ДПС). Причем из них три типа идентичны по основным метрическим параметрам, а остальные четыре имеют характерные особенности. Построено решающее правило, моделирующее проведенную типизацию всего по двум метрическим признакам ДПС. Статья является продолжением серии работ авторов [2, 3] по модульному изучению морфологии кроны рода.

*Ключевые слова:* побег, крона, побеговая система, метрические характеристики побеговых систем, решающее правило, виды одного рода.

#### **Введение.**

Изучение строения крон древесных растений позволяет решить множество задач как практического, так и фундаментального характера. Знание структуры кроны и способов трансформации побеговых систем в разных экологических условиях позволяет моделировать и прогнозировать состояние отдельных особей, важных в лесном и сельском хозяйстве древесных видов, а также деревьев в условиях городского загрязнения.

В последние десятилетия при изучении структурных особенностей кроны убедительно доказана обоснованность архитектурного подхода, который подразумевает выделение иерархических уровней организации кроны, позволяет четко выделить морфологические особенности структуры и проследить динамику их изменений, начиная от уровня побега и заканчивая кроной в целом [6, 10, 13, 15]. Тем не менее, качественные и количественные характеристики крон исследованы лишь у небольшого количества видов.

Цель исследования – выявление типов двулетних побеговых систем, формирующих структуру кроны у 4 видов рода *Acer* и сопоставление их между собой.

**Материалы и методы.** Сбор материала проводился в течении 2014-2016 годов в Ботаническом саду БИН РАН РФ и в питомниках частных коллекционеров. Рассматривалась верхняя половина кроны у нормально развитых отдельно стоящих растений, расположенных в полностью освещенных условиях и не испытывающих дефицита влаги. Ветви деревьев измерялись в прижизненном состоянии с использованием лестниц. Для каждой ветви составлялась подробная схема с указанием длин побегов, количества листьев на нем, угла отхождения боковых побегов, года образования побега и наличия генеративных органов.

Исследованные растения находились в зрелом виргинильном и молодом генеративном состоянии. Крона дерева и отдельные ее фрагменты фотографировались. Для *Acer platanoides* L. было исследовано 50 деревьев, для *Acer cissifolium* (Sieb. et Zucc.) C. Koch – 6, для *Acer tegmentosum* Maxim. – 12, для *L. Acer henryi* Pax. – 8.

Ранее для *Acer negundo* L. была проведена типизация двулетних побеговых систем (ДПС) в разных возрастных состояниях [2, 4]. Для молодого генеративного состояния у растений клена американского было выделено 6 типов ДПС: «сверхростовые» («краноборазующие»), «ростовые», «вертолеты» («переходные»), «основные», «расставкы», «заполняющие».

В исследуемую выборку по 4 видам в итоге вошли всего 108 ДПС: 34 – *Acer platanoides* L., 22 – *Acer tegmentosum*, 23 – *Acer cissifolium*, 29 – *Acer henryi*.

В разведывательной части исследования был применен однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA), тесты Колмогорова Смирнова и Лиллиефорса на однородность данных по диапазонам, использован компьютерный статистический модуль STATISTICA 10 (StatSoft, Inc.). Решающее правило для модели типизации было построено на основе диаграммного анализа, без байесовской минимизации невязки и использования многомерных статистических методов (о решающих правилах см., напр., [1]).

### **Результаты и обсуждение.**

Исследование побеговых комплексов разных по происхождению видов рода *Acer* в одном возрастном состоянии представляет большой интерес. Литература, посвященная строению деревьев этого рода небогата, чаще внимание исследователей сосредоточено на почках, отдельных побегах и генеративных органах [8, 9, 14].

В 2012 году было показано, что типы побеговых систем, одинаковых по внешнему виду и выполняемым в кроне функциям, свойственны кронам растений разного систематического положения видов родов *Tilia*, *Ulmus* и *Diospyros* [6]. Так были выделены ростовые, узкоконтурные, основные и заполняющие ДПС, в последствии подробно охарактеризованные в [5].

На основании этих работ для рассматриваемых 4 видов клена выделено 7 типов ДПС. Из них для *A. tegmentosum*: краноборазующие, суховершинные и узкоконтурные; для *A. cissifolium*: краноборазующие и ростовые; для *A. henryi*: краноборазующие, основные и заполняющие; для *A. platanoides*: ростовые, основные и узкоконтурные (рис. 1).

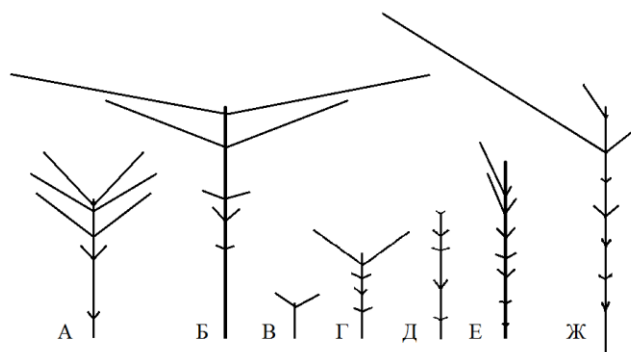


Рис. 1. Схема трехмерного контура 7 типов двулетних побеговых систем 4 видов рода *Acer*. А – ростовая (*A.cissifolium*, *A.platanoides*), Б – кронообразующая (*A.cissifolium*, *A.henryi*, *A.tegmentosum*), В – заполняющая (*A.platanoides*, *A.henryi*, *A.tegmentosum*), Г – основная (*A.platanoides*, *A.henryi*), Д – узкоконтурная-1 (*A.tegmentosum*), Е – узкоконтурная-2 (*A.platanoides*), Ж – суховершинная (*A.tegmentosum*)

Все виды, кроме *A.platanoides*, являются интродуцированными в Санкт-Петербурге. Хотя они проходят все стадии онтогенеза, наличие суховершинных ДПС возможно связано с не совсем подходящими для *A.tegmentosum* условиями.

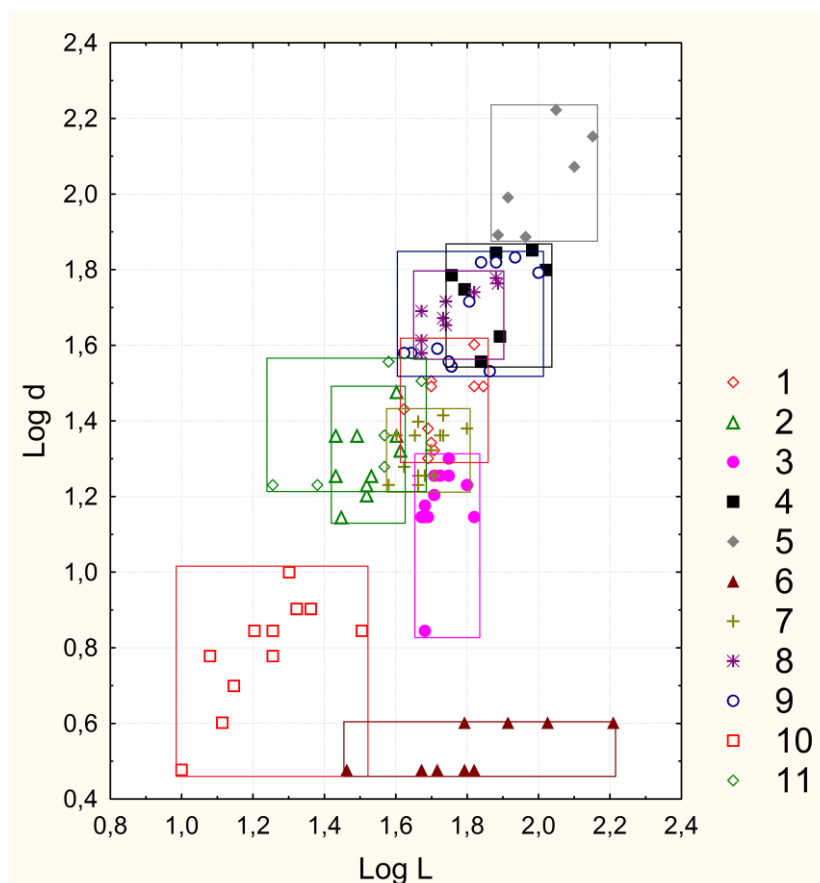


Рис. 2. Совместная диаграмма рассеяния признаков длины материнского побега  $L$  и максимальной длины  $d$  бокового побега ДПС 4 видов рода *Acer* (разметка осей в масштабах десятичного логарифма мм). Прямоугольники соответствуют выборочным размахам по осям. 1 – ростовая (*A.platanoides*), 2 – основная (*A.platanoides*), 3 – узкоконтурная1 (*A.platanoides*), 4 – кронообразующая (*A.tegmentosum*), 5 – суховершинная (*A.tegmentosum*), 6 – узкоконтурная2 (*A.tegmentosum*), 7 – ростовая (*A.cissifolium*), 8 – кронообразующая (*A.cissifolium*), 9 – кронообразующая (*A.henryi*), 10 – заполняющая (*A.henryi*), 11 – основная (*A.henryi*)

На рисунке 2 представлена совместная диаграмма рассеяния признаков длины материнского побега  $L$  и максимальной длины  $d$  бокового побега ДПС 4 видов рода *Acer*.

Эти два признака оказались основными кодирующими признаками для геометрического контура ДПС *A.negundo*, который определялся намного большим количеством линейных, угловых, временных и функциональных признаков [2]. Прямоугольники отражают область рассеяния, в которую попадают ДПС одного типа каждого вида.

Обращает на себя внимание многократное наложение (по 3-4 прямоугольника) областей рассеяния в двух местах центральной части диаграммы. Эти области соответствуют значениям «ростовых», «основных» и «коронообразующих» ДПС всех четырех видов. В то же время, другие типы ДПС занимают крайние положения на диаграмме, причем области их рассеяния не пересекаются. Интересно также, что вариация размеров областей последних ДПС существенно больше, чем у первых, как по размахам на осях координат, так и по форме.

Функционально, эти две группы побеговых систем значительно отличаются друг от друга. Наибольшую площадь на диаграмме имеет область рассеяния «заполняющих» ДПС, что отражает их большую вариабельность. В статистике, эффект увеличения разнородности типов при уменьшении метрических характеристик известен как проблема «гетерогенности нуля» (см., например, [12]). Напротив, более крупные ДПС имеют более компактное рассеяние. Генетически удерживаются наиболее важные параметры, определяющие структуру кроны.

Как указывалось ранее ([2]), отношение максимальной длины  $d$  бокового побега к длине  $L$  материнского побега ДПС можно интерпретировать как характеристику ее формы. Представим наши данные в этих координатах (рис. 3).

Горизонтальные линии на рисунке 3 рассекают диаграмму рассеяния на пять зон. Нижняя зона отделяет специфические «узкоконтурные» ДПС *A.tegmentosum* от остальных. Следующая зона выделяет «узкоконтурные» побеговые системы *A.platanoides*, причем оказывается, что «узкоконтурные» *A.tegmentosum* длины боковых побегов имеют существенно меньшую вариабельность и более равномерно распределены по материнскому побегу (см. рис. 1).

Верхняя горизонтальная линия на рис.3 определяет верхнюю границу отношения длин боковых к длинам осевых побегов у «коронообразующих», «ростовых» и «основных» ДПС разных видов. Пунктирная линия отделяет по форме все «коронообразующие» и «основные» типы ДПС от «заполняющих» (всего с двумя инверсиями!). Существенно по форме «основные» оказываются более похожи (более жестко закреплены), чем ростовые, делящиеся пунктиром пополам.

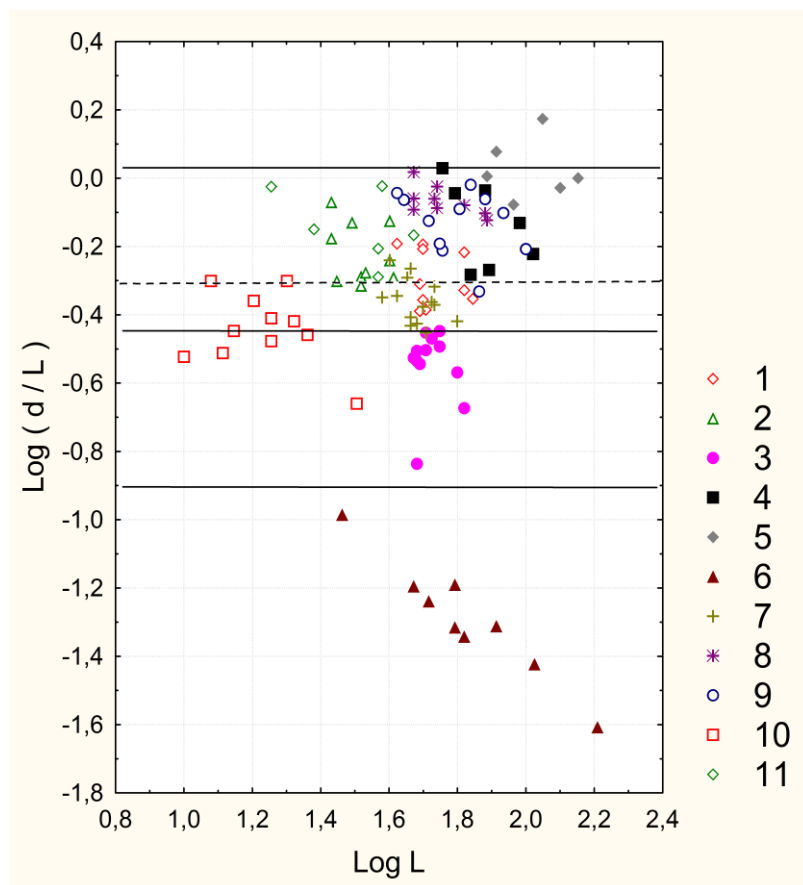


Рис. 3. Совместная диаграмма рассеяния признаков длины материнского побега  $L$  и отношения максимальной длины  $d$  бокового побега длине материнского побега двулетней побеговой системы у 4 видов (разметка оси  $L$  в масштабе десятичного логарифма мм). Определение горизонтальных линий см. в тексте. 1 – ростовая (*A.platanoides*), 2 – основная (*A.platanoides*), 3 – узкоконтурная1 (*A.platanoides*), 4 – кронообразующая (*A.tegmentosum*), 5 – суховершинная (*A.tegmentosum*), 6 – узкоконтурная2 (*A.tegmentosum*), 7 – ростовая (*A.cissifolium*), 8 – кронообразующая (*A.cissifolium*), 9 – кронообразующая (*A.henryi*), 10 – заполняющая (*A.henryi*), 11 – основная (*A.henryi*)

Спроецируем отмеченные на рисунке 3 линии постоянной формы на плоскость рассеяния рисунка 2. В новых координатах выглядят как диагонали (см. рис.4). После дополнения несколькими вертикалями и горизонталями получившаяся схема позволяет выработать единое решающее правило классификации ДПС по морфологическим параметрам (рис. 4).

На рисунке 4 вертикальная линия  $v1$  отделяет мелкие ДПС – все «заполняющие» и «основные» – от остальных. Линия  $v2$  по длине осевого побега ограничивает снизу «суховершинные», а сверху – все «ростовые» и «узкоконтурные1» (*A.platanoides*) ДПС. Горизонталь  $h1$  область «суховершинных» от «кронообразующих», нижней границей которых служит горизонталь  $h2$ , отделяющей в свою очередь их от «ростовых» (2 инверсии). Линия  $h3$  разделяет «заполняющие» и «основные».



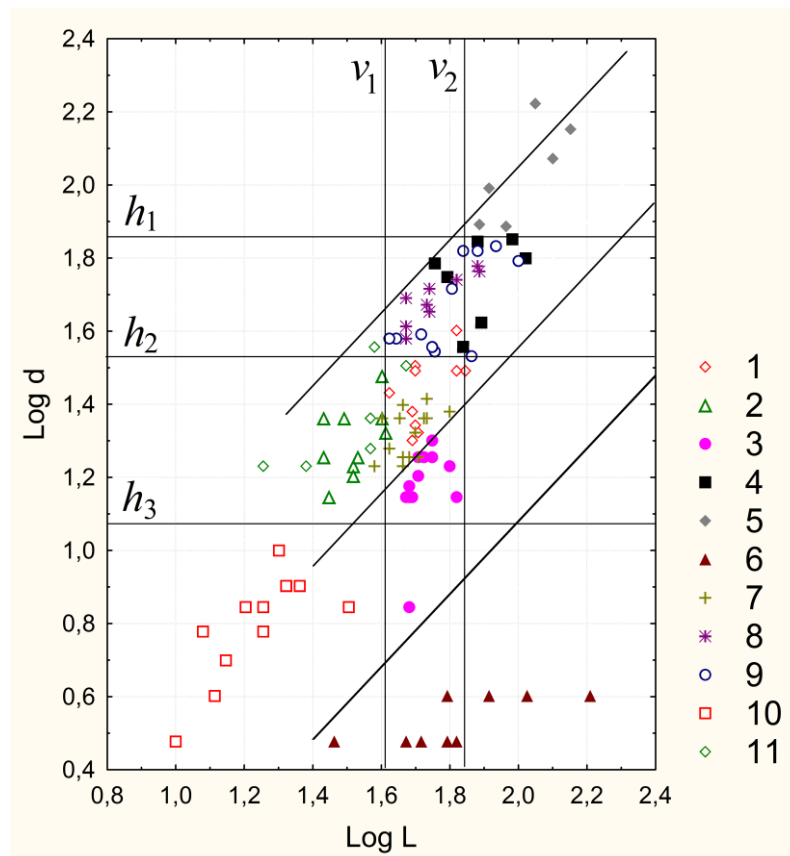


Рис. 4. Совместная диаграмма рассеяния признаков длины материнского побега  $L$  и максимальной длины  $d$  бокового побега ДПС 4 видов рода *Acer* (разметка осей в масштабах десятичного логарифма мм). Определение линий см. в тексте. 1 – ростовая (*A.platanoides*), 2 – основная (*A.platanoides*), 3 – узкоконтурная1 (*A.platanoides*), 4 – кронообразующая (*A.tegmentosum*), 5 – суховершинная (*A.tegmentosum*), 6 – узкоконтурная2 (*A.tegmentosum*), 7 – ростовая (*A.cissifolium*), 8 – кронообразующая (*A.cissifolium*), 9 – кронообразующая (*A.henryi*), 10 – заполняющая (*A.henryi*), 11 – основная (*A.henryi*)

Еще раз отметим, что все диагональные линии рисунка 4 суть те линии постоянной формы, которые обсуждались выше (рис. 3).

Ромб, границами которого являются линии  $h_1$ ,  $h_2$  и две верхние диагонали, заключает в себе область рассеяния всех «кронообразующих» ДПС трех разных видов!

Треугольник со сторонами  $v_1$ ,  $h_2$  и средней диагональю ограничивает рассеяние «ростовых» побеговых систем всех видов, причем сторона треугольника  $v_1$  отделяет «ростовые» и «основные» (см. рис. 1).

Обнаруженные закономерности в диапазонах рассеяния по двум указанным признакам можно сформулировать в виде решающего правила типизации (таблица), см. [1].

**Таблица решающего правила классификации для 7 типов ДПС 4 видов рода *Acer* по диапазонам двух метрических характеристик**

Тип ДПС	Длина материнского побега, L (мм)	Макс. длина бокового, d(мм)	d/L
Заполняющие	<b>L &lt; 41</b>	<b>d &lt; 10</b>	
Узкооконтурная-1 ( <i>A.pl.</i> )	<b>41 &lt; L &lt; 68</b>	d < 10	<b>0,13 &lt; d/L &lt; 0,35</b>
Узкооконтурная-2 ( <i>A.t.</i> )		d < 10	<b>d/L &lt; 0,13</b>
Основная	<b>L &lt; 41</b>	<b>10 &lt; d &lt; 33</b>	0,35 < d/L < 0,76
Ростовая	<b>L &gt; 41</b>	<b>10 &lt; d &lt; 33</b>	<b>0,35 &lt; d/L &lt; 0,76</b>
Кронообразующая		<b>33 &lt; d &lt; 68</b>	0,35 < d/L < 0,76
Суховершинная	L > 68	<b>d &gt; 68</b>	

В таблице приведены диапазоны изменений значений L, d и d/L по рисунку 4. Жирным шрифтом выделены условия, достаточные для типизации.

Общая корректность (точность) типизации по всем признакам очень высока и составляет 97% (3 инверсии на 108 случаев).

В кибернетике, теории сложных систем, теории катастроф и ряде других дисциплин (см. напр., [7]), те явления, в которых небольшие изменения параметров приводят к значительным изменениям в системе – называют нелинейностью. В биологии мы постоянно сталкиваемся с ситуацией, внутренней регуляции (программы) процессов развития. Плавные изменения одного параметра приводят к принципиально разным состояниям системы, включая определенные пороговые механизмы. При этом сами диапазоны имеют резкие границы. Именно программным характером роста побегов можно объяснить нелинейность процессов развития ДПС, приводящих к обнаруженной типизации. Доростание побега до определенного размера в определенных условиях вызывает включение новых механизмов роста.

Критерии однородности данных (см. раздел «Материалы и методы») по всем диапазонам не отвергают как гипотезу логарифмически нормального, так и равномерного распределения значений L и d. Однако представление о связи нашей типизации с программой развития дерева в онтогенезе предостерегла авторов от использования возможности применения многомерных дискриминантных процедур как накладывающих необоснованные достаточно жесткие ограничения на геометрию ДПС.

Для верхней части кроны деревьев 4 видов *Acer* молодого генеративного возраста выделено 7 типов ДПС.

«Кронообразующие» побеговые системы, выполняющие наиболее важную роль в кроне, по значениям этих двух признаков оказываются наиболее похожи друг на друга у всех 4 видов. У разных видов также схожими являются системы побегов внутри групп «основных» и «ростовых», однако все три группы достаточно резко отличаются друг от друга. Общий набор ДПС отличает верхнюю часть кроны одного вида от другого. Специфическими для вида *A.tegmentosum* являются свойства «узкоконтурных» и «суховершинных» ДПС.

Построенное решающее правило позволяет описать их диапазонами изменения всего двух размерных характеристик: длины материнского побега и максимальной длины бокового побега.

Кроме того, в ситуации разработки адекватного языка описания развития пространственных характеристик дерева существенная нагрузка ложится на небольшое количество метрических и временных его характеристик, которые возможно снять непосредственно в эксперименте. Крайне небольшим количеством этих характеристик «кодируется» программа развития всех побеговых систем. Поэтому ценность представляет типизация побеговых систем по исходным морфологическим параметрам, снимаемых в эксперименте, что позволяет сохранить биологический смысл самой процедуры типизации и исследовать в дальнейшем программный смысл полученных диапазонов изменения параметров.

*Работа поддержана грантом РФФИ, проект №16-04-01617.*

#### Список литературы

1. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Том 3. Классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989. 607 с.
2. Антонова И.С., Барт В.А. Анализ метрических характеристик двулетних побеговых систем *Acer negundo* L. в молодом генеративном состоянии // Вестник Тверск. гос. ун-та. 2016. № 4. (в печати).
3. Антонова И.С., Барт В.А. К вопросу о зональности побега на примере побегов *Acer negundo* L. // Вестник ТвГУ. сер. «Биология и экология». 2015. №4. С. 143-159.
4. Антонова И.С., Гниловская А.А. Побеговые системы кроны *Acer negundo* L. (Aceraceae) в разных возрастных состояниях // Бот. журн. 2013. Т. 98, № 1. С.53-68.
5. Антонова И.С., Фатьянова Е.В. О системе иерархических уровней строения кроны деревьев умеренной зоны // Бот. журн. №. 6. 2016. С. 628-649.
6. Антонова И.С., Фатьянова Е. В., Зайцева Ю.В., Гниловская А.А. Мультимасштабность побеговых систем некоторых деревьев умеренной зоны (разнообразие, классификация, терминология) // Актуальные проблемы современной биоморфологии. Киров. 2012. С. 390-402.
7. Арнольд В.И. Теория катастроф. М.: Наука, 1990. 128 с.
8. Бобровская Н.Е. Формирование структуры крон лиственных и хвойных деревьев в онтогенезе: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2001. 19 с.
9. Бобровский М.В., Бобровская Н.Е. Структурно-функциональные элементы кроны и их пространственные взаимоотношения у *Acerplatanoides* (Aceraceae) и *Populustremula* (Salisaceae) // Бот. журн. 1998. Т. 83. № 4. С. 114–127.
10. Гацук Л.Е. Растительный организм: опыт построения иерархической системы его структурно-биологических единиц // Современные подходы к описанию структуры растения. Киров. 2008. С. 27-47.
11. Костина М.В. Роль генеративных побегов в формировании кроны древесных растений умеренной зоны // Биологическое разнообразие. Интродукция растений. Материалы Четвертой Международной научной конференции. Санкт-Петербург. 2007. С. 462-466.
12. Любищев А.А. Дисперсионный анализ в биологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 200 с.
13. Мазуренко М.Т., Хохряков А.П. Классы метамеров деревьев // Журн. Общ. Биол. 1991. Т. 52. № 3. С. 409-421.

14. Михайлевская О.Б. Структура и регуляция развития побеговых систем и элементарных побегов у некоторых видов *Acer* (*Aceraceae*) // Бот. Журн. 2001. Т. 86, № 10. С. 258-263.

15. Barthelemy D., Caraglio Y. Plant Architecture: A Dynamic, Multilevel and Comprehensive Approach to Plant Form, Structure and Ontogeny // Annals of Botany. 99. 2007. P. 375–407.

## **РОСТРЕГУЛИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ БРАССИНОСТЕРОИДОВ НА БОБОВЫЕ КУЛЬТУРЫ**

***Артемук Е.Г.***

доцент кафедры химии, канд. биол. наук, доцент,  
Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина,  
Беларусь, г. Брест

***Корзюк О.В.***

старший преподаватель кафедры химии,  
Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина,  
Беларусь, г. Брест

В статье дается оценка рострегулирующего действия brassinosteroidов (эпикастостерона и гомобрассинолида) на растения люпина и гороха.

*Ключевые слова:* brassinosteroidы, рострегулирующая активность, бобовые культуры.

Брассиностероиды – фитогормоны класса стероидов, поддерживающие нормальное функционирование иммунной системы растений, особенно в неблагоприятных условиях (низкие температуры, заморозки, затопление, засуха, болезни, засоление почвы). Брассиностероиды представляют собой группу гормонов, ответственных за протекание широкого спектра биологических процессов в растительных клетках. В частности, они являются регуляторами роста растений и адаптогенами, сокращают период вегетативного роста, способствуют увеличению размера и числа плодов, улучшению пищевой ценности и качества плодов, повышению урожайности, увеличению устойчивости растений ко всем видам стресса [1]. Особенностью brassinosteroidов является их действие на рост растений в очень низких концентрациях (1-200 частей на миллиард).

Для изучения влияния различных концентраций brassinosteroidов на рост растений бобовых культур, были использованы семена люпина узколистного сорта «Першацвет» и гороха посевного сорта «Стартер». Семена бобовых культур предварительно замачивали 6 часов в растворах эпикастостерона (концентрация  $10^{-7}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-5}$  %) и гомобрассинолида (концентрация  $10^{-7}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-5}$  %). В качестве контроля использовалась дистиллированная вода. Далее семена проращивали на дистиллированной воде в термостате при 24°C в течение 2 дней. Проросшие семена отбирали с одинаковой длиной ко-

решков и помещали в емкости с дистиллированной водой, в которых осуществляли дальнейшее проращивание семян бобовых культур. На 10-е сутки проводили измерение длины корешков и побегов люпина и гороха, а также определяли массу 20 корешков и побегов.

Проведенные исследования показали, что эпикастостерон в концентрации  $10^{-6}$  % оказывал наибольшее стимулирующее влияние на рост корня и побега у растений люпина узколистного (длина корня увеличивалась на 6,5 %, а побега на 9,8 % (таблица 1). Соответственно наблюдалось и увеличение средней массы 20 корней и побегов.

Таблица 1

**Влияние различных концентраций эпикастостерона на длину корней, побегов и массу растений люпина узколистного (10-е сутки)**

Вариант опыта	Корни		Побеги	
	длина	масса (20 шт)	длина	масса (20 шт)
контроль	50,72 ± 0,84	2,82 ± 0,26	101,68 ± 2,02	7,00 ± 0,43
$10^{-7}$ %	51,08 ± 0,96	3,11 ± 0,15	107,35 ± 2,06	7,30 ± 0,26
$10^{-6}$ %	54,02 ± 0,93	3,49 ± 0,20	111,68 ± 2,49	7,47 ± 0,31
$10^{-5}$ %	49,88 ± 0,69	2,69 ± 0,26	104,15 ± 2,45	7,13 ± 0,24

У растений гороха посевного максимальное стимулирующее влияние оказывал эпикастостерон в концентрации  $10^{-7}$  % (длина корня увеличивалась на 15,4 %, а масса 20 корней на 17 % по сравнению с контрольными растениями (таблица 2). Во всех вариантах опыта с различными концентрациями эпикастостерона наблюдалось незначительное увеличение длины и массы побегов у гороха посевного.

Таблица 2

**Влияние различных концентраций эпикастостерона на длину корней, побегов и массу растений гороха посевного (10-е сутки)**

Вариант опыта	Корни		Побеги	
	длина	масса (20 шт)	длина	масса (20 шт)
контроль	54,20 ± 1,62	2,23 ± 0,14	28,63 ± 1,25	1,74 ± 0,22
$10^{-7}$ %	62,55 ± 1,30	2,61 ± 0,16	30,50 ± 1,37	1,85 ± 0,14
$10^{-6}$ %	59,75 ± 1,56	2,50 ± 0,11	30,20 ± 1,17	1,77 ± 0,19
$10^{-5}$ %	55,65 ± 1,36	2,41 ± 0,34	30,15 ± 1,20	1,75 ± 0,02

Результаты исследований воздействия гомобрассинолида на растения люпина узколистного показали, что гомобрассинолид в концентрации  $10^{-6}$  % приводил к увеличению длины корня и побега растений. Так увеличение длины корня наблюдалось на 9,2 %, а побега на 7,2 % (таблица 3). Значительно увеличивалась и масса 20 корней (на 23,4 % по сравнению с контролем).

Таблица 3

**Влияние различных концентраций гомобрассинолида на длину корней, побегов и массу растений люпина узколистного (10-е сутки)**

Вариант опыта	Корни		Побеги	
	длина	масса (20 шт)	длина	масса (20 шт)
контроль	50,72 ± 0,84	2,82 ± 0,26	101,68 ± 2,02	7,00 ± 0,43
$10^{-7}$ %	52,80 ± 1,01	3,41 ± 0,23	103,98 ± 2,44	6,91 ± 0,25
$10^{-6}$ %	55,37 ± 1,31	3,48 ± 0,18	108,97 ± 2,24	7,51 ± 0,34
$10^{-5}$ %	52,18 ± 1,20	3,24 ± 0,31	97,35 ± 2,52	6,61 ± 0,49

У растений гороха посевного максимальное стимулирующее влияние оказывал гомобрассинолид в концентрации  $10^{-7}$  % (длина корней увеличивалась на 3,1 %, масса корней на 40,3 %, а длина побега на 2,1 % (таблица 4).

Таблица 4

**Влияние различных концентраций гомобрассинолида на длину корней, побегов и массу растений гороха посевного (10-е сутки)**

Вариант опыта	Корни		Побеги	
	длина	масса (20 шт)	длина	масса (20 шт)
контроль	54,20 ± 1,62	2,23 ± 0,14	28,63 ± 1,25	1,74 ± 0,22
$10^{-7}$ %	55,88 ± 2,03	3,13 ± 0,04	29,23 ± 1,09	1,96 ± 0,18
$10^{-6}$ %	54,23 ± 1,69	2,95 ± 0,19	28,48 ± 1,34	1,70 ± 0,03
$10^{-5}$ %	48,45 ± 1,74	2,44 ± 0,27	27,18 ± 1,21	1,67 ± 0,21

Таким образом, оптимальной концентрацией эпикастостерона и гомобрассинолида, оказывающей рострегулирующее действие на растения люпина узколистного является  $10^{-6}$  %, гороха посевного –  $10^{-7}$  %.

**Список литературы**

1. Деева В. П. Регуляторы роста растений: механизмы действия и использование в агротехнологиях. Минск: Белорус. наука, 2008. 133 с.

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ  
НА ПОКАЗАТЕЛИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ И СОДЕРЖАНИЕ  
ПОЛОВЫХ ГОРМОНОВ У ДЕВУШЕК В ЗАВИСИМОСТИ  
ОТ ТОНУСА ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**

**Васильева Ю.А.**

аспирант кафедры анатомии и физиологии человека,  
Курганский государственный университет, Россия, г. Курган

**Кузнецов А.П.**

профессор кафедры анатомии и физиологии человека, д-р. биол. наук,  
Курганский государственный университет, Россия, г. Курган

В статье представлены результаты исследования силы и лабильности нервных (теппинг-теста и КЧСМ) процессов у девушек 18-23 лет, с различным исходным тоном вегетативной нервной системы в покое и после выполнения мышечной нагрузки. Установлено, что при преобладании парасимпатического или симпатического тонуса нервной системы наблюдаются различия силы нервных процессов и содержания половых гормонов в условиях покоя и после выполнения мышечной нагрузки. Описаны корреляционные взаимосвязи между показателями тестов и уровнем половых гормонов.

*Ключевые слова:* тонус вегетативной нервной системы, половые гормоны, физическая нагрузка, сила и лабильность нервной системы.

Исследованию показателей нервной системы посвящено множество работ. Психофизиологические показатели центральной нервной системы; сила, лабильность, подвижность, уравновешенность нервных процессов, уровень

их функционального состояния имеют большое значение для адаптации организма и успешного выполнения учебной и профессиональной деятельности [4].

В последнее время внимание многих исследователей направлено на изучение взаимосвязи деятельности нервной систем и половых гормонов. Известно влияние эстрогенов на скорость устной речи, память, координацию движений [1]. Во многом интерес ученых связан со способностью половых гормонов к синтезу в головном мозге и возможностью этих гормонов проходить через гематоэнцефалический барьер с последующим влиянием на нейроны головного мозга и поведенческие реакции организма [5].

Целью исследования являлось изучение силы нервной системы и уровня половых гормонов у девушек в зависимости от преобладания исходного тонуса симпатического или парасимпатического отделов вегетативной нервной системы в покое и после действия мышечной нагрузки.

В исследовании приняли участие 50 лиц женского пола в возрасте 18-23 лет. Для определения исходного тонуса вегетативной нервной системы использовали программно-аппаратный комплекс «Варикард 2.51». С учетом индекса напряжения регуляторных систем (ИН), все обследованные были разделены на три группы ваготоники, нормотоники и симпатотоники [2].

Исследования показателей нервной системы выполнены с помощью компьютерного комплекса «НС-ПсихоТест» (ООО «Нейрософт», г. Иваново, Россия, методик КЧСМ и теппинг-тест) [3]. Забор крови производился из локтевой вены натощак, далее в сыворотке крови методом иммуноферментного анализа определяли уровень фолликулостимулирующего гормона (ФСГ), лютинизирующего гормона (ЛГ), тестостерона. Исследование параметров проводилось в состоянии покоя и после выполнения мышечной нагрузки (велоэргометрическая нагрузка продолжительностью 20 минут и объемом 24500 кг/м).

Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что в зависимости от преобладания тонуса симпатической или парасимпатической нервной системы отмечается различия в показателях силы и лабильности нервной системы.

В состоянии относительного физиологического покоя минимальный темп движений ( $6,41 \pm 0,13$  Гц), свидетельствующий о слабом типе нервной системы, наблюдался у группы нормотоников ( $p < 0,05$ ). У ваготоников и симпатотоников частота теппинга составила  $6,83 \pm 0,22$  Гц и  $6,8 \pm 0,21$  Гц, соответственно, что указывает на наличие у обследуемых групп нервной системы среднего типа. При этом наименьшее значение лабильности и силы нервных процессов в состоянии покоя отмечено у ваготоников ( $p < 0,05$ , по отношению к симпатотоникам).

После выполнения мышечной нагрузки наименьшие показатели теппинг теста также отмечены у нормотоников. При этом в группе нормотоников выявлено достоверное увеличение частоты движений и количества ударов ( $p < 0,05$ ).

**Показатели теппинг-теста у лиц с различным уровнем вегетативного баланса (M±m) (n=50)**

Теппинг-тест	Ваготония (n=15)		Нормотония (n=19)		Симпатотония (n=16)	
	фон	нагрузка	фон	нагрузка	фон	нагрузка
Средняя частота	6,83±0,22*	6,94±0,22	6,41±0,13	6,54±0,12**	6,8±0,21	6,77±0,22
Количество ударов	200,73±6,83	204,2±6,23	189,21±3,68	192,89±3,52**	201,44±6,58	201,75±5,79
Уровень лабильности	5,93±0,3	6,33±0,29	6,26±0,35	6,0±0,32	6,81±0,33	6,38±0,38
Уровень выносливости	7,8±0,46	8,07±0,46	7,16±0,41	7,58±0,35	7,88±0,36	7,88±0,49
Сила нервной системы	3,86±0,13	3,75±0,14	4,04±0,13	4,02±0,22	4,09±0,1	3,96±0,15

*Примечание.* \* – P<0,05, различия достоверны по сравнению с группой студентов с нормотонией, \*\* – P<0,05, различия достоверны относительно покоя.

Результаты теппинг-теста подтверждаются в исследовании критической частоты световых мельканий, отражается уровень лабильности и силы нервной системы. Наиболее низкие значения КЧСМ в состоянии относительного покоя отмечены у нормотоников – 30,66±0,64 Гц (p<0,05), что свидетельствует о преобладании в данной группе лиц с низкой лабильностью нервной системы. У ваготоников и симпатотоников показатели КЧСМ составили 33,67±0,92 Гц и 34,41±1,06 Гц, что указывает на средний уровень лабильности нервной системы. На практике это означает, что нормотоникам необходим более низкий темп подачи информации для ее оптимального усвоения.

После выполнения мышечной нагрузки наиболее высокие показатели КЧСМ отмечены у симпатотоников (p<0,05, по сравнению с ваготониками и нормотониками). Также после выполнения мышечной нагрузки обнаружено достоверное увеличение значений КЧСМ у нормотоников (p<0,05).

В условиях относительного мышечного покоя и после выполнения физической нагрузки в обследуемых группах обнаружены достоверные различия содержания половых гормонов в сыворотке крови (табл. 2).

Таблица 2

**Содержание половых гормонов в сыворотке крови у лиц с различным уровнем вегетативного баланса (M±m) (n=50)**

КЧСМ, Гц	Ваготония (n=15)		Нормотония (n=19)		Симпатотония (n=16)	
	фон	нагрузка	фон	нагрузка	фон	нагрузка
ФСГ	3,54±0,19	*4,01±0,27	4,32±0,25*	4,39±0,36	4,6±0,39*	4,82±0,41
ЛГ	3,23±0,24	*3,88±0,22	3,96±0,32	3,85±0,27	3,86±0,54	4,01±0,41
Тестостерон	1,97±0,21	*3,44±0,23	3,0±0,22*	2,92±0,23	2,89±0,25*	2,58±0,21*
Эстрадиол	48,76±2,67	*43,34±2,78	34,58±1,73*/**	*39,68±2,39	*41,94±2,99	36,23±2,24*

*Примечание.* \* – P<0,05, различия достоверны по сравнению с группой студентов с ваготонией, \*\* – P<0,05, различия достоверны по сравнению с группой студентов с симпатотонией, \* (справа) – различия достоверны относительно покоя.



В условиях покоя в группе ваготоников выявлены самые низкие показатели содержания фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) и тестостерона (по сравнению с нормотониками и симпатотониками ( $p < 0,05$ )).

После выполнения мышечной нагрузки в группе ваготоников отмечена самая высокая концентрация тестостерона ( $p < 0,05$  относительно групп нормотоников и симпатотоников). Также после выполнения мышечной нагрузки у ваготоников увеличилось содержание в сыворотке крови фолликулостимулирующего гормона (ФСГ), лютеинизирующего гормона (ЛГ) и тестостерона ( $p < 0,05$ ). Содержание эстрадиола у ваготоников и нормотоников под действием мышечной нагрузки увеличилось, а у симпатотоников снизилось ( $p < 0,05$ ).

Исследования последних лет свидетельствуют о способности половых гормонов оказывать влияние на функциональную активность головного мозга, в частности проникая через гематоэнцефалический барьер, половые гормоны воздействуют на соответствующие рецепторы нервных клеток. Так через цитозольные и нецитозольные рецепторы эстрогенов и прогестерона в нейронах мозга половые гормоны влияют на функциональное состояние нейронов головного мозга [6; 9; 10; 11]. В исследованиях Finocchi S., Ferrari M. представлены данные подтверждающие способность эстрадиола и прогестерона оказывать регулирующее влияние на развитие, пластичность и возбудимость нейронов головного мозга [8]. Согласно данным Carroll J., Rosario E. эстрогены повышают жизнеспособность нейронов и способствуют процессу миелинизации [7].

Для выяснения взаимосвязи между силой нервных процессов у лиц с различным исходным тонусом вегетативной нервной системы и содержанием половых гормонов в сыворотке крови мы определяли коэффициент корреляции ( $r$ ) Пирсона между этими показателями.

В результате проведенных нами исследований было установлено, что в покое в группе ваготоников присутствуют положительные корреляционные связи между содержанием ЛГ и значениями КЧСМ ( $r = 0,742$ ,  $p < 0,01$ ). После выполнения мышечной нагрузки отрицательные корреляционные связи между содержанием ФСГ и уровнем выносливости ( $r = -0,569$ ,  $p < 0,05$ ), тестостероном и силой нервной системы ( $r = -0,555$ ,  $p < 0,05$ ).

Наибольшее число корреляционных связей в покое и после выполнения мышечной нагрузки отмечено у симпатотоников. В покое обнаружены сильные положительные корреляционные связи между уровнем половых гормонов в сыворотке крови и значениями теппинг-теста: между содержанием ФСГ и силой нервных процессов ( $r = 0,507$ ,  $p < 0,05$ ), содержанием ЛГ и тестостерона и средней частотой ( $r = 0,648$ ,  $r = 0,785$ ,  $p < 0,01$ ), количеством ударов ( $r = 0,654$ ,  $r = 0,781$ ,  $p < 0,01$ ) и уровнем выносливости ( $r = 0,578$ ,  $p < 0,05$ ,  $r = 0,781$ ,  $p < 0,01$ ). После выполнения мышечной нагрузки положительные корреляционные связи между уровнем тестостерона и средней частотой ( $r = 0,581$ ,  $p < 0,05$ ), количеством ударов ( $r = 0,513$ ,  $p < 0,05$ ), уровнем лабильности ( $r = 0,704$ ,  $p < 0,01$ ), отрицательные связи между эстрадиолом и средней частотой ( $r = -0,575$ ,  $p < 0,05$ ), уровнем выносливости ( $r = 0,644$ ,  $p < 0,01$ ).

В группе нормотоников отмечено наименьшее количество корреляционных связей в покое ФСГ и сила нервной системы ( $r=0,625$ ,  $p<0,01$ ), после выполнения мышечной нагрузки корреляционные связи отсутствуют.

Таким образом, в группе нормотоников обнаружены наименьшие значения силы и лабильности нервной, при этом физическая нагрузка вызывала увеличение значений данных показателей. Выявлены достоверные различия содержания половых гормонов у исследуемых групп, в частности уровень ФСГ, тестостерона и эстрадиола ( $p<0,05$ ) в покое и содержание тестостерона и эстрадиола ( $p<0,5$ ) после выполнения мышечной нагрузки. Наибольшее число корреляционных связей между значениями теппинг-теста и КЧСМ и содержанием половых гормонов в сыворотке крови обнаружено у симпатотоников.

### Список литературы

1. Бабичев В.Н. Влияние эстрогенов на центральную нервную систему // Вестник Российской Академии медицинских наук. – 2005. – №6. – С. 45-54.
2. Баевский Р.М. Методические рекомендации по анализу ВСР при использовании различных электрокардиографических систем / Р.М. Баевский // Вестник аритмологии. – 2002. – №24. – С. 65-86.
3. Матрова И.Н. Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике. – Иваново: ООО «Нейрософт», 2007. 216 с.
4. Стрельникова И.Ю. Психомоторные качества и успешность учебно-профессиональной деятельности // Известия Алтайского гос. университета. – 2010. – №3-2 (67). – С. 64.
5. Ходырев Г.Н. Влияние эстрогенов и прогестерона на функциональное состояние нейронов головного мозга / Г.Н. Ходырев, В.И. Циркин // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2012. – №2(3). – С. 295-299.
6. Al-Dahan M., Jalian Tehrani M., Thalmann R. Regulation of cyclic AMP level by progesterone in ovariectomized rat neocortex // Brain Res. 1999/ V. 824. №2. P. 258-266 ( 9).
7. Carroll J., Rosario E. The potential use of hormone-based therapeutics for the treatment of Alzheimer`s disease // Curr. Alzheimer Res. 2012. V. 9. №1. P. 18-34 (10)
8. Finocchi C., Ferrari M. Female reproductive steroids and neuronal excitability // Neurol. Sci. 2011. V. 32. Suppl 1. P. 31-35.
9. Kelley B., Mermelstein P. Progesterone blocks multiple routes of ion flux // Mol. Cell Neurosci. 2001. V. 48. №2. P. 137-141. (17).
10. McEwen B. Invited review: Estrogens effects on the brain: multiple sites and mechanisms // J. Appl. Physiol. 2001. V. 91. №6. P. 2785-2801. (21).
11. Toran-Allerand C. Estrogen and the brain: beyond ER-alpha, ER-beta, and 17beta-estradiol // Ann. N. Y. Acad. Sci. 2005. V. 1052. P. 136-144. (27).

## ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДНЕКАСПИЙСКОЙ КОТЛОВИНЫ

*Гусейнова С.А.*

зав. кафедрой безопасности жизнедеятельности, канд. биол. наук, профессор,  
Дагестанский государственный университет, Россия, г. Махачкала

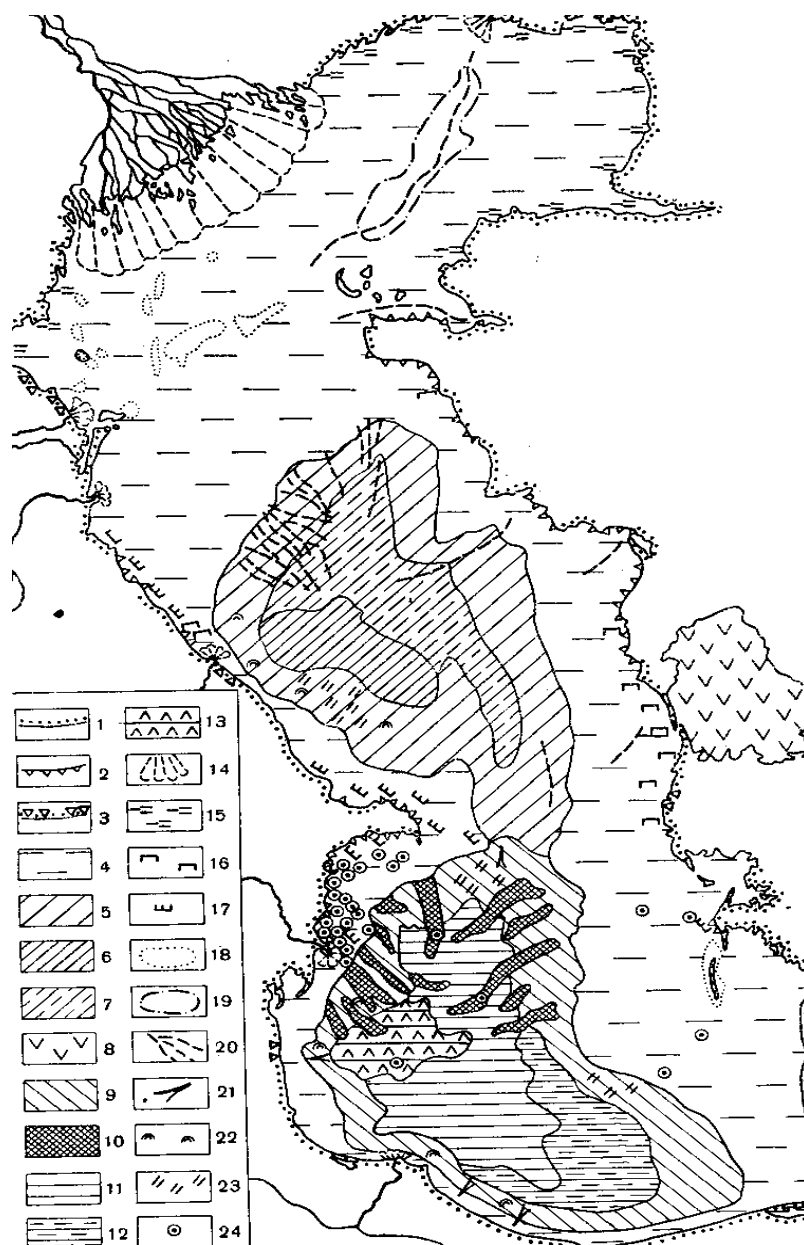
В статье рассматриваются факторы, влияющие на геоморфологическое строение Каспийского моря, определяющие возникновение определенного рельефа, глубины и донных отложений различных участков Среднекаспийской котловины. Отмечена связь с гидрологическими условиями на севере Каспийского моря.

*Ключевые слова:* геоморфологическое строение, терригенные осадки, гидрологические условия, биогенные накопления, донные отложения.

Геоморфологическое строение Каспийского моря наиболее полно описано в работах О.К. Леонтьева [1, с. 45], [2]. Осадочные породы, слагающие дно котловины Среднего Каспия, характеризуются следующими особенностями: основная часть осадков представлена обломочным материалом, который поступает с реками с западного берега [3, с. 22]. Бассейн питания этих рек лежит преимущественно в области развития мезозойских пород (юра и мел), представленных мощными толщами глинистых сланцев. Это в значительной мере определяет литологические особенности терригенного материала, поступающего в котловину Среднего Каспия. В целом, взвесь, поступающая в Каспийское море, соответствует мелкоалевритовым и алевритово-глинистым илам [3, с. 23]. Другим важным источником является пыль с окружающих аридных территорий, массы подобного переноса оцениваются в десятки миллионов тонн в год [3, с. 24], что сопоставимо с выносом любой из таких рек, как: Волга, Терек, Сулак, Самур. В Среднем Каспии можно выделить несколько зон с характерными литологическими типами фаций осадков. В центральной части – терригенный материал (глины и илы). На западе и юго-западе терригенно-карбонатный, на востоке биогеннокарбонатный. Заметно, что терригенные осадки приурочены также к приустьевой части крупных рек (Сулак и Терек).

Глинистые минералы представлены, в основном, гидрослюдой (более 50% от всех глинистых минералов). Монтмориллонита от 10 до 40%, максимум содержания приурочен к глубинным частям Дербентской котловины, а каолинит содержится в количестве около 15%. В приустьевых зонах р. Терек и Самур его содержание возрастает до 25%. Содержание хлоритов и смешанно-слоистых минералов, не более 15%.

В общих чертах строение этой котловины следующее (рисунок): крутой западный склон, сравнительно более пологие северо-западный, восточный и южный и выровненное дно котловины [4, с. 446].



**Типы берегов:** 1 – аккумулятивные; 2 – абразионные; 3 – абразионно-аккумулятивные.  
**Зона шельфа:** 4 – равнины прибрежной отмели; 5 – волнистые и наклонные шельфовые равнины; 6 – субгоризонтальные равнины днищ шельфовых впадин; 7 – наклонные равнины днищ шельфовых впадин; 8 – равнины хемогенно-терригенной аккумуляции отчлененных заливов.  
**Зона материкового склона:** 9 – наклонные равнины; 10 – валы («горные хребты»).  
**Зона абиссальных равнин ложа Южнокаспийской котловины:** 11 – субгоризонтальные плоские абиссальные равнины; 12 – холмистые абиссальные равнины.  
**Формы и комплексы подводного рельефа:** 14 – авандельты; 15 – ветровые осушки; 16 – ступенчатый бенч; 17 – грядовый бенч; 18 – крупные подводные аккумулятивные формы (банки); 19 – бороздины; 20 – речные долины и другие затопленные эрозионные формы; 21 – подводные каньоны; 22 – комплекс подводнооползневых форм; 23 – эрозионные, связанные с деятельностью суспензионных течений; 24 – грязевые вулканы

Рис. Геоморфологическая схема дна Каспийского моря по [2]

**Западный склон** имеет уклон в среднем около  $2^\circ$ , но на отдельных участках, особенно в верхней части – до  $6^\circ$ . Наибольшая крутизна зафиксирована в зоне минимальной для Среднего Каспия ширины склона, сужающе-

гося местами до 20 км. В верхней части склона выявлена террасовидная ступень шириной до 25-30 км, которая особенно отчетливо прослеживается к югу. Поверхность ступени имеет небольшой уклон (не более  $0,5^\circ$ ) в сторону берега, т.е. противоположный общему уклону склона. Ступень представляет собой реликт одной из древних регрессивных стадий моря.

В пределах западного участка склона широко развиты экзогенные формы рельефа. Благодаря значительной крутизне склона и обилию глинистых осадков распространены подводно-оползневые деформации, образовавшие на склоне, а местами и у подножья пологие чешуеподобные возвышения, относительной высотой 5-10 м. Наряду с ними имеются каньонообразные эрозионные углубления, созданные мутьевыми потоками, сопровождающими подводные оползни. Эти формы рельефа создают значительную мелкую расчлененность западного склона Среднекаспийской впадины.

**Северо-западный склон** котловины значительно положе западного, уклоны в его пределах меняются от  $0,5$  до  $2,5^\circ$ . Здесь наиболее развита сеть эрозионных долин с V-образным профилем. Долины шириной до 1-2 км и относительной глубиной от 5 до 40 м [4, с. 450]. Для долин характерны террасированные склоны и наличие краевых валов. Долины трассирует русла рек Волги, Терека и Сулака в регрессивные стадии Каспийского моря.

**Восточный склон** наиболее четко выражен в своей центральной части. Здесь он имеет ширину около 40 км и величину уклона  $0,5-1^\circ$ . На севере, где он под острым углом сочленяется с северо-западным склоном, и на юге, где происходит его смыкание с Апшеронским порогом, склон выглаживается, и уклон не превышает  $0,5^\circ$ .

**Апшеронский порог** замыкает Среднекаспийскую котловину с юга. Наиболее низкая «перевальная» точка порога лежит на глубине около 200 м. Северный склон порога пологий и выровненный. Южнокаспийский склон несколько круче (до  $2-3^\circ$ ) и сильно расчленен. Вдоль верхнего края южного склона порога протягивается четко выраженный в рельефе вал высотой до 50-70 м, при ширине основания около 5 км.

**Днище** Среднекаспийской котловины включает в себя наклонную равнину, занимающую северную и восточную ее части и небольшую по площади субгоризонтальную плоскую равнину на западе. Наклонная равнина представляет собой подножие восточного и северо-западного склонов. Можно проследить продолжение русел некоторых подводных долин. Плоская равнина примыкает к западному склону. Этот участок дна, на котором отмечены максимальные глубины Среднего Каспия (до 800 м), именуют Дербентской котловиной. В краевых частях равнины у основания западного склона развиты формы, обязанные своим происхождением подводным оползням и мутьевым потокам. Наличие плоской равнины и расчлененного западного склона обусловлено едиными процессами. Состав осадков пологой равнины [5, с. 118]. Здесь встречаются брекчии (возникающие при оползнях), а также градационная слоистость, типичная для мутьевых потоков [2]. Эти потоки, производя огромную эрозионную работу на западном склоне, заполняют осадками ложе котловины, формируя в ее пределах плоскую равнину. Сле-

дующим фактором, определяющим возникновение плоской равнины, являются неотектонические движения. Эта равнина находится в осевой (наиболее опускающейся) части Терско-Каспийского прогиба.

**Донные отложения.** Образование осадков в Каспии проходит в крайне трудных условиях. Нынешние донные отложения в Каспии значительно отличаются по генетическим свойствам, а также по вещественному и механическому составу. В своих работах авторы [6, с. 58], [7, с. 43], [8, с. 58], [9, с. 26], [10, с. 216], [2] отмечают преобладание в северном регионе моря такого типа морских отложений как крупный алевроит. В большей мере здесь также отмечается отложение крупнозернистых терригенных осадков типа илистого песка или песка. Это можно объяснить [13, с. 11] гидрологическими условиями на севере Каспийского моря, такими, как ветровые течения, небольшими уклонами дна и волнениями на мелководье. Салманов [14, с. 28] отмечает залегание илов и песчаных илов в районе Уральской Бороздины. Кроме того, терригенные осадки отлагаются в юго-западном регионе, на который оказывает влияние волжский сток.

Центральная зона северной части Каспийского моря – область, главным образом, биогенного накопления. Благодаря вынесенным Волгой биогенным веществам там сложились благоприятные условия для жизни организмов. В центральной части много наблюдается отложений в виде корки карбоната кальция, которая образуется из-за цементации, выпадающей на дно битой ракушки.

В Среднем Каспии наблюдается закономерная смена типов осадков от мелководного побережья до больших глубин. В прибрежной части, в зоне активного действия, дно покрыто песком с включением ракушки, гальки и гравия. Далее под влиянием выносов рек пески сменяются песчаным илом с отдельными пятнами ила, расположенными против устьев рек или в местах размыва древних глин. На восточном склоне Среднего Каспия в отсутствие речного стока, по данным [15, с. 128], [16, с. 249], [4, с. 450] [17, с. 1029] главная роль в осадкообразовании принадлежит карбонатам преимущественно биогенного происхождения.

В последнее десятилетие в связи с бурным развитием диатомовых водорослей, особенно *Pseudosolenia calcar-avis*, в Каспийском море встречаются также диатомовые отложения. Они обнаружены в основном в северо-западной части Среднего Каспия и в районе Апшеронского порога [18, с. 344]. Дно центральной глубоководной части Среднего и Южного Каспия покрыто тонкими илами [19, с. 906]. В южной части Каспийского моря, на склоне восточного побережья, сохраняются такие же грунты, как и в средней части. По данным [20, с. 315], [21, с. 15], [22, с. 9] дно до глубины 50-70 м покрыто грубозернистыми карбонатными осадками – ракушечно-эолиновым песком с примесью ракушки.

#### Список литературы

1. Леонтьев О.К. Рельеф дна и донные отложения // Каспийское море. 1969. Изд-во МГУ. С. 45-62.

2. Леонтьев О.К., Маев Е.Г., Рычагов Г.И. Геоморфология берегов и дна Каспийского моря. //1977. М. Изд-во Моск.ун-та.
3. Хрусталева Л.Н., Пейхель Ю.В. Расчет глубины оттаивания грунта основания на участках, где слой сезонного промерзания не сливается с мерзлой толщей // 1978 Основания, фундаменты и механика грунтов. № 1. С. 22-24.
4. Лебедев Е.Г., Маев О.К. Структурная геоморфология континентальных окраин // 1962. Л.: Гостоптехиздат. С. 446-498.
5. Лебедев Л.И., Маев Е.Г., Бордовский О.К., Кулакова Л.С. Осадки Каспийского моря // 1973. М.: Наука. С. 118.
6. Пахомова А.С. Органическое вещество в донных отложениях Каспийского моря // 1960. Труды ГОИН. Вып. 59. С. 58-84.
7. Пахомова А.С. Гидрохимический облик Каспийского моря за последние 70 лет. Автореф. дисс. На правах рукописи // 1973. М.: Изд-во МГУ. С. 43.
8. Салманов М.А. Первичная продукция Каспийского моря // Тез. Всесоюз. совещ. по биологической продуктивности Каспийского моря. 1972. Астрахань, С. 68.
9. Салманов М.А. Особенность формирования биологической продуктивности Северного Каспия и ее связь с промышленным загрязнением // Тез. научн. конф. по загрязнению и охране Каспийского моря. 1976. Баку. С. 26.
10. Салманов М.А. Роль микроорганизмов и фитопланктона в продуктивных процессах Каспийского моря // 1987. М.: Наука. С. 216.
11. Кошечкин Б.И. Следы деятельности подвижных льдов на поверхности дна мелководных участков Северного Каспия // Труды лаборатории аэрометодов АН СССР. 1958. Том 6. М.; Л. С. 227-234.
12. Добровольский А.Д., Каспийское море // 1969. М.: Изд-во Московского Университета. С. 186.
13. Гусейнова С.А. Оценка современного экологического состояния Каспийского моря и возможные последствия при эксплуатации нефтегазовых месторождений (Отв. ред. В. Ф. Зайцев) // 2013. Москва: Товарищество научных изданий КМ. С. 7-10.
14. Салманов М.А. Микробиологические исследования донных отложений западного побережья Северного и Южного Каспия // М., 1968. Наука. С.28-50.
15. Алексина И.А. Осадки и рельеф подводного склона восточного побережья средней части Каспийского моря // Геологическое строение подводного склона Каспийского моря. 1962. М.: Изд-во АН СССР. С. 122-193.
16. Скорнякова Н.С. Геологическое строение и современные осадки под воднодно-го склона западного побережья средней части Каспийского моря // Геологическое строение подводного склона Каспийского моря. 1962. М.: Изд-во АН СССР. С. 249.
17. Лебедев Л.И. Фациальные зоны и мощности новокаспийских отложений Среднего Каспия // Океанология. 1963. Т. 3. Вып. 6. С. 1029-1038.
18. Пахомова А.С., Затучная Б.М. Гидрохимия Каспийского моря // 1966. Л.: Гидрометеиздат. С. 344.
19. Соловьев А.Н., Кузовлев Г.М. По поводу одной гипотезы об аномалии температуры воды у восточного побережья Среднего Каспия // Океанология, 1967, Вып.5. С. 906-910.
20. Кулакова Л.С. и др. Некоторые результаты структурно-геоморфологического изучения Южного Каспия // 1974. Океанология. №2. С. 315.
21. Кулакова Л.С. Основные черты рельефа берегов и дна // 1986. Каспийское море. Гидрология и гидрохимия. М.: Наука. С. 13-19.
22. Кулакова Л.С., Лебедев Л.И. Геоморфология. Каспийское море // 1987. Геология и нефтегазоносность. М.: Наука. С. 9-31.

# ДНЕВНАЯ И НОЧНАЯ ДИНАМИКИ ОБЩЕЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЕЙ В ХОДЕ ОБЛУЧЕНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА НАНОСЕКУНДНЫМ ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКИМ МИКРОВОЛНОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

***Керя А.В.***

младший научный сотрудник, канд. биол. наук,  
Институт сильноточной электроники СО РАН, Россия, г. Томск

***Большаков М.А.***

профессор кафедры физиологии человека и животных, д-р биол. наук,  
профессор, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск

***Ростов В.В.***

зав. отделом физической электроники, д-р физ.-мат. наук, профессор,  
Институт сильноточной электроники СО РАН, Россия, г. Томск

В статье рассматривается влияние наносекундного импульсно-периодического микроволнового излучения (ИПМИ) на десятидневную динамику общей двигательной активности лабораторных мышей в дневное и ночное время суток. Показано, что после локального облучения головного мозга ИПМИ (пППМ 1500 Вт/см<sup>2</sup>) в течение 10 дней по 4000 импульсов ежедневно дневная и ночная двигательная активность изменяются немотонно.

*Ключевые слова:* импульсно-периодическое микроволновое излучение, наносекундные импульсы, общая двигательная активность мышей.

Известно, что двигательная активность животных и человека является важнейшим показателем степени нервно-психического возбуждения. В экспериментальных условиях интенсивность передвижения лабораторных животных зависит от действия разных факторов, в том числе, стрессирующих, в сочетании с естественной исследовательской активностью, и используется для диагностики функционального состояния нервной системы при воздействии, в частности, физических факторов. Показано, что показатели двигательной активности коррелируют с результатами других поведенческих тестов [1]. Такой подход успешно был использован при изучении эффектов действия различных электромагнитных полей и излучений. В частности, было исследовано влияние персонального компьютера на психоэмоциональный статус крыс. Клетки с животными находились круглосуточно вблизи работающего ноутбука, генерирующего пространство 1,5 ГГц непрерывно в течение 16 суток. Был выявлен угнетающий эффект электромагнитного излучения ПК на психоэмоциональный статус белых лабораторных крыс, выражающийся в снижении двигательной активности и преобладании защитного поведения над исследовательским. В последнее время большое распространение в изучении поведения и пространственного перемещения животных получили автоматизированные системы цифрового видео, что способствовало



увеличению точности и объективности измерения двигательной активности [2]. В этом плане в экспериментах с ЭМИ GSM диапазона (излучение с частотой 915 МГц, мощностью 2 Вт, SAR 1.67 Вт/кг) исследовались отдельные поведенческие реакции с записью на видеокамеру. По данным видеозаписей установлено «тотальное обеднение» структуры поведенческой активности и малоактивное, спокойное состояние животных. В другом исследовании по влиянию ослабленного геомагнитного поля на агрессивное поведение крыс при круглосуточной видеосъемке было обнаружено изменение в общей двигательной активности крыс в условиях гипوماгнитной среды, увеличение числа агрессивных взаимодействий у крыс, находящихся в общем пространстве [3]. Ранее было установлено, что воздействие ИПМИ на головной мозг мышей вызывает изменение поведенческих реакций мышей [4]. Исходя из вышерассмотренных литературных данных целью настоящей работы было изучить дневную и ночную динамики общей двигательной активности мышей в течение 10 дней облучения головного мозга ИПМИ.

**Материалы и методы.** Эксперименты выполнены на половозрелых белых мышах самцах массой 25-30 г. Животные содержались при комнатной температуре и постоянной влажности, в клетках при световом режиме освещения 12:12, на стандартном рационе питания со свободным доступом к воде и пище. Исследование проведено в соответствии с этическими нормами работы с лабораторными животными и санитарными правилами по устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник [5]. Мыши были разделены на облученных и ложнооблученных (ЛО), по шесть животных для каждого из использованных режимов воздействия. В ходе исследования контрольных мышей подвергали всем аналогичным манипуляциям, что и облученных, но без включения микроволнового генератора. Облучение проводилось в одно и то же время суток (с 9–00 до 11–00 часов). Для обеспечения локального воздействия на головной мозг тело животных (кроме головы) на время облучения покрывалось радиопоглощающим материалом. Животные в течение 10 дней подвергались ежедневному однократному воздействию ИПМИ (4000 импульсов за сеанс) с частотами повторения 6, 13, и 16 имп./с. В качестве источника ИПМИ использовался лабораторный импульсный генератор на основе магнетрона МИ-505 (изделие серийного производства ОАО «Тантал», Россия). Несущая частота генератора составляла 10 ГГц, выходная пиковая мощность 180 кВт, длительность импульсов на половинном уровне мощности 100 нс. В эксперименте использовалась пиковая интенсивность  $1500 \text{ Вт/см}^2$ , измерявшаяся по стандартной методике на основе антенных измерений и калориметрических калибровок [6]. Во время воздействий животные в пластиковых контейнерах диаметром 3 см помещались в дальней зоне рупора антенны на расстоянии 20 см. У облученных и ложнооблученных мышей в течение 10 дней непрерывно регистрировалась дневная и ночная двигательная активность. При этом оценивалась общая двигательная активность, включающая количество межиндивидуальных взаимодействий, а также горизонтальную и вертикальную подвижность облученных и ЛО животных. Для регистрации использовалась фиксированная се-

тевая видеокамера (AXIS P1344), сопряженная с ПК, в поле доступности которой были мыши, размещенные в клетках по 6 особей. В ночное время суток видеосъемка велась при инфракрасном свете. После завершения эксперимента и обработки видеозаписей с помощью программы «Mouse Express» [2] формировался файл результатов. Преимуществом программы «Mouse Express» является независимость типов кодирования видеоданных, устойчивость к шумам и неравномерности освещения, возможность исключения влияния незначительных движений в процессе видеосъемки. Полученные данные подвергались статистической обработке с помощью пакета прикладных программ Statsoft STATISTICA for Windows 8.0, при которой рассчитывалась средняя арифметическая величина суммарной ежедневной (дневной и ночной) двигательной активности и ошибка среднего. Значимость различий между показателями облученных и ложнооблученных животных определяли с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни.

**Результаты исследования.** Проведенное исследование показало, что ежедневное воздействие 4000 импульсов ИПМИ в течение 10 дней способно оказывать влияние на динамику общей двигательной активности мышей. Характер влияния существенно зависел от частоты повторения импульсов ИПМИ и времени суток, в которое проводилась оценка двигательной активности. После воздействия ИПМИ с частотами повторения 6 и 16 имп./с не было выявлено значимого отличия динамики облученных и ложнооблученных животных. По ходу воздействия с частотой повторения 13 имп./с наблюдалось изменение периода колебаний десятидневной динамики дневной двигательной активности относительно динамики ЛО животных (рисунок 1).

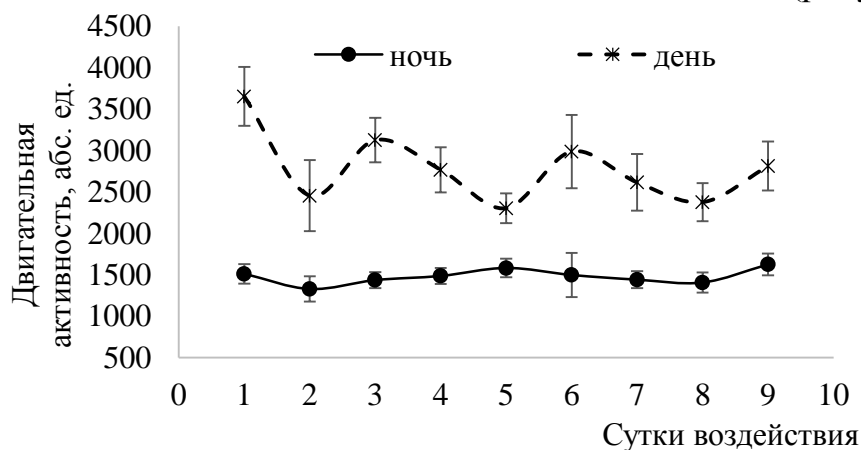


Рис. 1. Динамика общей двигательной активности лабораторных мышей после облучения головного мозга ИПМИ с пППМ  $1500 \text{ Вт/см}^2$  и частотой повторения 13 имп./с.

Ночная динамика во всех группах животных (облученных и ложнооблученных) оставалась неизменной. У ЛО животных дневная динамика имела периодичность 6-7 суток (рисунок 2), а в течение воздействия ИПМИ периоды колебаний у животных, облученных с частотой повторения 13 имп./с, укоротились и оказались в несколько раз меньше, составив 2-3 суток (рисунок 2).

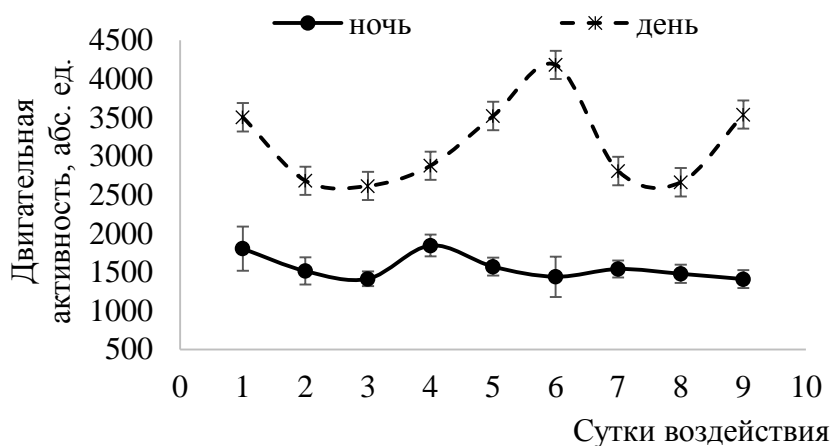


Рис. 2. Динамика общей двигательной активности ложнооблученных лабораторных мышей

Таким образом, из полученных результатов следует, что воздействие ИПМИ с частотой повторения 13 имп./с наиболее эффективно влияет на деятельность головного мозга мышей. Это отображает факт влияния ИПМИ на деятельность головного мозга мышей. При этом импульсные микроволны, по-видимому, затрагивают структуры головного мозга, ответственные за формирование инфрадианных ритмов (циркасептанные ритмы с периодом  $7 \pm 3$  сут) [7]. Можно предположить, что в результате воздействия основной ритм колебательной активности 6-7 суток (рисунок 2) трансформируется в более короткий – 2-3 суток (рисунок 1). Формально это соответствует выделению второй гармоники относительно основного колебательного процесса, что может быть обусловлено изменением ритма двигательной активности. Не исключено, что это опосредовано не только влиянием излучения на задатчик ритмов в головном мозге мышей, но и определенным изменением взаимоотношений между животными в течение эксперимента с облучением. Полученные результаты имеют принципиально важное значение с точки зрения хронофизиологии, поэтому нуждаются в дальнейшем и более глубоком и детальном изучении.

#### Список литературы

1. Мельников А.В., Куликов М.А., Навикова М.Р., Шарова Е.В. Изменения спонтанной биоэлектрической активности головного мозга при транскраниальной электрической и электромагнитной стимуляции // Журнал высшей нервной деятельности им. Павлова. 2004. № 5. С. 712-717.
2. Суханов Д.Я., Кривова Н.А., Ходанович М.Ю. Рекламно-техническое описание. Программа оценки двигательной активности крыс в ограниченном прямоугольном пространстве по цифровому видеоизображению «Mouse Express». Свидетельство ОФЕР-НиО № 15873 от 16.06.2010. Томск, 2010. 5 с.
3. Ходанович М.Ю., Гуль Е.В., Зеленская А.Е., Пан Э.С., Кривова Н.А. Влияние долговременного ослабления геомагнитного поля на агрессивность лабораторных крыс и активацию опиоидергических нейронов // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2013. № 1 (21). С. 146-160.
4. Кереев А.В., Большаков М.А., Замощина Т.А., Кутенков О.П., Ростов В.В., Светлик М.В., Ходанович М.Ю. Двигательная активность лабораторных мышей после воздействия наносекундными импульсно-периодическими микроволновым и рентгеновским излучениями // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 4-1. (35). С. 14-19.

5. Euro guide on the accommodation and care of animals used for experimental and other scientific purposes (Based on the revised Appendix A of the European Convention ETS 123) FELASA: Federation of European Laboratory Animal Science Associations, London, UK. 2007. 17 p. www.felasa.eu.

6. Klimov A.I., Eltchaninov A.A., Konobeeva E.Yu. Measurements of Parameters of X-Band High-Power Microwave Pulses // Russ. Phys. J (Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Fiz). 2006. V. 49, No. 11, P. 431-434.

7. Halberg F., Engeli M. et. al. Spectral resolution of low-frequency, small amplitude rhythms in excreted 17-ketosteroids; probable androgen-induced circasepten desynchronization // Acta Endocrinol. 1965. Suppl. 105. P. 5-54.

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПЕРЕСТРОЙКА ПИГМЕНТНОГО АППАРАТА РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ УВЕЛИЧЕННОГО СВЕТОВОГО ПЕРИОДА**

***Краснопивцева А.Н.***

бакалавр направления подготовки «Биология»,  
Курский государственный университет, Россия, г. Курск

***Белова Т.А.***

профессор кафедры общей биологии и экологии, д-р биол. наук,  
Курский государственный университет, Россия, г. Курск

Выявлены особенности функциональной перестройки пигментного аппарата растений бы *Betula endula*, произрастающих в условиях искусственно увеличенного светового периода.

*Ключевые слова:* фотопериодизм, длина светового дня, пигментный аппарат, хлорофиллы, каротиноиды, состояние покоя, инсоляция.

Главным фактором регуляции физиологических процессов у большинства древесных растений является изменение длительности светового периода. Как и любые живые организмы, они вынуждены приспосабливаться к варьированию количества данного источника энергии в вегетационном периоде. Зависимость от продолжительности длины светового дня, проявляемая растениями, называется фотопериодизмом. В связи с искусственным увеличением длительности светового дня во втором периоде вегетации изменяется характер фотопериодических явлений и интенсивность фотосинтеза. При оценке состояния растений немаловажное значение имеет способность фотосинтетического аппарата приспосабливаться к изменяющимся условиям окружающей среды. Наиболее достоверным и информативным критерием, характеризующим фотосинтетический аппарат, является его пигментный состав. Целью настоящей работы стало изучение особенностей перестройки пигментного аппарата растений *betula endula*, произрастающих вблизи уличных фонарей и освещенных окон домов.

Исследования проводили в период осеннего расцветивания листьев в условиях лесостепной зоны южной части Черноземья. Объектами исследова-

ния были выбраны особи растений *Betula endula*, произрастающие в условиях естественного освещения и особи, расположенные в условиях искусственного освещения. В парковой зоне растения испытывают более продолжительный период светового режима, чем в условиях естественного освещения. Измерения проводили на листьях среднего яруса. Для сравнительной характеристики их массы в зависимости от места произрастания производили их взвешивание. Содержание пигментов определяли в лабораторных условиях на спектрофотометре SHIMADZUUV-1800. Для определения соотношения объемной доли пигментов применяли метод разделения пигментов по Краусу [1].

Эффективность работы пигментного аппарата зависит от соответствия его структуры и функции экологическим условиям, в данном случае условиям освещения. Весовой анализ листьев *betula endula* свидетельствовал об уменьшении их массы у особей лесного массива. Их вес был на 22% ниже в сравнении с опытными экземплярами в момент исследования. Площадь листьев при этом имела обратный характер по причине их большей ксероморфности, что связано как с наличием дополнительного освещения, так и с лучшим освещением из-за отсутствия затенения соседних деревьев, характерное для лесной полосы. Уменьшение массы листовой пластинки связано с более быстрыми темпами подготовки листьев древесных растений лесного биоценоза к периоду покоя, то есть оттоку ассимилятов из фотосинтетических органов.

Более важным показателем, характеризующим изменение программы адаптации пигментного аппарата к условиям увеличенного светового периода, является пигментный состав листа. Содержание фотосинтетических пигментов имеет незначительную прямую связь с объемным соотношением полученных вытяжек ( $r = 0,63$ ,  $p < 0.05$ ).

Концентрация хлорофиллов у растений парковой зоны в расчете на единицу сухого веса листа в 1,6 раз больше лесных экземпляров, в то время как содержание каротиноидов увеличивалось в 2,3 раза, то есть в экосистеме с высоким уровнем солнечной инсоляции было отмечено более высокое содержание хлорофилла. Содержание каротиноидов положительно коррелировало с содержанием хлорофиллов, так как они являются обязательными компонентами пигмент-белковых комплексов I и II фотосистем. В наших исследованиях такая связь прослеживалась на уровне  $r = 0.73$ ,  $p < 0.01$ . Это может означать, что с изменением уровня освещенности изменяются функциональные свойства хлоропластов, связанные с составом фотосинтетических единиц, в светособирающий комплекс которых входят и каротиноиды.

Таким образом, у растений, произрастающих в идентичных почвенно-климатических, но в различных условиях длины светового периода, обнаружены некоторые функциональные перестройки пигментного аппарата в период осеннего расцветивания листьев. В листовых пластинках особей увеличенного светового периода выявлено увеличение количества хлорофиллов и каротиноидов, а так же изменение их соотношения, что связано с перестрой-

кой светособирающего аппарата и возрастанием роли каротиноидов как светозащитного комплекса.

#### Список литературы

1. Иванов Л.А., Иванова Л.А., Ронжина Д.А., Юдина П.К. Изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале // Физиология растений, 2013, №6. С. 856-864.

### МЕСТА ОБИТАНИЯ ЗООФИЛЬНЫХ МУХ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Круглов Д.С.*

аспирант института биотехнологии и ветеринарной медицины,  
Государственный аграрный университет Северного Зауралья,  
Россия, г. Тюмень

*Столбова О.А.*

доцент кафедры незаразных болезней сельскохозяйственных животных,  
канд. вет. наук, доцент, Государственный аграрный университет  
Северного Зауралья, Россия, г. Тюмень

Зоофильные двукрылые – это комплекс различных видов мух, которые имеет тесную ценотическую связь с животными на взрослой стадии развития. Они находят себе пищу на теле животного, а в некоторых случаях находят место пребывания для дальнейшего развития своего потомства. Пищевыми компонентами для них служит кровь, выделения экскретов и секретов. Развитие этих двукрылых может происходить в навозных ямах или других местах хранения экскрементов, в подстилках, кормах, пастбищах, в почве.

*Ключевые слова:* зоофильные мухи, сезонная активность, животноводство, суточная динамика.

Разведение и использование крупного рогатого скота занимает одну из важных отраслей сельского хозяйства, которая обеспечивает в дальнейшем население сельскохозяйственными продуктами, а именно мясом, молоком, шкурами и другими животными продуктами [1, 3, 5-7]. Зоофильные мухи, находящиеся в фауне молодняка, оказывают отрицательное влияние на рост живой массы и развитие в целом у подрастающего организма, они являются переносчиками болезней опасных как для животных, так и для человека, что способствует появлению у животных болезней, приводящих их к потере продуктивности, падежу и экономическому ущербу хозяйства в целом [1-5, 8-11].

На животноводческих фермах во время летнего периода появляется потребность в проведении ветеринарно-санитарных мероприятий по борьбе с паразитическими членистоногими, а в частности с зоофильными мухами [6-7].

Организация эффективности систем профилактики против зоофильных мух заключается в подавлении видового и численного состава на всех стадиях развития, начиная от яйца и заканчивая взрослой особью, для этого необходимо знать преимущественное место обитания на территории животноводческих ферм.

### **Цель работы**

Целью работы явилось изучение мест обитания зоофильных мух на территории Тюменской области.

### **Материалы и методы исследования**

Энтомологическое изучение и сбор зоофильных мух проводили на объектах ветеринарно-санитарного надзора ПК «Молоко» Нижнетавдинского района Тюменской области в 2015 году.

Изучение количественного состава производилось методом подсчета взрослых экземпляров мух с помощью клейких лент фирмы Селена наименование «Тайга». Объектами исследования послужили закрытого типа животноводческие помещения для содержания молодняка. Месторасположение клейких лент находилось в области окон, системы навозоудаления, дверных проемов, потолочного пространства и кормушек (рисунок).



Рис. Расположение клейких лент «Тайга»

Внимание было уделено молодняку крупного рогатого скота, так как они более восприимчивы к нападению двукрылых насекомых.

За период проведения эксперимента в помещениях для телят находилось 160 голов молодняка. Механизм навозоудаления был исправен на всем протяжении исследования, были соблюдены все санитарно-ветеринарные мероприятия по ликвидации выплода мух в помещении.

### **Результаты исследований**

В результате проведенных исследований в отношении зоофильных мух установлена изменчивость количественного состава особей в телятниках. Вначале мая численность их постепенно увеличивалась и к середине второй половины июля месяца исследований достигла пика, упадок был замечен лишь во второй половине сентября (таблица).

**Количественный показатель зоофильных мух в телятниках**

Месяц	Время	Место выплода		
		Зона потолка	Зона окон	Дверные проемы, кормушки, система навоза удаления
		Собрано имаго		
май	6.00-17.00	84	44	8
	17.0-6.00	32	32	5
июнь	6.00-17.00	112	53	13
	17.0-6.00	69	41	9
июль	6.00-17.00	136	64	17
	17.0-6.00	85	48	12
август	6.00-17.00	144	79	21
	17.0-6.00	97	36	11
сентябрь	6.00-17.00	115	57	14
	17.0-6.00	41	28	16
<i>Всего собранно по местам скопления с 6.00-17.00</i>		<i>591</i>	<i>297</i>	<i>73</i>
<i>Всего собранно по местам скопления с 17.00-6.00</i>		<i>324</i>	<i>185</i>	<i>53</i>
<i>Итого собранно по местам скопления</i>		<i>915</i>	<i>482</i>	<i>126</i>
<i>Общее число найденных имаго составило – 1523</i>				

В ходе исследований было установлено, что наибольшее количество взрослых экземпляров регистрировалось в потолочном пространстве над клетками, где содержался молодняк, и в области оконных проемов в утренние и дневные часы. При наступлении вечернего времени суток температура в помещении понижалась на 1 – 2<sup>0</sup>С, и место скопления мух перемещалось на лампы обогрева.

При исследовании была определена динамика активности имаго в зависимости от времени суток, месяцев и температурного режима, который колебался от плюс 23 до 25<sup>0</sup>С.

Следовательно, суточная динамика количества зоофильных мух в течение исследований была изменчива, с начала эксперимента преимущественным местом обитания являлась область потолочного пространства, которая насчитывала до 915 особей. Второе место по наибольшему количеству заняла область оконных проемов – до 482 особей. В остальных областях – в дверных проемах, у кормушек и систем навозоудаления количество зоофильных мух не превышало до 126 мух.

По данным таблице видно, что наибольшее количество имаго приходилось на потолочное пространство в период с 6:00 до 17:00 вечера и составил 38,80% от общего количества найденных экземпляров, на зону окон 19,50%, на область дверных проемы, кормушек и систем навоза удаления 4,79%.

В дальнейшем наблюдался спад имаго с 17:00 часов до 6:00 утра: в области потолочного пространства рядом с лампами обогрева их процент от



общего количества составил 21,27%, у оконных проемов 12,15%, в области кормушек, дверных проемов и систем навозоудаления 3,47%.

Проанализировав полученные данные началом активности зоофильных мух можно считать месяц май, его количество найденных особей составило 205 экземпляров это 13,46% от общего числа, наибольший пик активности пришелся на август, который составил 388 мух (25,47%).

В месяце сентябрь наблюдался количественный упадок зоофильных мух в связи с окончанием летнего сезона, который составил 271 особь это 17,79% от общего количества найденных мух.

В результате проведенных исследований, были определены основные места выплода в помещениях для содержания телят, скопление имаго показало преобладание зоны потолочного и оконного пространства.

Из полученных данных следует, что время преобладания количественного состава зоофильных мух – это утренние и дневные часы.

### **Заключение**

Таким образом, нами были определены наибольшие точки скопления мух – это зона потолка, окон, дверных проемов, кормушек и систем навозоудаления.

Немаловажными факторами в борьбе с зоофильными мухами являются учет суточной активности в помещениях и места их скопления, что позволяет нам лучше рассмотреть и скорректировать профилактирующие меры. Следует отметить, что изменение численности и активности имаго напрямую зависит от температурного режима в помещении, сезонности и времени суток.

### **Список литературы**

1. Абуладзе К.И. и др. Паразитология и инвазионные болезни сельскохозяйственных животных. М.: Колос, 1982. 327 с.
2. Беклемишев В.Н., Дербенева-Ухова В.П. Некоторые данные по биологии мух в связи с разработкой методов борьбы // Гигиена и санитария. 1949. №5. С. 45-47.
3. Вахидова Д.С. Биологические основы борьбы с малой коровницей: Автореф. дис.канд. вет. наук. Самарканд, 1986. – 15 с.
4. Веселкин Г.А. Борьба с мухами на молочно-товарных фермах // Материалы по вет. арахно-энтомологии и вет. санитарии. Тюмень, 1969, Вып.1. – С. 185-189.
5. Дербенева-Ухова В.П. Мухи и их эпидемиологическое значение. М.: Медгиз, 1952. – 272 с.
6. Непоклонов А.А. Борьба с мухами на животноводческих фермах. М.: Госагропром СССР, 1985. – 5 с.
7. Непоклонов А.А. Защита животных от мух // Ветеринария. 1988. №6. С. 10-12.
8. Понамарев Н.М., Тихая Н.В., Носова О.Э. Экологические и фенологические особенности сезонной активности имаго зоофильных мух на территории алтайского края. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 7 (129). С. 89-92.
9. Сивков Г.С. и др. Защита крупного рогатого скота от патогенов// Методические рекомендации. – Тюмень, 2010. 152 с.
10. Сивков Г.С., Павлов С.Д., Домацкий В.Н., Глазунов Ю.В., Силиванова Е.А., Эргашев А.А., Левченко М.А., Балабанова Г.Ф., Коротаева О.А., Маслова Е.Н., Подшивалов Д.А. Методические рекомендации по дезинсекции и деакаризации животноводческих объектов ветеринарно-санитарного надзора. Тюмень, 2010. 36 с.

11. Столбова О.А., Глазунова Л.А., Никонов А.А., Глазунов Ю.В., Скосырских Л.Н. Насекомые и клещи – паразиты крупного рогатого скота в Северном Зауралье // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-12. С. 2650-2655.

## **ОСОБЕННОСТИ ГНЕЗДОВАНИЯ ХОХОТУНЬИ LARUS CACHINNANS НА ЮГО-ЗАПАДЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Лавриненко Е.С.*

студентка 4-го курса направления подготовки «Экология»,  
Оренбургский государственный педагогический университет,  
Россия, г. Оренбург

*Елина Е.Е.*

доцент кафедры общей биологии и МОБ, канд. биол. наук,  
Оренбургский государственный педагогический университет,  
Россия, г. Оренбург

В статье особенности гнездования хохотуньи мы рассматриваем суточную активность и характер гнездования в весенний период. На юго-западе Оренбургской области колония хохотуньи занимает малые искусственные водоемы. Прослеживается значительное увеличение численности исследуемой популяции, что связано с благополучными условиями обитания для вида.

*Ключевые слова:* чайка хохотунья, популяция, лимнофильный комплекс, суточная активность, особенности гнездования.

Юго-запад Оренбургской области представляет собой холмисто-увалистое междуречье Волги и Урала. Территория отличается резко континентальным климатом и незначительной естественной гидрологической сетью, состоящей в основном из малых рек и временных водотоков. Поэтому устойчивые лимнофильные комплексы формируются здесь в основном на малых искусственных прудах, созданных для противопожарных мер и для водопоя скота.

Наши исследования проводились на участке Таловская степь заповедника «Оренбургский». Гидрографическая сеть участка представлена верховьями рек Малая Садомка и Таловая. Однако в пределах заповедника они не имеют постоянного течения, и пересыхают к началу лета. Постоянным водоемом является искусственный противопожарный пруд, расположенный возле дома-кордона. Наличие именно этого водоема обеспечило присутствие в орнитофауне участка представителей лимнофильного комплекса [2, с. 66].

Лимнофильный комплекс представлен такими видами огарь, лысуха, кряква, чомга, хохотунья, серый гусь, белолобый гусь, лебедь-шипун, пеган-

ка, кряква, серая утка, широконоска, чирок-трескунок, красноглазая чернеть, хохлатая чернеть и составляет 41% от орнитофауны всего участка [1, с. 1691]. Ранее на данном участке заповедника отмечались только единичные кочующие особи чайки хохотуньи. Гнездование этого вида здесь отмечается нами только с 2014 года. На сегодня в лимнофильном комплексе хохотунья занимает первое место по численности и постепенно вытесняет другие виды.

Основной задачей нашего исследования явилось изучение численности, суточной активности и характер гнездования чайки хохотуньи в весенний период.

Исследование проводилось с 19 апреля по 4 мая 2016 года. Наблюдения велись с пожарной вышки на берегу водоема. Учитывалась численность хохотуньи каждый час в течение светового дня, характер распределения гнезд и гнездовое поведение птиц.

Хохотунья довольно крупная чайка, размах крыла составляет до 1,5 м. и весом более 1 килограмма. Название вида (хохотунья) обусловлено особенностью издаваемых звуков. Это резкий неприятный хохот.

Хохотунья – колониальная птица. Размеры колоний разнообразны, от нескольких десятков до нескольких сотен гнезд и в основном зависят от площади водоема и пригодных мест для гнездования [3, с. 83]. На юго-востоке Оренбургской области, на озере Айке отмечались колонии хохотуньи общей численностью до 500 гнезд [4, с. 156].

В период наблюдения на противопожарном водоеме общая численность колонии составляла 43 особи. Из них часть птиц была неполовозрелыми (известно, что эти чайки приступают к гнездованию на 4 год жизни), а большая часть колонии (половозрелые) была разбита на пары. К 4 мая все пары закончили кладки и уже приступили к высидыванию яиц. Однако по данным В.В. Морозова и др. (1999) на восточных озерах области к началу мая лишь небольшая часть колонии заканчивает кладку, а большинство гнезд еще пусты.

Мы выяснили, что обычно в кладке 1-3 яйца. Самка и самец насиживают их поочередно с интервалом 1-2 часа.

На водоеме нами было отмечено 18 гнезд, большинство из которых располагались на островках (рис.1). Расстояние между гнездами составляло от 60 см до 1 метра. В сравнении с литературными данными это очень высокая плотность гнездования [5, с. 262].

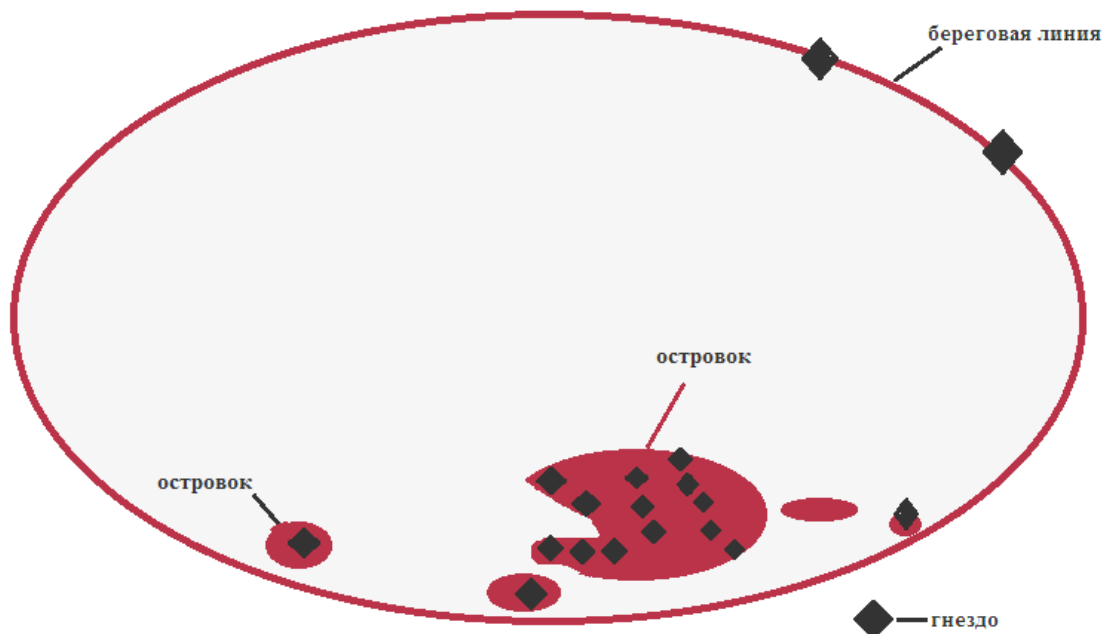


Рис. 1. Расположение гнезд на пожарном пруду

Мы проанализировали суточную активность хохотуньи и выявили, что большая часть птиц в течение дня держится у водоема, на гнездах и отлучаются лишь на непродолжительное время (таблица).

Таблица

**Динамика численности и распределение хохотуньи на водоеме в течение дня**

Время	Количество птиц	
	На островках	На воде
12:00	18	5
13:00	16	13
14:00	16	3
15:00	20	2
16:00	15	0
17:00	18	3
18:00	17	7
19:00	20	7
20:00	22	11
21:00	22	16
22:00	29	14
23:00	40	0

Вся колония собирается вместе только в вечернее время, а днем часть птиц (особенно молодые особи) улетает далеко от водоема в степь в поисках пищи (рис. 2). Вероятно, основной рацион питания данной популяции хохотуньи составляют мелкие млекопитающие, ящерицы, насекомые степи.

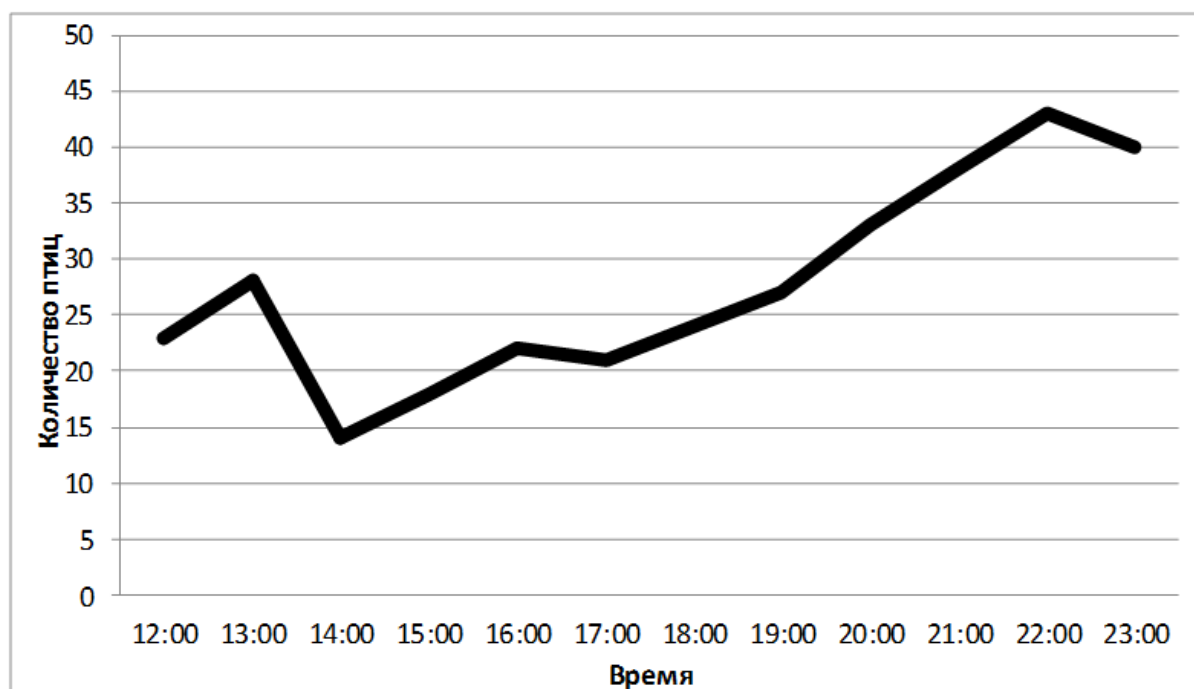


Рис. 2. Количество особей хохотуньи на водоеме в течение дня

В результате проведенных исследований мы пришли к выводу, что на юго-западе Оренбургской области хохотуньи занимают для гнездования малые искусственные водоемы. Увеличение численности исследуемой популяции вероятно, связано с благополучными условиями обитания для вида. В частности, оптимальный гидрологический режим пруда и отсутствие резких колебаний подъема воды во время весенних разливов не приводит к разрушению гнезд.

Вторым фактором, влияющим на увеличение численности хохотуньи, является наличие доступных пищевых ресурсов, в основном мелких степных животных. Из популяционных особенностей данной хохотуньи необходимо отметить высокую плотность гнездования и более ранние сроки насиживания.

Так как хохотунья является достаточно агрессивной и шумной птицей, отпугивающих других обитателей водоема. Мы предполагаем, что дальнейшее увеличение численности данной колонии, несомненно, приведет к снижению комплекса участка.

#### Список литературы

1. Барабазюк Е.Б. «Птицы участка «Галовская степь» Государственного природного заповедника «Оренбургский». Аннотированный список 1984-2014. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 5(5). 1691 с.
2. Степной заповедник "Оренбургский": физико-географические и экологические характеристики/РАН. Урал. отделение, ин-т экологии растений и животных, ОРЕБ. Отдел степного природопользования; отв. ред. А.А. Чибилев. – Екатеринбург, 1996. 166 с.
3. Чухарева И. П., Харитонов С. П. Гнездовой материал в колониях чайки-хохотуньи (*Larus cachinnans*) на островках водохранилища в окрестностях г. Миасса: компоненты и расположение гнезд / Поволжский экологический журнал. 2012. № 1. С. 83.
4. Морозов В.В., Корнев С.В. Заметки о птицах озера Айке / Фауна Урала и Сибири. 1999. № 4. С. 156.

5. Рябицев В.К. Птицы Урала. Предуралья и Западной Сибири: Справочник-определитель. – Екатеринбург : Изд-во Урал.2001. С. 262.

## **АНАЛИЗ ПАТОЛОГИЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ У КОШЕК В ГОРОДЕ ТЮМЕНИ**

***Наквасина А.В.***

аспирант института биотехнологии и ветеринарной медицины,  
Государственный аграрный университет Северного Зауралья,  
Россия, г. Тюмень

***Столбова О.А.***

доцент кафедры незаразных болезней сельскохозяйственных животных,  
канд. вет. наук, доцент, Государственный аграрный университет  
Северного Зауралья, Россия, г. Тюмень

Представлены результаты сезонного и породного аспекта заболеваний органов репродуктивной системы у кошек. Установлено, что патологии репродуктивной системы у кошек имеют широкое распространение и выявлены у 19,75% обследованных животных. Определен наибольший процент заболеваемости гнойным эндометритом в летний период – 30,26%, кистозными образованиями в весенний период – 32,06%.

*Ключевые слова:* кошки, эндометрит, матка, яичник, кистоз яичников, новообразование, молочные железы.

Заболевания репродуктивной системы мелких домашних животных в различных регионах России составляют 12-20% от общего числа заболеваний [1, 2, 5, 6, 10].

Владельцам питомцев предлагается в свободном доступе большое количество препаратов, подавляющих половую охоту. Как правило, это препараты на основе синтетических гормонов. Зачастую прием подобных препаратов происходит без контроля, что может сказываться на увеличении количества нарушений репродуктивной системы разного вида и степени, требующих диагностики и лечения [3, 4, 7, 8, 9].

Исследование сезонности заболеваний репродуктивной системы кошек позволяет своевременно применять профилактические, диагностические и лечебные методы в отношении различных патологий репродуктивной системы кошек.

### **Цель исследований**

Целью работы явилось выяснение современной ситуации по распространённости заболеваний репродуктивной системы у кошек в городе Тюмени.

### **Материалы и методы исследований**

Исследовательская работа выполнена в период с 2014-2016 гг. на базе кафедры незаразных болезней сельскохозяйственных животных Института биотехнологии и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО «Государственный аг-

рарный университет Северного Зауралья» и ветеринарной клиники «Верный друг» города Тюмени.

В период выполнения работы нами было обследовано 1326 кошек различных по полу и возрасту. Диагноз ставили на основании анамнеза, клинических признаков с различными поражениями половых органов (выделения из наружных половых органов, увеличение объема живота и т. д.) и функциональными нарушениями полового цикла, ультразвукографического исследования и диагностической лапаротомии. Статистический анализ проводили по показателю сезонной специфичности.

### Результаты исследований

В результате проведенных исследований нами выяснено, что из 1326 обследованных животных у 262 (19,75±1,135%) животных диагностировали патологию репродуктивной системы и молочных желез. В число этих заболеваний входили такие как: гнойный эндометрит, кистозные образования яичников, опухоли молочных желез (рисунок).

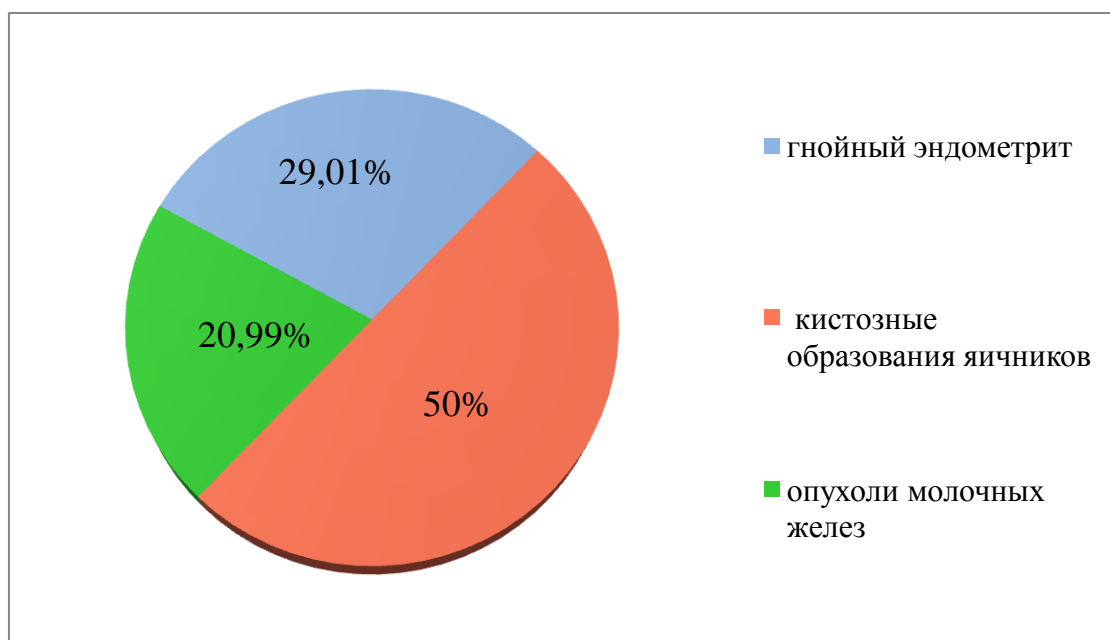


Рис. Встречаемость патологий у кошек, 2014-2016 гг.

Наибольший процент заболеваемости принадлежит кистозным образованиям яичников, которые встречались у 131 кошки (50,0%), в 76 (29,01%) случаях заболевания диагностирован гнойный эндометрит и 55 (20,99%) кошек были поражены опухолями молочных желез.

При изучении сезонности возникновения заболеваний репродуктивной системы кошек, установлено, что заболеваемость достигала максимальных значений в весенне-летние периоды, что могло быть связано с особенностью полового цикла в эти сезоны года (таблица).

**Сезонность заболеваний репродуктивной системы кошек, 2013-2016 гг.**

Название	Зима		Весна		Лето		Осень	
	Кол-во больных животных							
	голов	%	голов	%	голов	%	голов	%
Гнойный эндометрит	18	23,68± 0,457	19	25,0± 0,623	23	30,26± 0,612	16	21,05± 0,239
Кистозные образования яичников	20	15,26± 0,281	42	32,06± 0,745	34	25,95± 0,418	35	26,71± 0,632
Опухоли молочных желез	14	25,45± 0,615	15	27,27± 0,675	14	25,45± 0,609	12	23,81± 0,462

При анализе полученных результатов, установлено, что наибольшее количество случаев заболеваемости гнойным эндометритом ( $30,26\pm 0,612\%$ ) пришелся на летний период. Максимальное количество случаев заболевания кистозными образованиями яичников наблюдалось в весенние периоды и составило –  $32,06\pm 0,745\%$ . Опухоли молочных желез отмечали в процентном соотношении в диапазоне от  $23,81\pm 0,462\%$  до  $27,27\pm 0,675\%$  во все сезоны года без значительных колебаний.

**Выводы**

1. Патология репродуктивной системы городской популяции кошек имеет широкое распространение –  $19,75\pm 1,135\%$ .

2. Кистозные образования яичников встречались в 50,0 % случаев, гнойный эндометрит – 29,01% случаев и поражения молочных желез новообразованиями – 20,99% случаев.

3. Пик заболеваемости гнойным эндометритом отмечался в летний период, кистозных образований яичников – в весенний период.

**Список литературы**

1. Авданина Д. А., Андриюшина В. А., Лихотина С. В. Гормональная контрацепция для домашних животных // Ветеринар. 2005. – № 1. – С. 18-19.
2. Биорж В. Стерилизованные кошки // Ветеринар. 1999. – №2. – С. 18-31.
3. Войналович А.С., Романюк А.И. Сравнительная оценка методов лечения пиометры у кошек. // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины Крымский агротехнологический университет. Серия: Ветеринарные науки. 2012. № 148. С. 67-71.
4. Глаз А.В., Кремлев Е.П. Влияние пролонгированных гормональных препаратов на секреторную активность яичников и щитовидной железы // Вет. и зооинж. пробл. в животноводстве и науч.-метод. обеспечение учеб. процесса Минск, 1997. – С. 89-91.
5. Емельянова Н. С. Эндометриты домашних плотоядных (диагностика, лечение и профилактика): Автореф. дис. канд. вет. наук. – Екатеринбург, 2007. – 23 с.
6. Иваловская И.А., Марова Е.И. Клинико-физиологические основы гинекологии. // Акушерство и Гинекология. 2000. – №5. – С. 42-44.
7. Рычапова Л.С., Маслова Е.Н. Влияние гормональных контрацептивных препаратов на патологии матки у кошек // В сборнике: Перспективы развития апк в работах молодых учёных Сборник материалов региональной научно-практической конференции молодых учёных. 2014. С. 79-82.



8. Скосырских Л.Н., Коротаева О.А. Изучение некоторых показателей крови здоровых животных // В сборнике: Молодые ученые в решении проблем АПК: Материалы конференции молодых ученых. 2003. С. 54-56.

9. Столбова О.А. Сезонная динамика демодекоза собак в условиях города Тюмени // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2014. Т. 220. №4. С. 215-219. Возрастная и породная специфичность демодекоза собак в условиях города Тюмени // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 1372.

10. Ямин В.В. Эхографическая характеристика матки у кошек при некоторых патологиях // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. 2015. № 13. С. 125-128.

## **РОЛЬ ХИМИЧЕСКИХ МУТАГЕНОВ В СЕЛЕКЦИИ КУКУРУЗЫ НА МНОГОПОЧАТКОВОСТЬ**

*Паритов А.Ю.*

заведующий кафедрой физиологии, генетики и молекулярной биологии,  
канд. биол. наук, доцент, Кабардино-Балкарский государственный  
университет им. Х.М. Бербекова, Россия, г. Нальчик

В статье приводятся результаты оценок параметров количественных признаков, новых и перспективных для Кабардино-Балкарии многопочатковых линий кукурузы. Показано, что в генетическом контроле признака “число початков с растения” у изученных линий установлено неполное доминирование, а по урожайности зерна – сверхдоминирование и симметрия в распределении доминантных и рецессивных аллелей. В работе также проведено молекулярно-генетический анализ самоопыленных линий кукурузы селекции КБГУ был проведен серией RAPD-праймеров.

*Ключевые слова:* кукуруза, многопочатковые линии, генетический анализ, доминирование, RAPD анализ.

Кабардино-Балкария издавна считается одним из основных производителей кукурузы. Линии и гибриды кукурузы, выведенные в республике, считаются высокопродуктивными, устойчивыми к заболеваниям, полеганию и другим неблагоприятным факторам среды. Вместе с тем резервы продуктивности этой культуры еще далеко не исчерпаны. К числу важнейших решаемых проблем в создании новых, более урожайных гибридов следует отнести исследования, связанные с получением исходного материала кукурузы с 2-3-мя початками на одном растении и введение этого признака в гибриды. Широко применяются химические мутагены и другие факторы с целью повышения генотипического разнообразия исходного материала. Вопрос о развитии нескольких зачаточных початков на кукурузном растении имеет большое значение в решении проблемы создания урожайных гибридов с двумя и большим числом початков. При этом следует отметить, что растение, у которого созревает 2-3 початка и 3-4 початка находится в стадии молочно-восковой спелости является универсальным для получения зерна и силоса.

Результаты нашего анализа показывают, что продуктивность у многопочатковых растений не только не меньше, а наоборот, много больше массы початков, полученных от однопочатковых растений. По размеру первые початки от многопочатковых растений были в большинстве крупные и в целом не уступали початкам, полученным от однопочатковых растений [1, с. 23].

В связи с этим внимание селекционеров уже давно обращено к проблеме увеличения числа двухпочатковых растений, которые в условиях сильной кратковременной засухи компенсируют бесплодие верхнего початка, развитием нижнего (второго) початка [2, с. 195].

Учеными КБГУ в течение более 50 лет проводятся исследования по изучению генетических аспектов кукурузы: селекция многопочатковых линий и гибридов, проведение их генетической оценки, изучение морфологических особенностей, молекулярно-генетическое исследование самоопыленных линий кукурузы с помощью RAPD-метода.

Нами было установлено, что у растений, склонных к развитию многостебельной, а также многопочатковой кукурузы верхние зачаточные початки уже на ранних этапах органогенеза развиваются синхронно и завершают онтогенетический цикл одновременно. Более того, у них наблюдаются определенные закономерности в формировании листовой поверхности, в линейных размерах очередных междоузлий. Результаты исследований [3, с. 14; 4, с. 5; 50 с. 36; 6, с. 113] свидетельствуют о том, что по морфофизиологическим данным можно прогнозировать уровень развития многопочатковости у создаваемого исходного материала уже на ранних этапах органогенеза и устанавливать потенциал продуктивности линий и гибридов кукурузы; полученные спектры RAPD-фрагментов для каждой линии кукурузы позволяет их в дальнейшем идентифицировать, дифференцировать, устанавливать чистоту линий и проводить сравнительный анализ с аналоговыми линиями других источников без длительных полевых работ [7, с. 791]. Возможность проведения этих работ в лабораторных условиях ускорит ведение селекционных работ и повысят их эффективность. Определение генетических дистанций между линиями облегчит подбор родительских пар в гибридных комбинациях и, возможно, позволит прогнозировать гетерозис без многолетних полевых испытаний [8].

Нами в 2010-2016 годах была проведена оценка генетических параметров по двум показателям: среднему числу початков на главном стебле и урожаю зерна с растения. Отбор линий по признаку число початков на главном стебле позволил, как было уже отмечено, выделить ряд линий, характеризующихся стабильным формированием у них в течение 10-12 лет около двух и более числа початков, некоторые из них послужили в данной работе материалом для генетического анализа этого признака в системе диаллельных скрещиваний. Вместе с тем, мы исходили из того, что этот признак контролируется рецессивными аллелями, может быть и некоторыми доминантными. У гибридов в большинстве случаев по литературным данным и по результатам многолетних исследований наших гибридов не проявлялось полное доминирование двухпочаткового родителя, а гибриды имели промежуточный

характер исследования по числу початков. Этим, по-видимому, объясняется и отсутствие гетерозиса между такими линиями. Разница между средней родительских линий (P) и общей средней всего потомства F<sub>1</sub> оценивает среднее направление доминирования, что свидетельствовала об отсутствии гетерозиса.

По крайней мере, одна группа доминантных генов контролирует признак “число початков” и они проявляют некоторую степень доминирования. Значения доминантных и рецессивных определяющих признак аллелей распределены между родительскими линиями асимметрично.

По данным Шмараева [9, с. 145] система генетического контроля признака “число початков на растении” в значительной мере определяется условиями выращивания кукурузы. В разреженном посеве основную роль в генетическом контроле изучаемого признака играют гены, проявляющие аддитивное действие. Генетические компоненты, характеризующие доминирование, в этих случаях были несущественны.

Урожай зерна является наиболее сложным количественным признаком. В литературе имеются разные мнения о значении компонентного анализа в интерпретации наследования и генетического контроля этого признака.

Оценка, измеряющая аддитивные эффекты генов, значительно меньше оценки, измеряющей доминантные эффекты. На основании отношения аддитивных и доминантных генов можно сделать заключение о том, что при наследовании данного признака у исследуемой группы линий преобладает сверхдоминирование. Исходя из экспериментальных данных видно, что по крайней мере, шесть генов или блока генов проявляют доминирование.

В результате показано, что в генетическом контроле признака “число початков с растения” у изученных линий установлено неполное доминирование и асимметрия в распределении доминантных и рецессивных генов, по-видимому, существуют гены, контролирующие как высокое, так и низкое число формирующихся початков на растении; генетическом контроле признаков “урожайность зерна” у линий установлено сверхдоминирование и симметрия в распределении доминантных и рецессивных аллелей, причем доминирование направлено на увеличение признака.

Молекулярно-генетический анализ самоопыленных линий кукурузы селекции КБГУ был проведен серией RAPD-праймеров. По результатам амплификации были отобраны 6 наиболее информативных праймера (OPA 01, OPA 02, OPA 08, OPN 07, OPN 13, OPF 06). В RAPD анализ включены самоопыленные линии кукурузы и их родительская форма Юбилейная-50 для установления генетических дистанций между линиями и между линиями и родительской формой после обработки мутагенами и многолетнего самоопыления.

В ходе исследований выявлено и проанализировано 29 локусов. Размеры полученных ампликонов варьировали в пределах от ~125 до ~2500 п.н. Для Юбилейной-50 выявлен уникальный ампликон по локусу OPF 06 950, который в дальнейшем может служить маркером для идентификации данного сорта. Выявлены различия между подлиниями 8 (9) и 8 (11), что говорит о ге-

терогенности этой линии. На основании результатов анализа считаем необходимым выделение их в самостоятельные линии.

На основании суммарной матрицы RAPD-спектров с помощью программы Treemap определены генетические дистанции между самоопыленными линиями кукурузы селекции КБГУ и родительским сортом Юбилейная-50. В результате анализа полученной дендрограммы выявлена внутрилинейная однородность анализируемого материала. Это подтверждается общностью происхождения исследуемых образцов линий кукурузы.

Под действием химических мутагенов и многолетнего самоопыления линии приобрели специфичные нуклеотидные последовательности, что и обуславливает выявление специфического для каждой линии RAPD-спектра ДНК фрагментов и определяет генетические дистанции на дендрограмме.

На дендрограмме видно, что после многолетней селекции более всего отличаются от исходной родительской формы линии 8 и 9. Более сходны с родительской формой линии 4, 6 и 30. Наибольшая генетическая дистанция выявлена между линиями 4 и 9. На основе полученных данных возможно дальнейшее проведение полевых опытов по установлению обоснованности прогнозирования гетерозиса по результатам RAPD-анализа и выявленных генетических дистанций.

#### Список литературы

1. Кереев К.Н. Биологические основы растениеводства. М.: Высшая школа, 1982. С. 408.
2. Казанков А.Ф., Пономаренко Л.А. Результаты селекции гибридной кукурузы на двухпочатковость // Материалы IX заседания ЕУКАРПИЯ, секция селекция кукурузы и сорго. Краснодар, 1977. С. 195-204.
3. Кереев К.Н., Куперман Ф.М., Шауцуков З.Х. Морфофизиологический анализ однопочатковых и многопочатковых форм кукурузы // Ученые записки КБГУ. Нальчик, 1962. С. 14-22.
4. Кереева М.К. Развитие и рост кукурузы в условиях вертикальной значимости КБАССР. Нальчик: Книжное из-во, 1961. С. 131.
5. Гидова Э.М. Потенциальная продуктивность початка кукурузы и пути её реализации // Вестник КБГУ, серия: биологические науки, выпуск 2. Нальчик. 1997. С. 36-37.
6. Шагиров Л.М. Изучение стабильности некоторых показателей продуктивности одно- и двухпочатковых самоопыленных линий кукурузы в разные годы исследования // Сборник научных трудов: Эколого-флористические исследования Северного Кавказа. Нальчик, 1987. С. 113-120.
7. Паритов А.Ю. Селекция на многопочатковость как один из методов повышения урожайности кукурузы // Известия Самарского научного центра РАН. Самара. 2010. С. 791-795.
8. Паритов А.Ю., Айшаева З.М., Алоева Б.А. Оценка компонентов генетической вариации на основе данных диаллельных скрещиваний // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3; URL: <http://www.science-education.ru/123-19102/> (дата обращения: 18.05.2015).
9. Шмараев Г.Е. Генетика количественных и качественных признаков кукурузы. СПб: изд. ВИР, 1995. 168 с.

## К ИЗУЧЕНИЮ БАЛОБАНА В АЛТАЙСКОМ КРАЕ *FALCO CHERRUG J.E. GRAY, 1834*

**Полежаев А.В.**

студент, Алтайский государственный  
гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина,  
Россия, г. Бийск

Балобан – редкий гнездящийся в Алтайском крае и некоторых других регионах сокол, занесен в Красные книги разных уровней. Ранее обитал во всех степных и лесостепных районах Алтайского края. В настоящее время численность балобана сократилась в десятки раз и он уже не гнездится в междуречьях Чарыша и Ануя, Бии и Катуня, на большей части Бие-Чумышской возвышенности. Численность сокола не превышает 140 пар. К первоочередным мерам охраны балобана в Алтайском крае можно отнести исключение незаконного вывоза диких соколов за границу, усиление штрафных санкций за отстрел и отлов взрослых птиц, а также целевое финансирование исследований по биологии, разведению и реинтродукции балобана.

*Ключевые слова:* балобан, Алтайский край, ареал обитания, численность, меры охраны.

Балобан – *Falco cherrug* J.E. Gray, 1834, относящийся к отряду Falconiformes – Соколообразные и семейству Falconidae – Соколиные, редкий, гнездящийся в Алтайском крае и некоторых других регионах вид [3]. Занесен в Красные книги разных уровней. Имеются основания считать балобана перелетным, хотя на Алтае этот сокол отмечается и в холодное время года. В российской части ареала балобан населяет лесостепь, южные окраины лесной зоны, островные леса в степях, предгорья и склоны гор южной части страны [8]. На юго-востоке Забайкалья – частично оседлый вид. В отдельные зимы концентрируется здесь на узкой полосе, не превышающей 10 км вдоль государственной границы с Монголией, в основном, на сельскохозяйственных угодьях, вблизи овцеводческих ферм, на необрабатываемых пахотных землях, заросших сорняками, где обитает бородатая куропатка, представляющая пищевой объект для балобана. С ростом численности куропатки увеличивается численность балобана, иногда в два раза, достигая значительных показателей – 0,5 особей на 1 км<sup>2</sup> [6].

Балобан – крупный сокол, масса самок достигает 1,5 кг, самцы гораздо легче – до 1 кг. Балобан имеет своеобразный окрас туловища: верхняя сторона тела бледно – или серовато-бурая. Голова несколько светлее. Нижняя часть тела также светлая, с более или менее заметными каплевидными пестринами. Бывают случаи, когда встречаются птицы с темно-бурой окраской нижней части тела или с очень светлой головой. Отличие сапсана от балобана заключается в том, что второй более крупный, сложение его тела менее плотное, характеризуется меньшей яркостью окраски и слабо выраженными “усами”, от кречета отличается рыжеватыми тонами в окраске [12].

Гнездовой ареал балобана широкий – охватывает территорию от Венгрии вплоть до Забайкалья [8, 10]. Ранее этот сокол обитал практически по-

всеместно в степной и лесостепной зонах Алтайского края [1]. Во второй половине XX в. балобан регулярно гнезился на территории Бие-Чумышской возвышенности, в междуречье Бии и Катунь; в степях Кулунды; в верховье Барнаулки и у города Барнаула. Сокол наблюдался на гнездовье на Коксуйском и Коргонском хребтах; в Локтевском районе, в том числе в одноименном заказнике; Алейском, Угловском районах. Во время гнездования был известен в Панкрушихинском, Косихинском, Волчихинском, Краснощековском, Курьинском, Смоленском, Ельцовском и Кытмановском районах [9].

В последнее десятилетие отмечен в Третьяковском, Бурлинском районах [9]. Материалы анкетирования 2004 г. к данным районам добавляют еще и Мамонтовский, а также Советский районы. Исследования ученых Сибэкоцентра (г. Новосибирск) и Центра полевых исследований (г. Нижний Новгород) показали, что 12 лет назад на территории Алтайского края балобан гнезился в Барнаульской и Касмалинской боровых лентах, а также в предгорьях Западного Алтая. Однако в настоящее время он уже не гнездится в междуречьях Чарыша и Ануя, Бии и Катунь, на большей части Бие-Чумышской возвышенности. В период сезонных миграций балобан пока еще встречается на всей территории края. Зимующие особи этого сокола держатся в местах скопления голубей и других птиц.

Для местообитания балобана необходимо сочетание высокоствольных участков леса, где располагаются гнезда и открытые пространства с низким травостоем, где соколы охотятся [12]. В соответствии с этими особенностями балобан заселяет лесостепные ландшафты, колочные степи, опушки лесных массивов. В предгорьях гнезда сокола могут размещаться не только на деревьях, но и на скальных обнажениях.

Численность и тенденции ее динамики. Балобан – один из самых угрожаемых видов на Алтае из-за высокого спроса на него любителей соколиной охоты в арабских странах [4]. Прогнозы, основанные на результатах исследований и разных сценариях, говорят о том, что игнорирование чрезвычайных мер охраны балобана может привести к вымиранию его в течение ближайших 15 лет. Об этом говорят следующие факты. Примерная численность балобана на Западно-Сибирской равнине составляла в конце 1980-х гг. 1 тыс. особей. В 2003-2004 гг. относительно благополучная ситуация сложилась в равнинной части Алтайского края [9]. Здесь обнаружено 32 жилых гнезда балобанов. Четыре гнездовых участка зафиксировано в западных предгорьях Алтая. Экстраполируя результаты исследований на гнездопригодную территорию, авторы цитируемых работ оценивают численность балобана в предгорьях Западного Алтая в 33-34 пары, на Бие-Чумышской возвышенности – в 2-3, и в боровых лентах Обского левобережья – в 58-85 пар, что в совокупности составляет в крае всего 99-140 пар. Таким образом, сейчас численность балобана сократилась в десятки раз [4, 7].

Первостепенные лимитирующие факторы [4, 7, 9]: ухудшение среды обитания из-за усиливающейся хозяйственной деятельности; сокращение ареала и численности сусликов [5] и других грызунов, так как это ухудшило кормовую базу, а применение ядохимикатов негативно отразилось на раз-

множении птиц. Наибольшее влияние на численность популяции балобана оказывает разорение гнезд и незаконный отлов птиц, браконьерский отстрел.

Особенности биологии [2, 12]. Большинство балобанов вне времени гнездования совершают более или менее регулярные кочевки. Часть птиц, особенно самцы, ведут оседлый образ жизни. Начинают размножаться соколы в основном на 3-м году жизни. Пары постоянны. Гнездовые участки балобаны используют многие годы. К гнездованию приступают в конце марта – начале апреля. Гнезд не строят, занимая постройки врановых или хищных птиц. В Алтайском крае балобаны часто используют гнезда могильника. В кладке обычно 4–5 яиц. Насиживает в основном самка со 2–3-го яйца 34–35 дней. Птенцов балобаны выкармливают сусликами, полевками, пищухами [2, 12], а также мелкими птицами: воробьями, жаворонками, куропатками [6].

Птенцы покидают гнездо в возрасте около 6 недель и почти месяц держатся вблизи. В августе уже самостоятельные молодые балобаны начинают кочевать. Основу питания соколов летом в Алтайском крае составляют краснощекий и длиннохвостый суслики [2, 7], а также степная пищуха, хомяки, полевки, мелкие и средние птицы. С сентября доля грызунов в питании снижается, а птиц – нарастает. Зимой балобаны становятся орнитофагами, их добычей являются голуби, врановые и куропатки.

В России функционируют три питомника, где ежегодно размножаются балобаны. В питомнике редких птиц “Алтай Фалькон” (г. Барнаул) размножаются более двадцати пар. В отдельные годы природные популяции балобанов пополняются десятками соколов, выведенными в этом питомнике [В.Н. Плотников, личн. сообщ.].

Необходимые меры охраны [1, 2, 4, 7–9]. Исключить незаконный вывоз диких соколов за границу, усилить штрафные санкции за отстрел и отлов взрослых птиц, изъятие из гнезд яиц и птенцов. Финансирование исследований по биологии, разведению и реинтродукции балобана в Алтайском крае. Возможна также реинтродукция его на базе Тигирекского заповедника, Чинетинского заказника, ленточно-боровых заказников: Егорьевского, Волчихинского, Мамонтовского, Касмалинского, Кулундинского, Завьяловского, Корниловского, Алеусского и Панкрушихинского, а также проектируемого национального парка Горная Колывань [11].

#### Список литературы

1. Важов В.М., Важов С.В., Бахтин Р.Ф. К вопросу об экологии соколообразных и совообразных в агроландшафтах Алтайского края // Мир науки, культуры, образования. 2015. № 1. С. 398–400.
2. Важов С.В. Экология и распространение соколообразных и совообразных в предгорьях Алтая: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Барнаул, 2012. 22 с.
3. Важов С.В., Бахтин Р.Ф. Первый случай гнездования балобана на опоре ЛЭП в Алтайском крае // Актуальные вопросы изучения и охраны животного мира: труды Тигирекского заповедника. Вып. 7. Барнаул, 2015. С. 247–249.
4. Важов С.В., Бахтин Р.Ф., Важов В.М. О статусе некоторых видов птиц в Красной Книге Алтайского края // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 4-2. С. 504–506.

5. Важов С.В., Бахтин Р.Ф., Важов В.М. О необходимости внесения краснощекого суслика в Красную Книгу Алтайского края // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 4-2. С. 500–503.
6. Васильченко А.А. Цасучейско-Торейский республиканский зоологический заказник и его задачи по охране животного и растительного мира // Природа Цасучейско-Торейского заказника. Чита, 1983. С. 23–28.
7. Карякин И.В., Николенко Э.Г., Важов С.В., Митрофанов О.Б. Результаты мониторинга популяции балобана в Алтае-Саянском регионе в 2009–2010 годах, Россия // Пернатые хищники и их охрана. 2010. № 19. С. 136–151.
8. Красная книга Российской Федерации (животные). М: АСТ, Астрель, 2001. 863 с.
9. Красная книга Алтайского края. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. Т. 2. Барнаул: ОАО «ИПП «Алтай», 2006. 211 с.
10. Степанян Л.С. Состав и распространение птиц фауны СССР. М.: Наука, 1975. 367 с.
11. Русанов Г.Г., Важов С.В., Бахтин Р.Ф. Колыванское озеро: происхождение, геоморфология, экология: монография. Бийск: ФГБОУ ВО «АГГПУ», 2016. 168 с.
12. Рябицев В.К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири: справ. – определитель. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008. 634 с.

## **СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ АМИЛОИДНЫХ ФИБРИЛЛ НА ОСНОВЕ ЛИЗОЦИМА, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ФИБРИЛЛОГЕНЕЗА, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТИОФЛАВИНА Т**

***Родина Н.П.***

лаборант-исследователь, Институт цитологии РАН,  
студентка, Санкт-Петербургский политехнический универси-  
тет Петра Великого, Россия, г. Санкт-Петербург

***Сулацкий М.И.***

старший лаборант-исследователь,  
Институт цитологии РАН, Россия, г. Санкт-Петербург

***Поварова О.И.***

старший научный сотрудник, к.б.н.,  
Институт цитологии РАН, Россия, г. Санкт-Петербург

***Сулацкая А.И.***

научный сотрудник, к.б.н.,  
Институт цитологии РАН, Россия, г. Санкт-Петербург

Целью настоящей работы стало исследование полиморфизма амилоидных фибрилл на основе лизоцима, накопление которых в организме способствует развитию системного лизоцимового амилоидоза. Амилоидные фибриллы были получены при различных условиях фибриллогенеза: путем инкубирования лизоцима в 20% уксусной кислоте в присутствии 100 мМ NaCl (pH=2) при температуре 37°C и в 100мМ KН<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>-NaOH в присутствии 3М GdnCl (pH=7) при температуре 57°C. Основным подходом к сравнительному изучению структуры полученных амилоидных фибрилл стало исследование их взаимодействия



со специфическим флуоресцентным зондом тиофлавином Т (ThT) с использованием специально разработанной методики, основанной на подготовке исследуемых растворов методом равновесного микродиализа. На основании полученных результатов сделано заключение о том, что обнаруженные различия параметров связывания ThT с амилоидными фибриллами на основе лизоцима, полученными при различных условиях фибиллогенеза, и характеристик связанного красителя, свидетельствуют о различиях в структуре исследуемых амилоидных фибрилл, которые, в свою очередь, могут являться причиной различной цитотоксичности этих белковых агрегатов.

*Ключевые слова:* амилоидные фибриллы, лизоцим, тиофлавин Т, параметры связывания, абсорбционная и флуоресцентная спектроскопия, равновесный микродиализ.

Долгое время считалось, что переход между нативным и денатурированным состоянием белковых молекул является обратимым, в связи с чем процессам агрегации белков при фолдинге не уделялось должного внимания. Ситуация резко изменилась, когда стало очевидным, что возникновение упорядоченных белковых агрегатов – амилоидных фибрилл сопряжено с возникновением многих тяжелых заболеваний, таких как болезни Альцгеймера и Паркинсона, прионные заболевания, диабет и др. [1, 2]. Несмотря на различие структуры и функций амилоидогенных белков, все формируемые на их основе амилоидные фибриллы представляют собой бета-тяжи, закрученные в спираль, диаметр которой составляет 10-20 нм, а длина – около 1000 нм [3]. В то же время, исследования последних лет показали, что структура и свойства амилоидных фибрилл, полученных на основе различных белков и даже на основе одного и того же белка, могут различаться. Целью настоящей работы стало исследование полиморфизма амилоидных фибрилл на основе лизоцима, накопление которых в организме способствует развитию системного лизоцимового амилоидоза.

Амилоидные фибриллы на основе лизоцима были получены при различных условиях фибриллогенеза: путем инкубирования белка в 20% уксусной кислоте в присутствии 100 мМ NaCl (pH=2) при температуре 37°C и в 100мМ KН<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>-NaOH в присутствии 3М GdnCl (pH=7) при температуре 57°C. Основным подходом к сравнительному изучению полученных амилоидных фибрилл стало исследование их взаимодействия со специфическим флуоресцентным зондом тиофлавином Т (ThT), который широко и эффективно применяется для диагностики образования фибрилл [4]. Сложность в изучении взаимодействия ThT с амилоидными фибриллами состоит в том, что раствор красителя с фибриллами представляет собой равновесную систему свободного и связанного с фибриллами ThT. Для определения параметров связывания красителя с амилоидными фибриллами необходимо иметь информацию о концентрации каждой из фракций красителя. Для решения этой задачи был использован ранее разработанный нами подход [5, 6], основанный на спектроскопическом исследовании растворов, подготовленных методом равновесного микродиализа. Полученные с использованием данного подхода результаты были представлены в координатах Скетчарда (рисунок), что позволило показать существование двух мод (типов) связывания (*i*) и

определить константы связывания ( $K_{bi}$ ) и количество мест связывания ( $n_i$ ) красителя с амилоидными фибриллами лизоцима (таблица). Существование моды связывания с константой связывания порядка  $\sim 10^4 \text{ M}^{-1}$  может быть обусловлено встраиванием молекулы ThT в бороздки, образованные боковыми цепями аминокислотных остатков амилоидных фибрилл вдоль длинной оси их волокна перпендикулярно бета-листам (модель Кребса [7]). Существование второй моды связывания с более высокой константой связывания ( $\sim 10^6 \text{ M}^{-1}$ ) может быть обусловлено взаимодействием красителя с агрегатами амилоидных фибрилл лизоцима, существование которых было показано нами методом электронной микроскопии.

Результаты, полученные с использованием абсорбционной и флуоресцентной спектроскопии растворов, полученных методом равновесного микродиализа позволили также определить коэффициенты молярной экстинкции ( $\epsilon_i$ ) и квантовые выходы флуоресценции ( $q_i$ ) ThT, взаимодействующего с каждой из обнаруженных мод связывания (таблица).

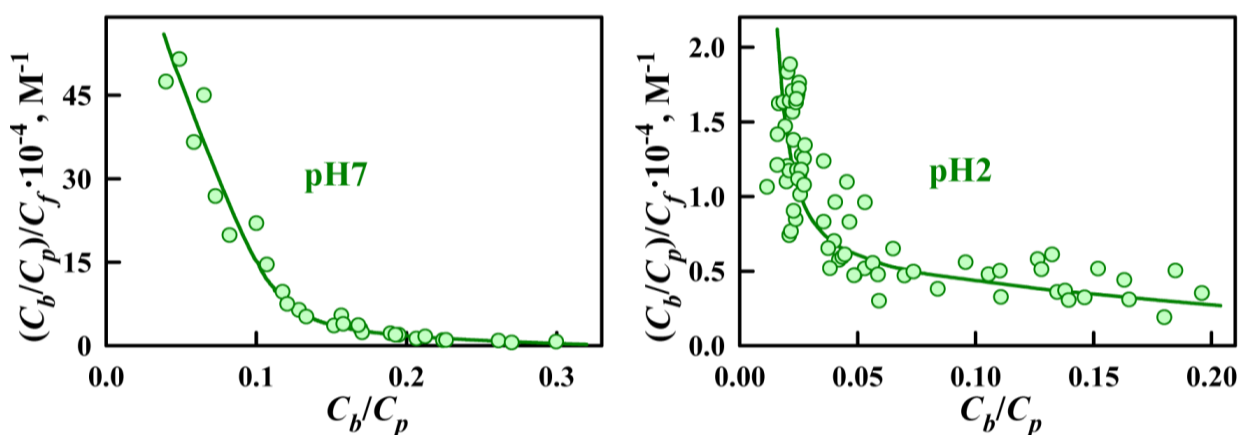


Рис. Зависимости Скетчарда, характеризующие связывание ThT с амилоидными фибриллами на основе лизоцима, полученными при различных условиях фибриллогенеза. На рисунке показаны экспериментальные значения (точки) и расчетные кривые (линии), построенные с использованием рассчитанных значений параметров связывания

Таблица

**Параметры связывания ThT с амилоидными фибриллами на основе лизоцима и характеристики связанного красителя**

Объект	$\lambda_{abs,max}$ , нм	Мода связывания	$K_{bi} \times 10^{-5}$ , $\text{M}^{-1}$	$n_i$	$\epsilon_i \cdot 10^{-4}$ , $\text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$	$q_i$	$\tau$ , нс	$r$
ThT + амилоидные фибриллы лизоцима (pH 7)	449	1	72	0.11	5.3	0.44	1.25	0.36
		2	0.60	0.25	6.2	0.0001		
ThT + амилоидные фибриллы лизоцима (pH 2)	447	1	76	0.02	4.1	0.27	1.86	0.40
		2	0.10	0.45	3.9	0.19		
ThT в водном растворе [8, 9]	412	-	-	-	3.2	0.0001	0.001	0.38

Кроме того, были определены времена жизни ( $\tau$ ) и анизотропия флуоресценции ( $r$ ) красителя, связанного с исследуемыми амилоидными фибриллами (таблица).

На основании полученных результатов сделано заключение о том, что обнаруженные различия параметров связывания ThT с амилоидными фибриллами на основе лизоцима, полученными при различных условиях фибриллогенеза, и фотофизических характеристик связанного красителя, свидетельствуют о различиях в структуре исследуемых амилоидных фибрилл, которые, в свою очередь, могут являться причиной различия цитотоксичности этих белковых агрегатов [10].

*Работа выполнена при поддержке Программы "Молекулярная и клеточная биология" РАН, грантов РФФИ 16-54-00230\_Бел, 16-04-01614\_a и стипендии Президента РФ СП-1982.2015.4.*

#### Список литературы

1. Koo EH, Lansbury PT, Jr., Kelly JW. Amyloid diseases: abnormal protein aggregation in neurodegeneration. Proc Natl Acad Sci U S A. 1999;96(18):9989-90. PubMed PMID: 10468546.
2. Kelly JW. Amyloid fibril formation and protein misassembly: a structural quest for insights into amyloid and prion diseases. Structure. 1997;5(5):595-600. PubMed PMID: 9195890.
3. Dobson CM. Protein folding and misfolding. Nature. 2003;426(6968):884-90. PubMed PMID: 14685248.
4. LeVine H, 3rd. Thioflavine T interaction with synthetic Alzheimer's disease beta-amyloid peptides: detection of amyloid aggregation in solution. Protein Sci. 1993;2(3):404-10. PubMed PMID: 8453378.
5. Kuznetsova IM, Sulatskaya AI, Uversky VN, Turoverov KK. A new trend in the experimental methodology for the analysis of the thioflavin T binding to amyloid fibrils. Molecular neurobiology. 2012;45(3):488-98. doi: 10.1007/s12035-012-8272-y. PubMed PMID: 22592269.
6. Sulatskaya AI, Kuznetsova IM, Turoverov KK. Interaction of thioflavin T with amyloid fibrils: stoichiometry and affinity of dye binding, absorption spectra of bound dye. J Phys Chem B. 2011;115(39):11519-24. PubMed PMID: 21863870.
7. Krebs MR, Bromley EH, Donald AM. The binding of thioflavin-T to amyloid fibrils: localisation and implications. J Struct Biol. 2005;149(1):30-7. PubMed PMID: 15629655.
8. Sulatskaya AI, Maskevich AA, Kuznetsova IM, Uversky VN, Turoverov KK. Fluorescence quantum yield of thioflavin T in rigid isotropic solution and incorporated into the amyloid fibrils. PLoS One. 2010;5(10):e15385. doi: 10.1371/journal.pone.0015385. PubMed PMID: 21048945; PubMed Central PMCID: PMC2966444.
9. Kuznetsova IM, Sulatskaya AI, Maskevich AA, Uversky VN, Turoverov KK. High Fluorescence Anisotropy of Thioflavin T in Aqueous Solution Resulting from Its Molecular Rotor Nature. Analytical chemistry. 2016;88(1):718-24. doi: 10.1021/acs.analchem.5b02747. PubMed PMID: 26637393.
10. Mossuto MF, Dhulesia A, Devlin G, Frare E, Kumita JR, de Laureto PP, et al. The non-core regions of human lysozyme amyloid fibrils influence cytotoxicity. Journal of molecular biology. 2010;402(5):783-96. doi: 10.1016/j.jmb.2010.07.005. PubMed PMID: 20624399; PubMed Central PMCID: PMC2954362.

# СОЗДАНИЕ НАУЧНОГО ЗАДЕЛА, ОРИЕНТИРОВАННОГО НА РАЗРАБОТКУ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОЛОНГИРОВАННОЙ ФОРМЫ ГЕНТАМИЦИНА

*Сасу Н.В.*

магистрант Института естественных наук,  
Удмуртский государственный университет, Россия, г. Ижевск

Перспективной тенденцией в современной фармакологии является создание лекарственных форм пролонгированного действия. Реализация лекарственных форм с модифицированным высвобождением в зоне, охваченной патологическим процессом, позволяет резко снизить нежелательные реакции организма на медикаментозное воздействие, сократить терапевтическую дозу лекарства и кратность его введения. На базе Кафедры биохимии и биотехнологии Института естественных наук Удмуртского государственного университета были проведены эксперименты по модификации гентамицина сополимером винилпирролидона с диацеталем акролеина с целью исследования антимикробных и фармакокинетических параметров данного конъюгата.

*Ключевые слова:* антибиотики, полимеры, модификация, пролонгированные свойства, антимикробная активность, период полувыведения.

Среди многих лекарственных веществ антибиотики являются основными средствами для лечения бактериальных инфекций и достаточно широко применяются в медицинской практике в виде различных лекарственных форм. Создание технологии производства пролонгированных форм антибиотиков, а также повышение устойчивости антибиотиков к действию инактивирующих факторов, снижение их токсичности, целевой и модифицированный транспорт являются актуальными проблемами международной фарминдустрии [1, 2].

Пролонгирование действия лекарственных веществ может быть обеспечено за счёт уменьшения скорости высвобождения их из лекарственной формы, депонирования лекарственного вещества в органах и тканях, снижения степени и скорости инактивации лекарственных веществ ферментами и скорости выведения из организма [2].

Реализация лекарственных форм с модифицированным высвобождением в зоне, охваченной патологическим процессом, позволяет резко снизить нежелательные реакции организма на медикаментозное воздействие, сократить терапевтическую дозу лекарства и кратность его введения [2].

Благодаря своей подвижности, антибиотики легко перемещаются в пространстве, быстро вступают в соприкосновение и взаимодействие друг с другом и другими высокомолекулярными соединениями, преобразуя или расщепляя последние, что позволяет использовать их для химической модификации с целью изменения механизма и характера транспорта в организме [1].

На базе кафедры биохимии и биотехнологии Института естественных наук Удмуртского государственного университета проведены эксперименты

по модификации гентамицина с целью исследования антимикробных и фармакокинетических параметров данного конъюгата.

В рамках настоящего исследования пролонгированная форма антибиотика конструируется за счет трансформации гентамицина как результат модификации его сополимером винилпирролидона с диацеталем акролеина – совиалем [3]. Необходимо отметить, что научный задел, предусмотренный в данной работе, ориентирован на краткосрочную перспективу и заканчивается результатами кафедральных исследований, необходимых для наиболее полного информационного обеспечения структуры-свойств химерного комплекса, сформированного совиалем и гентамицином. К настоящему времени нами отработана исследовательская методология и получены результаты, позволяющие:

- создавать и совершенствовать конъюгированные формы гентамицина с использованием структурно-функциональных особенностей сополимера – совиала;

- совершенствовать синтез химерных комплексов (гентамицин-совиаль) в рамках требований, предъявляемых к условиям и срокам хранения лекарственных средств;

- определять период полувыведения совиала и его производных, модифицированных гентамицином.

В работе использованы методы химии, биохимии и микробиологии, совокупность которых нацелена на внесение научно-технической конкретики в стадию синтеза сополимерно модифицированных конструкций гентамицина. В частности, реакция образования связей между гентамицином и совиалем базируется на использовании эквимольных соотношений исходных реагентов. Для этого нами отработаны методы количественной индикации совиала и его модифицированных форм. Совершенствование методологии экспериментальной работы касается и адаптированного нами варианта жидкостной хроматографии низкого давления в режиме гель-фильтрации для выделения конечного продукта синтеза без примесей низкомолекулярных биоорганических соединений. Конкурентный метод иммуноферментного анализа для количественного определения гентамицина усовершенствован в процессе работы для индикации антибиотика в составе комплекса и в хроматографических фракциях, формирующих профиль процесса отделения продукта реакции от исходных реагентов инкубационной среды. Совиаль содержит в своем составе акролеиновое звено, позволяющее регулировать количество образуемых на его поверхности групп в зависимости от подобранных условий «активирования» сополимерной матрицы [3]. Для количественных и качественных изменений в составе активированного совиала нами используются химические методы титрования реакционноспособных группировок. Применяется также ИК-спектроскопия для оптимизации условий активирования совиала и на стадии регистрации образования азометиновых связей между гентамицином и совиалем. Стабильность синтезированного комплекса определяется характером связей, в частности, переводом азометиновых связей в прочные ковалентные с целью обеспечения стабильности конъюгата в процессе его возможно более

длительного хранения. Очевидно также, что методы микробиологии необходимы в исследовании, поскольку модификация гентамицина по реакционной способности группам может сопровождаться снижением или потерей его антибактериальной активности [4], а также может повышать устойчивость антибиотика к действию инактивирующих факторов микроорганизмов.

На данном этапе исследования получены результаты, позволяющие приступить к проектированию «Инструкции по изготовлению и контролю сополимерно модифицированной формы гентамицина» (3 года). Остальные этапы технологических нововведений и сопряженные технологические документы мы планируем создать в течение 7 лет.

#### **Список литературы**

1. Егоров Н. С. Основы учения об антибиотиках: учебник. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 2004. 528 с.
2. Коржавых Э. Лекарственные формы с модифицированным высвобождением и действием // Российские аптеки. 2003. № 4. С. 29-34.
3. Панарин Е. Ф., Нестеров В. В. Синтез и свойства сополимеров винилпирролидона с диацеталем акролеина // Высокомолекулярные соединения. 1978. Т. 20. № 1 (Б). С. 66-69.
4. Решедько Г. К. Значение ферментативной модификации аминогликозидов в развитии резистентности у бактерий // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 1999. Т. 1. № 1. С. 40-50.

### **ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ТРЕНИРУЕМОЙ ЛОШАДИ, ИСПОЛЬЗУЯ ЭКШН-КАМЕРУ, ОСНАЩЕННУЮ ПРОГРАММНЫМ УСТРОЙСТВОМ**

***Сергиенко Г.Ф.***

гл. науч. сотр. лаб. физиологии лошадей, д-р биол. наук, проф.,  
ФГБНУ «ВНИИ коневодства», Россия, г. Рязань

***Пашкова О.Н.***

соиск., ФГБНУ «ВНИИ коневодства», Россия, г. Санкт-Петербург

***Боровая Е.А.***

науч. сотр. лаб. физиологии лошадей,  
ФГБНУ «ВНИИ коневодства», Россия, г. Рязань

***Сергиенко С.С.***

гл. науч. сотр. лаб. физиологии лошадей, д-р с.-х. наук, проф.,  
ФГБНУ «ВНИИ коневодства», Россия, г. Рязань

Изучение физиологического состояния сердечно-сосудистой системы тренируемой лошади по пульсу (ЧСС) и скорости движения (СД), используя Экшн камеру, является важнейшим диагностическим показателем при тренинге лошади. В статье приводятся данные, полученные по пульсу и скорости при использовании Экшн камеры во время ежедневной тренировки выездковой лошади в подготовительный период. Установлено,

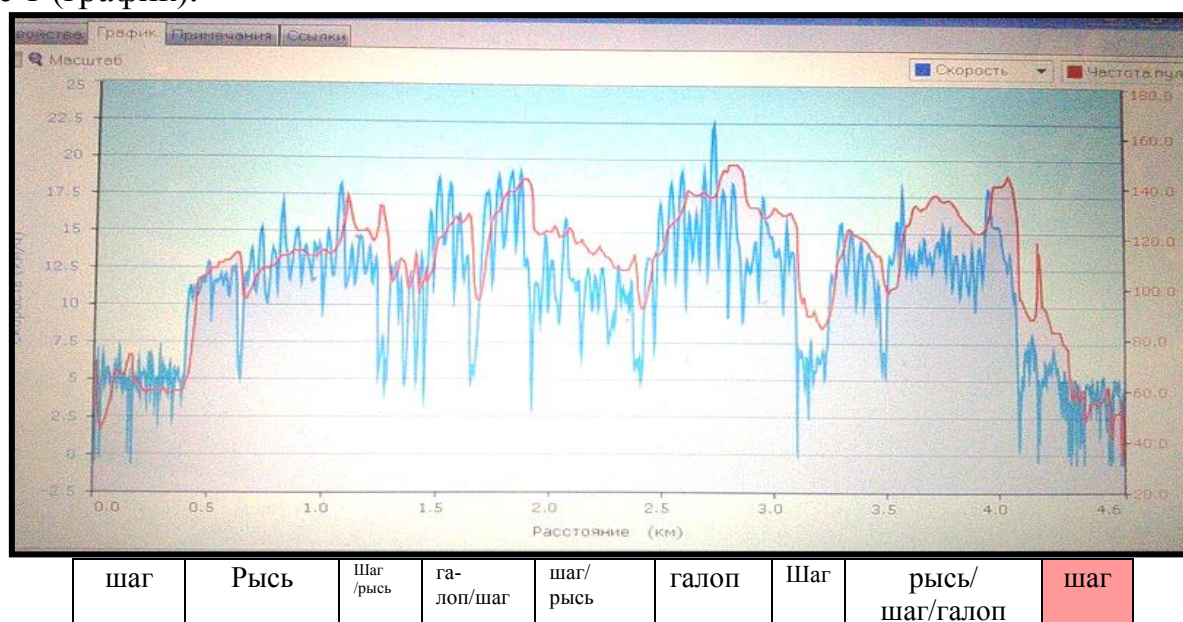
что изменение скорости и пульса происходит одновременно, и максимальное значение скорости не соответствует максимальному значению ЧСС.

*Ключевые слова:* лошадь, экшн-камера, пульс, скорость движения, тренинг.

Исследования проведены на базе племенного хозяйства «Ковчег» Ленинградской области на 4 лошадях во время нагрузки в недельном цикле. Для мониторинга показателей ЧСС и СД во время физической нагрузки в недельном цикле, была использована Экшн-камера Garmin verb elit, оснащенная программным обеспечением. Данные по ЧСС и СД в каждой тренировке 4 лошадей получали ежедневно в течение 4 дней недели в виде графиков. При использовании Экшн-камеры было получено и обработано 16 графиков. На каждом графике четко видны линии дистанции, скорости движения и пульса. Данные, полученные на 4 лошадях идентичны и зависят от величины нагрузки. Поэтому, в статье приводим данные только по одной лошади в первый день манежной работы (рис. 1) и в 4 день во время полевой нагрузки (рис. 2).

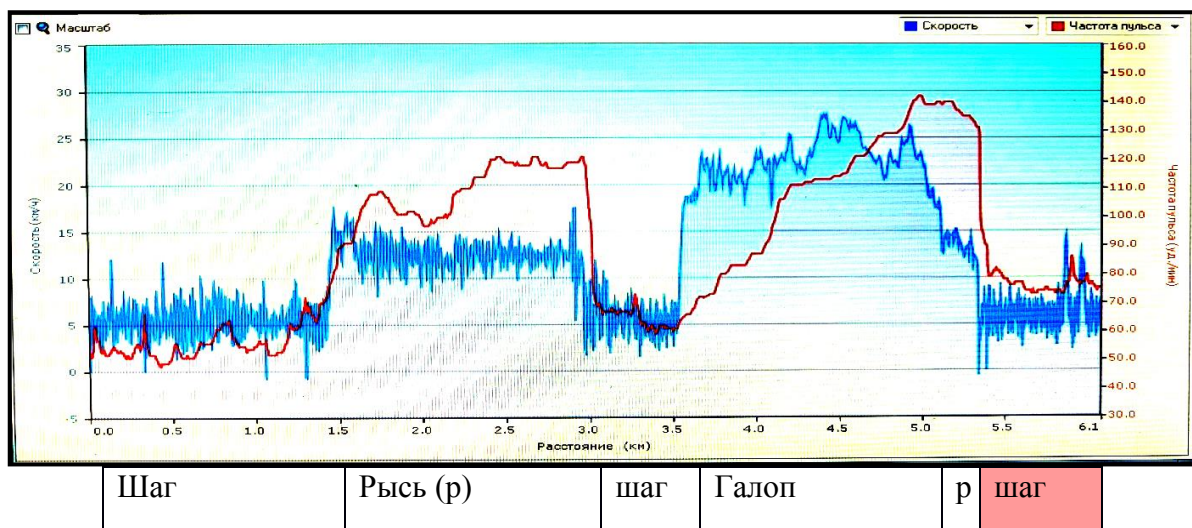
На графике (рис. 1) представлены дистанция движения кобылы и изменения пульса и скорости на отдельных участках во время манежной работы.

Тренировка включала работу на шагу, рыси и галопе в манеже. Во время движения различными аллюрами всадник отрабатывал различные элементы выездки: переходы, вольты, движения в два и три следа, смена ноги на галопе в воздухе. Работа проходила по сложному грунту. Время тренировки – 45 мин. При выездке лошадей (манежная езда) физическая нагрузка является ациклической, т.е. изменения величины и интенсивности нагрузки имеют не системный характер по амплитуде и длительности, что мы и видим на рисунке 1 (график).



Шаг-0.5 км, от 0.5 км до 1.25 км –рысь, 1.25 км -1.5 км шаг\рысь, переходы, боковые 1.5 км-1.9 км галоп, 2.0 км-2.5 км –шаг\рысь, переходы 2.5 км-3.1 км работа на галопе, 3.1км -3.3км работа на шагу, 3.3 км -4.2 км работа на рыси и галопе, переходы с галопа в шаг, боковые, смена ног, от 4.2 км до 4.6 км шагом.

Рис. 1. График полевой тренировки 27 03. 2015 г. кобылы Эмма Ли



Шаг до 1.4 км, рысь до 3.0 км (1.5 км), шаг до 3.6 км (0.6 км), галоп до 5.1 км (1.5 км), рысь до 5.4 км (0.3 км), шаг до 6.1 км.

Рис. 2. График движения кобылы при полевом тренинге

На рисунке 1 четко видно, что изменение скорости происходит не одновременно с изменением пульса, а с небольшим смещением линии пульса от вертикальной линии скорости на графике вправо (временный интервал). Отклонение интервала ЧСС на графике от вертикальной линии скорости вправо характеризует повышение функционального состояния организма, а отклонение влево – его снижение. (D. Evance, 2000) Такая зависимость наблюдалась и у спортсменов во время увеличения нагрузок (А.П. Ландырь, Е.Е. Ачкасов, 2011). На первом отрезке во время шаговой работы лошадь разминалась, осматривалась, реагировала на тяжёлый грунт при скорости движения от 4 до 6 км/ч. Пульс был порядка 60-75 ударов в мин. При выполнении элементов на всех других 7 отрезках – от 95 до 149 ударов. При возрастании скорости движения, пульс не синхронно изменялся со скоростью: сразу повышался, а затем медленно снижался. В конце работы при снижении скорости галопе, рыси и на шагу пульс значительно выше. При увеличении скорости через некоторое время идёт возрастание ЧСС, а затем снижение. На графике рисунка 1 участки резкого увеличения скорости (переход из рыси в галоп, из шага в галоп), сопровождающиеся увеличением ЧСС, имеют больший наклон вправо от вертикальной линии скорости, чем на участках резкого снижения скорости (переход с рыси в шаг, из галопа в шаг), линия снижения ЧСС имеет более вертикальный рисунок. Возможно, это связано с тем, что при возрастании скорости увеличивается мах лошади, лошадь растягивается, больше поступает в лёгкие воздуха и, естественно, ЧСС синхронизируется с движением. Как только скорость уменьшается, тут же увеличивается ЧСС для погашения кислородного долга. Данная нагрузка носила силовой характер, это необходимо учитывать, так как во время силовых нагрузок степень усталости организма выше. Данная тренировка проходила на уровне 60-70% от максимального значения ЧСС.

В таблице приводим данные, полученные на рисунке 1:

а) скорость движения при максимальном значении ЧСС;

б) ЧСС при максимальной скорости при движении разными аллюрами.



**а) Показатели минимальной и максимальной скорости движения  
разными аллюрами при максимальном значении ЧСС**

аллюр показатель	Шаг		Рысь		Галоп	
	<i>макс</i>	<i>мин</i>	<i>Макс</i>	<i>Мин</i>	<i>Макс</i>	<i>Мин</i>
ЧСС макс, уд\мин	<b>132</b>	33	<b>143</b>	95	<b>149</b>	114
Скорость, км\ч	6,2	4,56	13,5	11,8	17,4	16,6

**б) Показатели, минимальной и максимальной ЧСС  
при максимальной скорости движений разными аллюрами**

аллюр показатель	Шаг		Рысь		Галоп	
	<i>макс</i>	<i>мин</i>	<i>Макс</i>	<i>Мин</i>	<i>макс</i>	<i>Мин</i>
Макс. скорость, км\ч	7,8	2,5	18	10,5	22,3	11,6
ЧСС, уд\мин	127	110	120	114	136	146

Как видно из данных таблицы, максимальные значения скорости движения изменяются не синхронно. При увеличении скорости идёт возрастание ЧСС, а затем снижение. Так, при максимальной скорости ЧСС на всех аллюрах ниже максимальной ЧСС, то есть при увеличении СД ЧСС в первые минуты возрастает, достигает максимума, и при наступлении синхронизации незначительно снижается. На рисунке 2 представлен график движения кобылы при полевой тренировке. Полевая тренировка проходила на ровной открытой местности с небольшими перепадами.

На рисунке 2 наблюдаем такие же закономерности, как и на рисунке 1. На графике видно, что угол наклона в зависимости ЧСС и скорости еще более пологий во время набора скорости на рыси и галопе. Так увеличение скорости при переходе с шага в рысь сопровождается увеличением ЧСС на 17 уд\мин с 72 уд\мин до 90 уд\мин, на отрезке 80 м. Увеличение скорости на галопе также сопровождается пологим наклоном кривой ЧСС вправо, что говорит об улучшении функционального состояния кобылы по сравнению с предыдущими тренировками. Во время отшагивания снижение ЧСС составило 56 уд\мин с 130 уд\мин до 73 уд\мин. в течение 8 минут. На предыдущем графике в течение 8 минут пульс изменился на 53 уд\мин со 130 до 76 уд\мин. Всадником было отмечено небольшое возбуждение лошади на шагу: на графике зафиксированы два произвольных подъема в рысь. На основании полученных графиков можно сделать следующие выводы: 1) максимальное значение СД не соответствует максимальному значению ЧСС, 2) изменение скорости и пульса происходит не одновременно, а с небольшим смещением вправо, относительно вертикальной оси скорости и соответствует улучшению функционального состояния организма лошади, 3) манежная езда является ациклической физической нагрузкой, т.е. изменения величины и интенсивности нагрузки имеют несистемный характер по амплитуде и длительности 4) манежный тренинг по нагрузке имеет силовой характер. Таким образом, детальные данные по ЧСС и СД по реакции лошади на различные нагрузки, полученные с помощью ЭКШН камеры, можно использовать для корректировки тренировочного процесса.

### Список литературы

1. Ландырь, А.П. Мониторинг сердечной деятельности в управлении тренировочным процессом в физической культуре и спорте / А.П. Ландырь, Е.Е. Ачкасов. – М.: Триада-Х, 2011. 176 с.
2. Сергиенко, С.С. /Вопросы физиологии тренируемой лошади, совершенствование технологий тренинга племенных и спортивных лошадей/ С.С. Сергиенко, Г.Ф. Сергиенко, Е.А. Боровая // Коневодство и конный спорт. – 2015. – № 5. – С. 22-24.
3. Overview of Equine Exercise Physiology and Biochemistry //Training and Fitness in Athletic Horses / Devid Evance. Sydney, 2000. – P. 2-17.

## ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ г. БЕЛГОРОДА

**Скорбач В.В.**

доцент кафедры биотехнологии и микробиологии, канд. с/х. наук,  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, г. Белгород

**Ларина А.Ю., Матвиенко М.М.**

студентки 4 курса факультета математики и естественнонаучного образования,  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, г. Белгород

В статье изложено изучение видового разнообразия эпифитных лишайников в различных точках города Белгорода. Изучение видового состава лишайников очень важно, так как их количество говорит о загрязненности воздуха.

*Ключевые слова:* лишайник, микобионт, фотобионт.

Белгород расположен на южной окраине Среднерусской возвышенности, на берегу Белгородского водохранилища, рек Везелка и Северский Донец, в Центрально-Черноземной зоне. Флора Белгорода представляет собой огромное разнообразие растительных сообществ, куда входят и грибы. И неотъемлемой частью этих сообществ являются лишайники. Состав лишайников Белгорода еще недостаточно изучена.

Лишайники – симбиотрофные организмы, состоящие из микобионтов (грибы) и фотобионтов: популяций водорослей (включая цианобактерии), расположенных экстрацеллюлярно между грибными гифами. Около 98% лишайников относятся к *Ascomycota*. Около 85% лишайников образуют ассоциацию с *Chlorophyta* и *Cyanophyta*. Общее число лишайников в России 159 видов [1, 4].

Цель исследования: выявление видового разнообразия эпифитных лишайников города Белгорода.

Задачи исследования:

1. Осуществить мониторинг лишайников в различных микрорайонах г. Белгород;
2. Собрать материалы для исследования;

### 3. Проанализировать результаты исследования.

Объектами исследования послужили образцы лишайников, взятые из различных мест Белгорода: улица Студенческая, парк Памяти, парк Победы, Народный бульвар, проспект Богдана Хмельницкого, улица Щорса, улица Некрасова, Центральный парк, улица 50-летия Белгородской области, улица 5-го Августа, Свято-Троицкий бульвар. Места сбора отмечены на рисунке.

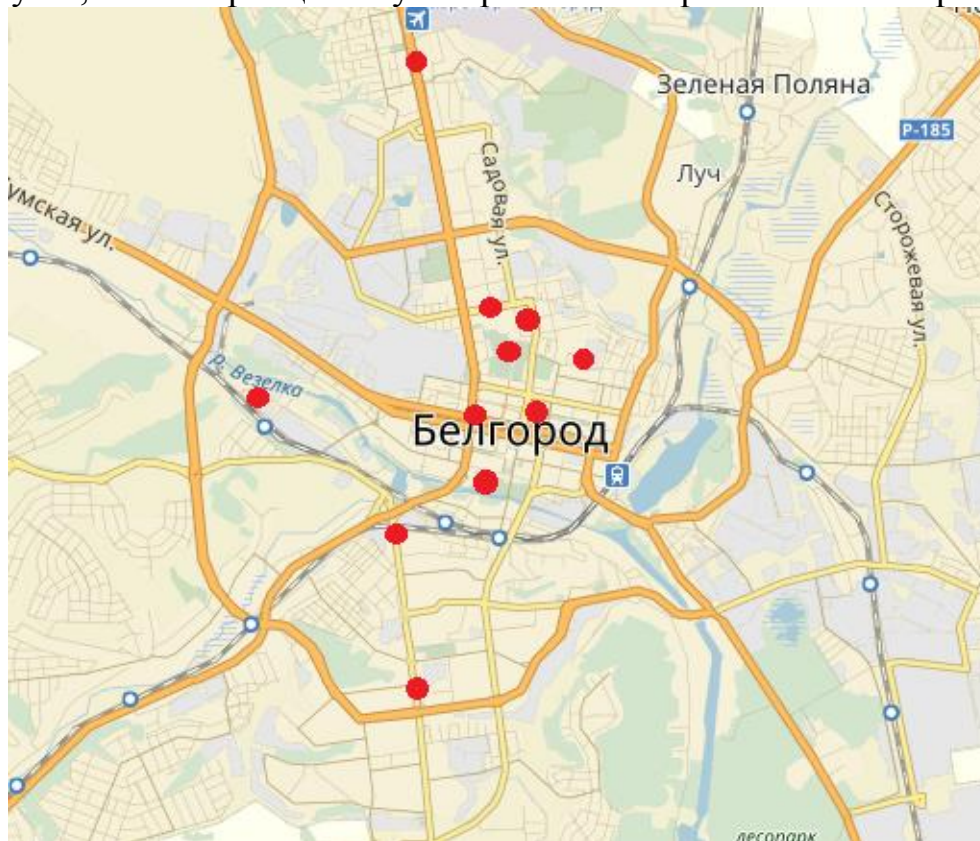


Рис. Места отбора образцов лишайников

Определение было начато с установления субстрата, на котором собран определяемый образец. Затем установили тип таллома, определили круг родов, к которым может быть отнесен данный вид. Для более точного результата использовали реактивы и общепринятые методики [2, 3].

Таким образом, в 11 точках города Белгорода было найдено шесть видов лишайников, относящиеся к пяти родам (*Parmelia*, *Candelaria*, *Xanthoria*, *Physcia*, *Cladonia*). Ниже приводится перечень лишайников, найденных в исследуемых точках г. Белгорода.

1. Пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*) – таллом листоватый, 5-15 см в диам. Лопасты 3-4 мм шир. и 5-20 мм дл., выемчатые, тесно собранные или немного расходящиеся, на концах тупые. Верхняя сторона таллома голубовато- или зеленовато-серая, сетчато-морщинистая, с соредиями; нижняя – черная, густо покрыта до концов лопастей черными, простыми или ветвящимися ризидами. Апотеции до 2 см в диам., коричневые, с вогнутым диском, редки. Таллом от КОН желтеет.

2. Канделярия одноцветная (*Candelaria concolor*) – таллом 0,5-2 см в диам., листоватый, от оранжево- или лимонно- до серо-желтого, с изидиями.

Иногда чешуйки таллома почти незаметны, и таллом кажется состоящим из одних зернистых изидий.

3. Ксантория постенная (*Xanthoria parietina*) – таллом свыше 3 см в диам., листоватый. На концах лопасти выемчато-изрезанные. В центре таллома многочисленные апотеции, диск которых обычно окрашен ярче таллома.

4. Фисция припудренная (*Physcia pulverulenta*) – таллом листоватый, сверху от оливковой до темно-коричневой окраски, часто с сильным сизоватым налетом, отчего кажется пепельно-серым, снизу темный, с густыми темно-серыми или черными ризоидами. Апотеции почти всегда развиваются, многочисленные, чаще в центре таллома. Диск черно-коричневый, часто покрытый сизоватым налетом; край апотеция более светлый.

5. Фисция щетинистая (*Physcia hispida*) – таллом листоватый. Лопастии узкие, мелкие, короткие, 3-4 мм дл. и 0,5 мм шир., на концах со шлемовидными расширениями до 1,5 мм шир., под которыми располагаются соредии; обычно эти концы приподнимаются. По краям лопастей развиваются длинные (до 1 мм), беловатые или коричневатые реснички. Верхняя сторона таллома пепельно-серая, коричневатая или зеленовато-серая; нижняя – почти белая, без ризоидов.

6. Кладония вздутая (*Cladonia turgida*) – таллом кустистый. Подеции бледно-зеленоватые, гладкие или местами потрескавшиеся, редко с филлокладиями, вздуто-цилиндрические, лучисто или вильчато разветвленные, 2-8 см и более выс., без сциф или сцифовидно расширенные. На дне сциф и в местах ветвлений отверстия.

Таким образом, в исследуемых микрорайонах Белгорода наиболее встречаемыми видами оказались Пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*) и Ксантория постенная (*Xanthoria parietina*).

#### Список литературы

1. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР. Отв. ред. М.В.Горленко. М.: Мысль, 1978.
2. Голубкова Н.С. Определитель лишайников средней полосы Европейской части СССР. М.; Л.: Наука, 1966.
3. Определитель лишайников России. Вып.6. Алекториевые, Пармелиевые, Стереокаулоновые / Под ред. Н.С. Голубковой. СПб.: Наука, 1996.
4. Ботаника: Курс альгологии и микологии: Учебник / Под ред. Ю. Т. Дьякова. – М.: Изд-во МГУ, 2007.

## КРАСНОКНИЖНЫЕ РАСТЕНИЯ, ПРОИЗРАСТАЮЩИЕ НА УЧАСТКЕ «ШОПИНО САДЫ» БЕЛГОРОДСКОГО РАЙОНА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Скорбач В.В.**

доцент кафедры биотехнологии и микробиологии, канд. с/х. наук,  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, г. Белгород

**Матвиенко М.М., Ларина А.Ю.**

студентки 4 курса факультета математики и естественнонаучного образования,  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, г. Белгород

В статье представлены растения, произрастающие на участке «Шопино сады», которые нуждаются в охране и занесены в Красную книгу Белгородской области.

*Ключевые слова:* Красная книга, растения, человек, деятельность.

На протяжении длительного времени нами проводилось исследование состава флоры на участке «Шопино сады», расположенного в 5 км к северу от города Белгорода.

На данный момент, этот участок испытывает сильнейшее воздействие со стороны человека и его деятельности (дачные угодья, строительство коттеджей). Сохранился лишь небольшой участок, который не попал под пагубное антропогенное влияние, благодаря лишь тому, что располагается на крутом склоне. В ходе наблюдений были выделены растения, нуждающиеся в охране, занесенные в Красную книгу Белгородской области (таблица).

Таблица

**Список растений, произрастающих на территории «Шопино сады»,  
занесенных в Красную книгу Белгородской области**

Название растений		Название семейства		Категория и статус
Русское	Латинское	Русское	Латинское	
1	2	3	4	5
Ломонос цельнолист- ный	<i>Clematis integrifolia</i> L.	Лютиковые	<i>Ranuncula- ceae</i>	V – уязвимый на территории области Евроазиатский степной вид
Черноголовка крупноцвет- ковая	<i>Prunella grandiflora</i> L.	Яснотковые	<i>Lamiaceae</i>	III – редкое расте- ние Европейско- Малоазиатский лу- гово-степной вид
Ветреница лесная	<i>Anemone sylvestris</i> L.	Лютиковые	<i>Ranuncula- ceae</i>	III – редкий, Евразийский луго- во-степной вид
Ковыль пери- стый	<i>Stipa pennata</i> L.	Злаки (Мятли- ковые)	<i>Poaceae (Gramineae)</i>	II – сокращающий- ся в численности, евроазиатский степной вид

1	2	3	4	5
Лен украинский	<i>Linum ucranicum</i> (Griseb. ex. Czern Planch.)	Льновые	<i>Linaceae</i>	III – редкий вид. Восточно-европейский эндемичный петрофитно-степной вид.
Ясменник сероплоидный	<i>Asperula tephrocarpa</i> Czern. ex. M. Pop. et Chrshan.	Мареновые	<i>Rubiaceae</i>	VI- особо ценный на территории области вид Восточно-европейский петрофитно-степной эндемик.

Помимо краснокнижных растений на исследуемом участке произрастают: оносма простейшая (*Onosma simplicissimum*), живучка женевская (*Ajuga genevsi*), шалфей поникающий (*Salvia nutans*), бедренец камнеломка (*Pimpinella saxifrage*), таволга обыкновенная (*Filipendula vulgaris*), девясил иволистный (*Inula salicina*), венечник ветвистый (*Anthericum ramosim*) и многие другие растения, придающие особую неповторимость этой территории [1]. Несмотря на небольшие размеры, участок отражает многообразие, красоту и величие растений, изучение которых будет нами продолжаться в дальнейшем.

#### Список литературы

1. Губанов И. А., Киселёва К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстративный определитель растений Средней России. Том 1. Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные). Москва: Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2002. 526 с.
2. Губанов И. А., Киселёва К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстративный определитель растений Средней России. Том 2. Покрытосеменные (Двудольные: раздельнолепестные). Москва: Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2003. 665 с.
3. Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные. Официальное издание / Общ. науч. ред. А.В. Присный. Белгород, 2005. 532 с.

## ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ АВТОТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗКИ НА СОСТОЯНИЕ ПРИДОРОЖНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

**Степанов А.С.**

ст. преподаватель кафедры экологии и природопользования, канд. техн. наук,  
Оренбургский государственный университет, Россия, г. Оренбург

**Маркин Д.А., Тухтаназарова К.Р.**

студенты кафедры экологии и природопользования,  
Оренбургский государственный университет, Россия, г. Оренбург

Зелёные насаждения играют большую роль в нормализации экологической обстановки в населённом пункте. Они регулируют газовый состав воздуха и степень его загряз-

нённости, климатические характеристики территорий, снижают влияние шумового фактора и являются объектом эстетического восприятия. Поэтому очень важно выявить влияние автотранспорта, как источника загрязнения окружающей среды, на развитие растительных организмов. Это позволит определить степень воздействия неблагоприятных факторов на те или иные виды растений.

*Ключевые слова:* автотранспортная нагрузка, придорожная растительность, окружающая среда.

Дорожно-транспортный комплекс является одним из приоритетных источников загрязнения окружающей среды. Постоянное увеличение плотности городского транспорта сопровождается рядом негативных явлений и, прежде всего, чрезмерным скоплением в атмосфере различных газо- и пылеобразных загрязнений, что в крупных городах приводит к необратимым разрушениям окружающего ландшафта и биосферы в целом [1].

Одним из методов определения уровня антропогенной нагрузки на биогеоценозы является биоиндикация. Это достаточно эффективный метод мониторинга окружающей среды, основанный на исследовании воздействия изменяющихся экологических факторов на различные характеристики биологических объектов и систем. Устойчивость экосистемы определяется по состоянию видов – эдикаторов природного сообщества, от состояния которых зависит его дальнейшее существование. В качестве биоиндикаторов выбирают наиболее чувствительные к исследуемым факторам биологические системы или организмы. Для деревьев лучшим вегетативным органом считается лист растения. При антропогенных воздействиях в листьях происходят морфологические изменения (появление асимметрии, уменьшение площади листовой пластины). Хорошими биоиндикаторами в городе являются листья березы, дерева с высокими поглотительными качествами [2].

Из множества форм асимметрии выделяется флуктуирующая асимметрия (ФА), позволяющая оценить нестабильность развития организма. Флуктуирующей асимметрией называют небольшие ненаправленные различия между правой и левой сторонами различных морфологических структур, в норме обладающих билатеральной симметрией. Результаты многочисленных исследований позволяют считать определение ФА одним из морфологических методов оценки состояния и динамики биосистем, а сам показатель ФА – индексом стабильности развития организма [3].

**Целью исследования** являлось выявить закономерности изменения растительного покрова вдоль действующих автомагистралей города Оренбурга по показателю стабильности развития березы повислой.

В 12 точках, расположенных в различных функциональных зонах города Оренбурга, были отобраны по 50 листьев березы повислой. Листья соби-

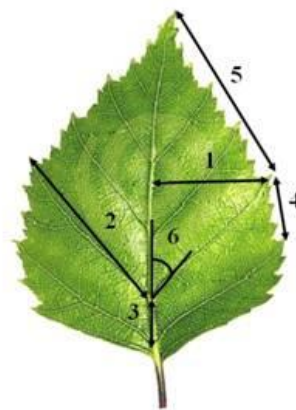


Рис. 1. Схема замеров листовой пластинки березы повислой для определения показателя флуктуирующей асимметрии

рались с деревьев, растущих в одинаковых экологических условиях, занимающие равное положение в кроне, неповрежденные, среднего размера для особи и с укороченных побегов. Измерения проводились сразу после сбора. В процессе исследований для оценки показателя ФА устанавливались следующие пластические признаки листовых пластинок березы повислой, выделенные на рисунке 1:

1. Ширина половины листа.
2. Длина второй от основания листа жилки второго порядка.
3. Расстояние между основанием первой и второй жилок второго порядка.
4. Расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка.
5. Расстояние между концом второй жилки второго порядка и вершиной листа.
6. Угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

По результатам определения показателю стабильности развития березы повислой была составлена карта в геоинформационной системе ArcGIS 10.3, представленная на рисунке 2. Первым шагом в построении карты было получение изображения исследуемой территории со спутника, наложение на него городских улиц. Так как целью исследования являлось выявление закономерности изменения растительного покрова вдоль действующих автомагистралей города, с использованием сервиса «Яндекс.Пробки» была указана загруженность транспортной сети за последние два месяца. Далее был составлен слой точек, в который были внесены полученные результаты измерений.

Нами исследовались показатели ФА и стабильности развития у березы повислой по шкале отклонений состояния организма от условий нормы по величине интегрального показателя, представленной в таблице.

Таблица

**Шкала оценки отклонений состояния организма от условий нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для березы повислой [1]**

Балл	Величина показателя стабильности развития
I	< 0,040 (условная норма)
II	0,040 – 0,044
III	0,045 – 0,049
IV	0,050 – 0,054
V	> 0,054 (сильное, экстремальное отклонение)

Каждому баллу, указанному в таблице, соответствует определенное значение стабильности развития. Балл I характеризует стабильность условной нормы. Балл II – характеризует незначительное отклонение от нормы, балл III – средний уровень отклонения от нормы, балл IV – значительное отклонение от нормы и балл V – критическое состояние.

В ходе анализа карты было выявлено, что в Центральном районе города уровень отклонения от нормы варьируется от среднего до критического. Причиной этому может быть наибольшая загруженность транспортных потоков в центральной части города.



В Дзержинском и Ленинском районах показателя стабильности развития находится в пределах нормы либо характеризует незначительное отклонение от нормы, что подтверждает более низкая плотность дорожного трафика, относительно Центрального района.



Рис. 2. Карта мест отбора проб, с указанными показателем стабильности развития березы повислой и степенью загруженности дорог г. Оренбург

В результате анализа, была выявлена прямая взаимосвязь уровня стабильности развития биоиндикатора и степени загруженности транспортных потоков. Чем плотнее дорожный трафик, при условии что он регулярный, тем выше отклонения в развитии биоиндикатора были обнаружены.

Отклонения в развитии березы повислой от условий нормы по величине интегрального показателя стабильности отменить невозможно, но необходимо разрабатывать и внедрять способы снижения негативного воздействия автотранспорта в будущем.

### Список литературы

1. Гарицкая, М.Ю. Оценка экологического благополучия территории по состоянию растительных биогеоценозов: автореф. дисс... канд. биол. наук / М.Ю. Гарицкая. Оренбург: ОрГМА, 2004. 184 с.
2. Рунова, Е.М. Применение метода биоиндикации для оценки состояния растительности [Текст] / Е.М. Рунова, Л.В. Аношкина // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. статей. – Братск, 2009. – Вып. 23. – С. 47-49.
3. Залесов, С.В. Использование показателя флуктуирующей асимметрии березы повислой для оценки ее состояния [Текст] / Залесов С.В, Азбаев Б.О., Белов Л.А., Сундиков Ж.О., Залесова Е.С., Оплетаев А.С. // Современные проблемы науки и образования: сб. статей. – М., 2014. – Вып. 5.

## СЕКЦИЯ «СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА»

### АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПОКРЫШКИ КАК ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ В РОССИИ

*Змеева А.А.*

студентка, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Россия, г. Санкт-Петербург

Утилизация автомобильных шин является сложной экологической и экономической проблемой в России. В статье приведены способы переработки изношенных автомобильных покрышек способом измельчения в резиновую крошку, сравнительные данные по объему перерабатываемых автомобильных шин, возможности в промышленном применении резиновой крошки. Перспективные направления применения получаемого продукта в виде резиновой крошки. При этом получаемая при переработке автомобильных шин, резиновая крошка, используется ее как сырье для производства гидроизоляционных материалов для плоской кровли.

*Ключевые слова:* утилизация, автомобильных покрышек, рециклинг резиновых отходов, асфальтобетонные смеси.

Актуальность утилизации автомобильных шин в России обусловлена большим объемом публикаций, посвященных разработке новых методик и методов утилизации отработанных автомобильных шин, а также привлечение коллективов специалистов различного профиля, состоящего из сотрудников Российской Академии Наук, Государственного Российского Дорожного института и научно-производственных фирм.

Экологическая проблема утилизации изношенных автомобильных покрышек остро стоит на сегодняшний день в большинстве развитых стран мира, в частности, в США, Германии, Японии, где ежегодный объем старых покрышек, подлежащих утилизации, составляет миллионы тонн [3, 4].

Вопрос утилизации не является новым ни с точки зрения постановки самой задачи утилизации шин через внедрения в промышленных технологиях, ни с предложением использования как основного объекта массового применения продуктов переработки старых покрышек.

Имеющийся мировой и отечественный опыт свидетельствует, что наиболее распространенными методами утилизации автошин являются сжигание с получением энергии – таблица (наиболее популярно сжигание их в цементных печах), пиролиз в условиях относительно низких температур с получением легкого дистиллята, твердого топлива, близкого по свойствам к древесному углю, и металла, а также получение резиновой крошки и порошка, используемых для замены натурального и синтетического каучука при изготовлении полимерных смесей и строительных материалов. К сожалению, все перечисленные методы экономически, а главное экологически не являются привлекательными, в связи с чем масштабного развития на сегодняшний день не получили [1, 2].

Таблица

Обращение с шинами в различных странах в 2009 г.							
Страна	объем, тыс. т.	На свалки, %	Получе- ние энер- гии,%	Восста- новле- ние,%	Получение, РК,%	Экс- порт, %	Проч., %
Германия	568	0	50,9	13	25,2	10,2	0,7
Великобритания	508	4,5	18,7	10,2	49,2	9,6	7,8
Италия	421	17,3	40,4	16,6	19	6,9	0
Франция	369	0	36	12,5	44,4	3,5	3,6
США	4500	14,2	54	н.д.	12	2,3	н.д.
Япония	1056	11,5	59,1	3,6	10	14,8	1

Измельчение отходов резины признается самым простым и рациональным способом переработки, поскольку позволяет максимально сохранить физико-механические и химические свойства материала. Однако, именно конечная стадия использования полученной крошки и является камнем преткновения экономически эффективного решения проблемы полного рециклинга резиновых отходов. Самым большим рынком сбыта крошки является производство различных покрытий – до 50% потребления резиновой крошки.

Известно, что на протяжении более сотни лет предпринимались многочисленные усилия чтобы объединить резину с битумами и асфальтами с целью ее утилизации и придания вяжущим материалам резиноподобных свойств. Были разработаны множество технологических схем прямого введения резиновой крошки в асфальтобетонные смеси, ее использования как наполнителя в дорожно-строительных материалах.

Тем самым одной из наиболее перспективных областей применения шинной резиновой крошки, остается дорожное строительство. Использование асфальтобетона в смеси с резиновой крошкой или покрытие полотна различными модификаторами с резиновой крошкой позволяет существенно повысить срок службы дорожного покрытия, увеличить межремонтные сроки. При незначительном удорожании работ это позволяет существенно экономить средства, выделяемые на обслуживание и капитальный ремонт дорог. Но помимо разработки и внедрения новых технологий такое применение резиновой крошки требует проведения большой работы по изменению нормативной базы строительства, которая пока находится на начальной стадии. Изменению нормативно-правовой базы по применению резиновой крошки способствует выполнение норм Федерального закона № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». В нем Минприроды РФ подготовило перечень отходов, захоронение которых будет запрещено, а также прописаны механизмы создания инфраструктуры, которая позволит перейти от захоронения твердых бытовых отходов к их утилизации. Проект постановления опубликован на федеральном портале проектов нормативных актов и проходит общественное обсуждение.

Запрет на захоронение твердых отходов в 2017 году касается: лома, цветных и черных металлов, ртутьсодержащих предметов, а уже через год к отходам, не подлежащим захоронению, примкнут картон, автопокрышки, стекло и изделия из термопласта [5].

В России ежегодный объем амортизации шин превышает 1,1 млн тонн в год. За последние 5 лет данный показатель вырос почти на 25%. Фактический объем переработки шин в России – менее 10%.

Переработка использованных шин в крошку может осуществляться при положительных и отрицательных температурах с использованием различных способов измельчения – взрыв, истирание, сжатие, резание.

Классификация способов измельчения автомобильных шин приведена на рисунке 1.

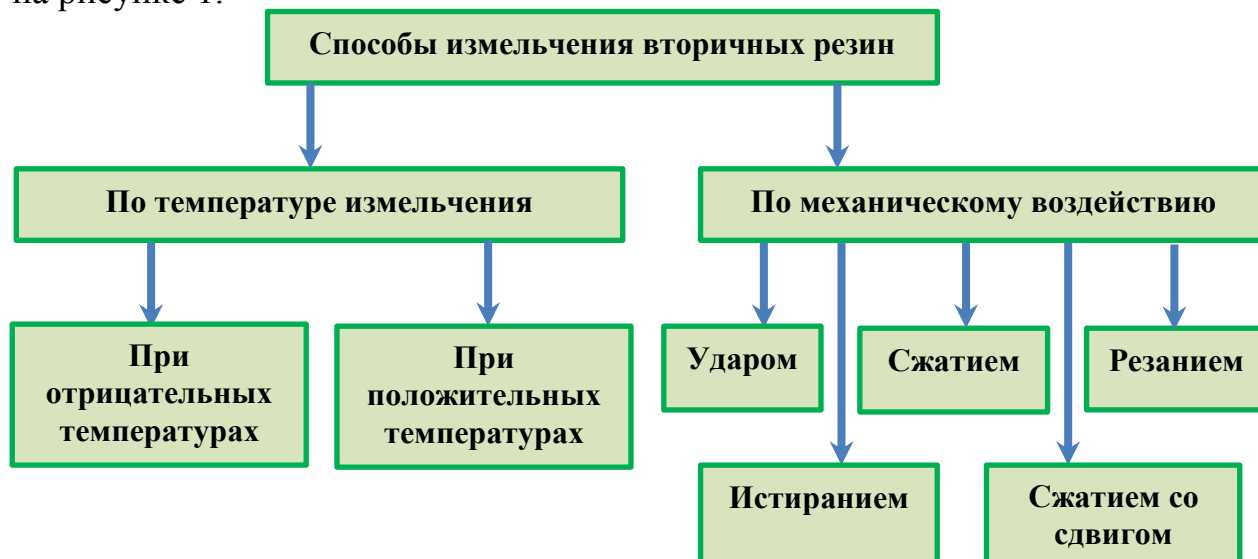


Рис. 1. Способы измельчения шин

С введением санкций актуальность использования оборудования российского производства выигрывает не только по стоимости самого оборудования, но и по параметрам эффективности работы [5].

Резиновая крошка, получаемая при переработке автомобильных шин, может успешно применяться не только как компонент в асфальтобетонные смеси, но и как сырье для производства кровельных гидроизоляционных материалов. Такие технологии пока в новинку и пока не находят широкого применения в российской строительной отрасли. Тем не менее, благодаря своей практичности, экономичности, экологичности и возможность создания бесшовного покрытия, есть все предпосылки утверждать о перспективной сфере применения рисунок 2.



Рис. 2. Плоская кровля из резиновой крошки

Результаты от внедрения системы утилизации шин в России: решение проблем с экологической ситуацией; переработка механическим способом до 70% шинных отходов; создание дополнительных условий для развития производств по получению конечной продукции переработки шин в РФ.

#### Список литературы

1. Ермошин Н.А. Управление логистическими рисками при проектировании производственной структуры дорожно-строительных организаций.// Вестник гражданских инженеров. Научно-технический журнал. – СПбГАСУ, выпуск 3 (24), 2010. С. 138-141.
2. Ермошин Н.А. Методологические аспекты управления надежностью строительства и эксплуатации автомобильных дорог.// Вестник гражданских инженеров. Научно-технический рецензируемый журнал. – СПбГАСУ, выпуск 2 (55), 2016. С. 27-33.
3. <http://www.mnr.gov.ru/news/detail.php?ID=144367&print=Y>(дата обращения: 16.11.2016).
4. <http://escoltasoft.ru/blog/othodi-podlejashie-zahoroneniu> (дата обращения: 18.11.2016).
5. [www.intec-moscow.com](http://www.intec-moscow.com) «Анализ рынка» Способы переработки использованных автопокрышек. (дата обращения: 19.11.2016).

## АРХИТЕКТУРА СТОЛИЧНЫХ И РОСТОВСКИХ КЛУБОВ ДВАДЦАТЫХ – ТРИДЦАТЫХ ГОДОВ XX ВЕКА

*Иевлева О.Т.*

профессор кафедры графики и информационных технологий архитектурного проектирования, д-р техн. наук, Южный федеральный университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

*Шавва А.О.*

аспирант кафедры графики и информационных технологий архитектурного проектирования, Южный федеральный университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

В статье рассматриваются социальные предпосылки, основные направления архитектурного проектирования клубов и Домов культуры 20-х – 30-х гг. XX в., а также приводятся описания примеров столичных и региональных клубов (на примере Ростова-на-Дону), делается вывод о значении клубов для архитектуры региона.

*Ключевые слова:* архитектура, клубы, Дома культуры, социально-культурные предпосылки, архитектурные проекты.

Первая треть XX века стала новым этапом в развитии мировой и советской архитектуры. В это время появляется новый тип культурно-развлекательных учреждений – клуб. Строительство культурно-развлекательных объектов на всех этапах развития советского общества соответствовало определенным запросам (целесообразность, эстетичность, эффективность и т. д.) и вписывалось в архитектурную среду, обогащая ее новыми красками. Подготовительный этап формирования советского клуба характеризовался разработкой новых форм деятельности учреждения и новых

архитектурных решений. Рабочий клуб должен был стать формой классового объединения рабочих в сфере агитационно-массовой и культурно-просветительской работы, политического воспитания. Клубное здание должно было служить улучшению культурно-образовательного уровня, ликвидации неграмотности, организации читален, библиотек, проведению массовых образовательных и культурных мероприятий (лекции, концерты, спектакли и т.д.).

Социально-политические и культурные предпосылки, которые сложились в 1920-х – первой половине 1930-х годов, стали основой для возникновения новых типов клубных зданий: клуб рабочих (производственный, профессиональный, территориальный, сельский); Дворец культуры; Дворец труда и др.

В городах заказчиками клубов выступали профсоюзы. Из числа построек, возникших за три предвоенных десятилетия, легко вычлняются так называемые «профсоюзные клубы». Проекты этих зданий выполнены в течение четырех лет с 1927 по 1930 год, и поэтому все они принадлежат к советскому архитектурному авангарду, самобытному творческому явлению в отечественной архитектуре XX века, признанному как российскими, так и зарубежными специалистами. К профсоюзным клубам относятся лучшие, «звездные» постройки по проектам архитекторов К.Мельникова, братьев Весниных, И. Голосова, И. Леонидова и других [4].

На протяжении ряда лет шла острая борьба между сторонниками клуба как многоцелевого здания и сторонниками представления функциональной и планировочной структуры клуба, как кинотеатрального объекта. Вторая тенденция имела немного прямых защитников, но в реальной жизни, в первую очередь из-за финансовых соображений, она оказалась более стойкой и вскоре безраздельно восторжествовала [3].

Например, выдающийся советский архитектор К.С.Мельников рассматривал клубы как многофункциональные здания и одним из первых в мировой архитектуре предложил принцип трансформации внутренних пространств, решая клуб как «систему залов».

К.С.Мельников писал: «Архитектура клуба должна быть весьма индивидуальной и характерной. Признак такой индивидуальной формы – резкое отличие от зданий других назначений, а в точном и научном смысле определение архитектуры клуба – это механизация формы. Бесконечное разнообразие видов работы клуба должно протекать публично» [5, с. 186].

Социальные и функциональные проблемы, возникшие при проектировании клубов, обусловили необходимость проведения конкурсного проектирования, главной целью которого стало формирование нового типа здания, формулировка целей и задач его работы, вплоть до определения требований к отдельным помещениям. Программы проводимых конкурсов были однотипны и близки по содержанию, в них предусматривались: театрально-концертный зал, кинозал, зал собраний, лекционные залы, библиотека, клубные помещения (для кружковой работы), спортивный зал. В большинстве конкурсных программ в различных соотношениях вместимостей сочетался

театр и группа помещений для клубной работы. Это сочетание устойчиво легло в основу последующего развития клубов и Дворцов культуры.

«Клуб – место всеобщей радости» – так было определено назначение этого типа советских общественных зданий в 1927, в году десятилетия Октября, который был и годом десятилетия клубного строительства в СССР. Эти слова могут стать критерием для оценки архитектуры клубов первой пятилетки. Для профессиональной оценки достоинств зданий клубов это означало соответствие всему задуманному многообразию клубной жизни, происходившей в них» [8, с.68].

Многие предприятия Ростова-на-Дону и других городов Ростовской области открывали клубы в собственных зданиях, например, вино-водочный завод «Госспирта», «Горводопровод», и лишь немногие клубы имели собственные здания [2].

В первое десятилетие клубного строительства (1920-1930 гг.) в Ростовской области были созданы: клуб типографских рабочих «Красный Октябрь», ранее в этом здании находилась фабрика цветной печати им. Ильича, районный клуб Донполитпросвета на Новом поселении, клуб бумажной фабрики им. М.И.Калинина, клуб водников, клуб им. В.И.Ленина при Донской окружной больнице, клуб железнодорожников Юго-Восточной железной дороги и др. [6].

В строительстве новых клубов активное участие принимали и другие крупные города Ростовской области. Примером является построенный в Таганроге в 20-х годах Клуб металлистов (бывший клуб имени Сталина), сейчас – Дворец культуры машиностроителей. При содействии заводов «Красный котельщик» (ныне комбайновый) и инструментального завода клуб стал украшением города, ярким образцом конструктивистского стиля в архитектуре.

Здание Дворца культуры машиностроителей напоминает гаечный ключ, что является символом мирного труда. Так, в Ленинграде в эти же годы был построен Дворец культуры им. Кирова – в его плане скрещенные серп и молот. Главный вход акцентирован полуцилиндрическим фасадом вестибюля. Металлические окна и пролеты подчеркивали «индустриальность», а не жилой характер здания.

В 20-е годы прошлого века наряду с клубами массовый характер приобрело проектирование и строительство Дворцов и Домов культуры.

Это были общественные здания нового типа, которые сначала называли «храмами», а впоследствии за ними закрепилось звание «Дворцов». Они вошли в историю архитектуры как образцы «подлинной демократии», как Дворцы социалистической культуры.

20-30-е годы оставили целый ряд выдающихся памятников клубной архитектуры. Среди них – ленинградские Дворцы культуры имени Горького, им. Крупской, имени Ленина, имени Ленсовета, московский Дворец культуры Пролетарского района (ныне ЗИЛа), а также менее крупные по объему, но интересные по архитектурному решению столичные Дома культуры им. Зуева, им. Русакова и им. Горбунова. Огромные Дворцы культуры были соору-



жены во многих крупных городах страны, в том числе и в Ростове. Один из них – Дворец труда им. В.И. Ленина (он же – Рабочий дворец имени В.И. Ленина) – нынешний Дворец культуры железнодорожников, или, как его называют в Ростове, Лендворец.

После проведенного в 1925 г. конкурса специальная комиссия остановила выбор на проекте гражданского инженера Михаила Кондратьева и архитектора Александра Маркелова. Разработку проекта параллельно с идущей стройкой заканчивал ростовский архитектор Леонид Эберг [1].

Дворец должен был представлять собой контраст вытянутого горизонтального основного корпуса и вертикали башни, проект которой был выполнен М. Кондратьевым в духе символического романтизма. Башню с открытой, закрученной по спирали лестницей, предполагалось завершить скульптурой В.И. Ленина, которая по замыслу автора явилась бы одним из главных пространственных ориентиров Ростова [7]. Однако из-за значительного сокращения объема здания и недостатка средств, предложенный М. Кондратьевым проект башни остался нереализованным. Она получилась иной, более упрощенной, чем предполагалось первоначальным проектом.

Помимо четырехэтажного основного объема здание Лендворца имело высотный девятиэтажный корпус студийных помещений и служебных кабинетов (в то время самое высокое гражданское сооружение города).

Примечательно, что в его строительной биографии проявили себя три архитектурных стиля советской эпохи – конструктивизм, символический романтизм и советская неоклассика.

В конце 20-х годов в Ростове было начато сооружение Дворца культуры завода «Ростсельмаш». Стройка завода к этому времени шла достаточно активно, и для строителей был открыт временный клуб. Параллельно в заводском поселке возводилось большое здание Дворца культуры, строительство которого было завершено в 1932 году. В нем разместился зал на 800 мест, студийные помещения, радиостудия, детская техническая станция и т.д. Здание Дворца культуры просуществовало около десяти лет и было разрушено во время Великой Отечественной войны.

Строительство важнейших архитектурных объектов и участие в конкурсах отечественных специалистов вывели архитектурный процесс в Ростовской области в 20-30е гг. на ведущие позиции в стране. Клубы и Дворцы культуры, построенные в этот период, составили славную страницу в истории становления и развития советской архитектуры.

#### Список литературы

1. Есаулов Г.В., Черницына В.А. Архитектурная летопись Ростова-на-Дону. Изд. 2-е дополненное, Ростов-на-Дону, 2002. – 304 с.
2. Ильин А.М. Ростов-на-Дону. Очерк. – Ростов-на-Дону: Ростовское книжное издательство 1991. – 112 с.
3. Лухманов Н. Архитектура клуба. – М.: Теакинопечат, 1930. – 102 с.
4. Мастера советской архитектуры об архитектуре : Избранные отрывки из писем, статей, выступлений и трактатов : В 2 томах / Под общ. ред. М. Бархина [и др.]. – М. : Искусство, 1975.

5. Мельников Константин Степанович. Мир художника. Архитектура моей жизни. Творческая концепция. Творческая практика. – М.: Искусство, 1985. – С. 186.
6. Редьков Н.Н., Беленький Г.Л., Лисицина Л.П. Культура южной столицы. История и современность. Ростов-на-Дону, 2008.
7. Токарев А. Архитектура Ростова-на-Дону советского времени. Проект: Россия. Project Russia, 2002 / 2.
8. Хазанова В.З. Опыт изучения истории Советской арх-ры 1917-1932. Научный доклад на соискание уч. степени доктора искусствоведения, М., 1968. С. 68.

Подписано в печать 09.12.2016. Гарнитура Times New Roman.  
Формат 60×84/16. Усл. п. л. 8,37. Тираж 100 экз. Заказ № 297  
ООО «ЭПИЦЕНТР»  
308010, г. Белгород, ул. Б.Хмельницкого, 135, офис 1  
ИП Ткачева Е.П., 308000, г. Белгород, Народный бульвар, 70а