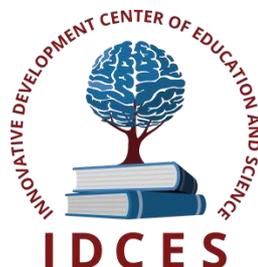


**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



**Естественные и математические науки: вопросы и  
тенденции развития**

**Выпуск III**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(11 ноября 2016г.)**

**г. Красноярск**

**2016 г.**

УДК 50(06)  
ББК 2я43

**Естественные и математические науки: вопросы и тенденции развития** / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 3. г. Красноярск, 2016г. 110 с.

**Редакционная коллегия:**

кандидат биологических наук Благодатнова Анастасия Геннадьевна (г. Новосибирск), кандидат биологических наук Войтка Дмитрий Владимирович (аг. Прилуки), кандидат физико-математических наук, доцент Казьмин Игорь Александрович (г. Ростов-на-Дону), кандидат физико-математических наук, доцент Кайракбаев Аят Крымович (г. Актобе), доктор физико-математических наук, профессор Каленский Александр Васильевич, кандидат биологических наук, доцент Корж Александр Павлович (г. Запорожье), кандидат физико-математических наук Лапушкин Георгий Иванович (г. Долгопрудный), доктор биологических наук Ларионов Максим Викторович (г. Балашов), доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН Лебедев Владимир Ильич (г. Кызыл), доктор биологических наук, профессор Лесовская Марина Игоревна (г. Красноярск), кандидат физико-математических наук, доцент Ловягин Юрий Никитич (г. Санкт-Петербург), кандидат физико-математических наук, член-корреспондент Американского института Аэронавтики и Астронавтики (АИАА) Лукин Александр Николаевич (г. Туапсе), кандидат биологических наук Малыгина Наталья Владимировна (г. Екатеринбург), кандидат физико-математических наук Матвеева Юлия Васильевна (г. Саратов), кандидат биологических наук Мошкина Светлана Владимировна (г. Орел), доктор химических наук, профессор Назарбекова Сауле Полатовна (г. Шымкент), доктор биологических наук, профессор Нурбаев Серик Долдашевич (г. Алматы), доктор биологических наук, профессор Околелова Алла Ароновна (г. Волгоград), кандидат физико-математических наук, доцент Седова Наталия Викторовна (г. Тамбов), кандидат биологических наук, профессор РАН Соловьева Анна Геннадьевна (г. Нижний Новгород), кандидат химических наук Туманов Владимир Евгеньевич (г. Черноголовка), кандидат физико-математических наук, доцент Чочиев Тимофей Захарович (г. Владикавказ), кандидат химических наук, профессор Шпейзер Григорий Моисеевич (г. Иркутск).

В сборнике научных трудов по итогам **III** Международной научно-практической конференции «**Естественные и математические науки: вопросы и тенденции развития**», г. Красноярск представлены научные статьи, тезисы, сообщения аспирантов, соискателей ученых степеней, научных сотрудников, докторантов, преподавателей ВУЗов, студентов, практикующих специалистов в области естественных и математических наук Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Сборник включен в национальную информационно-аналитическую систему "Российский индекс научного цитирования" (РИНЦ).

© ИЦРОН, 2016 г.  
© Коллектив авторов

## Оглавление

<b>ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.00.00)</b> .....	10
<b>МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.00)</b> .....	10
<b>СЕКЦИЯ №1.</b> <b>ВЕЩЕСТВЕННЫЙ, КОМПЛЕКСНЫЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.01)</b> .....	10
<b>СЕКЦИЯ №2.</b> <b>ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ, ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И</b> <b>ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.02)</b> .....	10
<b>СЕКЦИЯ №3.</b> <b>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.03)</b> .....	10
<b>СЕКЦИЯ №4.</b> <b>ГЕОМЕТРИЯ И ТОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.04)</b> .....	10
<b>СЕКЦИЯ №5.</b> <b>ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.05)</b> .....	10
<b>СЕКЦИЯ №6.</b> <b>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА, АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.06)</b> .....	10
<b>СЕКЦИЯ №7.</b> <b>ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.07)</b> .....	10
<b>СЕКЦИЯ №8.</b> <b>ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.09)</b> .....	10
<b>МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.00)</b> .....	10
<b>СЕКЦИЯ №9.</b> <b>ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.01)</b> .....	10
<b>СЕКЦИЯ №10.</b> <b>МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.04)</b> .....	11
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КЕРАМИК В ЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ УДАРЕ Толкачев В.Ф. ....	11
<b>СЕКЦИЯ №11.</b> <b>МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.05)</b> .....	15
АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ РОССИЙСКИХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ПРОБЛЕМЕ ЛЕВИТАЦИИ МИКРОЧАСТИЦ ЛУННОГО РЕГОЛИТА Яковлев А.Б. ....	16
<b>СЕКЦИЯ №12.</b> <b>ДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.06)</b> .....	24
<b>СЕКЦИЯ №13.</b> <b>БИОМЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.08)</b> .....	25
<b>АСТРОНОМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.00)</b> .....	25

<b>СЕКЦИЯ №14.</b>	
<b>АСТРОМЕТРИЯ И НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.01)</b> .....	25
<b>СЕКЦИЯ №15.</b>	
<b>АСТРОФИЗИКА И ЗВЕЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.02)</b> .....	25
<b>СЕКЦИЯ №16.</b>	
<b>ФИЗИКА СОЛНЦА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.03)</b> .....	25
<b>СЕКЦИЯ №17.</b>	
<b>ПЛАНЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.04)</b> .....	25
<b>ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.00)</b> .....	25
<b>СЕКЦИЯ №18.</b>	
<b>ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.01)</b> .....	25
<b>СЕКЦИЯ №19.</b>	
<b>ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.02)</b> .....	25
<b>ЧАСТИЧНАЯ ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОНОВ В СВЕРХРЕШЕТКЕ,</b>	
<b>ПОМЕЩЕННОЙ В ОДНОРОДНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ</b>	
Власов К. Р., Пятаев М. А., Шорохов А. В. ....	25
<b>ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН, ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА</b>	
<b>И ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ</b>	
<b>В ДЕКАРТОВЫХ КООРДИНАТАХ</b>	
Короткий В.М. ....	30
<b>СЕКЦИЯ №20.</b>	
<b>РАДИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.03)</b> .....	37
<b>СЕКЦИЯ №21.</b>	
<b>ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.04)</b> .....	37
<b>СЕКЦИЯ №22.</b>	
<b>ОПТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.05)</b> .....	
<b>СЕКЦИЯ №23.</b>	
<b>АКУСТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.06)</b> .....	37
<b>СЕКЦИЯ №24.</b>	
<b>ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.07)</b> .....	37
<b>КРИВАЯ НАМАГНИЧИВАНИЯ ДЛИННОГО ПЕРИОДИЧЕСКИ</b>	
<b>УПОРЯДОЧЕННОГО ДЖОЗЕФСОНОВСКОГО КОНТАКТА ПРИ МАЛЫХ</b>	
<b>ЗНАЧЕНИЯХ ПАРАМЕТРА ПИННИНГА</b>	
Зеликман М.А. ....	37
<b>СЕКЦИЯ №25.</b>	
<b>ФИЗИКА ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.08)</b> .....	42
<b>СЕКЦИЯ №26.</b>	
<b>ФИЗИКА НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.09)</b> .....	42
<b>СЕКЦИЯ №27.</b>	
<b>ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.10)</b> .....	43
<b>СЕКЦИЯ №28.</b>	
<b>ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.11)</b> .....	43

<b>СЕКЦИЯ №29.</b>	
<b>ЭЛЕКТРОФИЗИКА, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.13)</b> .....	43
<b>СЕКЦИЯ №30.</b>	
<b>ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.14)</b> .....	43
<b>СЕКЦИЯ №31.</b>	
<b>ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ НАНОСТРУКТУР,</b>	
<b>АТОМНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.15)</b> .....	43
<b>ЦЕПОЧКИ НАНОРАЗМЕРНЫХ ДИПОЛЕЙ С ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ</b>	
<b>МОМЕНТАМИ В ПЕРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ*</b>	
Фатеев Е.Г. ....	43
<b>СЕКЦИЯ №32.</b>	
<b>ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.16)</b> .....	48
<b>СЕКЦИЯ №33.</b>	
<b>ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, ГОРЕНИЕ И ВЗРЫВ, ФИЗИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ</b>	
<b>СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.17)</b> .....	48
<b>СЕКЦИЯ №34.</b>	
<b>КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, ФИЗИКА КРИСТАЛЛОВ</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.18)</b> .....	48
<b>СЕКЦИЯ №35.</b>	
<b>ФИЗИКА ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА</b>	
<b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.20)</b> .....	48
<b>СЕКЦИЯ №36.</b>	
<b>ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.21)</b> .....	48
<b>СЕКЦИЯ №37.</b>	
<b>ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.23)</b> .....	48
<b>ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.00)</b> .....	48
<b>СЕКЦИЯ №38.</b>	
<b>НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.01)</b> .....	48
<b>СЕКЦИЯ №39.</b>	
<b>АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.02)</b> .....	48
<b>СЕКЦИЯ №40.</b>	
<b>ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.03)</b> .....	48
<b>СЕКЦИЯ №41.</b>	
<b>ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.04)</b> .....	48
<b>СЕКЦИЯ №42.</b>	
<b>ЭЛЕКТРОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.05)</b> .....	48
<b>СЕКЦИЯ №43.</b>	
<b>ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.06)</b> .....	48
<b>ЯВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ НЕУПРУГОСТИ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ</b>	
<b>ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА</b>	
Ломовской В.А., Галушко Т.Б., Саков Д.М.,	
Бартенева А.Г., Некрасова Н.В. ....	49

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ВОДНО-КИСЛЫХ РАСТВОРОВ ХИТОЗАНА В СРЕДЕ ФАРМАКОПЕЙНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ Пискурова В.С., Шмаков С.Л. ....	54
<b>СЕКЦИЯ №44. ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.08).....</b>	<b>59</b>
<b>СЕКЦИЯ №45. ХИМИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.09).....</b>	<b>59</b>
<b>СЕКЦИЯ №46. БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.10).....</b>	<b>59</b>
<b>СЕКЦИЯ №47. КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.11) .....</b>	<b>59</b>
<b>СЕКЦИЯ №48. БИОНЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.12).....</b>	<b>59</b>
<b>СЕКЦИЯ №49. НЕФТЕХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.13) .....</b>	<b>59</b>
<b>СЕКЦИЯ №50. РАДИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.14).....</b>	<b>59</b>
<b>СЕКЦИЯ №51. КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.15).....</b>	<b>59</b>
КИНЕТИКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКЦИИ ГИДРОКАРБОМЕТОКСИЛИРОВАНИЯ ЦИКЛОГЕКСЕНА ПРИ КАТАЛИЗЕ СИСТЕМОЙ RuCl <sub>3</sub> – NaCl Севостьянова Н.Т., Баташев С.А. ....	59
<b>СЕКЦИЯ №52. МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.16).....</b>	<b>66</b>
<b>СЕКЦИЯ №53. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.17).....</b>	<b>66</b>
<b>СЕКЦИЯ №54. ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.21).....</b>	<b>66</b>
<b>БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.00.00).....</b>	<b>66</b>
<b>ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.00).....</b>	<b>66</b>
<b>СЕКЦИЯ №55. РАДИОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.01).....</b>	<b>66</b>
<b>СЕКЦИЯ №56. БИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.02) .....</b>	<b>66</b>
<b>СЕКЦИЯ №57. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.03).....</b>	<b>66</b>
<b>СЕКЦИЯ №58. БИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.04).....</b>	<b>66</b>
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ IRIS SIBIRICA L. СОРТ CAMBRIDGE Синицына А.А., Базарнова Н.Г., Тихомирова Л.И. ....	67

<b>СЕКЦИЯ №59. ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.05)</b> .....	71
МИКРОЭЛЕМЕНТЫ-БИОФИЛЫ И ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ <i>IRIS SIBIRICA L.</i> , ПОЛУЧЕННОМ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ Тихомирова Л.И., Базарнова Н.Г., Халявин И.А.....	71
<b>СЕКЦИЯ №60. БИОТЕХНОЛОГИЯ (В ТОМ ЧИСЛЕ БИОНАНОТЕХНОЛОГИИ) (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.06)</b> .....	75
НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КСИЛЕМЫ У <i>IRIS ENSATA THUNB.</i> В КУЛЬТУРЕ <i>IN VITRO</i> Тихомирова Л.И.....	75
<b>СЕКЦИЯ №61. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.07)</b> .....	79
<b>СЕКЦИЯ №62. БИОИНЖЕНЕРИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.08)</b> .....	79
<b>СЕКЦИЯ №63. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ, БИОИНФОРМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.09)</b> .....	79
<b>ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.00)</b> .....	79
<b>СЕКЦИЯ №64. БОТАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.01)</b> .....	79
<b>СЕКЦИЯ №65. ВИРУСОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.02)</b> .....	79
<b>СЕКЦИЯ №66. МИКРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.03)</b> .....	79
<b>СЕКЦИЯ №67. ЗООЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.04)</b> .....	79
КОЛОНИИ БЕРЕГОВОЙ ЛАСТОЧКИ <i>RIPARIA RIPARIA L., 1758</i> В ОКРЕСТНОСТЯХ ГОРОДА КИРОВА Ходырев Г.Н., Ходырев Н.Н.* , Колосов С.С. ....	80
<b>СЕКЦИЯ №68. ЭНТОМОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.05)</b> .....	83
<b>СЕКЦИЯ №69. ИХТИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.06)</b> .....	83
<b>СЕКЦИЯ №70. ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.07)</b> .....	83
<b>СЕКЦИЯ №71. ЭКОЛОГИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ) (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.08)</b> .....	83
<b>СЕКЦИЯ №72. БИОГЕОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.09)</b> .....	83
<b>СЕКЦИЯ №73. ГИДРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.10)</b> .....	83

<b>СЕКЦИЯ №74.</b>	
<b>ПАРАЗИТОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.11)</b> .....	83
<b>СЕКЦИЯ №75.</b>	
<b>МИКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.12)</b> .....	83
<b>СЕКЦИЯ №76.</b>	
<b>ПОЧВОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.13)</b> .....	83
<b>СЕКЦИЯ №77.</b>	
<b>БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.14)</b> .....	83
<b>ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.00)</b> .....	83
<b>СЕКЦИЯ №78.</b>	
<b>ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.01)</b> .....	83
<b>СЕКЦИЯ №79.</b>	
<b>АНТРОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.02)</b> .....	83
<b>СЕКЦИЯ №80.</b>	
<b>ИММУНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.03)</b> .....	83
<b>СЕКЦИЯ №81.</b>	
<b>КЛЕТочНАЯ БИОЛОГИЯ, ЦИТОЛОГИЯ, ГИСТОЛОГИЯ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.04)</b> .....	84
<b>СЕКЦИЯ №82.</b>	
<b>БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ, ЭМБРИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.05)</b> .....	84
<b>ВЫЯВЛЕНИЕ ЭМБРИОНАЛЬНОГО ФАКТОРА ТРАНСКРИПЦИИ XVENT-2 ВО</b> <b>ВЗРОСЛЫХ ТКАНЯХ XENOPUS LAEVIS*</b> Кормилицина В.А. <sup>1</sup> , Пшенникова Е.С. <sup>2</sup> , Воронина А.С. <sup>2</sup> .....	84
<b>СЕКЦИЯ №83.</b>	
<b>НЕЙРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.06)</b> .....	87
<b>ГЕОГРАФИЯ</b> .....	87
<b>СЕКЦИЯ №84.</b>	
<b>ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ,</b> <b>ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ</b> <b>И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.23)</b> .....	87
<b>СЕКЦИЯ №85.</b>	
<b>ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ</b> <b>И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.24)</b> .....	87
<b>СЕКЦИЯ №86.</b>	
<b>ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ</b> <b>(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.25)</b> .....	87
<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	87
<b>СЕКЦИЯ №87.</b>	
<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ</b> .....	87
<b>МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ КЛАССИФИКАТОРОВ НА ОСНОВЕ</b> <b>САМОРГАНИЗУЮЩИХСЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ СТРУКТУР</b> Апальков В.В., Макашин В.А., Алексеев В.А., Ханыков А.Е. ....	88
<b>НЕКОТОРЫЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ:</b> <b>МАШИННАЯ ЭКОНОМИКА</b> Молодцова И.А., Укустов С.С. ....	93

СОЗДАНИЕ И НАСТРОЙКА ВИРТУАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО КЛАССА НА БАЗЕ ОС LINUX Нестеренко С.Ю., Мирасов В.Ф.....	97
РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА «ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ» ДЛЯ СООБЩЕСТВА МЕДИЦИНСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ Окунь Д.Б., Петряева М.В. ....	102
<b>ГЕОЛОГИЯ</b> .....	107
<b>СЕКЦИЯ №88.</b>	
<b>РАЗВИТИЕ ГЕОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ</b> .....	107
<b>ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2016 ГОД</b> .....	108

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.00.00)**

**МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.00)**

**СЕКЦИЯ №1.**

**ВЕЩЕСТВЕННЫЙ, КОМПЛЕКСНЫЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.01)**

**СЕКЦИЯ №2.**

**ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ, ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И  
ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.02)**

**СЕКЦИЯ №3.**

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.03)**

**СЕКЦИЯ №4.**

**ГЕОМЕТРИЯ И ТОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.04)**

**СЕКЦИЯ №5.**

**ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.05)**

**СЕКЦИЯ №6.**

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА, АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.06)**

**СЕКЦИЯ №7.**

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.07)**

**СЕКЦИЯ №8.**

**ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.09)**

**МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.00)**

**СЕКЦИЯ №9.**

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.01)**

**СЕКЦИЯ №10.  
МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.04)**

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КЕРАМИК В ЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ  
ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ УДАРЕ**

**Толкачев В.Ф.**

НИИ прикладной математики и механики Томского государственного университета,  
г. Томск

В работе представлены результаты инженерной оценки эффективности применения композиционных материалов комбинированного строения (керамик карбида бора, оксида и никелид алюминия) в качестве дополнительной защиты стальных преград при ударе вольфрамовым стержнем в диапазоне скоростей 1...5 км/с. Проведено физическое моделирование процесса взаимодействия ударника с преградой при высокоскоростном взаимодействии. Оценка глубины проникания ударников проведена по имитационной модели, разработанной на базе гидродинамической модели бронепробивания. Выявлены основные характеристики керамик для эффективного использования в качестве дополнительных элементов защиты, расположенных на лицевой поверхности конструкции.

В качестве элементов конструктивно-компоновочных схем защитных конструкций против ударников кинетического действия используются различные виды сплавов и композиционных материалов комбинированного строения с усиленными прочностными характеристиками [1]. При отборе наиболее эффективных керамик и композитов для элементов конструкций из имеющихся и вновь разрабатываемых материалов возникает задача сравнения их противоударной стойкости при варьировании условий высокоскоростного удара. Наиболее приемлемым по достоверности методом оценки эффективности является экспериментальное, численное и физическое моделирование процесса проникания ударников в конструкции, содержащие слои из металлических сплавов, керамик и композитов.

На основе экспериментальных данных, представленных в [2, 3] рассмотрен вопрос эффективности использования керамических и композиционных материалов в качестве элементов бронезащиты по методике, представленной в работе [4]. Однако в методике не

учитываются массово-габаритные характеристики защитных конструкций, что важно для современной самоходной бронетехники.

В статье представлены результаты прогноза эффективности применения керамик – оксида алюминия  $Al_2O_3$  (марка КВП-98 – корунд), карбида бора  $B_4C$  и композита  $AlN$  – как дополнительных элементов в защитных стальных конструкциях. Физико-механические характеристики композитов приведены в таблице, в которой обозначены:  $\rho_0$  – плотность,  $E$  – модуль Юнга,  $H_M$  – микро-твердость,  $H_D$  – динамическая твердость,  $\sigma_T$  – предел текучести.

Таблица

Материал	$\rho_0, 10^3, \text{г/см}^3$	$E, \text{ГПа}$	$H_M, \text{ГПа}$	$H_D, \text{ГПа}$	$\sigma_T, \text{ГПа}$
$B_4C$	2,4	475	38	42-49	64.5
$Al_2O_3$	3,8	407	28	20-25	59.3
$AlN$	3,25		18	16-22	

Для предсказания глубины проникания стержневых ударников в монолитные преграды была предложена имитационная модель [5], основанная на положениях гидродинамической модели бронепробивания. Основное преимущество данной модели заключается в учете динамической сжимаемости материала ударника в контактной с преградой области. Результаты расчетов глубины проникания в стальные преграды вольфрамовых стержневых ударников при скоростях удара 1000...5000 км/с хорошо согласуются с экспериментальными данными авторов [6, 7] и литературными данными. На рис. 1 представлены графическими зависимостями расчета относительной глубины проникания ударников из сплава ВНЖ-90 длиной 6 см и удлинением 10 калибров в полубесконечные преграды из стали и керамик. Приведенные экспериментальные данные, обозначенные соответствующими значками, свидетельствуют о надежности расчетов. Полученные графические зависимости свидетельствуют о явном превосходстве абсолютного показателя проникания (наименьшая глубина проникания) в стальную преграду в сравнении с керамиками.

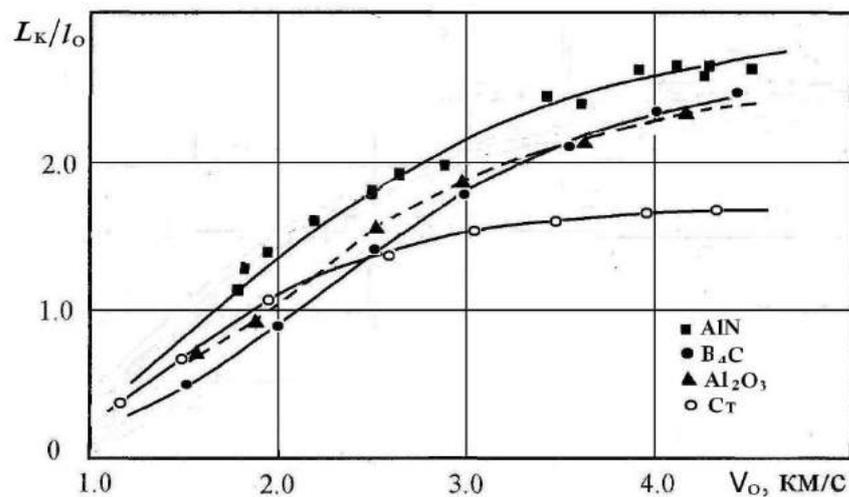


Рис.1. Относительная глубина проникания вольфрамовых стержней

Одной из важнейших характеристик бронепробивания является показатель удельного массового эквивалента УМЭ – масса преграды на единицу длины ударника, деленная на площадь поперечного сечения. На рис. 2, представлены показатели УМЭ, где цифрам соответствуют следующие материалы: 1 – Ст; 2 – AlN; 3 – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 4 – B<sub>4</sub>C. Соответствующее расположение графических зависимостей свидетельствует о том, что показатель УМЭ пропорционален плотности материала преграды в широком диапазоне скоростей удара.

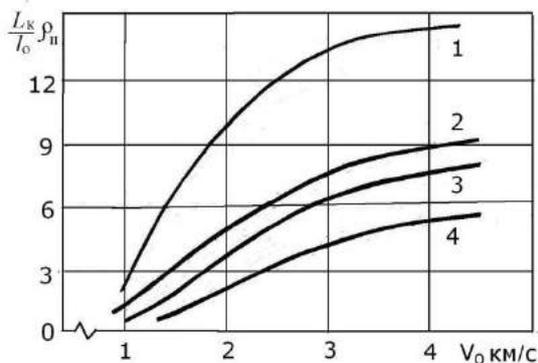


Рис.2. Удельные массовые характеристики преград

Проведены расчеты по прониканию стержневых ударников в слоистые преграды с учетом массово-габаритных размеров. Преграда – сочетание основной стальной плиты и керамической пластины толщиной *b*, расположенной на лицевой поверхности основной. Массовая эффективность, согласно стандартам, принятым в ARL (армейская лаборатория США), рассчитывалась по соотношению [8]:

$$e_m = \frac{(L_{K Cm} - L_{K (Cm-Kep)}) \rho_{Cm}}{b_{Kep} \rho_{Kep}}$$

где  $L_{K Ст}$  – глубина проникания в стальную преграду;  $L_{K(Ст-Кер)}$  – полная глубина проникания в сталь для слойки (Кер + Ст).

Для проведения сравнительного анализа в общем случае необходимо учитывать такие параметры, как глубина проникания, плотность материала, массовые и габаритные характеристики конструкции и это приводит к сложному характеру взаимосвязей зависимостей. Для результативного анализа массово-габаритных характеристик конструкции использована эмпирическая зависимость:

$$\delta = e_m \frac{L_{K Кер}}{L_{K (Кер+Ст)}}$$

Здесь  $L_{K Кер}$  – глубина проникания в керамику (массивные блоки).

Результаты расчета эффективности керамик с учетом их массово-габаритных характеристик  $\delta$  относительно стали представлены на рис. 3. Значения эффективности  $\delta$  соответствуют следующим керамикам: 1) – эффективность AlN; 2) – эффективность  $Al_2O_3$ ; 3) – эффективность  $B_4C$ . Считается керамика эффективной, если значение  $\delta > 1$ . Приведенные зависимости наглядно иллюстрируют высокую эффективность применения композиционных материалов комбинированного строения в сочетании со стальными пластинами против высокоскоростных стержневых ударников при скоростях удара до 1,5 км/с. Эффективность керамик зависит от механических и прочностных свойств материала в условиях динамического нагружения. Так керамика карбида бора наиболее эффективна относительно остальных исследованных и достигает предельных скоростей соударения около 2 км/с.

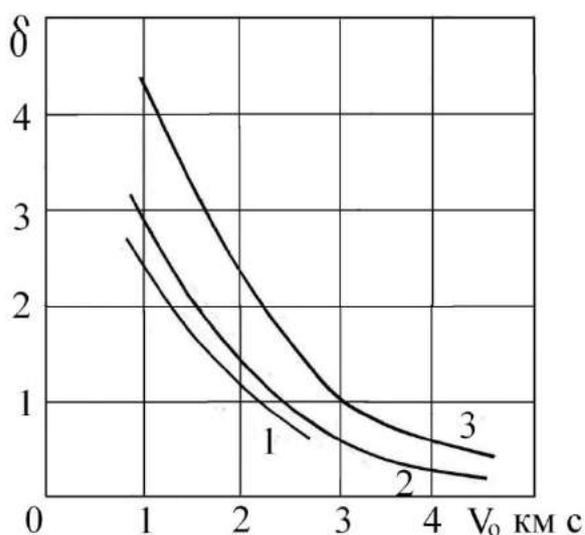


Рис.3. Массово-габаритные характеристики конструкций «керамика – сталь» от скорости нагружения стержнем

Таким образом, разработана инженерная методика оценки конечного результата взаимодействия высокоплотных стержневых ударников с элементами комбинированной конструкции, основанной на модифицированной гидродинамической модели проникания с учетом эффектов динамической сжимаемости материала ударника при соударении. В широком диапазоне удара представлены результаты исследования эффективности применения различных керамик на примере карбида бора, оксида алюминия и никелида алюминия в качестве лицевых элементов слоистой конструкции. Приведенные данные оценок свидетельствуют о целесообразности использования сложной комбинированной защиты против высокоскоростных стержневых ударников кинетического действия и рассмотрен вопрос о перспективе усиления комбинированной защиты за счет применения высокопрочных композиционных материалов комбинированного строения в качестве основных составляющих элементов.

### Список литературы

1. Viechnicki D.J., Slavin M.J., Kliman M.I. // Ceramic bulletin. 1991. Vol.70, N6. P.1035-1039.
2. Коняев А.А., Толкачев В.Ф. // РАН. Механика композиционных материалов и конструкций. 2004. Т.10, №4. С.466-476. МКМК Иванова Ю.М. Стратегии речевого воздействия в жанре предвыборных.
3. Толкачев В.Ф. Коняев А.А., Жейков В.В. // «Механика наноструктурированных систем». Труды Всероссийской конференции. Том 1. Москва. 13 – 15 декабря 2011 г. – М.; Альянсстрансатом, 2011. С.131-139.
4. Bless S.J., Rosenberg Z., Yoon S. // Int. J. Impact Engng. 1987. №5. P. 165-171.
5. Толкачев В.Ф. // Всесибирские чтения по математике и механике. Механика. Том 2. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1997. С. 107-113.
6. Хорев И.Е., Толкачев В.Ф., Ерохин Г.А. // РАН. Космические исследования. Т.45, №2. С.103-188.
7. Толкачев В.Ф., Назаров А.Г. // Экстремальное состояние вещества. Детонация. Ударные волны. Саров: ВНИИ ЭФ, 2002. С. 187-191.
8. Уолтерс У., Гуч У // ФГВ. 2000. Т. 36, №6. С77-83.

### СЕКЦИЯ №11.

### МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.05)

# АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ РОССИЙСКИХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ПРОБЛЕМЕ ЛЕВИТАЦИИ МИКРОЧАСТИЦ ЛУННОГО РЕГОЛИТА

**Яковлев А.Б.**

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

В 2014 году Институтом космических исследований РАН по поручению Роскосмоса составлена Российская программа освоения Луны. ИКИ предлагает создать на Луне оптическую обсерваторию и автоматический радиотелескоп-интерферометр, состоящий из отдельных приемников, распределенных по поверхности Луны. Программа изучения и освоения Луны разбита на этапы, объединенные общей стратегической целью. На первом этапе предполагается изучение Луны автоматическими станциями и выбор площадки для расширения присутствия человека. Основные научные задачи первого этапа: исследование состава вещества и физических процессов на лунных полюсах, исследование процессов взаимодействия космической плазмы с поверхностью и свойств экзосферы на лунных полюсах, исследование внутреннего строения Луны методами глобальной сейсмометрии, исследование космических лучей сверхвысоких энергий. Первыми автоматическими станциями в рамках лунной программы должны стать "Луна-Глоб" и "Луна-Ресурс". Согласно данным, опубликованным агентством Интерфакс, посадочный аппарат "Луна-Глоб" планируется запустить в космос в 2019 году с космодрома Восточный при помощи ракеты семейства «Союз-2». Запуск второго аппарата должен быть произведен в 2020 или 2021 году. В состав научного оборудования обоих автоматических станций входят приборы для изучения лунной экзосферы и пыли. Важность этих исследований связана с выбором наиболее оптимального места размещения радиотелескопа, так как облака мелкой левитирующей пыли могут быть основной проблемой для проведения наблюдений. В связи с этим в последнее время снова возрос интерес к исследованию поведения пыли у поверхности Луны (Голубь и др., 2012; Попель и др., 2013; Борисов и Захаров, 2014; Буринская, 2014; Popel et al., 2014; Burinskaya, 2015).

Известно, что под действием электромагнитного излучения Солнца и окружающей плазмы происходит зарядка поверхности Луны. Потенциал лунной поверхности обычно определяется из условия равенства нулю суммарной плотности тока на ее поверхность, что связано с низкой проводимостью Луны. Первоначально зависимость электростатического потенциала от высоты над поверхностью Луны предполагалась монотонной (Manka, 1973; Walbridge, 1973; Колесников и Мануйлов, 1982; . Колесников и

Яковлев, 1997; Яковлев, 1998; Kolesnikov and Yakovlev, 2003). В работах (Голубь и др., 2012; Попель и др., 2013) в рамках такого подхода представлена теоретическая модель для самосогласованного описания концентраций фотоэлектронов и пылевых частиц над поверхностью освещенной части Луны и выполнен расчет распределений по размерам и высотам подъема заряженных пылевых частиц над освещенными участками поверхности Луны для различных значений угла между местной нормалью и направлением на Солнце. При этом из теории диодов известно, что при сильной эмиссии электронов из катода распределение потенциала является немонотонным (Жеребцов, 1960). Такой характер зависимости подтверждается, например, результатами измерений около спутников на геостационарной орбите (Whipple Jr., 1976). В статьях Т.М. Буринской (Буринская, 2014; Burinskaya, 2015) проведено исследование влияния солнечного ветра на немонотонное распределение потенциала вблизи лунной поверхности в широком диапазоне значений плотности эмитируемых фотоэлектронов. В настоящей работе мы проанализируем методы и результаты указанных выше публикаций (Голубь и др., 2012; Попель и др., 2013; Буринская, 2014; Burinskaya, 2015).

#### **Самосогласованный подход к расчету плотностей левитирующих микрочастиц лунного реголита.**

В (Попель и др., 2013) представлен принципиально новый подход, основанный на самосогласованном описании концентраций фотоэлектронов и пылевых частиц над поверхностью освещенной части Луны. Такой подход позволяет сопоставлять результаты численных расчетов с результатами запланированных в рамках полетов "Луна-Глоб" и "Луна-Ресурс" экспериментов. Для описания плазменно-пылевой системы в приповерхностном слое освещенной части Луны используется модифицированная модель (Голубь и др., 2012), в которой зарядка пылевых частиц над поверхностью Луны вычисляется с учетом влияния фотоэлектронов, электронов и ионов солнечного ветра, а также солнечного излучения. Рассматривается ситуация, когда Луна не находится в хвосте магнитосферы Земли, и соответственно, влияние плазмы хвоста магнитосферы на освещенную сторону Луны несущественно. Модификация модели состоит в том, что в (Попель и др., 2013) производится учет фотоэлектронов как от лунной поверхности, так и от поверхностей пылевых частиц, парящих над Луной. Рассмотрение фотоэлектронов от поверхностей пылевых частиц существенным образом модифицирует модель и требует самосогласованного описания, поскольку фотоэлектроны и пылевые частицы оказывают влияние на распределения друг друга. Ввиду самосогласованного характера задачи решить ее удастся только численными методами, использующими итерации. В нулевом приближении пренебрегают эффектами фотоэлектронов с поверхности пылевых частиц и

определяют распределения пыли над поверхностью Луны. После чего вычисляют распределения фотоэлектронов от поверхностей пылевых частиц для тех распределений пыли, которые были рассчитаны на предыдущем шаге. Далее, вычисляют распределения пыли, но уже с новыми распределениями фотоэлектронов над поверхностью Луны. Затем для вычисленных таким образом распределений пыли определяются распределения фотоэлектронов и т.д.

Поведение пылевых частиц в приповерхностном слое описывается уравнениями для их динамики и процесса зарядки:

$$m_d \frac{d^2h}{dt^2} = q_d E(h, \theta) - m_d g_M \quad (1)$$

$$\frac{dq_d}{dt} = I_e(q_d) + I_i(q_d) - I_{ph}(q_d) + I_{e,ph}(q_d) \quad (2)$$

где  $h$  – высота над лунной поверхностью;  $m_d$  – масса пылевой частицы;  $q_d$  – ее заряд;  $g_M$  – ускорение свободного падения у поверхности Луны;  $I_e(q_d)$  и  $I_i(q_d)$  – токи на пылевую частицу электронов и ионов солнечного ветра,  $I_{ph}(q_d)$  – фототок электронов с пылевой частицы,  $I_{e,ph}(q_d)$  – ток фотоэлектронов на пылевую частицу. Расчеты для системы уравнений (1)–(2) позволяют, в частности, определить распределение пылевых частиц над Луной по размерам. В результате описанной процедуры получено аналитическое выражение для распределения пылевых частиц над Луной по размерам.

Однако рассмотренный в (Попель и др., 2013) подход не является последовательно самосогласованным, так как в расчетах используется аналитическое выражение для напряженности электрического поля

$$E(h, \theta) = \frac{2T_{e,ph}}{e} \frac{\sqrt{\cos \theta/2}}{\lambda_D + h\sqrt{\cos \theta/2}} \quad (3),$$

которое, по существу, было впервые получено в (Колесников и Яковлев, 1997). При этом соотношение (3) получено в предположении о пренебрежении вкладом частиц солнечного ветра и пылевых гранул в плотность электрического заряда при решении уравнения Пуассона. Кроме того, как показано в (Москаленко, 1992), распределение электростатического потенциала для большинства углов падения солнечного излучения является немонотонным даже для участков лунной поверхности, обогащенных водородом. Распределение становится монотонным только непосредственно вблизи терминатора (Москаленко, 1992).

### Расчет параметров немонотонного потенциала.

Статьи Т.М. Буринской (Буринская, 2014; Burinskaya, 2015) как раз и посвящены проблеме расчета параметров немонотонного потенциала вблизи лунной поверхности. Однако, как по использованному в (Буринская, 2014; Burinskaya, 2015) методу, так и по его реализации можно сделать несколько замечаний. Как справедливо отмечено в статье Буринской (Burinskaya, 2015) первые работы, посвященные изучению немонотонных потенциалов у поверхности безатмосферных небесных тел, появились более 30 лет назад (Feuerbacher et al., 1972; Fu, 1971; Guernsey and Fu, 1970). Тогда же были сформулированы основные уравнения, в том числе уравнения (условия) баланса. В связи с этим можно сформулировать первое замечание. Автор утверждает, что условие нулевого чистого тока ставится на бесконечности. Однако обычно это условие ставится на поверхности, излучающей фотоэлектроны, (Мануйлов и Колесников, 1984; Москаленко, 1992; Попов, 1989) или на произвольной высоте, так как условие остается справедливым для любого  $z$  ( $z$  - высота над поверхностью Луны), как отмечено в (Guernsey and Fu, 1970). Такой подход понятен, так как в условиях динамического равновесия заряд поверхности остается постоянным, а, следовательно, полный ток на поверхность должен быть равен нулю. Параметры, которые традиционно определялись из условий баланса, - это потенциал поверхности  $\varphi_0$  и значение потенциала в точке минимума  $\varphi_1$ . Поэтому в ряде работ вместо трех условий баланса использовались только два: нейтральность плазмы на бесконечности и нулевой чистый ток на поверхности планеты (Мануйлов и Колесников, 1984; Попов, 1989). При этом во всех указанных статьях делается предположение о стремлении потенциала к нулю при стремлении  $z$  к бесконечности. Однако, как показано в (Москаленко, 1992) система двух указанных выше уравнений не имеет решения. Таким образом, правильно использовать систему из трех балансовых уравнений, но в этом случае должно быть 3 неизвестных параметра. В качестве третьего параметра Туринская предлагает использовать плотность электронов солнечного ветра  $n_e$ . Обычно плотности электронов и ионов в солнечном ветре считаются равными, что якобы должно противоречить используемому уравнению нейтральности на бесконечности. А никакого противоречия здесь нет, так как необходимо понимать существенное различие между физической и математической моделями для рассматриваемой задачи. Физическая бесконечность - это расстояние много больше радиуса Луны, а математическая бесконечность для одномерной электростатической задачи - это расстояние, на котором эту одномерную модель можно использовать. Как показано в (Москаленко, 1989; Москаленко, 1992), это расстояние есть толщина двойного слоя и равно нескольким

дебаевским радиусам плазмы солнечного ветра. Для больших расстояний от поверхности планеты одномерная модель перестает быть справедливой, плотность фотоэлектронов падает и электро-нейтральность в этой области обусловлена только наличием электронной и ионной составляющих плазмы солнечного ветра. Поэтому в (Москаленко, 1992) предложено описывать немонотонный потенциал тремя параметрами: потенциал поверхности  $\varphi_0$ , значение потенциала в точке минимума  $\varphi_1$  и значение на бесконечности (в математической модели)  $\varphi_\infty$ . Затем при переходе от одномерной к трехмерной геометрии задачи потенциал может спадать до нуля, но этот процесс обычно не рассматривается. Так как потенциал на границе двойного слоя не равен нулю, плотность на соответствующей высоте не равна плотности электронов в солнечном ветре, что согласуется с результатами (Burinskaya, 2015). Однако высотный ход потенциала будет существенно отличаться, что повлияет на величину электростатических сил, действующих на частицу пыли при ее движении в двойном слое. Как справедливо отмечено в (Burinskaya, 2015), изучение поведения потенциала вблизи поверхности Луны является необходимым шагом в решении задачи динамики мелких частиц лунного реголита, а эта динамика будет существенно зависеть от величины электростатических сил.

Также в (Москаленко, 1992) все уравнения получены для произвольного угла между локальной нормалью и направлением на Солнце и с учетом дрейфовой скорости электронов задолго до работы (Poppe and Horányi, 2010). К сожалению (Москаленко, 1989; Москаленко, 1992), по-видимому, не известны большинству исследователей, так как написаны на русском языке и изданы в мало популярных журналах. Высотный ход потенциала в (Burinskaya, 2015) определяется решением уравнения (11), но входящие в него плотности  $n_e(\varphi)$  и  $n_{ph}(\varphi)$  задаются формулами (9) и (10) только при  $z > z_1$  ( $z_1$  - высота, соответствующая минимуму потенциала). Для  $z < z_1$  необходимо использовать другие выражения (Москаленко, 1992; Yakovlev, 2015). Поэтому, не понятно как вычислена константа в уравнении (11) в (Burinskaya, 2015). Приведенные на рисунках 1 и 2 статьи Буриной (Burinskaya, 2015) результаты расчетов получены для постоянного значения плотности ионов солнечного ветра при изменении его дрейфовой скорости, что противоречит данным работ (Schwenn, 2001; Мирошниченко, 2011) о различии плотностей для медленного и быстрого солнечного ветра.

Для сравнения рассмотренных подходов проведены расчеты высотного хода потенциала и зависимостей  $\frac{e\varphi_0}{T_{ph}}$  и  $\frac{e\varphi_1}{T_{ph}}$  от скорости солнечного ветра  $u_0$  по методу статьи Москаленко для плотности фотоэлектронов и температуры  $T_{ph}$  из (Burinskaya,

2015) и параметров солнечного ветра, используемых в (Burinskaya, 2015) и предложенных в (Schwenn, 2001; Мирошниченко, 2011). Рис. 1 показывает высотный ход потенциала, рассчитанный по методам Буринской и Москаленко для плотности и температуры фотоэлектронов из (Burinskaya, 2015) и параметров солнечного ветра, используемых в (Burinskaya, 2015) и в (Мирошниченко, 2011). Рис. 2 показывает зависимости  $e\varphi_0/T_{ph}$  и  $e\varphi_1/T_{ph}$  от  $u_0/v_{te}$  ( $v_{te}$  - тепловая скорость электронов солнечного ветра) из статьи (Burinskaya, 2015) и рассчитанные по методу Москаленко для параметров солнечного ветра, взятых из (Schwenn, 2001). Видно, что во втором случае ветви кривых для быстрого и медленного ветра не сходятся в одной точке.

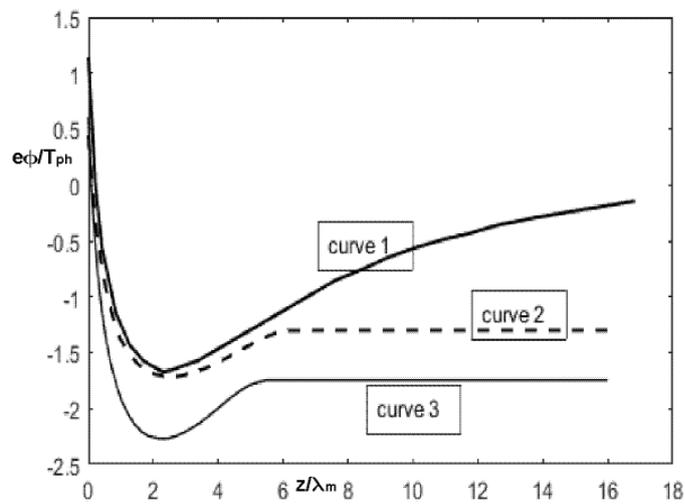


Рис. 1. Безразмерный потенциал  $e\varphi/T_{ph}$  как функция высоты  $z$ , деленной на  $\lambda_m = \sqrt{T_{ph}/4\pi n_{i\infty} e^2}$ . Кривая 1 взята из (Burinskaya, 2015). Кривая 2 рассчитана по методу Москаленко для тех же самых параметров, что и кривая 1. Кривая 3 рассчитана по методу Москаленко для тех же плотности и температуры фотоэлектронов и следующих параметров солнечного ветра:  $u_0 = 327 \text{ км/с}$  и  $T_e = 1.3 \cdot 10^5 \text{ К}$ .

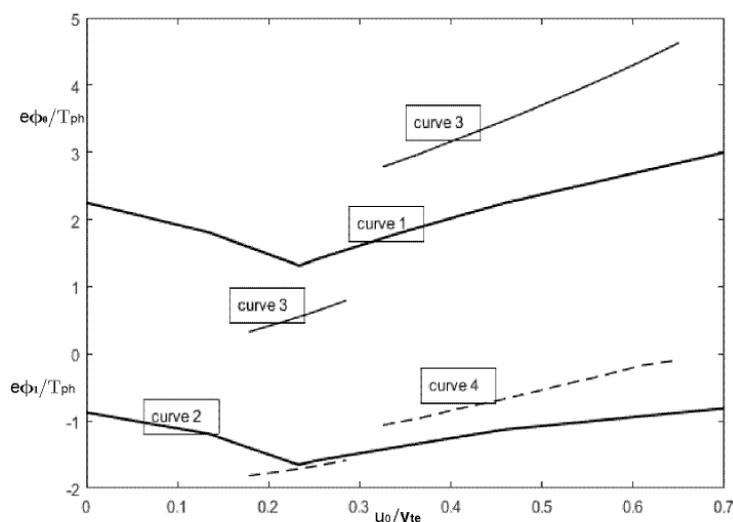


Рис. 2. Безразмерные потенциалы  $e\varphi_0/T_{ph}$  и  $e\varphi_1/T_{ph}$  как функции отношения скорости солнечного ветра к тепловой скорости электронов солнечного ветра. Кривые 1 и 2 взяты из (Burinskaya, 2015). Кривые 3 и 4 рассчитаны по методу Москаленко для тех же плотности и температуры фотоэлектронов и параметров солнечного ветра, взятых из (Schwenn, 2001).

### Заключение

Необходимо отметить общий недостаток большинства последних публикаций российских авторов по рассматриваемой проблеме. Это недостаточное знакомство с более ранними работами на русском языке. Создается впечатление, что российские авторы лучше знакомы с работами зарубежных авторов, чем со статьями своих соотечественников. Это тем более странно, поскольку впервые динамика лунной пыли рассмотрена в работах Колесникова и Яковлева (Яковлев, 1998; Колесников и Яковлев, 2001; Kolesnikov and Yakovlev, 2003).

Кроме того данные современных экспериментов позволяют сделать вывод о возможности подъема мелких частиц лунной пыли на сотни метров над поверхностью Луны. Рассмотренные в статье модели не позволяют объяснить такие значения высот. По-видимому, необходимо переходить к построению моделей с учетом лунной экзосферы. Тем более что ее изучение предусмотрено в Российской лунной программе.

### Список литературы

1. Буринская Т.М. Влияние солнечного ветра на распределение потенциала вблизи лунной поверхности // Физика плазмы. 2014. Т. 40. № 1. С. 17-23

2. Борисов Н.Д. и Захаров А.В. Электризация и движение пыли вблизи поверхности астероида // Астрон. вестн. 2014. Т. 48. № 1. С. 24 - 34
3. Голубь А.П., Дольников Г.Г., Захаров А.В., Зеленый Л.М., Извекова Ю.Н., Копнин С.И. и Попель С.И. Плазменно-пылевая система в приповерхностном слое освещенной части Луны // Письма в ЖЭТФ. 2012. Т. 95. № 4. С. 198-204
4. Жеребцов И.П. Основы электроники. М. - Л. Госэнергоиздат, 1960. 608 с.
5. Колесников Е.К. и Мануйлов А.С. Расчет напряженности электростатического поля над поверхностью Луны, покрытой монослоем водорода // Астрон. журнал. 1982. Т. 59. № 5. С. 996 - 998
6. Колесников Е.К., Яковлев А.Б. Условие электростатической левитации микрочастиц лунного реголита // Астрон. вестн. 1997. Т. 31. № 1. С. 70-71
7. Колесников Е.К. и Яковлев А.Б. Возможные режимы колебательного движения микрочастиц лунного реголита в электростатическом поле приповерхностного фотоэлектронного слоя. // Сб. трудов 15 сессии Международной школы по моделям механики сплошной среды. СПб. НИИХ СПбГУ, 2001. С. 46-55
8. Мануйлов А.С. и Колесников Е.К. К вопросу о немонотонном ходе электростатического потенциала в фотоэлектронном слое над поверхностью Луны в период средней солнечной активности // Вестн. Ленинград. ун-та. сер. 1. 1984. Т. 7. № 2. С. 101 - 104
9. Мирошниченко Л.И. Физика Солнца и солнечно-земных связей: учебное пособие. М. Университетская книга. 2011. 174 с.
10. Москаленко А.М. Двойной слой (виртуальный катод) у освещенной поверхности Фобоса. М. 1989. 23с. (Препринт АН СССР ИЗМИРАН № 27(853))
11. Москаленко А.М. Электростатический потенциал у поверхности Луны. // Кинематика и физика небесных тел. 1992. Т. 8, № 5. -С. 31-40.
12. Попель С.И., Копнин С.И., Голубь А.П., Дольников Г.Г., Захаров А.В., Зеленый Л.М. и Извекова Ю.Н. Пылевая плазма у поверхности Луны // Астрон. вестн. 2013. Т. 47. № 6. С. 455 - 466
13. Попов В.В. Электрическое поле безатмосферного небесного тела // Космич. исслед. 1989. Т. 27. № 5. С. 777 - 781
14. Яковлев А.Б. Динамика левитирующих частиц лунного реголита // Астрон. вестн. 1998. Т. 32. № 4. С. 398-400
15. Burinskaya, T.M. Non-monotonic potentials above the dayside lunar surface exposed to the solar radiation // Planet. Space Sci. 2015. V. 115. P. 64–68

16. Feuerbacher B., Anderegg M., Fitton B., Laude L.D., Willis R.F., Grard R.J.L. Photoemission from lunar surface fines and the lunar photoelectron sheath // *Geochim. Cosmochim. Acta Suppl.* 1972. V. 3, S2655–S2663
17. Fu J.H.M. Surface potential of a photoemitting plate // *J. Geophys. Res.* 1971. V. 76. № 10. P. 2506–2509
18. Guernsey R.L., Fu J.M. 1970. Potential distribution surrounding a photo-emitting plate in a dilute plasma // *J. Geophys. Res.* 1970. V. 75. № 16. P. 3193–3199
19. Kolesnikov E.K. and Yakovlev A.B. Vertical dynamics and horizontal transfer of submicron-sized lunar-regolith microparticles levitating in the electrostatic field of the near-surface photoelectron layer // *Planet. Space Sci.* 2003. V. 51. P. 879 - 885
20. Manka R.H. Plasma and potential at the lunar surface // in *Photon and Particles Interaction with Surface in Space*, R.J.L. Grard, Ed. Dordrecht: Reidel, 1973. P. 347 - 361
21. Popel S.I., Golub A. and Zelenyi L. Photoelectron distribution function over the illuminated part of the Moon // *Eur. Phys. J. D*, 2014, V. 68, P. 245-249, DOI: 10.1140/epjd/e2014-50214-4.
22. Poppe A., Horányi M. Simulations of the photoelectron sheath and dust levitation on the lunar surface // *J. Geophys. Res.* 2010. V. 115. A08106
23. Schwenn R. *Solar Wind: Global Properties*. Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics. Institute of Physics Publishing. Bristol, UK. 2001. [https://www.cfa.harvard.edu/~scranmer/ITC/eaaa\\_solar\\_wind\\_schwenn.pdf](https://www.cfa.harvard.edu/~scranmer/ITC/eaaa_solar_wind_schwenn.pdf)
24. Walbridge E. Lunar photoelectron layer // *J. Geophys. Res.* 1973. V. 78. № 19. P. 3668 - 3687
25. Whipple E.C. Jr. Theory of spherically symmetric photoelectron sheath: a thick sheath approximation and comparison with ATS 6 observation of potential barrier // *J. Geophys. Res.* 1976. V. 81. № 4. P. 601
26. Yakovlev A.B. The corrected method for calculation of electrostatic potential near to surface of nonatmospheric space body and the analysis of possible modes of dust particles motion // 2015. International Conference on Mechanics - Seventh Polyakhov's Reading, Febr. 2-6, 2015 Saint-Petersburg, Publisher: IEEE, DOI: 10.1109/POLYAKHOV.2015.7106785

## **СЕКЦИЯ №12.**

### **ДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.06)**

**СЕКЦИЯ №13.  
БИОМЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.08)**

**АСТРОНОМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.00)**

**СЕКЦИЯ №14.  
АСТРОМЕТРИЯ И НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.01)**

**СЕКЦИЯ №15.  
АСТРОФИЗИКА И ЗВЕЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.02)**

**СЕКЦИЯ №16.  
ФИЗИКА СОЛНЦА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.03)**

**СЕКЦИЯ №17.  
ПЛАНЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.04)**

**ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.00)**

**СЕКЦИЯ №18.  
ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.01)**

**СЕКЦИЯ №19.  
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.02)**

**ЧАСТИЧНАЯ ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОНОВ В СВЕРХРЕШЕТКЕ, ПОМЕЩЕННОЙ  
В ОДНОРОДНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ**

**Власов К. Р., Пятаев М. А., Шорохов А. В.**

ФГБОУВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск

При теоретическом исследовании полупроводниковых сверхрешеток возникает вопрос о выборе модели для описания электронного транспорта – минизонный транспорт или туннелирование между уровнями Ванье-Штарка. При этом в качестве критериев выбора модели обычно рассматривается соотношение между шириной минизоны и временем релаксации, либо между электрическим полем и временем релаксации [1].

Однако вопрос выбора наиболее адекватной модели одноэлектронного энергетического спектра должен иметь определенное решение еще на уровне квантовой механики без учета диссипативных процессов, характеристикой которых является время релаксации.

Согласно теории Ванье [2], энергетический спектр бесконечной периодической системы в электрическом поле  $F$  представляет собой набор дискретных уровней, находящихся на расстоянии  $E_{ws} = eFd$  друг от друга, где  $d$  – период сверхрешетки,  $e$  – заряд электрона. Впоследствии доказательства существования Ванье-Штарковской локализации неоднократно подвергались критике [3,4]. С практической точки зрения большой интерес представляет вопрос об энергетическом спектре сверхрешетки конечного размера. В этом случае тип спектра (дискретный или непрерывный) определяется граничными условиями на краях структуры, однако уровни Ванье-Штарка должны каким-то образом проявляться в спектрах обоих типов.

Целью настоящей работы является исследование проявления локализации электронов в сверхрешетке, состоящей из нескольких десятков слоев, находящейся в однородном электрическом поле. В такой системе имеется три параметра с размерностью энергии, влияющих на энергетический спектр: высота  $U_0$  потенциального барьера между соседними ямами, энергия  $E_d = \hbar^2 / (2md^2)$  размерного квантования и энергия  $E_{ws}$ , приобретаемая электроном в электрическом поле при прохождении одного периода. Здесь  $m$  – эффективная масса электрона.

Сверхрешетка в электрическом поле моделируется набором прямоугольных потенциальных барьеров, описываемых формулой

$$U(x) = \begin{cases} \hbar^2 neFd + U_0, & x - nd < a \\ \hbar^2 neFd, & x - nd > a \end{cases} \quad (1)$$

где  $a$  – ширина барьера, а  $n = [x/d]$  – номер периода. Здесь прямые скобки означают целую часть числа. Схематический вид потенциала показан на Рис. 1.

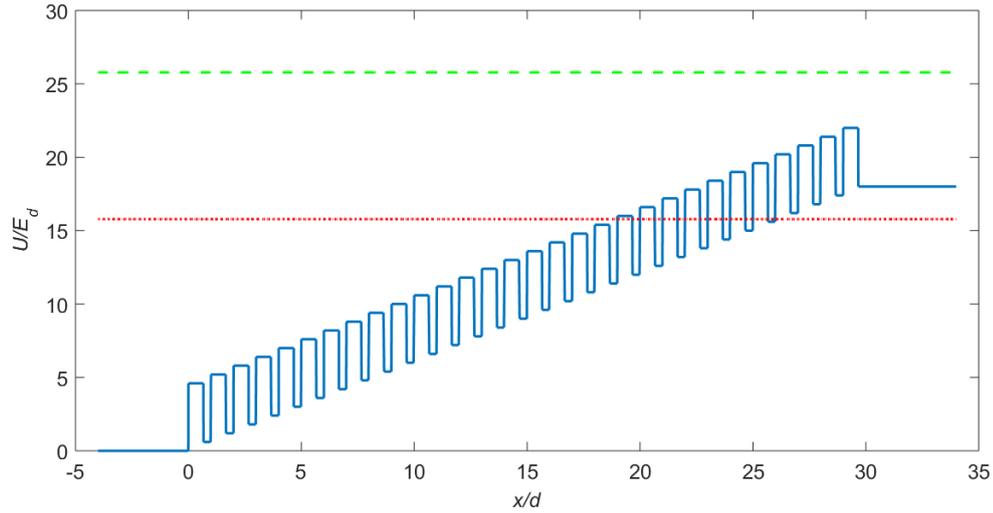


Рис. 1. Зависимость потенциальной энергии от координаты при  $U_0 = 4E_d$ ,  $eFd = 0,15U_0$ ,  $N = 30$ ,  $a = 2d/3$ . Красная точечная линия соответствует энергии, при которой электрон полностью отражается от сверхрешетки, а зеленая штриховая линия – энергии, при которой возможно частичное прохождение.

В работе решается уравнение Шредингера для электрона, налетающего на сверхрешетку из области с низкой потенциальной энергией и частично либо полностью отражающегося обратно (Рис. 1). На каждом участке постоянной потенциальной энергии волновая функция электрона имеет вид

$$y_m(x) = A_m \exp(ik_m x) + B_m \exp(-ik_m x), \quad (2)$$

где  $A_m$  и  $B_m$  – коэффициенты, а  $k_m$  – волновой вектор электрона (на тех участках, где  $E < U(x)$ ,  $k_m$  – мнимый). В точках  $x_m$  скачков потенциала решения сшиваются с помощью граничных условий, обеспечивающих непрерывность и гладкость волновой функции:

$$y(x_m - 0) = y(x_m + 0), \quad (3)$$

$$y'(x_m - 0) = y'(x_m + 0). \quad (4)$$

В результате для определения  $4N$  неизвестных коэффициентов волновой функции получается система из  $4N$  уравнений, которая имеет решения при любых энергиях налетающих электронов.

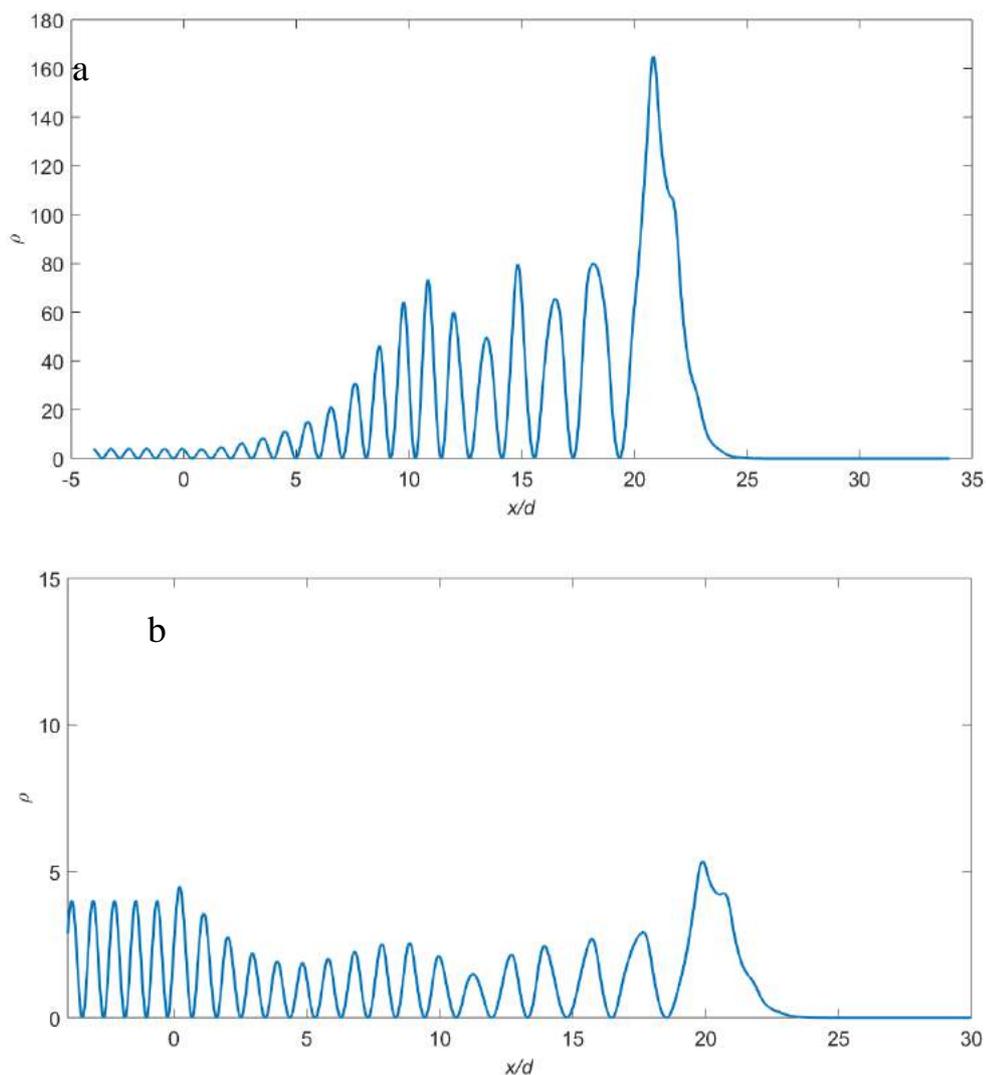


Рис. 2. Зависимость плотности вероятности нахождения электрона в данном месте пространства от координаты при различных энергиях: а –  $E = 15,78E_d$ , б –  $E = 15,3E_d$ .

Остальные параметры такие же, как на Рис. 1.

Проявление частичной локализации электрона в настоящей работе исследовалось с помощью максимальной плотности  $r(x) = |y(x)|^2$  вероятности нахождения электрона в данном месте пространства. Графики зависимости  $r(x)$  для двух различных значений энергии электронов показаны на Рис. 2.

Для дальнейшего анализа была рассмотрена зависимость от энергии абсолютного максимума функции  $r(x)$ . График зависимости  $r_{\max}(E)$  показан на Рис. 3.

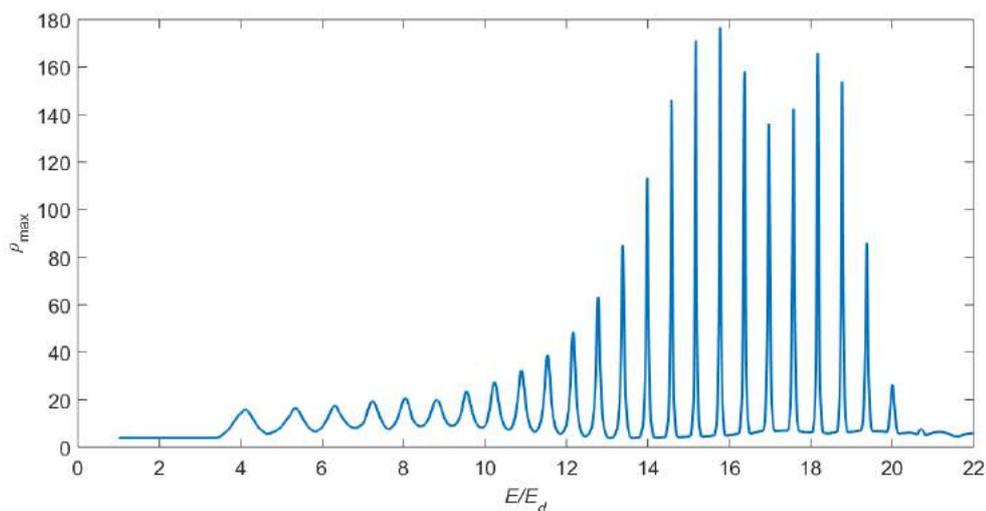


Рис. 3. Зависимость максимальной плотности вероятности нахождения электрона в данной месте пространства от энергии при  $U_0 = 4E_d$ ,  $eFd = 0,15U_0$ ,  $N = 30$ ,  $a = 2d/3$ .

Как видно из Рис. 3, в некотором диапазоне энергий максимальная плотность вероятности осциллирует с периодом  $E_{WS}$ . При этом максимумам на графике  $r_{\max}(E)$  соответствуют функции  $r(x)$ , имеющие вид пика в окрестности границы классически разрешенной и запрещенной областей (Рис. 2а), а провалам на графике соответствует полное отражение электрона без роста плотности вероятности (Рис. 2б). Как видно из Рис. 3, осцилляции на графике хорошо выражены только в области энергий  $E < NeFd$ , соответствующих полному отражению электрона. Амплитуда этих осцилляций может рассматриваться как количественный критерий степени выраженности локализации Ванье-Штарка.

Как следует из проведенного в работе анализа, амплитуда осцилляций увеличивается с ростом высоты  $U_0$  потенциального барьера, в то время как выраженной тенденции к росту амплитуды при увеличении электрического поля не наблюдается. Таким образом, в рассматриваемой системе основным фактором, ответственным за частичную локализацию электронов, является высота потенциального барьера  $U_0$ .

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания (проект № 2.2665.2014).

### Список литературы

1. A. Wacker, Physics Reports **357**, 1, (2002).
2. G. H. Wannier, Phys. Rev. **117**, 432 (1960).

3. J. Zak, Phys. Rev. Lett. 20, 1477 (1968).
4. J. Zak, Phys. Rev. B 43, 4519 (1991).

## ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН, ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА И ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДЕКАРТОВЫХ КООРДИНАТАХ

**Короткий В.М.**

Объединенный институт высоких температур Российской академии наук

Представлены результаты исследований периодического закона Д.И. Менделеева и периодической системы химических элементов по их интегрированию в рамках полуклассической модели [атома](#) в планетарную систему элементов в координатном представлении.

За истекшее время классическая таблица Менделеева, демонстрирующая периодический закон, неоднократно дополнялась и расширялась, при этом наибольшее распространение получили широко известные формы таблицы периодической системы элементов (ПСЭ): короткая, полудлинная, длинная и лестничная. В отечественной научной и учебной литературе, преимущественно, приводилась короткая форма таблицы ПСЭ, а за рубежом – полудлинная таблица ИЮПАК.

Можно выделить три этапа эволюции ПСЭ: химический, электронный и ядерный. На первом из них изучались причины периодического изменения свойств химических элементов в связи с их атомным весом и создавались модификации периодической таблицы применительно к решению различных фундаментальных и прикладных задач. На втором этапе исследовались электронные оболочки атомов, был сделан вывод о зависимости свойств элементов от заряда ядра атома и предложены квантово-механические обоснования периодического закона. Наконец, третий этап посвящен изучению строения атомного ядра для обнаружения функциональных зависимостей периодических свойств элементов от строения их атомных ядер [1].

В настоящее время главный международный орган химиков – International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) настоятельно рекомендует использовать для научных изысканий и в образовательном процессе полудлинную форму периодической таблицы ПСЭ, поскольку ИЮПАК изначально призван координировать исследования, требующие международного согласования, контроля и стандартизации химической терминологии, включая названия элементов. Таблица, утвержденная ИЮПАК в 1989 году, состоит из 18 вертикальных групп, обозначенных арабскими цифрами, и не содержит принятых в

короткой форме ПСЭ таких понятий, как типические элементы, главные и побочные подгруппы, триады и семейства железа или платиновых металлов. В связи с этим, по мнению большинства современных ученых, таблица ИЮПАК частично лишена недостатков и очевидных противоречий, присущих короткой форме ПСЭ.

В качестве одного из последних исследований в данной области можно привести наиболее представительный современный и расширенный вариант таблицы ИЮПАК, который был одобрен XVII Менделеевским съездом в сентябре 2003 года. В расширенный вариант таблицы ПСЭ были внесены самые последние характеристики всех известных на сегодняшний день элементов [2].

Несмотря на настоятельные рекомендации повсеместного использования таблицы ИЮПАК, окончательная ее редакция в виде полудлинной 18 групповой периодической таблицы ПСЭ также имеет существенные недостатки и не является окончательной. В связи с этим относительно недавно было показано, что периодическая система и периодическая таблица химических элементов, представленные в виде ортогональной симметричной суперматрицы в декартовых координатах, совершенно оригинально раскрывают способ графического представления периодического закона. Предложенная в ОИВТ РАН новейшая система классификации химических элементов (рис.1) в виде планетарной системы элементов (ПлСЭ) сравнительно свободно элиминирует существенные недостатки предыдущих табличных форм представления периодического закона и дает основание отнести данные исследования к завершающему этапу интенсивных полуторавековых поисков в этой области [3, 4].



инвариантность объектов или параметров объекта по отношению к некоторым преобразованиям или к операциям, выполненным над вещественными объектами. Эмми Нетер, в частности, установила связь между симметриями и законами сохранения - каждому виду симметрии должен соответствовать определенный закон сохранения: следствием однородности пространства является закон сохранения импульса, следствием его изотропности - закон сохранения момента импульса, следствием однородности времени является закон сохранения энергии и т. п.

В связи с выявлением в науке сложных видов симметрии возникло и новое понятие «суперсимметрия», которое было введено в 70-х годах прошлого века в отношении физической системы, объединяющей состояния, подчиняющиеся разным статистикам - статистике Бозе-Эйнштейна (бозоны) и статистике Ферми-Дирака (фермионы), которые относятся к [квантовой теории поля](#) и вещества. Подобно другим типам [симметрии](#), рассматриваемым в физике, суперсимметрия формулируется в терминах некоторой группы преобразований, действующих на состояние системы, что, по нашему мнению, можно использовать при исследовании различий в свойствах систем атомов, состоящих из адронов и лептонов, составляющих атомы химических элементов. В результате оказалось возможным конструирование новых матричных структур, в том числе, суперматрицы атомов химических элементов, обладающей особыми свойствами суперсимметрии, выражающимися в их структурной классификации по Периодическому закону [5].

Указанные особенности структурного построения ПлСЭ, обладающей указанными группами симметрии, связаны с тем, что периодичность содержащихся в таблице элементов связана с наличием центрального и концентрических полей, представляющих собой замкнутые энергетические зоны для центральной первой и шести обрамляющих ее кольцевых энергетических зон (периодов) с последовательно возрастающим числом электронных оболочек согласно известному закону их количественного возрастания 2, 8, 8, 18, 18, 32, 32. Горизонтально и вертикально размещенные группы элементов относительно осей декартовой системы координат образуют обычные хорошо известные и изученные семейства элементов с подобными свойствами, которые эквивалентны группам и подгруппам классической ПСЭ и ИЮПАК. При этом главные подгруппы восьми групп элементов в таблице ПлСЭ пронизывают все семь больших и малых кольцевых периодов, а десять побочных проходят только через четыре внешних больших периода (с 4-го по 7-й). Одновременно ближайšie к центру системы главные и побочные подгруппы элементов, а именно: первая — вторая, пятая — шестая размещены зеркально-

симметрично относительно оси абсцисс и, соответственно, третья — четвертая, седьмая — восьмая подгруппы размещены зеркально-симметрично относительно оси ординат.

В планетарной системе элементов ПлСЭ (рис.1) легкие  $s$  – элементы первого периода He и H совмещены в центральных клетках системы на пересечении декартовых осей координат, при этом  $s$  – элемент H находится в контакте с лидирующим  $p$ -элементом (фтором) группы 7a, а  $s$  – элемент He – с лидирующим  $p$ -элементом (неоном) группы 8a, соседствуя с водородом, литием и неоном. Данный порядок взаимной связи указанных  $s$ ,  $p$  – элементов в планетарной системе элементов ПлСЭ соответствует последним теоретическим представлениям о периодичности и частично устраняет, характерное для классической ПСЭ, противоречие в альтернативной принадлежности водорода одновременно к группам 1a ( $s$  – элементы щелочных металлов) и 7a ( $p$  – элементы галогенов), а гелия – к группе 8a. Одновременно в ПлСЭ исправляется известная неопределенность в конфигурации первого периода классической ПСЭ, связанная с разделением, т.е. с наличием значительного количества пустых клеток для несуществующих элементов между He и H.

Расходящиеся от центра таблицы ПлСЭ линейные группы элементов векторно размещены так, что восемь больших, десять средних и четырнадцать малых линейных групп образуют упомянутые группы и подгруппы элементов с подобными химическими свойствами. Кардинальным различием и важнейшей особенностью новой ПлСЭ, в отличие от прежних классических форм ПСЭ и ИЮПАК, является то, что лантаноиды (элементы 57–71), актиноиды (элементы 90–103) и трансактиноиды (элементы 105–118) нашли свое совершенно естественное место внутри упомянутой суперматрицы в шестом и седьмом периодах. Таким образом, в таблице ПлСЭ разрешены несуразности расположения семейства триад элементов в VIII подгруппе совместно с благородными газами, а также внетабличное расположение лантаноидов и актиноидов. Полное завершение седьмого периода происходит на элементе с порядковым номером 118, который является аналогом радона.

Наглядно сравнить электронные оболочки лантаноидов и актиноидов с другими элементами основных групп ПСЭ и ИЮПАК существующие периодические системы классификации не позволяют. В декартовых координатах при спирально матричном распределении элементов лантаноиды и актиноиды по суммарному количеству электронов органично вписываются в соответствующие группы шестого и седьмого периодов предлагаемой периодической таблицы ПлСЭ. На этом основании они перенесены из дополнения к таблице в её основную часть. При указанном распределении перемещенных лантаноидов и актиноидов в двух подгруппах (между второй – третьей и

четвертой-пятой группами) вскрывается их вторичная периодичность, сопровождающаяся известным подобием конфигурации валентных оболочек.

Исходя из указанного строения супертаблицы ПлСЭ следует, что ее структура представляет собой, по существу, схему интеграции периодического закона и полуклассической модели [атома](#) в ортогональном варианте унифицированной конфигурации планетарной системы, что обеспечивает получение наиболее полной информации об электронном строении оболочек известных элементов в соответствии с возрастанием заряда ядер атомов, а также возможность наглядного изображения электронных оболочек химических элементов в табличной форме. Это, в свою очередь, позволяет прогнозировать электронные конфигурации и свойства атомов и их соединений для известных химических элементов, еще не открытых (110–118) или уже открытых, но полностью не изученных (102–109), в том числе, путем сравнения индексов электронной конфигурации соседних по подгруппам элементов с известными свойствами и ближайших элементов по периоду. Следует также отметить, что ряд критиков классической «архаичной» формы ПСЭ, отмечают "насильственную" упаковку элементов в восемь главных групп, включающих побочные подгруппы, содержащие "типические" элементы и «триады» с несовместимыми свойствами элементов главных и побочных подгрупп. В новой супертаблице ПлСЭ эта проблема, как видно из ее структуры на рис. 1, полностью разрешена – каждая из главных и побочных подгрупп имеют свои векторно-симметричные энергетические зоны размещения относительно указанных осей координат. При этом последовательный ряд порядковых номеров элементов отвечает спиральной структуре ПлСЭ, табличная форма – матричной составляющей, а четно-нечетные группы элементов в этой системе формируют четыре симметрично расположенные векторные и квадрупольные ассоциации для основных групп и подгрупп элементов планетарной системы. Поскольку, с математической точки зрения, матрица или суперматрица ПлСЭ - есть способ записи некоторой системы уравнений, то каждое, входящее в матрицу периодической системы элементов, уравнение в отдельности описывает вектор. Построив из точки начала координат векторы, заданные в суперматрице ПлСЭ по спиральному закону, мы зададим на плоскости или в пространстве некоторую группу или фигуру, а ее частные определители – некоторую площадь или иные характеристики ПлСЭ. На наш взгляд – это одно из направлений возможности строгой формализации Периодического закона.

Чтобы сохранить преемственность классической таблицы Менделеева ПСЭ и новой ПлСЭ, а также упростить использование длинной формы ИЮПАК, новые номера групп в ПлСЭ могут быть согласованы со старыми (римскими) номерами групп (I - VIII) и

подгрупп (*a*, *b*). В новой таблице ПлСЭ, естественно, должны быть приведены новые названия последних элементов, утвержденные ИЮПАК. Анализ структуры новой планетарной системы химических элементов ПлСЭ показал ее эффективность в освобождении от некоторых недостатков и парадоксов классической периодической системы элементов ПСЭ и международной таблицы ИЮПАК. Развитие современных квантовых представлений и ядерных технологий обусловило возникновение множества новых вопросов о границах периодической системы, островах стабильности трансурановых элементов, способах получения и исследования сверхтяжелых атомов. Перспективы решения этих вопросов определяются не только уровнем развития общей химии и ядерной физики изотопов, но новейшими исследованиями, в том числе, в части изучения свойств периодичности электронных конфигураций элементов ПлСЭ, от строения и устойчивости их атомных ядер.

В настоящее время представляется, что рассмотренные свойства нового ортогонального представления периодического закона, периодической системы и периодической таблицы в декартовых или полярных координатах, раскрывающие особые свойства некоторых видов групповой, спиральной и матричной симметрии в расположении элементов в структуре планетарной системы элементов ПлСЭ помогут решить некоторые из указанных выше проблем с целью создания более совершенной системы знаний о структуре и эволюции вещества.

### Список литературы

1. Семишин В. И. Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева // — М: Химия, 1972. 188 с.
2. Р. Сайфуллин, А. Сайфуллин Современная форма таблицы Менделеева // Наука и жизнь, № 7, 2004.
3. Короткий В. М. Структурный вариант периодической системы элементов Д. И. Менделеева // Оборонный комплекс — народному хозяйству: Сб. инф. листов о науч.-технич. достижениях. Химическая технология. М: ФГУП "ВИМИ", 1997. С. 11.
4. Короткий В.М., Мелентьев Г.Б. О распределении s-, p-, d-, f- элементов по группам симметрии // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России.– М.: ФГУП ВИМИ, 2007. № 4. С. 75 – 78.
5. Короткий В.М. Исследование свойств групповой симметрии суперматрицы,

образованной спиральным числовым рядом в соответствии с зарядом атомного ядра химических элементов // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции (11 апреля 2016 г.). Актуальные проблемы и достижения в естественных и математических науках.– г. Самара.: ИЦРОН, 2016. Выпуск III. С. 15-18.

**СЕКЦИЯ №20.  
РАДИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.03)**

**СЕКЦИЯ №21.  
ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.04)**

**СЕКЦИЯ №22.  
ОПТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.05)**

**СЕКЦИЯ №23.  
АКУСТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.06)**

**СЕКЦИЯ №24.  
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.07)**

КРИВАЯ НАМАГНИЧИВАНИЯ ДЛИННОГО ПЕРИОДИЧЕСКИ УПОРЯДОЧЕННОГО  
ДЖОЗЕФСОНОВСКОГО КОНТАКТА ПРИ МАЛЫХ ЗНАЧЕНИЯХ  
ПАРАМЕТРА ПИННИНГА

**Зеликман М.А.**

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,  
г. Санкт-Петербург

В последние годы внимание теоретиков и экспериментаторов привлекает проблема проникновения магнитного поля в длинный периодически модулированный джозефсоновский контакт. С одной стороны, это связано с интересом к искусственным структурам такого типа [1], на которых могут быть проверены теоретические предсказания. С другой стороны, эта задача представляет собой модель, которой свойственны все процессы, имеющие место в сверхпроводящих образцах: выталкивание магнитного поля, возникновение вихрей, их пиннинг и все связанные с этим феномены,

в частности, проникновение в контакт внешнего магнитного поля. Математически же эта задача существенно проще аналогичной задачи для трехмерного сверхпроводника.

В работах [2,3] рассчитаны распределения фаз, токов и магнитного поля в таком контакте при адиабатическом включении внешнего магнитного поля  $H_e$ . При достаточно малых значениях  $H_e$  у границы контакта возникает мейсснеровская конфигурация. При этом магнитное поле, созданное приграничными токами, полностью компенсирует внешнее поле в глубине контакта. В работе [2] показано, что такая ситуация имеет место до тех пор, пока внешнее поле не достигнет некоторого максимально возможного значения  $H_S$ , причем вплоть до этого значения поля мейсснеровское состояние является устойчивым. При полях, больших  $H_S$ , в контакт начинают проникать вихри.

В работах [3-6] показано, что характер вихревой картины зависит от величины так называемого параметра пиннинга  $I$ , определение которого будет дано далее. При малых значениях  $I$  ситуация такая же, как при нулевом пиннинге, т.е. при превышении внешним полем некоторого значения  $H_{\max} > H_S$  вихри заполняют сразу весь контакт от его границы до бесконечности. При больших же значениях  $I$  вихри с ростом поля постепенно продвигаются от границы внутрь контакта, а магнитное поле в глубине контакта остается равным нулю. В работе [4] на базе подхода, развитого в нелинейной физике [5], показано, что существует критическое значение параметра пиннинга  $I_C = 0.9716$ , разделяющее эти два режима. При  $I > I_C$  при любом внешнем поле может существовать приграничная токовая конфигурация конечной длины, обеспечивающая полную компенсацию поля внутри контакта вдали от границы.

В работах [3,6] профиль магнитного поля внутри контакта рассчитан на базе подхода, основанного на анализе непрерывного видоизменения конфигурации, протекающего в направлении уменьшения потенциала Гиббса. При изменении внешнего магнитного поля происходит непрерывная трансформация устанавливающегося распределения токов. При этом в каких-то участках конфигурации токи убывают, в каких-то возрастают, т.е. вихри не ведут себя как заталкиваемые полем внутрь жесткие частицы, а как бы “втекают” внутрь контакта. Предложенный алгоритм позволяет найти ту конфигурацию, в которую переходит мейсснеровское состояние при малом превышении внешним полем значения  $H_S$ , и проследить ее развитие при дальнейшем увеличении поля. Компьютерный численный расчет [3] показал, что существует критическое значение параметра пиннинга  $I_C$  в интервале 0.95-1.00, разделяющее два возможных режима

проникновения в контакт магнитного поля. Этот результат находится в полном согласии с предсказаниями [4].

При  $I > I_C$  [3] при любом значении внешнего поля  $H_e$  возникает приграничная токовая структура конечной длины, полностью компенсирующая внешнее поле в глубине контакта. Если же  $I < I_C$ , то такая приграничная структура может существовать лишь до значения внешнего поля  $H_{\max}(I)$ . При  $H_e > H_{\max}$  поле проникает в среду на бесконечную глубину. Этот случай подробно исследован в работе [6]. В частности, детально анализируется полученная при монотонном увеличении внешнего магнитного поля начальная кривая намагничивания длинного контакта. Однако использованный метод дает возможность анализа ситуации и при дальнейшем уменьшении магнитного поля, а также при его циклическом изменении.

В настоящей работе приведены результаты расчета полной кривой намагничивания и исследование гистерезиса в длинном контакте при циклическом изменении магнитного поля для случая  $I < I_C$ . Сначала будем увеличивать внешнее магнитное поле  $H_e$ . До значения поля  $H_S$  реализуется мейсснеровское решение. Далее, при  $H_S < H_e < H_{\max}$  возникает приграничная последовательность вихрей, полностью компенсирующая внешнее поле в глубине контакта. При  $H_e > H_{\max}$  вихри проникают в контакт на всю его глубину. Дойдя до некоторого значения поля  $H_a$ , начнем отслеживать развитие ситуации при его уменьшении. Далее, достигнув значения  $-H_a$ , снова начнем увеличивать поле. Таким способом будет исследован весь цикл.

Введем обозначения  $h = H/H_0$  и  $b = B/B_0$ , - нормированные напряженность и индукция магнитного поля, где  $H_0 = \Phi_0/\mu_0 S$  и  $B_0 = \Phi_0/S$  - значения внешнего поля, при котором через каждую ячейку площадью  $S$  проходит 1 квант магнитного потока  $\Phi_0$ . Критическое значение параметра пиннинга  $I_C$  определялось в работах [4,5,6] и оказалось равным 0.9716. Для исследования было выбрано значение  $I=0,9 < I_C$ , при котором  $h_S = 0,318$ , а  $h_{\max} = 0,343$ . Длина контакта равнялась  $2N=200$  ячеек.

Расчеты позволяют получить универсальную кривую намагничивания контакта (рис.1), то есть зависимость средней индукции  $b$  в контакте от внешнего поля  $h$ . Вид петли гистерезиса определяется точкой поворота  $h_a$ . Такие точки указаны на графике цифрами 1,2,3,4,5.

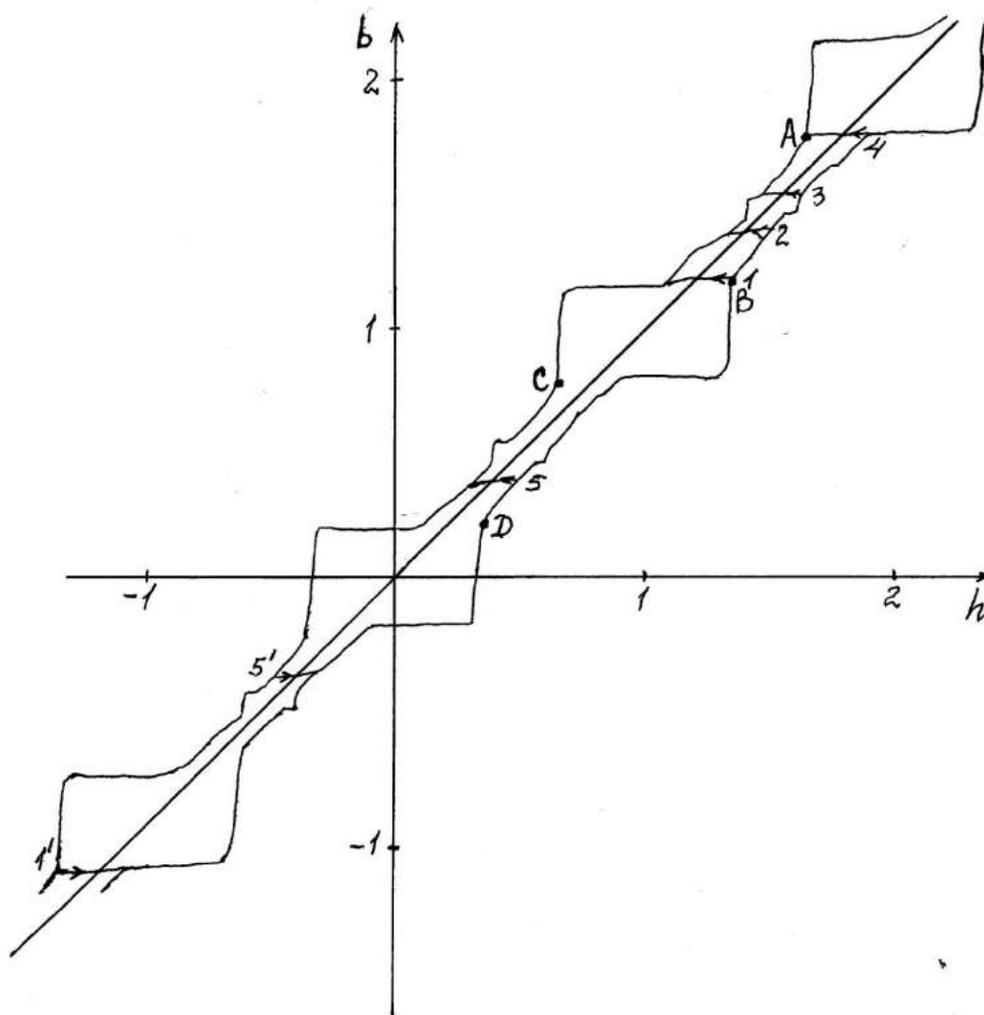


Рис.1. Кривая намагничивания длинного периодически модулированного джозефсоновского контакта. Цифрами обозначены точки разворота.

Полученная кривая обладает рядом интересных особенностей.

1) При любых значениях  $h_a$  петля, за исключением коротких участков на ее концах, лежит на универсальной кривой.

2) Вся кривая обладает строгой периодичностью с периодом 1 по обеим осям.

3) Участки обратного хода петли представляют собой перевернутые и направленные в противоположную сторону участки прямого хода, например, участок от точки В (и от точки С) вниз аналогичен участку от точки А вверх, но с обратным знаком. Иными словами, верхняя часть петли симметрична нижней относительно начала координат.

Для анализа причин наблюдаемых особенностей нужно принимать во внимание вид вихревых последовательностей на разных участках кривой рис.1. В приводимых далее последовательностях цифры обозначают величины флюксоида в ячейках, начиная от границы. На начальном участке от начала координат до  $h=0,318$ , совпадающем с осью абсцисс, имеет место эффект Мейсснера, то есть вихрей нет (0000...). Далее начинается

резкий подъем кривой, соответствующий образованию вихрей около границы контакта. От 0,318 до 0,343 вихри проникают только в приграничную область, поэтому при вычислении средней величины  $b$  по контакту бесконечной длины мы получили бы ноль, и рост кривой наблюдался бы от значения  $h=0,344$ , причем с бесконечной производной (по вертикали). Мы же проводим расчет для конечной длины контакта ( $N=200$ ), поэтому среднее значение  $b$  отлично от нуля даже при конечном числе вихрей, и подъем начинается раньше, причем не строго по вертикали.

Наклонный участок кривой описывает уплотняющуюся с ростом поля последовательность вихрей, содержащих единичный флюксид. Выход кривой на горизонталь связан с образованием вблизи границы целого ряда вихрей с единичным флюксидом в соседних ячейках, что соответствует мейсснеровской конфигурации, но с единичным флюксидом во всех ячейках. Резкий подъем после горизонтального участка объясняется возникновением вихрей с двойным флюксидом, сначала только у границы, а потом во всем контакте. Далее все происходит по той же схеме, то есть образуются вихри с тройным, четверным и т.д. флюксидом.

Вид петли гистерезиса определяется точкой поворота  $h_a$ . Такие точки указаны на графике цифрами 1,2,3,4,5. При уменьшении внешнего поля некоторое количество вихрей покидает контакт, после чего график выходит на стандартную кривую. Например, при повороте в точке 1 примерно однородное распределение вихрей с двойным флюксидом на фоне единичных (111211121112... при  $h=1,345$ ) постепенно переходит в почти мейсснеровское (1111111112... при  $h=0,80$ ). При повороте, например, в точке 2 происходит переход от 12112121121212... при  $h=1,50$  к 1211212112112... при  $h=1,30$ , а далее по стандартной кривой. При  $h=0,682$  (1-0,318) из контакта начинают уходить вихри с единичным флюксидом, в результате чего около границы образуются отдельные ячейки с нулевым флюксидом. На этом этапе в контакте сосуществуют ячейки с флюксидом 0, 1 и 2, причем нулевые находятся в приграничной области, а двойные - в глубине. При  $h=0,655$  (1-0,345) происходит резкая перестройка на всей длине контакта, приводящая к почти однородной цепочке вихрей с нулевым флюксидом на фоне единичных (111011101110...). При других точках поворота, как можно проследить, происходят аналогичные перестроения.

Основной причиной особенностей кривой намагничивания контакта является тот факт, что на всех участках резкого роста или спада кривой вихри скачком проникают в контакт на бесконечную глубину, то есть происходит полная перестройка вихревой последовательности, в результате чего токовая конфигурация приобретает один и тот же

стандартный вид и далее с изменением поля трансформируется одинаково до следующего крутого участка.

Причина же периодичности этих крутых участков состоит в том, что для обеспечения целочисленности флюксоида в ячейке один и тот же по величине создаваемый токами магнитный поток в одном случае может добавляться к внешнему, а в другом – вычитаться из него. Например, в точках А, В, С, D (рис.4) одинаковые (с точностью до знака) токовые конфигурации дают следующие вихревые последовательности, начиная от границы (цифра - величина флюксоида в ячейке):

A( $h=1,655$ ): 22212222122212221...

B( $h=1,345$ ): 11121111211121112...

C( $h=0,655$ ): 11101111011101110...

D( $h=0,345$ ): 00010000100010001...

Поток от созданного токами поля в ячейках с большими флюксоидами добавляется к потоку внешнего поля, а с меньшими – вычитается. Среднее значение  $b$  (то есть средний магнитный поток) равно среднему значению флюксоида.

С уменьшением параметра  $I$  уменьшаются высота и ширина прямоугольников на кривой рис.1, а также толщина соединяющих их участков, однако гистерезис продолжает проявляться при сколь угодно малых значениях параметра пиннинга.

### Список литературы

1. Golubov A.A., Serpuchenko I.L., Ustinov A.V.// Sov. Phys. JETP.1988. Vol. 67. P.1256.
2. Зеликман М.А.// ЖТФ. 2007. Т.77. Вып.10. С.68-74.
3. Зеликман М.А.// ЖТФ. 2009. Т.79. Вып.2. С.36-42.
4. Dorogovtzev S.N., Samuhin A.N.// Europhys. Lett. 1994. Vol.25. P.693-698.
5. Заславский Г.М., Сагдеев Р.З. Введение в нелинейную физику. М.:Наука, 1988.
6. Зеликман М.А.// ЖТФ. 2009. Т.79. Вып.12. С.19-25.

### СЕКЦИЯ №25.

#### ФИЗИКА ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.08)

### СЕКЦИЯ №26.

#### ФИЗИКА НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.09)

**СЕКЦИЯ №27.  
ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.10)**

**СЕКЦИЯ №28.  
ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.11)**

**СЕКЦИЯ №29.  
ЭЛЕКТРОФИЗИКА, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.13)**

**СЕКЦИЯ №30.  
ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.14)**

**СЕКЦИЯ №31.  
ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ НАНОСТРУКТУР,  
АТОМНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.15)**

**ЦЕПОЧКИ НАНОРАЗМЕРНЫХ ДИПОЛЕЙ С ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ МОМЕНТАМИ  
В ПЕРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ\***

**Фатеев Е.Г.**

Институт механики УрО РАН, г. Ижевск

В докладе представляется возможный характер откликов наноразмерных ( $r = 20 - 200$  нм) дипольных систем с переменными моментами в низкочастотных (НЧ)  $\Omega < 10^5$  Гц слабых электрических полях ( $E = 10^{-13} - 10^{-4}$  В/м). Ранее было найдено [1,2,3], что ансамбли наноразмерных диполей могут иметь сверхчувствительные отклики на сверхслабые периодические электрические сигналы. Были найдены зависимости откликов от длины цепочек и от времени действия на них электрических полей. Актуальность таких исследований связана с тем, что сильное возбуждение цепочек диполей, даже при слабых НЧ внешних воздействиях, могут приводить к разрушению тел, содержащих подобные цепочки [4]. Существует также возможность активирования граничащих с концами цепочек электрически управляемых природных или искусственных объектов [6]. Здесь будет впервые показано, что уровни возбуждения (откликов) диполей в цепочках сильно и нелинейно зависят от радиусов зерен в наноразмерной области при минимальной дистанции между элементами.

Используем здесь модель системы [1, 2, 3], в которой учитывается неточность наноразмерных диполей в цепочке и переменность их моментов. Условия формирования дипольной цепочки [5] в этой статье оставим без внимания. Эта модель ранее полностью представлена в статье [1]. В модели используется уравнение Эйлера - Лагранжа с учетом диссипации и внешнего возбуждения. При условии, что переменные углы  $\varphi_n$  в один и тот же момент времени слабо отличаются у соседних диполей (см. рис.1), т.е. в континуальном приближении  $\varphi_n - \varphi_{n-1} \sim \delta$  когда имеет место переход  $na \rightarrow x$ ,  $\varphi_n(t) \rightarrow \varphi(x,t)$ , нелинейное уравнение, напоминающее уравнение синус-Гордона

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + v_0^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} - \theta_0^2 \sin(\varphi) - \eta \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \gamma(x,t). \quad (1)$$

Здесь аналог максимальной скорости распространения возмущений в описываемой системе

$$v_0 = \sqrt{X_1(x,t)/W_1(x,t)}. \quad (2)$$

Коэффициент

$$\theta_0 = \sqrt{\Gamma_1(x,t)/W_1(x,t)} \quad (3)$$

- аналог плазменной частоты. В ур. (1) коэффициент, ответственный за уровень диссипации

$$\eta = Dis(x,t)/W_1(x,t), \quad (4)$$

и возмущение

$$\gamma(x,t) = [F(x,t) - W_2(x,t) - X_2(x,t)]/W_1(x,t). \quad (5)$$

Здесь  $X_1(x,t)$ ,  $X_2(x,t)$ ,  $\Gamma_1(x,t)$ ,  $\Gamma_2(x,t)$ ,  $W_1(x,t)$ ,  $W_2(x,t)$ ,  $Dis(x,t)$ ,  $F(x,t)$  весьма громоздкие выражения, полностью представленные в [1,2, 3].

Вклад внешних и всех локальных полей в изменение любого из зарядов  $Q_n^+, Q_n^-, Q_{n-1}^+, Q_{n-1}^-$  в цепочке подчиним принципу суперпозиции с учетом их эффективного влияния в зависимости от частоты [2].

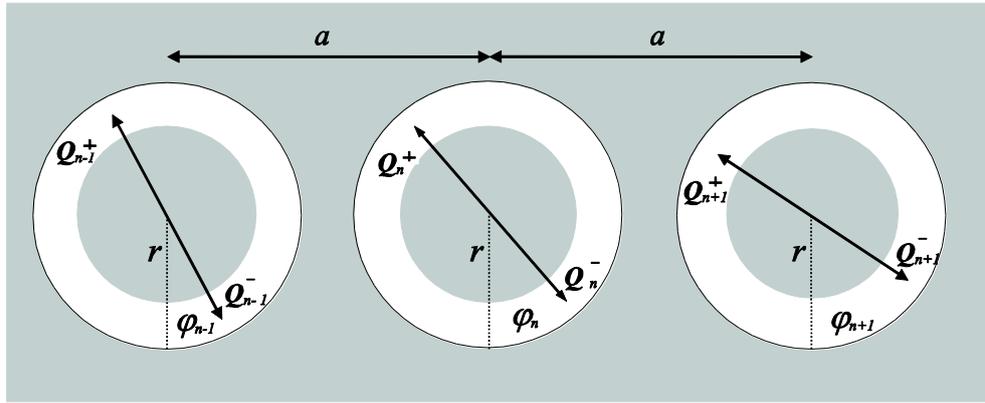


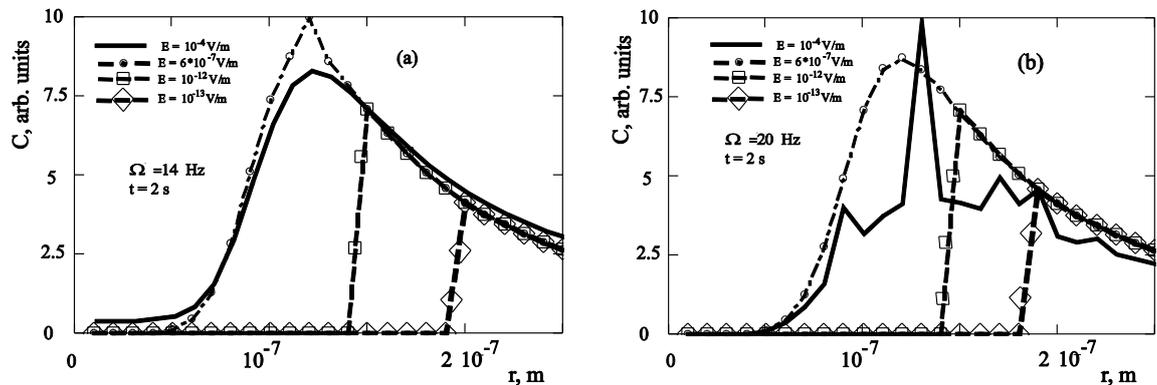
Рис.1. Схематичное представление модельной системы в виде цепочки неточечных дипольных осцилляторов, изображающих колебания зарядов в оболочках (реальная толщина которых может быть порядка  $\sim 30 \div 300 \text{ \AA}$ ) вокруг частиц с диаметрами  $2r$ , расположенными друг от друга на расстоянии  $a$ .

В результате количество нескомпенсированных зарядов на конце диполя  $n$  будет находить в виде

$$c_n = Q_n^+ / e \quad (6)$$

Будем варьировать размер дипольных зерен и дистанций между ними в цепочке для нахождения изменения количества нескомпенсированных зарядов (катионов или анионов)  $C$  массой  $m$  в оболочке на концах диполей. Конструкция модели, как и в статье [1], показана на рис. 1.

На рисунке  $n=3$  диполей с радиусами  $r$  в цепочке расположены на расстоянии  $a$  друг от друга. В данном исследовании количество  $n$  варьируется от 1 до 40. Граничные условия для цепочки осцилляторов длиной  $l=2na$  будут стандартными, как и для нашего предыдущего исследования [6].



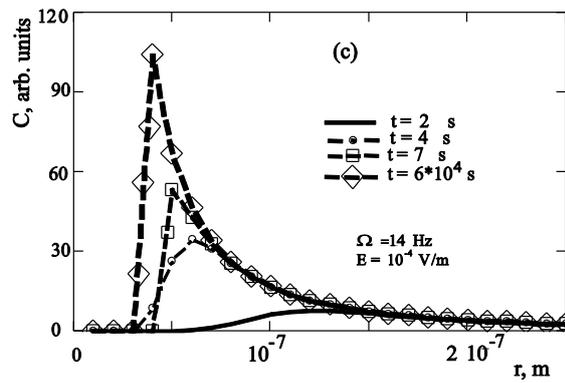


Рис.2. Зависимости количества зарядов на концах неточечных диполей при изменении длины цепочек для внешнего возбуждения на частоте  $\Omega = 14$  Гц (а) и  $\Omega = 20$  Гц (б) в зависимости от радиусов диполей в диапазоне  $r = 20 - 200$  нм при дистанциях  $2a = r$  для четырех разных напряженностей внешних переменных полей и разных временах действия полей (с)

Зададим основные параметры для модельных уравнений: напряженность внешнего поля  $E = 10^{-4} - 10^{-5}$  В/м,  $r = 2 - 200$  нм, время релаксации связанных зарядов в оболочках  $\tau = 1.6 \cdot 10^{-5}$  с, максимальное НЧ  $\varepsilon_s = 650$  и минимальное высокочастотное значения  $\varepsilon_\infty = 8$  диэлектрической проницаемости, количество зарядов на концах диполей, индуцируемых в поле с единичной напряженностью  $\beta = 1$ , параметр диссипации  $\xi = 10^{-10}$  и  $m = 1.6 \cdot 10^{-27}$  кг.

Максимальное возбуждение в цепочках диполей, в принципе, достигается при наименьшей дистанции  $2a = r$  между ними при любой интенсивности воздействия на них внешних электрических полей. Увеличение дистанции  $2a > r$  приводит к сильному падению уровня возбуждения диполей в цепочках. Это представляется естественным из-за обратно пропорциональной от дистанции силой связи между зарядами.

Численные расчеты возбуждений представленных систем в зависимости от радиуса диполей и дистанции между ними позволили обнаружить существенные отличия и в том и в другом случае. На рис. 2а показаны зависимости числа зарядов на концах диполей при изменении длины цепочек  $n$  от 1 до 40 и времени внешнего возбуждения на частоте  $\Omega = 14$  Гц в зависимости от радиусов диполей в диапазоне  $r = 20 - 200$  нм при дистанциях  $2a = r$  для четырех разных напряженностей внешних переменных полей. Видно, что при уменьшении радиусов  $r$  вплоть до  $r = 120$  нм, число зарядов на концах диполей в цепочке для любых напряженностей полей  $E$  существенно растет. Однако при достижении максимума возбуждения при  $r = 120$  нм пиковое значение экстремума постепенно падает при  $E = 3 \cdot 10^{-4}$  В/м. Причем при уменьшении напряженности

воздействующего поля, максимум количества зарядов сдвигается к большим радиусам диполей, а падение левой ветви кривой становится все более резким. При этом все кривые на рис.2а получены для периода времени действия на цепочку в течении  $t = 2$  с. Характер числа зарядов на концах диполей в цепочках при повышении частоты возбуждающего поля до  $\Omega = 20$  Гц остается аналогичным уже найденному (рис.2b), но с некоторыми вариациями кривой для  $E = 3 \times 10^{-4}$  В/м.

Существенное изменение зависимости числа зарядов на концах диполей при изменении радиуса диполей в цепочках происходит при росте времени внешнего возбуждения (рис.2с) на частоте  $\Omega_2 = 14$  Гц. Видно, что даже при незначительном увеличении времени возбуждения имеется рост максимума числа зарядов на концах диполей при  $t = 6 \times 10^4$  с достигает уровня, более чем на порядок превосходящего уровень для  $t = 2$  с. Кроме того, имеет место сдвиг максимума возбуждения к меньшим радиусам диполей вплоть до  $r = 20$  нм при  $t = 6 \times 10^4$  с. Разумеется, при росте частоты внешнего возбуждения происходят и некоторые изменения в характере откликов дипольных цепочек.

Таким образом, в докладе представлено численное исследование возбудимости (роста числа зарядов на полюсах неточечных диполей) в цепочках наноразмерных диполей с изменяющимися моментами в слабых внешних переменных электрических полях (на уровне  $E = 10^{-13} - 10^{-4}$  В/м) на низких частотах  $\Omega < 10^5$  Гц. В докладе сообщается об обнаружении, уровней зарядовых возбуждений в таких системах с нелинейными зависимостями с максимумом от радиуса наноразмерных (в диапазоне  $r = 20 - 200$  нм.) диполей.

*\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-43-180106.*

### Список литературы

1. Фатеев Е. Г. // Письма в ЖТФ. 2000. Т. 26. № 14. С. 103-110,.
2. Fateev E.G. // Phys. Rev. E. 2002. V.65(2). 021403. P.1-10.
3. Фатеев Е. Г. // ЖТФ. 2001. Т. 71. № 1. С. 92-105.
4. Фатеев Е.Г. // Письма в ЖЭТФ 1997. Т.65. № 12. С.876-880.
5. Jiun-Yan Huang, Pik-Yin Lai // Physica A. 2000. V. 281. P.105-111.
6. Taccola S., Greco F., et al. // Adv. Mater. 2015 . V. 27. № 10. P. 1668–1675.

**СЕКЦИЯ №32.  
ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.16)**

**СЕКЦИЯ №33.  
ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, ГОРЕНИЕ И ВЗРЫВ, ФИЗИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ  
СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.17)**

**СЕКЦИЯ №34.  
КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, ФИЗИКА КРИСТАЛЛОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.18)**

**СЕКЦИЯ №35.  
ФИЗИКА ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.20)**

**СЕКЦИЯ №36.  
ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.21)**

**СЕКЦИЯ №37.  
ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.23)**

**ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.00)**

**СЕКЦИЯ №38.  
НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.01)**

**СЕКЦИЯ №39.  
АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.02)**

**СЕКЦИЯ №40.  
ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.03)**

**СЕКЦИЯ №41.  
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.04)**

**СЕКЦИЯ №42.  
ЭЛЕКТРОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.05)**

**СЕКЦИЯ №43.  
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.06)**

# ЯВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ НЕУПРУГОСТИ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА

**Ломовской В.А., Галушко Т.Б., Саков Д.М.,**

**Бартенева А.Г., Некрасова Н.В.**

ФАНО РОССИИ Институт физической химии им. А.Н.Фрумкина

Российской академии наук ИФХЭ РАН, РФ, г. Москва

Процесс получения поливинилового спирта (ПВС), его структура и многие свойства достаточно хорошо изучены [4]. Однако целенаправленный синтез материалов (в состав исходных компонентов которых входит ПВС) и выявление взаимосвязи структура, строение, физико-химические, физико-механические характеристики получаемых новых систем и материалов для каждого отдельного случая требует дополнительных исследований и теоретического анализа полученных данных. Это обусловлено тем, что ПВС используется как один из основных компонентов при синтезе пористого поливинилформала (ППВФ), который применяется, в частности, для обезвоживания углеводородных топлив [2, 3]. Исследования пропускной и водопоглощающей способности ППВФ показали, что эти характеристики зависят от прочностных свойств фильтроэлементов, физико-механических характеристик материала, из которого изготовлен фильтроэлемент, и от физико-механических характеристик исходных компонентов. Поэтому изучение всех тонкостей изменения физико-механических характеристик водных растворов ПВС и их зависимостей от концентрации и температуры синтеза, позволит выявить направления повышения эксплуатационных характеристик ППВФ.

ПВС представляет собой слаборазветвленный полимер, синтез которого идет по типу «голова к хвосту», однако порядка 1-2% мономерных звеньев может быть присоединено к макромолекуле по типу «голова к голове», что оказывает большое влияние на физико-механические характеристики как самого ПВС, так и материалов, полученных с его использованием. Кроме того, физико-механические характеристики ПВС и ППВФ зависят от количества ацетальных групп, располагаемых по цепи или статистически, или в виде блоков, а также от степени кристалличности ПВС.

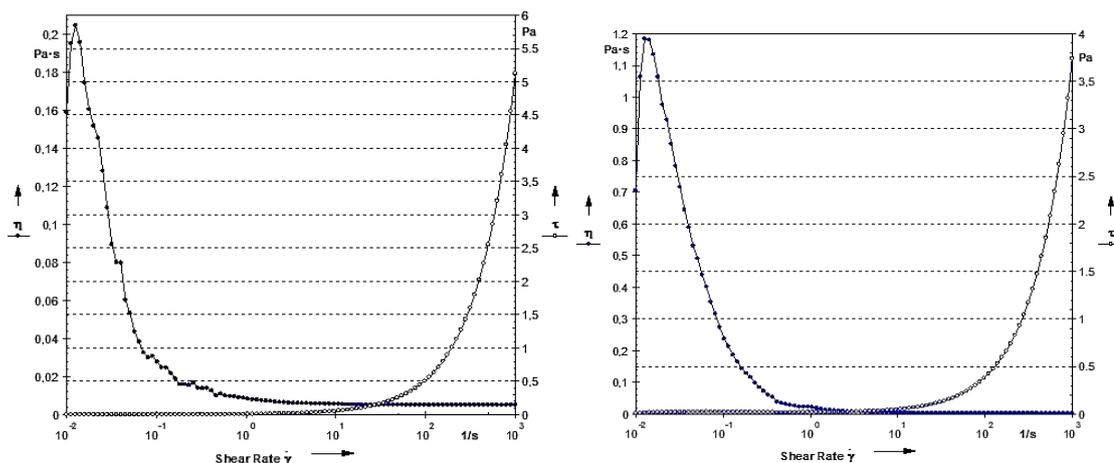
Ранее были проведены исследования вязкостных характеристик водных растворов ПВС, где было показано, что данная система ведет себя, как неньютоновская жидкость [1]. Однако в этих исследованиях не была проанализирована концентрационная зависимость и частотные границы областей неньютоновского течения. Кроме того, не

выявлена и аналитически не описана температурно–частотная зависимость неньютоновского вязко– упругого поведения данной жидкой системы.

Для исследования зависимости от концентрации реологических кривых течения и интенсивности диссипативных потерь был использован поливиниловый спирт марки MOWIOL. Молекулярная масса определялась вискозиметрически и составляла:  $M_w = 2,1 \cdot 10^4$  и  $M_w = 8,1 \cdot 10^4$ .

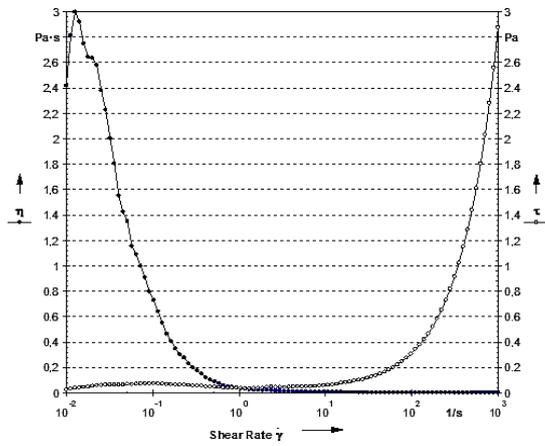
Были проведены вискозиметрические исследования на ротационном реометре Physica MSR 501 (Anton Paar) с рабочими узлами конус – плоскость и плоскость – плоскость в диапазоне постоянных скоростей сдвига  $10^{-3}$  от до  $10^3 \text{ c}^{-1}$  и с периодической угловой частотой от  $10^{-2}$  до  $10^2 \text{ c}^{-1}$ ;

Исследования вязкостных характеристик 4 % водных растворов ПВС для  $M_w = 2,1 \cdot 10^4$  (рис.1) и  $M_w = 8,1 \cdot 10^4$  (рис.2) показало, что интервал скоростей деформирования  $\dot{\gamma}$  может быть разбит на три диапазона в зависимости от изменения вязкости, т.е.  $\eta = f(\dot{\gamma})$ .

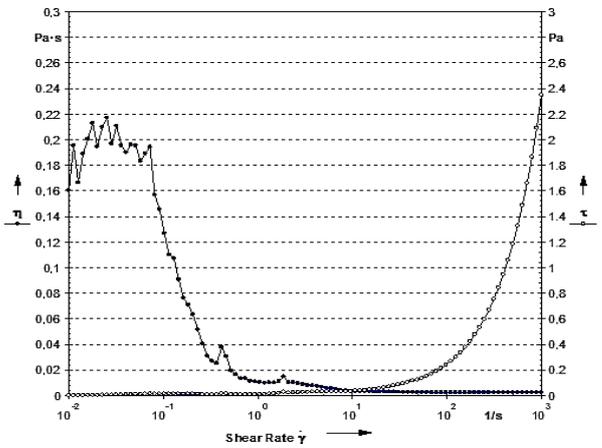


(а)

(б)

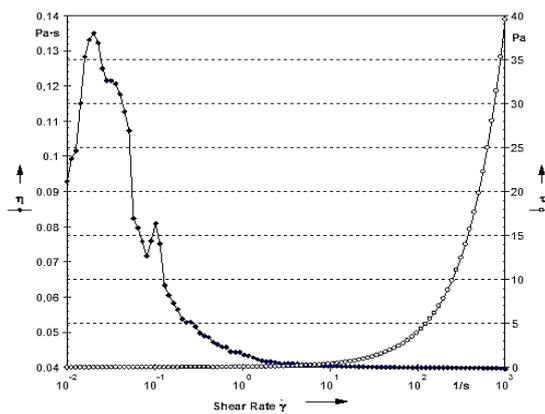


(B)

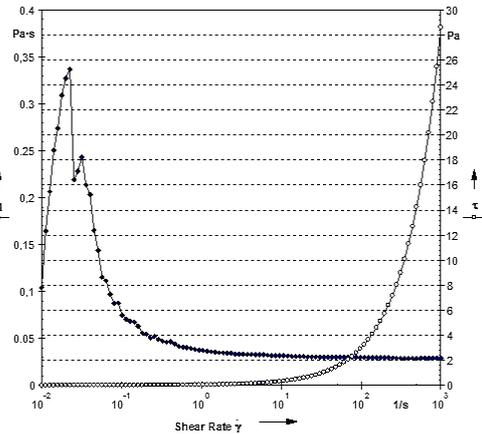


(Г)

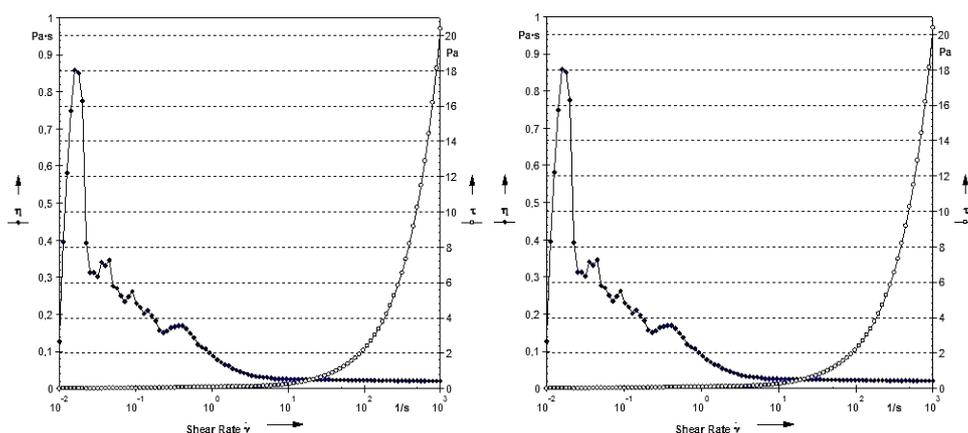
Рис. 1. Реологическая кривая  $\eta = f(\dot{\gamma})$  для ПВС  $M_w = 2,1 \cdot 10^4$  и зависимость напряжения сдвига  $G_{ij} = f(\dot{\gamma})$ , при различных температурах: (а)  $T = 20^\circ\text{C}$ , (б)  $T = 30^\circ\text{C}$ , (в)  $T = 40^\circ\text{C}$ , (г)  $T = 60^\circ\text{C}$ . Концентрация 4%.



(а)



(б)



(б)

(г)

Рис. 2. Реологическая кривая  $\eta = f(\dot{\gamma})$  для ПВС  $M_w = 8,1 \cdot 10^4$  и зависимость напряжения сдвига  $G_{ij} = f(\dot{\gamma})$  для 4% водного раствора, при различных температурах: (а)  $T = 20^\circ\text{C}$ , (б)  $T = 30^\circ\text{C}$ , (в)  $T = 40^\circ\text{C}$ , (г)  $T = 60^\circ\text{C}$ .

Второй диапазон частот неньютоновского поведения раствора, где  $\eta \neq \text{const}$  определен интервалом от  $3 \cdot 10^{-2} \text{ c}^{-1}$  до  $1 \text{ c}^{-1}$ , где величина вязкости  $\eta$  снижается от  $\eta_{\text{max}} \approx 0,21 \text{ Па}\cdot\text{с}$  до  $\eta_{\text{н}} \approx 0,015 \text{ Па}\cdot\text{с}$  ( $M_w = 2,1 \cdot 10^4$ ), где  $\eta_{\text{н}}$  – значение вязкости начала ньютоновского течения раствора. Для раствора  $M_w = 8,1 \cdot 10^4$  имеется такое же качественное поведение, но диапазон частот неньютоновского снижения вязкости  $\eta = f(\dot{\gamma})$  значительно шире, чем для раствора с  $M_w = 2,1 \cdot 10^4$  (рис.2-а). Этот диапазон равен от  $3 \cdot 10^{-2} \text{ c}^{-1}$  до  $5 \div 10 \text{ c}^{-1}$ .

Третий частотный диапазон от  $\approx 1 \div 5 \text{ c}^{-1}$  до  $10^3 \text{ c}^{-1}$ , в котором рассмотренные растворы характеризуются ньютоновским характером течения, т.е.  $\eta = \text{const}$ .

Переход реологической кривой  $\eta = f(\dot{\gamma})$  через максимум  $\eta = \eta_{\text{max}}$ , разделяющий дилатантную область неньютоновского повышения вязкости при повышении  $\dot{\gamma}$  от области неньютоновского понижения вязкости при повышении  $\dot{\gamma}$ , происходит при скорости  $\dot{\gamma} \approx 3 \cdot 10^{-2} \text{ c}^{-1}$  (точка  $\eta = \eta_{\text{max}}$  на кривой зависимости  $\eta = f(\dot{\gamma})$ ). Эта пограничная частота  $\dot{\gamma}_\theta = \dot{\gamma} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ c}^{-1}$  наблюдается как для 4% водного раствора ПВС с молекулярной массой  $M_w = 2,1 \cdot 10^4$  (рис.1), так и для  $M_w = 8,1 \cdot 10^4$  (рис.2). При этом максимальная величина вязкости при пограничной частоте  $\dot{\gamma}_\theta$  зависит от  $M_w$ , так для растворе с  $M_w = 2,1 \cdot 10^4$  вязкость  $\eta_{\text{max}} \approx 0,21 \text{ Па}\cdot\text{с}$  при температуре  $T = 20^\circ\text{C}$ , а для  $M_w = 8,1 \cdot 10^4$

соответственно  $\eta_{\max} \approx 0,135$  Па·с. При этом наблюдается экспериментальная зависимость максимального значения вязкости  $\eta_{\max}$  при граничной скорости  $\dot{\gamma}$  в зависимости от температуры  $T$ , как для раствора с  $M_w = 2,1 \cdot 10^4$ , так и для  $M_w = 8,1 \cdot 10^4$ . Качественно зависимости  $\eta_{\max} = f(T)$  при  $\dot{\gamma} = \dot{\gamma}_\theta$  коррелируют друг с другом. При этом установлена и количественная зависимость  $\eta_{\max}$  от  $M_w$ , то есть  $\eta_{\max} = f(M_w)$  чем меньше  $M_w$ , тем больше величина  $\eta_{\max}$  при  $\dot{\gamma}_\theta$  (рис.3).

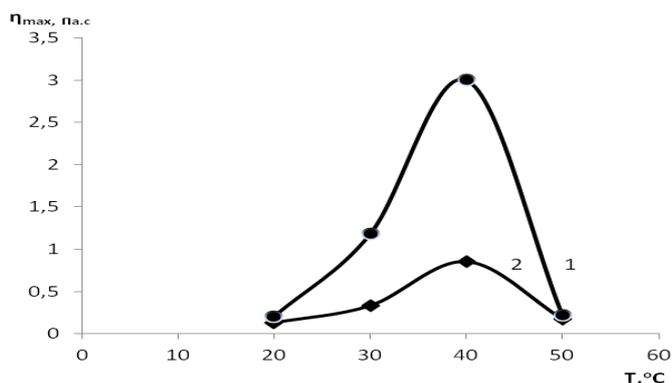


Рис. 3. Температурная зависимость  $\eta_{\max} = f(T)$  при  $\dot{\gamma}_\theta \approx 3 \cdot 10^{-2} \text{c}^{-1}$  для водного 4% раствора ПВС: 1 -  $M_w = 2,1 \cdot 10^4$  и 2 -  $M_w = 8,1 \cdot 10^4$ .

Следует отметить, что при температуре  $T = 50^\circ\text{C}$  области дилатации вне зависимости от  $M_w$  претерпевают существенные изменения. Так для ПВС (4%)  $M_w = 2,1 \cdot 10^4$  начальная вязкость  $\eta = \eta_0$  при  $\eta_0 = 10^{-2} \text{c}^{-1}$  значительно возросла до величины  $\eta_0 = 10^{-2} \text{c}^{-1}$ , а область дилатантного поведения вязкости (I - диапазон частот) сменился областью ньютоновского поведения вплоть до значения  $\dot{\gamma} = 10^{-1} \text{c}^{-1}$  (рис.1-г). Дальнейшее повышение  $\dot{\gamma}$  дает реологическую кривую неньютоновского течения с неизменяющейся границей с частотным диапазоном III ( $\dot{\gamma} \approx 10 \text{c}^{-1}$ ). Для раствора с  $M_w = 8,1 \cdot 10^4$  реологическая кривая  $\eta = f(\dot{\gamma})$  изменяется более существенно (рис.2-г). В области скоростей  $10^{-2} < \dot{\gamma} < 5 \cdot 10^{-2} \text{c}^{-1}$  имеет место локальный участок неньютоновского поведения раствора, который характеризуется низкой интенсивностью  $\eta_{\max} = 0,2$  Па·с. Затем наблюдается более мощный пик неньютоновского поведения раствора на кривой  $\eta = f(\dot{\gamma})$  (рис.2-г). Интенсивность этого пика при  $\dot{\gamma}_{\max} = 0,2 \text{c}^{-1}$  составляет  $\eta_{\max} \approx 1$  Па·с. При этом на зависимости напряжения сдвига  $\tau$  также наблюдается локальный пик поведения  $\tau = f(\dot{\gamma})$  (рис.2-г), который характеризуется низкой интенсивностью  $\eta_{\max} = 0,2$  Па·с. Затем наблюдается более мощный пик неньютоновского поведения раствора на кривой  $\eta = f(\dot{\gamma})$

(рис.2-г). Интенсивность этого пика при  $\dot{\gamma}_{\max} = 0,2 \text{ с}^{-1}$  составляет  $\eta_{\max} \approx 1 \text{ Па}\cdot\text{с}$ . При этом на зависимости напряжения сдвига  $\tau$  также наблюдается локальный пик поведения  $\tau = f(\dot{\gamma})$  (рис.2-г).

Таким образом, поведение водного 4% раствора ПВС с проявлением аномалий при  $T \approx 50^\circ\text{C}$  позволяет рассчитать ряд физико-химических характеристик системы с  $M_w = 8,1 \cdot 10^4$ .

### Список литературы

1. Кормановская Г.Н. Сборник Проблемы физико-химической механики волокнистых и пористых дисперсных структур и материалов. Рига, 1967. С. 81.
2. Ломовской В.А., Чалых А.Е.// Способ получения пористого поливинилформалия. Патент на изобретение № 2292223, РФ. Дата публикации 27.01.2007.
3. Никулина Т.Ф., Влодавец И.Н. Сборник Прикладная реология, Минск 1970, Т. 2, С.86.
4. Ушаков С.Н. Поливиниловый спирт и его производные. В 2-х т. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1960.

## ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ВОДНО-КИСЛЫХ РАСТВОРОВ ХИТОЗАНА В СРЕДЕ ФАРМАКОПЕЙНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ

**Пискурова В.С., Шмаков С.Л.**

Институт химии СГУ имени Н.Г. Чернышевского  
г. Саратов

Искусственный аминополисахарид хитозан, получаемый из хитина — основного компонента экзоскелета членистоногих, является популярным материалом и широко применяется, в частности, в медицине и фармацевтике [1]. Одной из наиболее часто используемых форм хитозана являются плёнки, такие, как рано- и ожогозаживляющие, скаффолды для кожи и кровеносных сосудов, распространены также волокна (например для хирургических нитей) и электропряденые материалы [2]. Общим этапом изготовления вышеуказанных изделий является растворение полимера в кислой среде (в чистой воде он нерастворим). Соответствующие кислоты должны быть безопасными для организма человека, разрешёнными к применению в фармакопее («фармакопейными»), желательно также, если ещё и биологически активными.

Свойства плёнок и волокон на основе хитозана в значительной степени зависят от природы кислоты-растворителя [3], которая обуславливает, в частности, электропроводность формовочных растворов хитозана — необходимое свойство для электропрядения (электроформования). Поэтому изучение данной характеристики представляет интерес как с фундаментальной, так и с практической точек зрения.

Целью настоящей работы было систематическое измерение электропроводности растворов хитозана на основе растворов ряда кислот (аминокапроновой, D-аскорбиновой, гликолевой и D-молочной) разной концентрации.

Использовали гидрохлорид хитозана со средневязкостной молекулярной массой 38 кДа (далее ХТЗ-НСI) и бескислотные образцы хитозана со средневязкостной молекулярной массой 87 и 200 кДа (обозначаемые далее ХТЗ-87 и ХТЗ-200, степень деацетилирования 82%), производства ЗАО «Биопрогресс». Исходные водные растворы кислот (растворители) имели концентрацию 1 мас. %, концентрация растворяемого в них хитозана (суточное набухание, магнитная мешалка, разбавление исходных растворов не практиковалось) менялась в пределах 0,02–0,1 г/дл. Электропроводность растворов измеряли на кондуктометре из УЛК «Химия» (частота тока 50 Гц) при 22°C после суточной выдержки приготовленных растворов в статических условиях для установления равновесия.

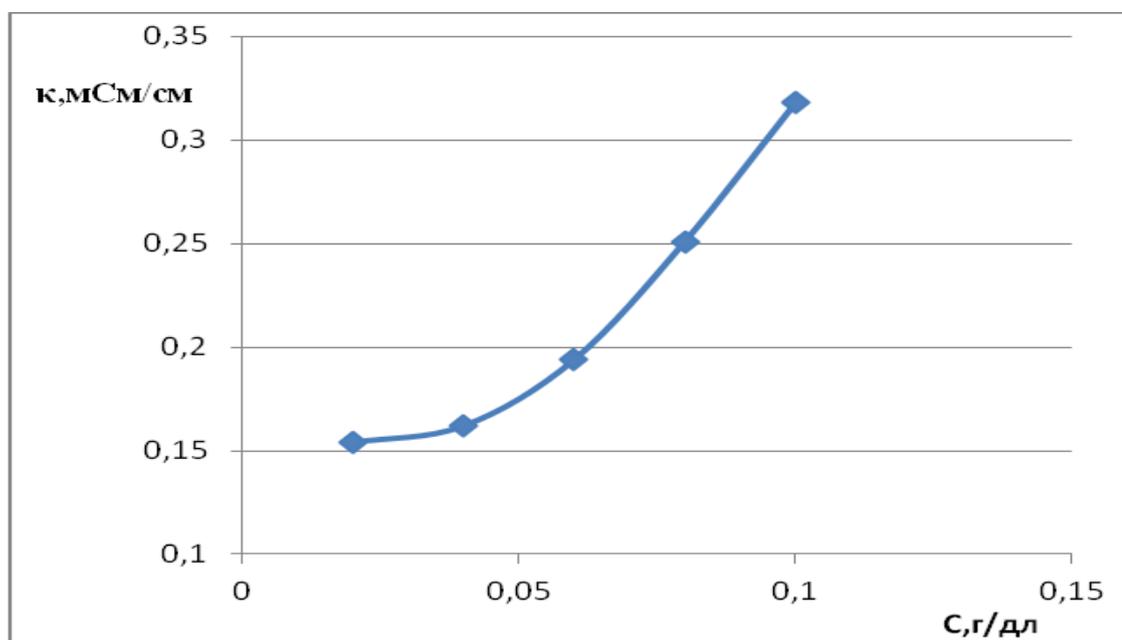


Рис. 1. Концентрационная зависимость удельной электропроводности  $\kappa$  водного раствора ХТЗ-НСI.

На рис. 1 приведена концентрационная зависимость удельной электропроводности  $\kappa$  раствора ХТЗ-НСI в воде. В области больших концентраций зависимость прямолинейная, а в области малых — отклоняется вверх. Последнее можно объяснить тем, что при малых концентрациях полимера вязкость среды низка, поэтому существенен вклад макроионов

хитозана с протонированными аминогруппами в электропроводность, который по мере роста концентрации полимера и, следовательно, вязкости, уменьшается, и электропроводность становится обязана практически только хлорид-ионам.

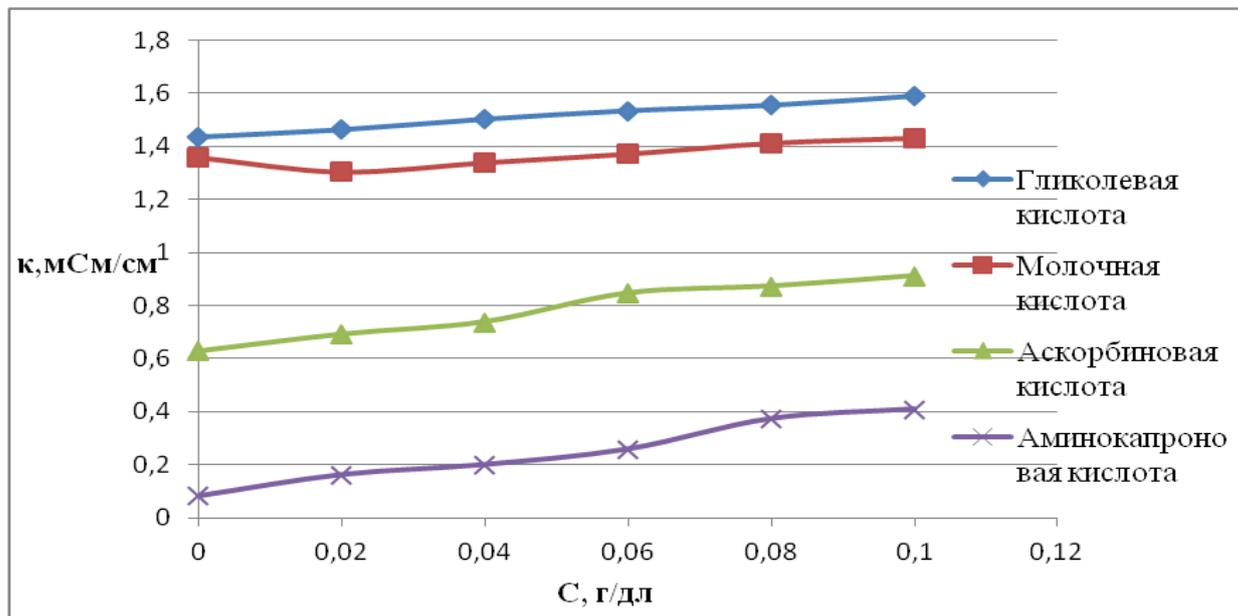


Рис. 2. Зависимость удельной электропроводности раствора  $\kappa$  от концентрации ХТЗ-НСI в 1%-ых водных растворах гликолевой, молочной, аскорбиновой и аминокaproновой кислот.

На рис. 2 представлена концентрационная зависимость удельной электропроводности  $\kappa$  растворов ХТЗ-НСI в водных растворах фармакопейных кислот. Как следует из рисунка, кривые имеют линейный характер, с отклонением вверх. Видно, что ХТЗ-НСI растворим во всех представленных кислотах, даже в аминокaproновой, несмотря на конкурирование за протоны аминогрупп кислоты и ХТЗ-НСI. Это говорит о том, что в данном растворе подвижность макромолекул достаточно велика, высока вероятность протонирования их аминогрупп и, соответственно, увеличивается удельная электропроводность  $\kappa$  на всём интервале концентраций.

На рис. 3 представлена аналогичная зависимость для растворов ХТЗ-87 в водных растворах гликолевой, молочной и аскорбиновой кислот. В аминокaproновой кислоте данный образец оказался нерастворим, видимо, вследствие конкуренции за протоны аминогрупп в структуре обоих соединений. Как видно из этого рисунка, наблюдается чёткая корреляция удельной электропроводности  $\kappa$  с рН исходных водных растворов кислот: 2,3, 3,1 и 5,4 для гликолевой, молочной и аскорбиновой кислоты соответственно.

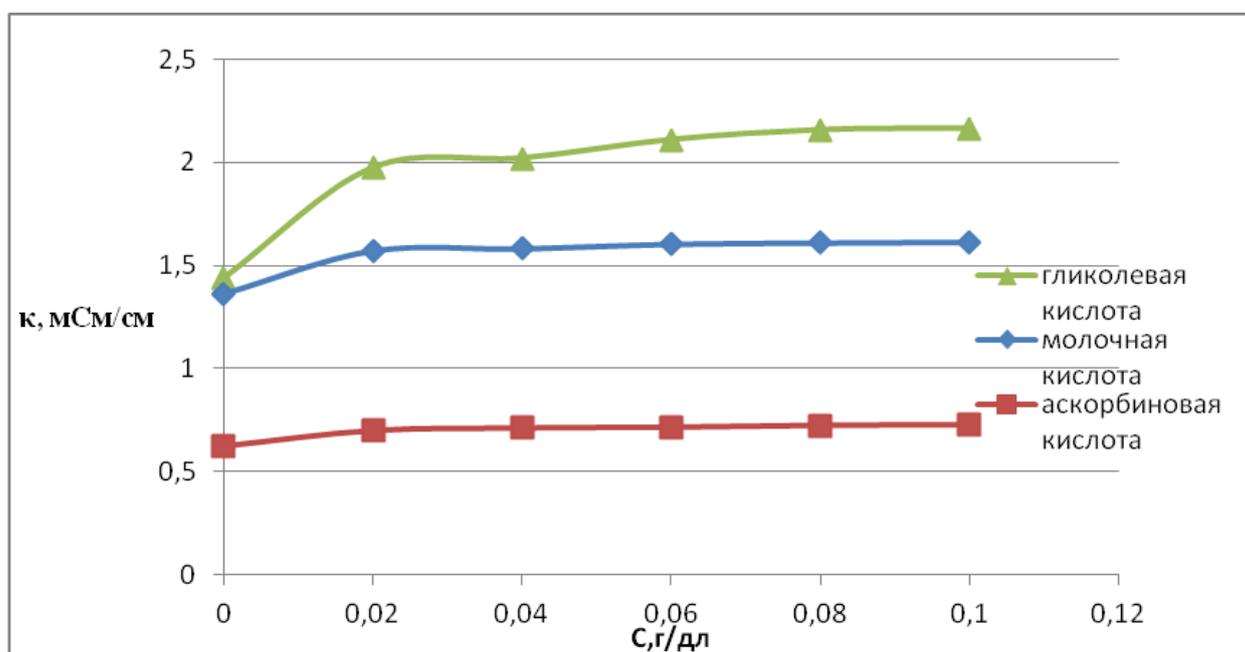


Рис. 3. Зависимость удельной электропроводности раствора  $\kappa$  от концентрации ХТЗ-87 в 1%-ых водных растворах гликолевой, молочной и аскорбиновой кислот.

Чем ниже pH (и, значит, больше начальная концентрация анионов), тем выше значение электропроводности, что подтверждает предположение о преимущественном переносе тока низкомолекулярными ионами (анионами кислоты) [4]. Удельная электропроводность стабилизируется после начального роста, и можно заключить, что повышение концентрации анионов кислоты за счёт протонирования аминогрупп хитозана в данном концентрационном диапазоне начинает компенсироваться ростом вязкости раствора.

На рис. 4 представлена концентрационная зависимость удельной электропроводности  $\kappa$  для растворов ХТЗ-200. В данном случае ярче проявляется эффект компенсации роста концентрации анионов повышением вязкости (вследствие более высокой ММ): нижние кривые даже начинают опускаться.

Сравнение рис. 2–4 показывает, что с увеличением молекулярной массы полимера электропроводность его раствора при равной концентрации носит нестабильный характер: например, верхняя кривая для ХТЗ-87 выходит за уровень  $\kappa = 2$  мСм/см, в отличие от ХТЗ-200, а для ХТЗ-НС1 значение электропроводности не превышает 1,6 мСм/см. Это, конечно, связано с ростом вязкости раствора.

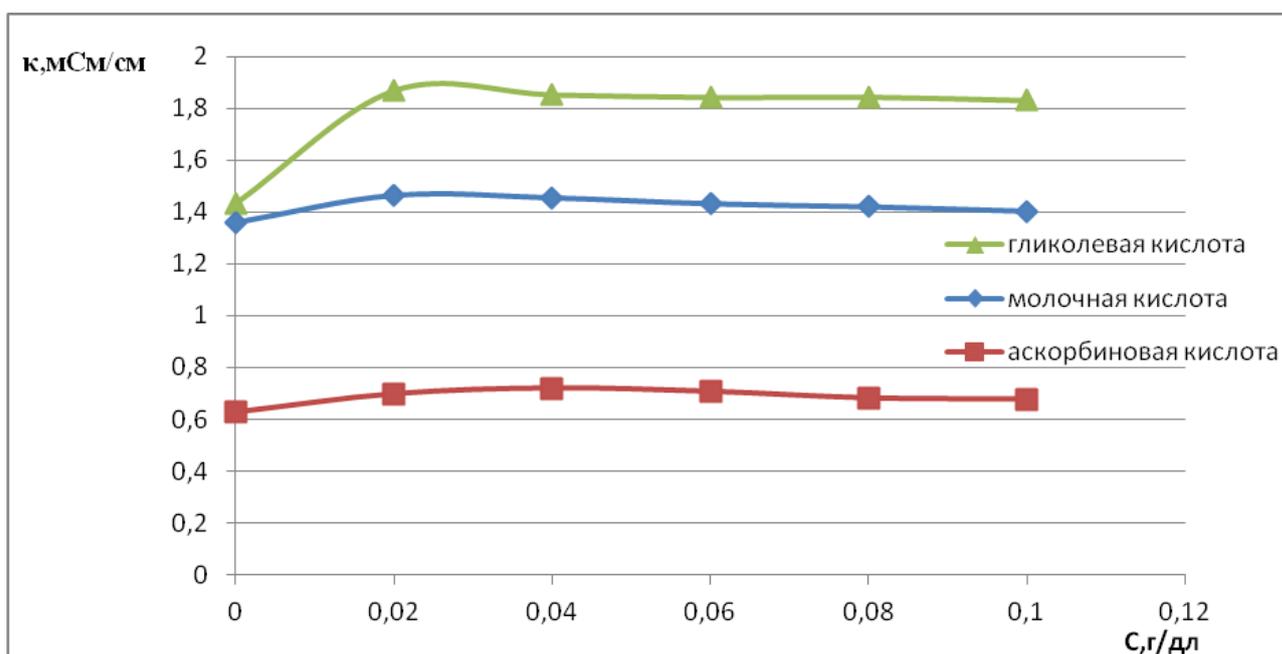


Рис. 4. Зависимость удельной электропроводности раствора  $\kappa$  от концентрации ХТЗ-200 в 1%-ых водных растворах гликолевой, молочной и аскорбиновой кислот.

Предпринята попытка разложения полной удельной электропроводности на составляющие для различных ионов. В дальнейшем планируется задействовать более широкий круг фармакопейных кислот и образцы хитозана с другими характеристиками.

### Список литературы

1. Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение / под ред. К.Г. Скрябина, Г.А. Вихоревой, В.П. Варламова. – М.: Наука, 2002. – 368 с.
2. Шиповская А.Б., Островский Н.В., Сальковский Ю.Е., Козырева Е.В., Дмитриев Ю.А., Беянина И.Б. На пути к созданию фармацевтических биотрансплантатов нового поколения для комбустиологии // Фармацевтические технологии и упаковка. – 2010. – № 4. – С. 74–75.
3. Бузинова Д.А., Абрамов А.Ю., Шиповская А.Б. Свойства плёнок из хитозана разных химических форм // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. – 2011. – № 2. – С. 31–39.
4. Бобрешова О.В., Бобылкина О.В., Кулинцов П.И. и др. Электропроводность водных растворов низкомолекулярного хитозана // Электрохимия. – 2004. – Т. 40, № 7. – С. 793–797.

**СЕКЦИЯ №44.  
ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.08)**

**СЕКЦИЯ №45.  
ХИМИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.09)**

**СЕКЦИЯ №46.  
БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.10)**

**СЕКЦИЯ №47.  
КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.11)**

**СЕКЦИЯ №48.  
БИОНЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.12)**

**СЕКЦИЯ №49.  
НЕФТЕХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.13)**

**СЕКЦИЯ №50.  
РАДИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.14)**

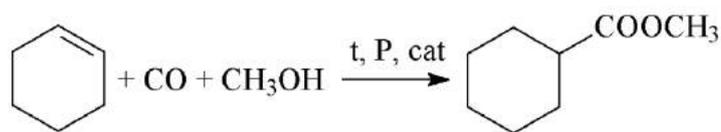
**СЕКЦИЯ №51.  
КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.15)**

**КИНЕТИКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКЦИИ  
ГИДРОКАРБОМЕТОКСИЛИРОВАНИЯ ЦИКЛОГЕКСЕНА  
ПРИ КАТАЛИЗЕ СИСТЕМОЙ  $\text{RuCl}_3 - \text{NaCl}$**

**Севостьянова Н.Т., Баташев С.А.**

**ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет  
им. Л.Н. Толстого», г. Тула**

Металлокомплексный катализ реакций карбонилирования открывает широкие возможности синтеза разнообразных химических продуктов с высокими выходами в мягких условиях. Ранее [1] нами была показана возможность использования  $\text{RuCl}_3$  в катализе гидрокарбометоксилирования циклогексена:



Были установлены первые порядки реакции по циклогексену и метанолу, экстремальная зависимость скорости от давления CO и снижение роста скорости реакции с увеличением концентрации  $\text{RuCl}_3$ . В данной работе продолжены начатые исследования в направлении увеличения скорости гидрокарбометоксилирования циклогексена, катализируемого  $\text{RuCl}_3$ , разработки кинетической модели процесса и на ее основе оптимизированной системы синтеза метилциклогексанкарбоксилата.

Кинетические опыты проводились в стеклянном реакторе, помещаемом в автоклав из диамагнитной нержавеющей стали. Перемешивание обеспечивалось с помощью магнитной мешалкой. Пробы реакционной массы, отбираемые в ходе каждого опыта, анализировались методом ГЖХ с использованием внутреннего стандарта о-ксилола. По тангенсам углов наклона начальных участков кинетических кривых накопления эфира, следующих после индукционного периода, определялись начальные скорости реакции ( $r_0$ ).

С целью выявления причин установленного ранее [1] снижения роста скорости реакции с увеличением концентрации  $\text{RuCl}_3$  были проведены опыты по исследованию влияния хлорид-иона на скорость гидрокарбометоксилирования циклогексена в среде метанола при 463 К. В качестве хлорсодержащих источников использовалась концентрированная хлороводородная кислота и хлорид натрия. Было установлено, что при прочих равных условиях введение в реакционную массу  $\text{HCl}$  в эквимольном количестве по отношению к содержащимся в  $\text{RuCl}_3$  хлорид-ионам приводило к снижению скорости гидрокарбометоксилирования при катализе  $\text{RuCl}_3$  в 1,6 раза, в то время как введение такого же количества молей  $\text{NaCl}$  вызывало увеличение скорости в 3,2 раза. С целью выявления возможного влияния воды в составе раствора  $\text{HCl}$  на скорость реакции был проведен контрольный опыт, в котором к реакционной массе добавлялась вода в том же количестве, что и в случае введения раствора  $\text{HCl}$ . Было установлено, что добавляемое количество воды не оказывает влияния на скорость реакции. Таким образом, снижение роста скорости с увеличением концентрации  $\text{RuCl}_3$ , по-видимому, обусловлено дезактивирующим действием  $\text{HCl}$ , образующегося из  $\text{RuCl}_3$  в условиях гидрокарбометоксилирования, в то время как введение в реакционную массу хлорид-ионов в виде соли приводит к положительному эффекту.

В качестве промотирующих добавок к  $\text{RuCl}_3$  были также апробированы  $\text{KCl}$  и  $\text{NaBr}$ . Установлено, что  $\text{NaBr}$  вызывает увеличение скорости реакции в 1,7 раза, а добавка  $\text{KCl}$  – в 3,5 раза по сравнению с реакцией в отсутствие галогенсодержащего промотора.

Таким образом, NaCl и KCl являются более эффективными промоторами по сравнению с NaBr. При переходе от NaCl к KCl, по-видимому, увеличивается диссоциация соли в среде метанола, приводящая к образованию каталитических комплексов рутения с галогенид-ионами, вследствие чего наблюдается незначительное увеличение скорости гидрокарбометоксилирования. Однако растворимость KCl в метаноле ниже, чем растворимость NaCl, поэтому для дальнейших исследований гидрокарбометоксилирования и последующей оптимизации процесса целесообразнее использовать NaCl.

При 463 К зависимость скорости гидрокарбометоксилирования циклогексена в среде метанола от концентрации NaCl имела линейный характер в области низких концентраций NaCl с выходом на постоянное значение в области концентраций NaCl выше 0,035 моль/л, что, вероятно, обусловлено достижением предела растворимости соли в реакционной массе.

При использовании каталитической системы RuCl<sub>3</sub> – NaCl при 463 К были установлены первые порядки реакции по циклогексену и метанолу. В последнем случае для варьирования концентрации метанола реакционную массу разбавляли толуолом. Эти результаты согласуются с полученными ранее данными по Ru-катализируемому гидрокарбометоксилированию циклогексена в близких условиях [1], однако в связи с низкой растворимостью NaCl в толуоле и циклогексене в новых исследованиях диапазон исследуемых концентраций реагентов был более узким, чем в отсутствие NaCl в работе [1].

С целью исследования влияния давления CO на скорость гидрокарбометоксилирования циклогексена при катализе системой RuCl<sub>3</sub> – NaCl были проведены четыре серии экспериментов с варьированием давления CO в диапазоне 0-6,0 МПа при температуре 443, 453, 463 и 473 К. Концентрации остальных участников реакции поддерживались на постоянном уровне. Общее давление, создаваемое путем введения аргона, оставалось постоянным (6,0 МПа). Зависимости начальной скорости реакции от давления CO имели экстремальный характер с максимумами при P<sub>CO</sub>=2,0-3,0 МПа. С помощью программы SigmaPlot была подобрана функция, удовлетворительно описывающая полученную зависимость, в частности при 463 К эта функция имела вид:

$$r_0 = \frac{P_{CO}}{(4,7 \pm 1,6) \cdot 10^3 + (72 \pm 3) \cdot P_{CO}^4} \left[ \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л} \cdot \text{МИН.}} \right]. \quad (1)$$

Снижение скорости реакции в области высоких давлений CO, видимо, обусловлено образованием малоактивных («балластных») карбонильных комплексов рутения.

Молекулы CO, обладающие ярко выраженными акцепторными свойствами, при взаимодействии с переходными металлами способны образовывать комплексы повышенной стабильности [2-4].

В диапазоне температур 443-473 К установлен первый порядок исследуемой реакции по RuCl<sub>3</sub> в области его концентраций (0-1,0)·10<sup>-3</sup> моль/л, при дальнейшем увеличении концентрации RuCl<sub>3</sub> наблюдалось снижение роста скорости реакции. В области концентраций RuCl<sub>3</sub> (0,80-1,20)·10<sup>-3</sup> моль/л скорость реакции достигала практически постоянного значения.

На основании уравнения (1) с учетом установленных первых порядков реакции по циклогексену, CH<sub>3</sub>OH, NaCl и RuCl<sub>3</sub> (в области низких концентраций) можно прийти к общему виду уравнения скорости исследуемой реакции:

$$r_0 = \frac{kC_0(C_6H_{10}) \cdot C_0(CH_3OH) \cdot P_{CO} \cdot C_0(RuCl_3) \cdot C_0(NaCl)}{a + b \cdot P_{CO}^4},$$

(2)

де a, b, k – эффективные константы.

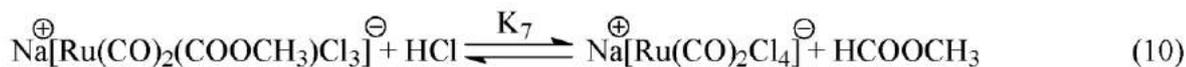
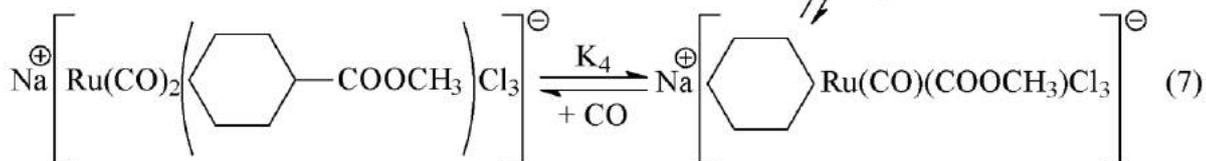
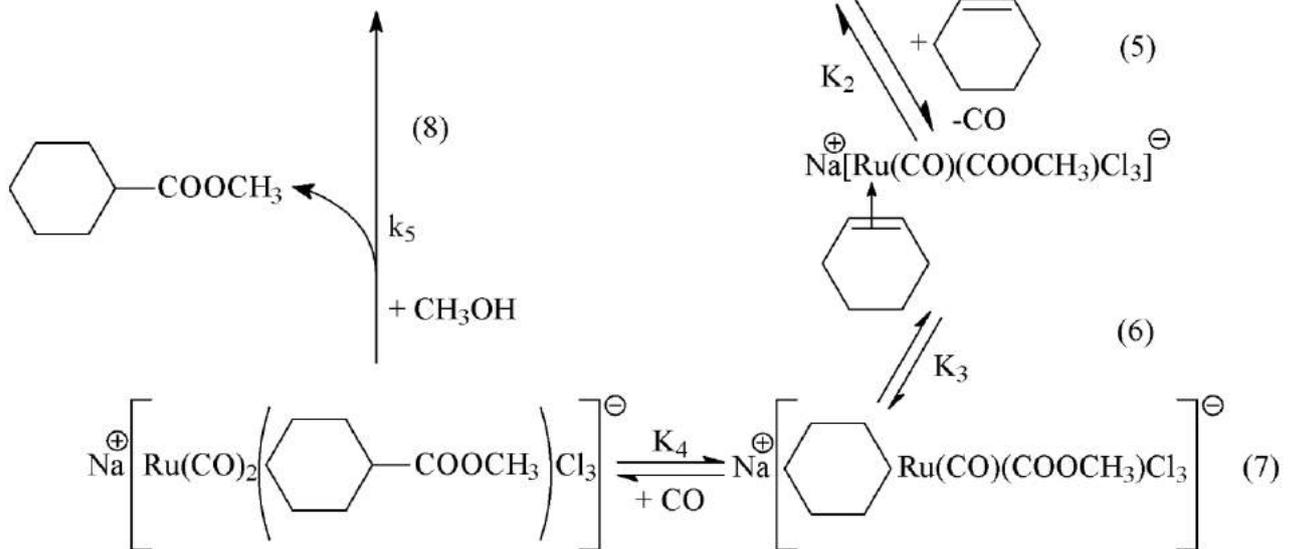
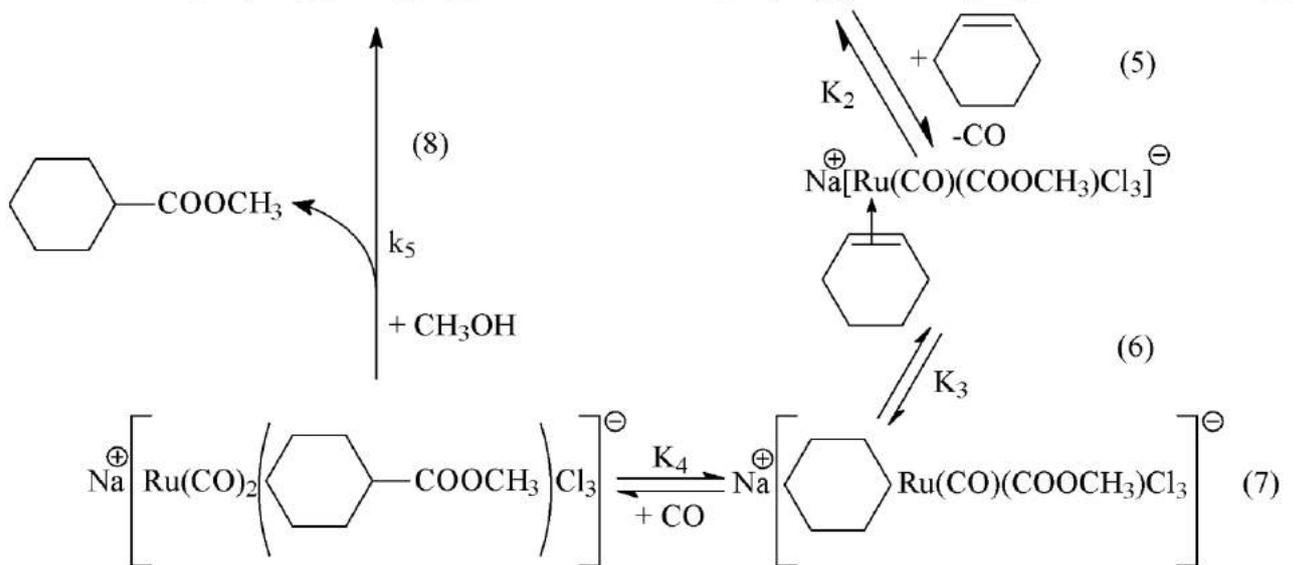
При исследовании влияния температуры в диапазоне 443-473 К на скорость гидрокарбометоксилирования циклогексена при постоянстве остальных параметров системы была установлена нелинейная аррениусовская зависимость для эффективной

константы уравнения (2), равной  $\frac{k}{a + b \cdot P_{CO}^4}$ . Этот результат можно рассматривать как

косвенное подтверждение сложности механизма реакции и нелинейного характера уравнения скорости реакции.

Установленные кинетические закономерности реакции были интерпретированы в рамках алкогольного механизма гидрокарбометоксилирования циклогексена (уравнения реакций (3)-(8)), дополненного реакциями лигандного обмена (9) и (10), приводящими к дезактивации каталитических рутениевых комплексов. Снижение скорости реакции в области высоких давлений CO, по-видимому, обусловлено прогрессированием реакции образования неактивных карбонильных комплексов в реакции (9). Снижение роста скорости реакции с увеличением концентрации RuCl<sub>3</sub>, по-видимому, обусловлено образованием малоактивных рутениевых форм в реакции (10).

В соответствии с представленным механизмом с учетом установленных кинетических закономерностей и руководствуясь предположением о скорость-определяющем характере стадии (8) можно предложить кинетическое уравнение исследуемой реакции (уравнение (11)).



$$r_0 = \frac{kC_0(\text{C}_6\text{H}_{10}) \cdot C_0(\text{CH}_3\text{OH}) \cdot P_{\text{CO}} \cdot C_0(\text{RuCl}_3)}{1 + K_7 \cdot \frac{P_{\text{CO}}^4}{C_0(\text{NaCl})}}$$

(11)

где  $k = K_1 K_2 K_3 K_4 k_5$ .

На основе массивов данных в диапазоне температур 443-473 К были получены кинетические модели исследуемой реакции и показана их справедливость не только в области начальных скоростей, но и на всем протяжении реакции. Так, при 463 К кинетическая модель реакции, полученная в условиях разбавления СО аргоном при постоянстве общего давления (6,00 МПа) в диапазоне  $P_{\text{CO}}=0,40-6,00$  МПа при концентрациях  $C_0(\text{C}_6\text{H}_{10})=0,025-0,100$  М,  $C_0(\text{CH}_3\text{OH})=20,40-20,28$  М,  $C_0(\text{RuCl}_3)=(0,5-2,0) \cdot 10^{-3}$  М, имеет вид:

$$r_0 = \frac{(2,39 \pm 0,43) \cdot 10^{-2} \cdot [\text{C}_6\text{H}_{10}][\text{CH}_3\text{OH}] \cdot P_{\text{CO}} \cdot C_0(\text{RuCl}_3)}{1 + (2,41 \pm 0,47) \cdot 10^{-4} \cdot \frac{P_{\text{CO}}^4}{[\text{NaCl}]}} \left[ \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л} \cdot \text{МИН.}} \right].$$

(12)

Сопоставление экспериментальных кинетических кривых накопления эфира и рассчитанных по модели (12) в независимых экспериментах показало удовлетворительное совпадение данных на всем протяжении реакции.

Ранее [2] в результате исследований гидрокарбометоксилирования циклогексена при катализе системой  $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2 - \text{PPh}_3 - \text{п-толуолсульфокислота}$  был установлен ряд относительной стабильности некоторых «балластных» палладиевых форм в условиях реакции:



В случае катализа системой  $\text{RuCl}_3 - \text{NaCl}$  в среде метанола, видимо, метанолсодержащие комплексы нестабильны, что находит отражение в установленном первом порядке реакции по метанолу и кинетическом уравнении, не содержащем концентрацию метанола в качестве слагаемого в знаменателе. Единственной «балластной» формой является комплекс  $[\text{Ru}(\text{CO})_6](\text{OCH}_3)\text{Cl}_2$ , что согласуется с известным представлением о стабильности карбониллов переходных металлов. Дополнительным фактором стабильности, вероятно, является сольватация аниона  $\text{CH}_3\text{O}^-$ , располагающегося во внешней сфере комплекса, молекулами спирта в условиях его значительного избытка.

В целом можно отметить, что катализ хлоридом рутения (III) представляется более предпочтительным, по сравнению с катализом соединениями палладия. Как отмечалось выше, рутений в меньшей степени склонен к образованию «балластных» форм и при этом его соединения обладают более высокой термической стабильностью (для палладиевых соединений верхний предел рабочего диапазона температур составлял 398 К, в то время как хлорид рутения сохранял стабильность и каталитическую активность при 473 К). По-видимому, более высокая степень окисления рутения +3 и координационное число 6 создают необходимые предпосылки для образования термически более стабильных комплексных форм по сравнению с  $\text{Pd}^{2+}$ , координационное число которого, как правило, равно 4, хотя условный радиус катиона  $\text{Pd}^{2+}$  0,088 нм превышает условный радиус иона  $\text{Ru}^{3+}$ , равный 0,077 нм [5]. Следует отметить, что  $\text{Pd}^{2+}$  более подвержен восстановлению, чем  $\text{Ru}^{3+}$ . Так, катионы  $\text{Pd}^{2+}$  восстанавливаются оксидом углерода до металлического состояния уже при комнатной температуре [6]. С другой стороны, больший радиус  $\text{Pd}^{2+}$  способствует образованию достаточно стабильных «балластных» комплексов с объемными молекулами органофосфинов и спиртов, в то время как  $\text{Ru}^{3+}$  образует стабильные «балластные» комплексы лишь с молекулами СО малого размера.

На заключительном этапе работы с целью разработки оптимизированной системы одностадийного синтеза метилциклогексанкарбоксилата была проведена оптимизация

процесса гидрокарбометоксилирования циклогексена при катализе системой  $\text{RuCl}_3 - \text{NaCl}$ . Были установлены оптимальные условия с точки зрения производительности процесса, позволяющие получать целевой продукт с выходом более 90 %.

В результате проведенных исследований, установлено, что процесс необходимо вести при температуре 458-463 К в среде метанола при недостатке циклогексена и объемной доле  $\text{CO}$  35-50 % в смеси с инертным газом (аргоном) с целью предотвращения перехода органических реагентов в газовую фазу. Оптимальное мольное соотношение компонентов каталитической системы  $\text{RuCl}_3$  и  $\text{NaCl}$  составляет 1: (7-9).

Основная доля непрореагировавших реагентов в разработанном синтезе приходится на более дешевый реагент – метанол, который легко выделить из системы путем дистилляции при сравнительно низкой температуре. Используемая каталитическая система  $\text{RuCl}_3 - \text{NaCl}$  является более предпочтительной по сравнению с палладиевыми системами, содержащими добавки свободных органофосфинов и *p*-толуолсульфокилоты.  $\text{NaCl}$  представляет собой очень дешевый и при этом коррозионно-неактивный промотор. С другой стороны, каталитическая система  $\text{RuCl}_3 - \text{NaCl}$  позволяет разработать более экономичный рецикл реагентов. При использовании каталитических систем на основе соединений палладия, промотированных свободными органофосфинами и *p*-толуолсульфокислотой, перед дистилляцией реакционной массы с целью регенерации непрореагировавшей части реагентов и выделения продукта необходимо провести нейтрализацию с последующим отделением водного слоя, содержащего соль *p*-толуолсульфокислоты. В случае системы  $\text{RuCl}_3 - \text{NaCl}$  этого не требуется, что снижает потери продукта, непрореагировавшей части реагентов, а также катализатора. По окончании синтеза реакционную массу необходимо подвергнуть дистилляции для отделения метанола, остатков циклогексена и выделения эфира. При этом кубовой остаток, содержащий смесь соединений рутения и  $\text{NaCl}$ , легко осушить и вернуть в каталитический процесс. Таким образом, катализ гидрокарбометоксилирования циклогексена системой  $\text{RuCl}_3 - \text{NaCl}$  позволяет достичь высоких выходов продукта при экономичном проведении процесса с избытком более дешевого реагента и экономичном рецикле.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 14-08-00535-а.

### Список литературы

1. Севостьянова Н.Т., Баташев С.А. // Материалы XVIII Междунар. науч.-практ.

конф. «Современные тенденции развития науки и технологий», г. Белгород, 30 сентября 2016 г., № 9-2. С. 56-60.

2. Аверьянов В.А., Севостьянова Н.Т., Баташев С.А., Демерлий А.М. // Нефтехимия. 2013. Т.5. №1. С. 43-49.
3. Аверьянов В.А., Севостьянова Н.Т., Баташев С.А. // Нефтехимия. 2008. Т. 48. №4. С. 286-294.
4. Nifant'ev I., Sevostyanova N., Batashev S., Vorobiev A., Tavtorkin A., Krut'ko D. // Reac. Kinet. Mech. Cat. 2016. V. 119. Is. 1. P. 75-91.
5. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1998. – 743 с.
6. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1992. – 592 с.

**СЕКЦИЯ №52.**

**МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.16)**

**СЕКЦИЯ №53.**

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ХИМИЯ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.17)**

**СЕКЦИЯ №54.**

**ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.21)**

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.00.00)**

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.00)**

**СЕКЦИЯ №55.**

**РАДИОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.01)**

**СЕКЦИЯ №56.**

**БИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.02)**

**СЕКЦИЯ №57.**

**МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.03)**

**СЕКЦИЯ №58.**

**БИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.04)**

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА  
ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ *IRIS SIBIRICA* L.  
СОРТ CAMBRIDGE

**Синицына А.А., Базарнова Н.Г., Тихомирова Л.И.**

Алтайский государственный университет, Барнаул

Истощение природных источников сырья, неблагоприятные изменения климата, рост народонаселения, загрязнение окружающей среды и другие факторы диктуют необходимость обеспечения механизмов устойчивого развития и являются основными стимулами развития биоэкономики, основанной на использовании возобновляемых источников сырья и технологиях их переработки (Комплексная программа развития биотехнологии в Российской Федерации на период до 2020 года). Культивирование тканей и органов растений является эффективным способом производства растительной биомассы, с целью накопления биологически активных веществ (Khan et al., 2009; Tasheva, Kosturkova, 2012; Решетников и др., 2014; Зарипова, 2016; Тихомирова и др., 2016).

Цель данного исследования - сравнить содержание биологически активных веществ в растительном сырье *Iris sibirica* L. сорт Cambridge, выращенного в полевых условиях и в лабораторных условиях методами биотехнологии.

В исследованиях использовали растения-регенеранты *Iris sibirica* (Тихомирова, 2013) из коллекции Отдела биотехнологии растений Южно-Сибирского ботанического сада Алтайского государственного университета (АлтГУ). На кафедре органической химии химического факультета АлтГУ проведено комплексное исследование химического состава лекарственного сырья полученного методами биотехнологии в сравнении с выращенным в полевых условиях (интактных растений) (Базарнова и др., 2016).

Воздушно-сухие образцы биомассы растений-регенерантов *I. sibirica* сорт Cambridge анализировали на содержание золы, влаги и высокомолекулярных компонентов в сравнении с интактными растениями (табл. 1).

Таблица 1 - Анализ сырья *I. sibirica* сорт Cambridge, полученного разным способом

Растительное сырье		Влажность, % на а.с.в.	Зольность, % на а.с.в.	Лигнин, % на а.с.в.	Целлюлоза, % на а.с.в.
Интактные растения	листья	4,6±0,5	11,4	20,6	20,4
	корневища с корнями	5,3±0,5	16,2	28,8	24,4
Растения-регенеранты		5,5±0,5	7,62	23,1	18,1

Содержание целлюлозы в листьях интактного растения составлял 20,4% , а в корневищах с корнями - 24,4%, в биомассе растений-регенерантов содержание незначительно ниже – 18,1%. Вероятно, биомасса интактных растений до заготовки растительного сырья состояла из большого количества мертвых тканей, состоящих из прозенхимных клеток, которые содержат, прежде всего, целлюлозное волокно. Содержание лигнина (как сумма веществ конденсированных фенольных соединений) в образцах отличалось не значительно: в листьях интактных растений оно составляло 20,6%, в корневищах с корнями – 28,8%, а у растений-регенерантов - 23,1%, что, скорее всего, свидетельствует о завершении процесса биосинтеза лигнина.

Содержание экстрактивных веществ в лекарственном сырье – важный числовой показатель, определяющий его доброкачественность. В зависимости от химического состава лекарственного сырья и используемого растворителя в извлечение переходят те или иные действующие и сопутствующие вещества (табл. 2).

Таблица 2 - Содержание экстрактивных веществ в растительном сырье интактных растений и растений-регенерантов *I. sibirica* сорт Cambridge при последовательной экстракции, % на а.с.в

Растворитель	Интактные растения (листья), %	Интактные растения (корневища с корнями), %	Растения-регенеранты, %
Гексан	2,9	1,9	5,7
Хлороформ	1,2	1,0	2,3
96% - й р-р этанола	7,5	3,0	4,7
вода	6,0	13,8	8,9
Общее содержание	17,6	19,7	21,6

В результате последовательной непрерывной обработки образцов растворителями достигается более полное извлечение экстрактивных веществ. Фракция, извлекаемая гексаном у регенерантов в 2 раза больше чем в листьях и в 3 раза больше чем в корнях интактных растений. Минимальную фракцию, извлекали хлороформом (агликоны сердечных гликозидов, основания большинства алкалоидов, сапогенины, флавоны, эфирные масла, жиры, воски, смолы). При этом количество экстрактивных веществ данной фракции у регенерантов в 2 раза больше. Содержание экстрактивных веществ, извлеченных 96%-м этанолом составляло от 3,01% до 7,51%. Спиртовые экстракты имеют зеленую окраску в листьях и темно-желтую в корневищах с корнями. Этанолом извлекают полифенольные соединения, фенольные кислоты, флавоноиды, антоцианидины. Доля веществ, извлеченных водой (полисахариды, аминокислоты и дубильные вещества), составляла от 6,00% до 13,8%.

Суммарное содержание экстрактивных веществ в листьях интактных растений составляло 17,59%, в корневищах с корнями – 19,76%. В растениях-регенерантах доля экстрактивных веществ была выше и составляла 21,63%.

Идентификацию экстрактивных веществ осуществляли с использованием физико-химического метода: УФ-спектроскопии. Регистрация УФ-спектров проводилась на спектрофотометре UV-Vis Cary 60.

В состав экстрактивных веществ *I. sibirica* входили такие соединения как флавонолы (положение полосы в области 271-280 нм), флавоны и флаванолы (333 нм) (табл. 3). Положение полосы 266 нм свидетельствует о наличии фенольных соединений. Полоса поглощения 270 нм может соответствовать дубильным веществам катехиновой группы, оксикоричным кислотам и фенольным веществам. 666 нм соответствует хлорофиллу.

Таблица 3 – Анализ экстрактивных веществ, полученных последовательной обработкой серией растворителей, методом УФ-спектроскопии.

Экстракт (растворитель)	Длина волны		
	Интактные растения		Растения-регенеранты
	листья	корни	
96% этанол	271 нм	271 нм	272 нм 333 нм 665 нм
вода	271 нм	271 нм	266 нм

Экстрактивные вещества, выделяемые из интактных растений и растений-регенерантов *I. sibirica* “Cambridge” имеют идентичное происхождение. Данные полосы поглощения в 96%-ных этанольных и водных экстрактах соответствуют веществам фенольного происхождения.

Качественный анализ, проведенный нами для интактных растений и растений-регенерантов *I. sibirica* сорт “Cambridge” (Музычкина др., 2011) показал присутствие полифенолов, флавоноидов, сапанинов, танинов, кумаринов, в листьях и корневищах с корнями интактных растений и регенерантов (табл. 4).

Таблица 4 - Качественное определение биологически активных веществ извлеченных из надземной и подземной частей *I. sibirica* сорт Cambridge

Группы веществ	Интактные растения (листья)	Интактные растения (корневища с корнями)	Растения-регенеранты
Флавоноиды	+	+	+
Терпены	+	+	+
Фенолокислоты	+	+	+
Дубильные вещества	+	+	+

Кумарины	+	+	+
Сапонины	+	+	+

Установлена идентичность группового состава биологически активных веществ интактных растений и растений-регенерантов *I. sibirica* сорт “Cambridge”.

### Список литературы

1. Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года. (утв. Правительством РФ от 24 апреля 2012 г. № 1853п-П8). Гарант.ру: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70068244>
2. Khan Mohamed Yassen, Saleh Aliabbas, Vimal Kumar, Shalini Rajkumar. Recent advances in medicinal plant biotechnology // Indian Journal of Biotechnology, 2009. Vol. 8. P. 9–22.
3. Tasheva K., Kosturkova G. Bulgarian golden root *in vitro* cultures for micropropagation and reintroduction // Central European Journal of Biology, 2010. Vol. 5. № 6. P. 853–863.
4. Зарипова А.А. Введение в культуру *in vitro* шлемника байкальского // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2016. Т. 14. № 1. С. 94-98.
5. Тихомирова Л.И., Ильичёва Т.Н., Базарнова Н.Г., Сысоева А.В. Способ получения лекарственного растительного сырья лапчатки белой (*Potentilla alba* L.) в условиях гидропоники // Химия растительного сырья. 2016. № 3. С. 59-66.
6. Тихомирова Л.И. Биотехнологические аспекты сохранения редких видов на примере *Iris sibirica* L. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013 Т. 15 № 3(5) С. 1686-1689.
7. Базарнова Н.Г., Ильичёва Т.Н., Тихомирова Л.И., Синицина А.А. Скрининг химического состава и биологической активности *Iris sibirica* L. сорт Cambridge // Химия растительного сырья. 2016. № 3. С. 49-57.
8. Музычкина Р.А. Корулькин Д.Ю., Абилов Ж.А. Технология производства и анализ фитопрепаратов / Алматы, 2011, с.360

**СЕКЦИЯ №59.  
ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.05)**

**МИКРОЭЛЕМЕНТЫ-БИОФИЛЫ И ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ  
В РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ *IRIS SIBIRICA* L., ПОЛУЧЕННОМ  
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

**Тихомирова Л.И., Базарнова Н.Г., Халявин И.А.**

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет», г. Барнаул

Основным биологическим аккумулятором минеральных веществ являются растения. Они поглощают минеральные вещества из почвы и других субстратов своей корневой системой и с помощью транспирационного тока воды обеспечивают ими ткани и органы (семена, плоды, листья, стебли) растительного организма. Минеральные вещества, попадая в организм человека, выполняют функцию регуляторов основных процессов жизнедеятельности (Физиология растений, 2005). Начиная со второй половины 20-го века, началось активное исследование минерального состава лекарственных растений и выявление роли макро- и микроэлементов в жизнедеятельности организма человека (Ковальский, 1976; Ноздрюхина, 1983).

Для сохранения биоразнообразия и получения необходимого количества лекарственного растительного сырья, всё чаще используют методы биотехнологии, в частности культуру ткани и гидропоническое выращивание (патент РФ 2570623).

Цель настоящих исследований – определить содержание микроэлементов-биофилов (Fe, Mn, Zn, Cu), тяжелых металлов (Pb, Cd, Sb, Be, Hg, Cr, Ni) и As в сырье *Iris sibirica* L., выращенном в гидропонике сопряжённой с микроклональным размножением.

Элементный состав растений видоспецифичен, зависит от многих факторов окружающей среды и может варьировать в довольно широких пределах. Количество поглощенных веществ зависит от условий выращивания и от концентрации ионов в среде. В качестве объекта исследования в наших опытах использовали образцы растений-регенерантов *I. sibirica* сорт Cambridge и сорт Стерх, размноженные микроклонально. Растения-регенеранты *I. sibirica* в течение 30 пассажей выращивали на питательной среде с минеральной основой Мурасиге-Скуга (MS), дополненной 2-10 мкМ 6-бензиламинопурина и 1,0 мкМ нафтилуксусной кислоты.

Воздушно-сухие образцы корней, корневищ, листьев предварительно измельчали на мельнице и просеивали через сита. Для исследования использовали фракцию размером

0,15-0,63 мм. Исследование элементного состава проводили на атомно-эмиссионном ИСП-спектрометре Optima 7300 DV фирмы Perkin Elmer (США).

Результаты исследований свидетельствуют о специфических особенностях обмена у растений-регенерантов исследуемого вида ирис, что приводит к определённому уровню содержания биофильных элементов в тканях их органов. Отмеченные закономерности, по нашему мнению, можно объяснить не только биохимической ролью металлов в растениях, способами их поглощения и переноса, но содержанием в искусственной питательной среде.

Количественной мерой интенсивности накопления химических элементов растениями является коэффициент накопления ( $K_n$  - отношение содержание элемента в органах к содержанию в среде), отражающий степень биофильности элементов, а также интенсивность их вовлечения в биологический круговорот. На основе полученных данных Fe, Mn, Zn, Cu определены как элементы энергичного накопления (табл. 1).

Многолетние исследования доказали высокую эффективность гидропонического выращивания растений сопряжённого с микроклональным размножением. Размноженный в культуре ткани растительный материал освобождён от грибных и бактериальных инфекций, имеет более высокую силу роста в регулируемых условиях питания и факторов внешней среды, но при этом элементный состав и содержание тяжёлых, токсичных металлов в сырье на сегодняшний день не изучено.

Таблица 1. Коэффициент накопления ( $K_n$ ) химических элементов в органах растений-регенерантов *I. sibirica* на питательной среде Мурасиге-Скуга

Элемент	Содержание в питательной среде MS мг/кг	Cambridge				Стерх			
		листья		корни и корневища		листья		корни и корневища	
		сод-е, мг/кг	$K_n$	сод-е, мг/кг	$K_n$	сод-е, мг/кг	$K_n$	сод-е, мг/кг	$K_n$
Fe	5,6	215,9	38,6	353,8	63,2	280,8	50,1	440,0	78,6
Mn	5,5	166,6	30,3	77,1	14,0	175,8	32,0	108,4	19,7
Zn	1,9	74,3	39,1	54,6	28,7	91,9	48,4	65,1	34,3
Cu	0,01	1,1	110,0	0,6	60,0	0,8	80,0	1,2	120,0

Примечание. Прочерк – нет данных.

Оценивая растения-регенеранты *I. sibirica* как источник получения лекарственного растительного сырья, отмечали особенность накопления микроэлементов в культуре *in vitro*. Так в листьях растений-регенерантов Cambridge содержание марганца в 10,7 раз больше, чем у интактных растений, а в корнях и корневищах превышение составляло в 3,1 раза. Такую тенденцию наблюдали и для *I. sibirica* сорт Стерх. Листья интактных растений содержали 18, 5 мг/кг Mn, а растений-регенерантов - 175,8 мг/кг, что в 9,5 раз

больше. В корнях и корневищах интактных растений сорта Стерх определяли 15,8 мг/кг Mn, у растений-регенерантов - 108,4 мг/кг, превышение составило 6,8 раз.

Уровень содержания марганца у некоторых лекарственных растений Северного Алтая колеблется от 5 до 746 мг/кг (Ельчининова, 2008). Растения, концентрирующие марганец, применяют для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, для поддержания нормальных функций половых желез и опорно-двигательного аппарата, нервной системы.

Химические элементы растений в высоких концентрациях могут проявлять токсическое действие. Содержание микроэлементов в регенерантах *I. sibirica* сравнивали с допустимыми нормами в растениях. Изученные нами микроэлементы-биофилы Fe, Mn, Zn находились на уровне средних значений для растительности континентов, Cu - значительно ниже. Содержание тяжелых металлов Pb, Cd, Cr, Be, Ni и As не превышало нормального уровня в растениях, а для Sb необходимо провести дополнительные исследования. Так по данным О.А. Ельчининовой и её коллег (2008) содержание сурьмы в лекарственных растениях экологически чистого региона Северного Алтая находилось от 0,038 мг/кг до 6,6 мг/кг сухого вещества. Свинец в образцах *I. sibirica* не обнаружен (табл. 2).

Таблица 2. Содержание микроэлементов в растениях-регенерантах *Iris sibirica* L. и нормирование содержания, мг/кг сухого вещества

Показатель	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Sb	Be	Cr	Ni	As
Содержание в растениях-регенерантах											
Cambridge листья	215,9	166,6	74,3	1,1	2,5	<0,001	0,25	0,005	<0,1	0,3	0,2
Cambridge корневище	353,8	77,1	54,6	0,6	1,5	<0,001	0,21	0,006	<0,1	0,2	0,3
Стерх листья	215,9	175,8	91,9	0,8	3,3	<0,001	0,2	0,004	<0,1	0,2	0,3
Стерх корневище	440,0	108,4	65,1	1,2	0,9	<0,001	0,4	0,004	<0,1	0,4	0,07
Нормирование содержания (Ильин, 1991; СанПин 2.3.2.560-96, 2.3.2.1078-01; Добровольский, 1997; Сосорова и др., 2016)											
Низкое	<50	<20	<20	<5	-	-	-	-	-	-	-
Нормальное	50-250	25-250	25-250	6-15	2-14	0-0,5	-	-	0-0,5	0-8	-
Токсическое	-	>500	>400	>20	-	>100	-	-	-	>80	-
Среднее в р.к.	200	205	30	8,0	1,25	0,035	0,06	0,01	1,8	2,0	0,5
ПДК для БАД	-	-	-	-	6,0	1,0	-	-	-	-	-

ПДК для чая	-	-	-	100	10,0	1,0	-	-	1,0	-	3,0
-------------	---	---	---	-----	------	-----	---	---	-----	---	-----

Примечание. Прочерк – нет данных. Среднее р.к. – средне в растительности континентов

В исследованных образцах *I. sibirica* сорт Cambridge и Стерх, концентрация Cu, Pb, Cd, Cr и As не превышала допустимый уровень для БАДов и чая на растительной основе (СанПин 2.3.2.560-96, СанПин 2.3.2.1078-01). Допустимые уровни токсичных элементов непосредственно для лекарственных растений в литературе нами не найдены.

### Список литературы

1. Добровольский В.В. Биосферные циклы тяжёлых металлов и регуляторная роль почвы // Почвоведение. 1997. №4. С. 431-441.
2. Ельчинонова О.А., Рождественская Т.А., Черных Е.Ю. Микроэлементы-биофилы и тяжёлые металлы в лекарственных растениях Северного Алтая // В сборнике: Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее. Материалы Международной конференции. 2008. С. 51-55.
3. Ермаков И.П. Физиология растений. М., 2005, с. 637
4. Ковальский В.В. Геохимическая среда, здоровье, болезни /В кн.: Физиологическая роль микроэлементов. Рига, 1976.
5. Ильин В.Б. Тяжёлые металлы в системе почва-растение. Новосибирск, 1991. 151 с.
6. Ноздрюхина Л.Р. Геохимическая среда, здоровье, заболевания сердечно-сосудистой системы // Сб. Биологическая роль микроэлементов. М., 1983. С. 182–187.
7. Патент №2570623 (РФ). Способ получения лекарственного растительного сырья лапчатки белой (*Potentilla alba* L) в условиях гидропоники / Л.И. Тихомирова, Н.Г. Базарнова / 2015.
8. СанПин 2.3.2.560-96. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности продуктов. М., 1996.
9. СанПин 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности продуктов. М., 2001.
10. Сосорова С.Б., Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л. Содержание микроэлементов в лекарственных растениях разных экосистем озера Коктокольского (Западное Забайкалье) // Химия растительного сырья. 2016. №2. С. 53-59.

**СЕКЦИЯ №60.  
БИОТЕХНОЛОГИЯ (В ТОМ ЧИСЛЕ БИОНАНОТЕХНОЛОГИИ)  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.06)**

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КСИЛЕМЫ У  
*IRIS ENSATA* THUNB. В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO***

**Тихомирова Л.И.**

Алтайский государственный университет, г. Барнаул

**Введение**

Органы растений представляют собой пластичные системы, способные менять в экспериментальных условиях *in vitro* процессы дифференциации под воздействием определенных физических и химических факторов. Последовательность конкретных событий, связанных с клеточной дифференцировкой и формированием зрелых трахеальных элементов изучена на различных объектах (Möller, 2006; Lacayo et al., 2010; Höfte, 2010; Oda, Fukuda, 2012).

*Iris ensata* Thunb. благодаря яркой окраске цветков культивируется в качестве декоративного растения. Изучен химический состав и фармакологическая активность вторичных метаболитов. Доказана актуальность использования данного вида в традиционной и современной фитотерапии (Блинова и др., 1977; Долганова, 2002). В культуре ткани *I. ensata* мало изучен.

***Материалы и методы***

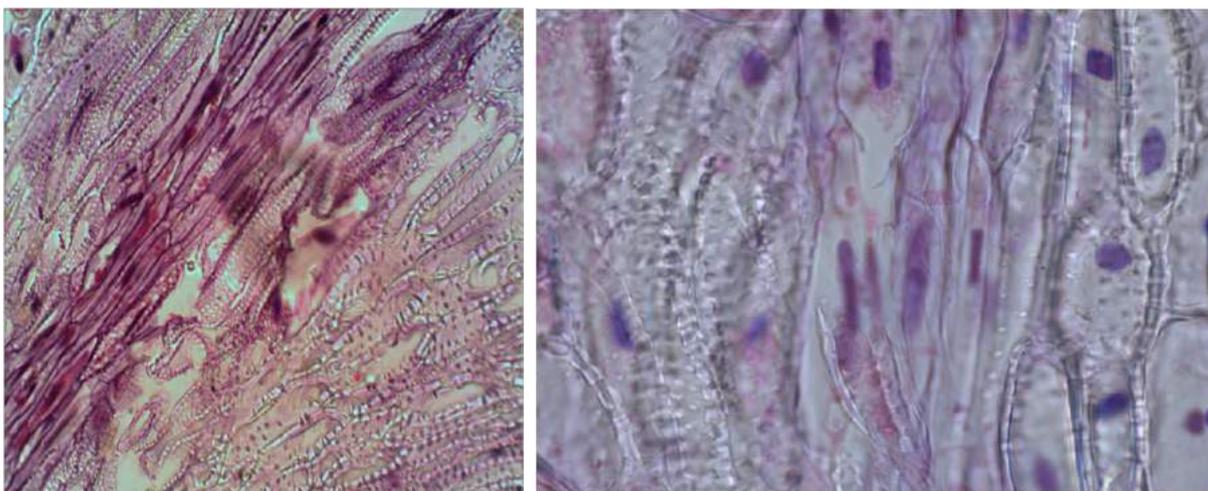
В исследованиях использовали растения-регенеранты *I. ensata* из коллекции Отдела биотехнологии растений Южно-Сибирского ботанического сада Алтайского государственного университета.

Работу проводили на основе общепринятых в биотехнологии растений методов (Калинин и др. 1980), использовали стандартную питательную среду MS (Murashige Skoog), дополненную 6-бензиламинопурином (БАП). Растения выращивали при температуре 20-30°C, 16-часовом фотопериоде, при интенсивности освещения 2000 – 4000 лк. Постоянные препараты для анатомических исследований готовили по общепринятым методикам (Барыкина и др. 2004) в нашей модификации.

***Результаты и их обсуждение***

При анатомическом исследовании побегов *I. ensata* в культуре *in vitro* были отмечены особенности образования проводящей системы, в частности ксилемы. От основания побегов (места соприкосновения ткани и питательной среды) тянулись

проводящие пучки, содержащие в своём составе сосуды, трахеиды и трахеидоподобные клетки (гидроциты). Причём, гидроциты мощным слоем окутывали проводящий пучок и сопровождали его вдоль побега на некоторую высоту, в связи с этим базальная часть побега была пронизана массой гидроцитных тяжей, а в апикальной части гидроцитов было значительно меньше. Гидроциты имели точечно-поровое утолщение и отличались от других элементов ксилемы наличием ядер и живого цитоплазматического содержимого (рис. 1 а, б).



а)

б)

Рис. 1. Проводящий пучок *I. ensata*: а) увел.  $\times 400$ , б) увел.  $\times 1000$

Гидроциты принадлежат к широко распространённому типу водоносных элементов и отличаются от анатомических элементов других типов тем, что в них сравнительно долго сохраняются клеточные ядра, хотя утолщения их оболочек одревесневшие. Гидроциты способствуют более быстрой подаче воды, чем обычные паренхимные клетки экспланта, в результате чего в экспланте формируется полноценный проводящий пучок (Александров, 1966).

Формированию очагов меристематической активности у *I. ensata* в культуре ткани предшествовала изоляция инициальной клетки посредством утолщения клеточной стенки и несколько последовательных делений, что приводило к образованию полиады – группы клеток под общей оболочкой. В результате лизиса этих оболочек и клеточных делений, формировался массив мелких клеток меристематического характера – зачаток побега. Начало дифференциации элементов васкулярной системы (гидроцитных узлов и тяжей) можно было наблюдать уже на стадии полиад, что определяло, по-видимому, более быстрое развитие образующихся *de novo* зачатков адвентивных побегов (рис. 2 а, б). Это, вероятно, связано с перераспределением пластических веществ в материнском побеге и регуляторов роста, а также переноса их в зоны активных побегообразовательных процессов.

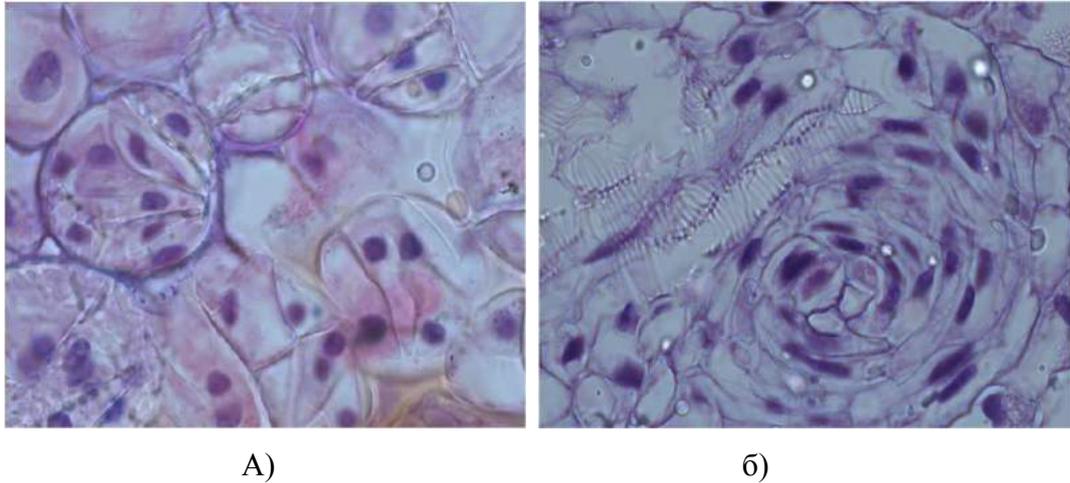


Рис. 2. А) полиады (увел.  $\times 100$ ), б) трахеальные элементы в зоне формирования зачаточного побега (увел.  $\times 1000$ )

Дифференциация трахеальных элементов характеризуется утолщением клеточной стенки, лигнификацией и смертью клеток. Трахеальные элементы, образуемые в эксплантах, представляют собой клетки с вторичными утолщениями клеточной стенки и могут рассматриваться (Roberts, 1969) как адвентивные трахеиды.

Количество гидроцитов у *I. ensata* зависело от концентрации БАП в питательных средах. С увеличением концентрации фитогормона всё большая часть паренхимных клеток центрального цилиндра побега подвергалась дифференциации в гидроциты, которые окутывают проводящие пучки и, по-видимому, тем самым помогают пучкам справиться с дополнительной нагрузкой. Но процесс формирования гидроцитов не может быть бесконечным. Под влиянием высоких концентраций БАП наступает такой момент, когда их количество становится избыточным, и они заполняют весь центральный цилиндр, вытесняя паренхиму и угнетая проводящие пучки (рис. 3 а, б). Побег испытывает недостаток в воде и питании, внешне выглядит угнетённым с пониженным тургором тканей. Растение перестаёт размножаться и в конечном итоге гибнет.

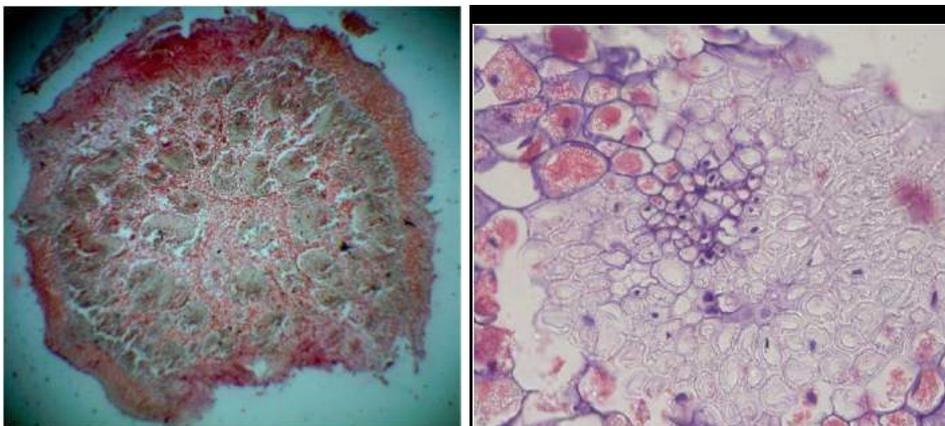


Рис. 3. А) поперечный срез побега *I. ensata*, выращенного на питательной среде с 15 мкМ БАП (увел.  $\times 100$ ), б) гидроциты проводящего пучка побега (увел.  $\times 1000$ )

### **Заключение**

По своему строению, гидроциты – это трахеиды с утолщениями (спиральными, кольчатыми, точечными), но, в отличие от трахеид и сосудов ксилемы (они образуются на базе прокамбия или камбия – особых латеральных первичной или вторичной меристем), гидроциты дифференцируются из клеток постоянных тканей (подобно феллогену), которые, вероятно, на момент дифференциации обладали меристематической активностью. Гидроциты не являются результатом деятельности апикальных меристем. Они способствуют проведению метаболитов в области гистогенеза и органогенеза и образуют «мостики» между материнскими тканями экспланта и клетками прокамбия, которые формируются в точках морфогенеза из апикальных меристем. Это очень важно. Таким образом проявляются механизмы морфогенеза, как ответ на биохимический состав питательной среды и физиологическое состояние материнского растения.

### **Список литературы**

1. Александров В. Г. Анатомия растений. М.: Высшая школа, 1966. 431 с.
2. Барыкина, Р.П., Веселова, Т.Д., Девятков, А.Г. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: МГУ, 2004. 312 с.
3. Блинова К.Ф., Глызин В.И., Пряхина Н.И. С-гликозид из *Iris ensata* // Химия природных соединений. 1977. №. 1. С. 535.
4. Долганова З.В. Биология и интродукция цветочно-декоративных корневищных многолетников в Западной Сибири / З.В. Долганова. – Новосибирск, 2002. – 232 с.
5. Калинин Ф.Л., Сарнацкая В.В., Полищук В.Е. Методы культуры в физиологии и биохимии растений. Киев, 1980. 488 с.
6. Höfte H. Plant cell biology: how to pattern a wall // Current Biology, 2010. V. 20. № 10. P. 450–452.
7. Lacayo, CI, Malkin, AJ, Holman, HYN, Chen, L, Ding, SY, Hwang, MS, & Thelen, MP. Imaging cell wall architecture in single *Zinnia elegans* tracheary elements // Plant Physiology, 2010. - Vol. 154(1). – P. 121–133.
8. Möller R. Tracheary element differentiation and secondary cell-wall formation in cell cultures of coniferous gymnosperms // New Zealand Journal of Forestry Science, 2006. V. 36. № 1. P. 156–171.
9. Oda Y., Fukuda H. Secondary cell wall patterning during xylem Differentiation // Current Opinion in Plant Biology, 2012. V. 15. № 1. P. 38–44.

10 . Roberts L.W. The initiation of xylem differentiation // Bot. Rev., 1969. Vol. 35. № 3.  
P. 201-250.

**СЕКЦИЯ №61.  
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.07)**

**СЕКЦИЯ №62.  
БИОИНЖЕНЕРИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.08)**

**СЕКЦИЯ №63.  
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ, БИОИНФОРМАТИКА  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.09)**

**ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.00)**

**СЕКЦИЯ №64.  
БОТАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.01)**

**СЕКЦИЯ № 64  
БОТАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.01)**

**СЕКЦИЯ №65.  
ВИРУСОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.02)**

**СЕКЦИЯ №66.  
МИКРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.03)**

**СЕКЦИЯ №67.  
ЗООЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.04)**

КОЛОНИИ БЕРЕГОВОЙ ЛАСТОЧКИ *RIPARIA RIPARIA L.*, 1758  
В ОКРЕСТНОСТЯХ ГОРОДА КИРОВА

**Ходырев Г.Н., Ходырев Н.Н.\*, Колосов С.С.**

ФГБОУ ВО Вятский государственный университет, г. Киров

\* - КОГБУК Кировский областной краеведческий музей, г. Киров

Береговая ласточка многочисленна в Кировской области [2]. Кировская область отличается холмистым рельефом. Русло реки Вятки, прорезая возвышенные участки, имеет крутые, обрывистые берега. Эти места оказываются пригодными для гнездования береговых ласточек, которые роют на суглинистых и песчаных обрывах гнездовые норы, образуя большие поселения - колонии. В таких колониях могут насчитываться сотни норок, иногда среди них только 10-20% бывают жилыми [3].

На широте г. Кирова береговые ласточки появляются в I декаде мая, а улетают на зимовку во II декаде августа [1].

С целью выяснения размеров колониальных поселений береговых ласточек (*Riparia riparia*) в окрестностях г. Кирова в июне 2016 г. нами проводились наблюдения в районе моста через реку Вятка (ул. Дзержинского). Глазомерным методом подсчитывали обитаемые (в которых можно было наблюдать непосредственно самих ласточек, либо следы их жизнедеятельности) гнездовые норы в двух колониях. Из подсчёта исключались недостроенные норы. С помощью GPS-навигатора были определены точные границы колоний, что позволило в дальнейшем обозначить их местоположение на карте (рис. 1) и вычислить протяжённость колоний.

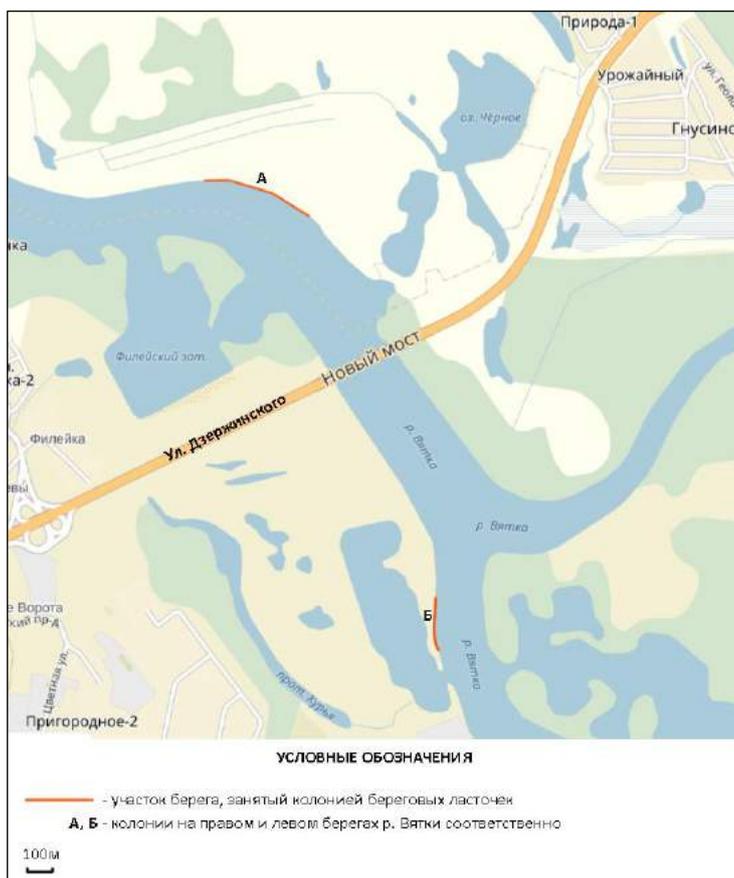


Рис. 1. Схема расположения колоний береговых ласточек на берегах р. Вятки в окрестностях г. Кирова. Обозначения на рисунке.

Первое колониальное поселение находится на обрывистом участке правого берега реки Вятки (на рисунке обозначено буквой А, рис. 1). Координаты колонии: 58°39' с.ш., 49°38' в.д. Протяжённость берега, занятого колонией, составляет 330 м. Здесь нами было обнаружено 566 жилых гнездовых нор. Таким образом, плотность поселения составила 1,71 норы/м.

Второе колониальное поселение находится на левом берегу (на рисунке обозначено буквой Б, рис. 1). Координаты колонии: 58°38' с.ш., 49°38' в.д. Протяжённость берега, занятого колонией - 250 м. На этом участке берега находится 249 жилых гнездовых нор. Плотность поселения составила 1,39 норы/м.

Норы в колониях располагались неравномерно. Расстояния между ними составляли от 4 до 120 см. В центральной части колонии норы располагались в несколько рядов, ближе к краям колонии - в 1 - 2 ряда.

Колонии разнесены друг от друга на расстояние около 1900 м по прямой линии.

В октябре 2016 года во второй колонии были произведены измерения длины хода гнездовых нор. Высота берега в этом месте составила 10 м от уреза воды. Отверстия гнездовых нор располагались на обрывистой части на высоте от 9,3 м, до 9,8 м. Всего

нами измерено 56 гнездовых нор. Среднее значение длины хода составило 58,4 см, минимальное значение - 20 см, максимальное - 100 см, медиана и мода составили 60 см. Распределение количества гнездовых нор в зависимости от длины хода норы представлены на диаграмме (рис. 2).

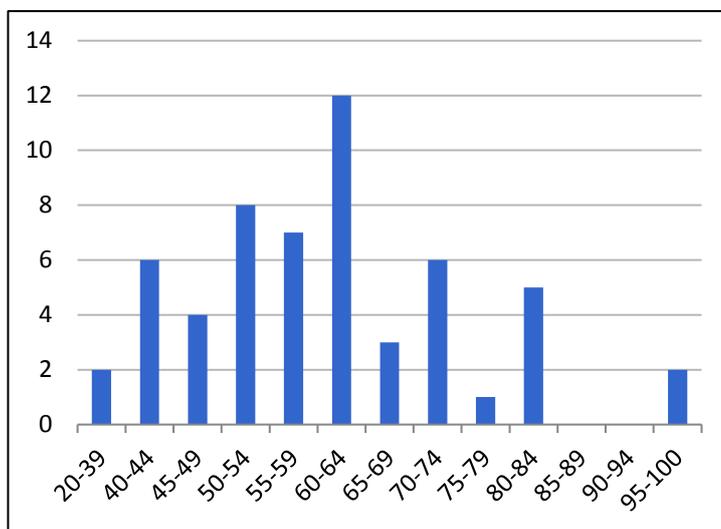


Рис. 2. Распределение количества гнездовых нор в зависимости от длины хода норы. Примечание: по оси ординат отмечено количество гнездовых нор; по оси абсцисс - длина хода норы в см.

Стоит отметить, что вторая колония располагается в месте более доступном для посещения горожан с целью отдыха и рыбной ловли, а значит испытывает большее давление со стороны антропогенного фактора. Кроме того берег значительно обрушается с каждым половодьем. Вероятно, это может сказываться на численности гнёзд ласточек в этой колонии. Нами запланированы дальнейшие исследования, в частности измерение параметров гнёзд в первой колонии и наблюдение за сезонной и суточной активностью.

### Список литературы

1. Кондрухова, С. В. Птицы заповедника "Нургуш" / С. В. Кондрухова. - Киров, 2012. С. 146.
2. Сотников, В.Н. Береговая ласточка [Текст] / В. Н. Сотников // Птицы Кировской области и сопредельных территорий. Том 2. Ч. 1. Воробьинообразные - Киров, 2006. С. 7-13.
3. Сотников, В. Н. Птицы [Текст] / В. Н. Сотников // Энциклопедия земли Вятской. Т.7 природа. - Киров : Областная писательская организация, 1997. - С. 448.

**СЕКЦИЯ №68.  
ЭНТОМОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.05)**

**СЕКЦИЯ №69.  
ИХТИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.06)**

**СЕКЦИЯ №70.  
ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.07)**

**СЕКЦИЯ №71.  
ЭКОЛОГИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ) (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.08)**

**СЕКЦИЯ №72.  
БИОГЕОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.09)**

**СЕКЦИЯ №73.  
ГИДРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.10)**

**СЕКЦИЯ №74.  
ПАРАЗИТОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.11)**

**СЕКЦИЯ №75.  
МИКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.12)**

**СЕКЦИЯ №76.  
ПОЧВОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.13)**

**СЕКЦИЯ №77.  
БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.14)**

**ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.00)**

**СЕКЦИЯ №78.  
ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.01)**

**СЕКЦИЯ №79.  
АНТРОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.02)**

**СЕКЦИЯ №80.  
ИММУНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.03)**

**СЕКЦИЯ №81.  
КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ, ЦИТОЛОГИЯ, ГИСТОЛОГИЯ  
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.04)**

**СЕКЦИЯ №82.  
БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ, ЭМБРИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.05)**

**ВЫЯВЛЕНИЕ ЭМБРИОНАЛЬНОГО ФАКТОРА ТРАНСКРИПЦИИ XVENT-2 ВО  
ВЗРОСЛЫХ ТКАНЯХ XENOPUS LAEVIS\***

**Кормилицина В.А.<sup>1</sup>, Пшенникова Е.С.<sup>2</sup>, Воронина А.С.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Московский технологический университет МТУ МИТХТ МОРФ.<sup>2</sup> Институт биохимии им. А.Н. Баха, Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук, г. Москва.

Фактор транскрипции *Xvent-2* рассматривается современными исследователями как исключительно эмбриональный белок лягушек *Xenopus laevis*, так как мРНК для него выявляется только в ранних зародышах, начиная со средней бластулы. Пик экспрессии мРНК приходится на стадию 15 – среднюю нейрулу, и затем количество этой мРНК в зародыше постепенно снижается. В препаратах РНК из зародышей со стадий позже 36 (стадии хвостовой почки) *Xvent-2* мРНК не выявляется. Белок *Xvent-2* можно обнаружить и на более поздних стадиях, что свидетельствует об относительно большом времени жизни этого белка (рис.1).

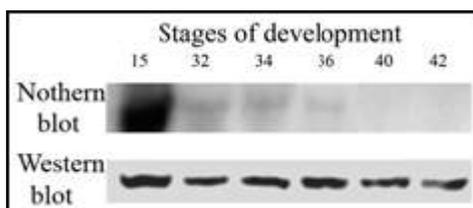


Рисунок 1. Экспрессия *Xvent-2* мРНК (Northern blot) и соответствующего белка (Western blot) на разных стадиях раннего эмбрионального развития *Xenopus*.

В наших предыдущих работах мы показали, что большая часть *Xvent-2* мРНК не обнаруживается в полирибосомах, и, следовательно, не участвует в процессе трансляции. Она хранится в неактивных мРНК-содержащих рибонуклеопротеидах – информосомах [1]. Гибридизация *in situ*, проведенная на целых зародышах, развившихся до стадии 30-36, показывает наличие *Xvent-2* мРНК в самом кончике хвоста и вокруг глаза [2]. Белок же, синтезированный на небольшом количестве активных матриц, на стадиях хвостовой

почки распределяется двумя тяжами вдоль хвоста, в мезенхиме [3]. Об этом свидетельствуют результаты иммуноокрашивания целых зародышей антителами против белка Xvent-2. Создается впечатление, что клетки, в которых произошел синтез белка, мигрируют из областей зародышей, содержащих мРНК. Изучив в предыдущей работе [3] локализацию таких, содержащих белок Xvent-2, клеток, мы предположили, что эти клетки принадлежат нервному гребню. Нервный гребень, имеющийся в зародышах всех позвоночных, представляет собой множество мигрирующих мультипотентных клеток, дающих начало клеточным линиям нервной системы и кожи. На рыбках *Danio rerio* (рыба зебра) показано, что происходящие из нервного гребня предшественники взрослых пигментных клеток и клеток периферической нервной системы, остаются мультипотентными. Эти предшественники пластичны и дают начало различным типам пигментных (меланофоры, иридофоры и ксантофоры) и нервных клеток (нейроны и глиальные клетки). При этом пролиферация клеток-предшественников уменьшается [4]. Меланоциты взрослых рыбок используются для моделирования и изучения образования меланомы, одной из наиболее злокачественных форм рака человека [5,6].

Итак, происходящие из нервного гребня мультипотентные клетки - предшественники могут находиться во взрослом организме в коже и в нервной ткани. В таком случае, именно в этих тканях можно ожидать обнаружения белка Xvent-2. Мы получили экстракты из разных тканей взрослых лягушек *Xenopus laevis* и методом иммуноблоттинга протестировали их на наличие белка Xvent-2. На рисунке 2 представлены полученные данные. Действительно, антитела к белку Xvent-2 окрашивают полосу белка только в двух из 9 исследованных тканей. Xvent-2 белки из кожи и мозга мигрируют в геле несколько медленнее, чем эмбриональный Xvent-2. Это может объясняться модификациями белков, например, разной степенью фосфорилирования.

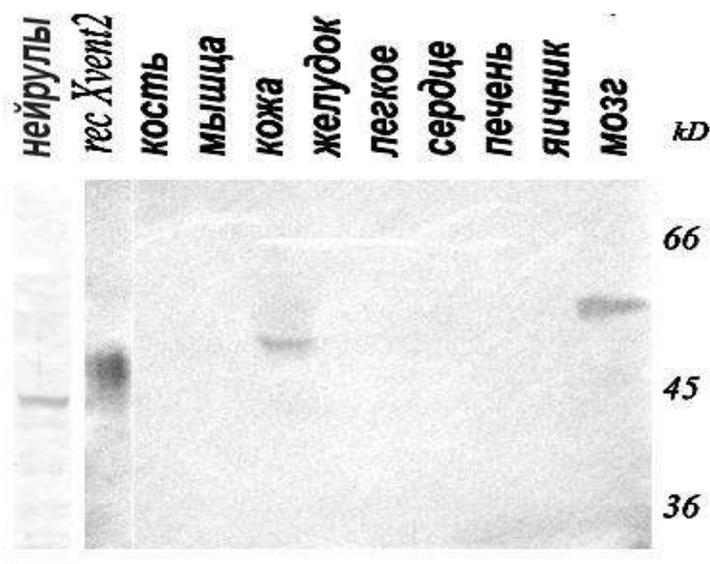


Рисунок 2. Иммуноблотинг белков из разных органов взрослых лягушек *Xenopus*. Окрашивание с помощью антител к белку Xvent-2. Слева для контроля приведены белки из зародышей *Xenopus* на стадии нейрулы и рекомбинантный белок, использованный для получения антител. Справа указаны подвижности маркерных белков с известными мол. массами (kD).

Разная подвижность при электрофорезе по-разному модифицированных белков описана для белка Vox из рыбки-зебры, являющегося гомологом белка Xvent-2 *Xenopus* [7,8]. Причину разной подвижности белка Xvent-2 в разных органах ещё предстоит выяснить.

Обнаружение экспрессии белка Xvent-2 в коже и мозге взрослых лягушек подтверждает наше предположение о том, что в зародышах этот белок присутствует именно в клетках нервного гребня.

*\*Работа поддержана грантами немецкого научно-исследовательского сообщества (DFG) ON86/3-1 и РФФИ № 14-54 12008.*

### Список литературы

1. Воронина А.С., Пшенникова Е.С., Шатилов Д.В. (2003) Распределение мРНК Xvent-2 между информосомами и полисомами в раннем развитии лягушек. Молекулярная биология, 37, 504-510.
2. Onichtchouk D., Gawantka V., Dosch R., Delius H., Hirschfeld K., Blumenstock C., Niehrs C. (1996). Development 122: 3045-3053

3. Pshennikova E.S., Voronina A.S. (2016). The proteins of Vent-family and their mRNAs are located in different areas of the tails of Zebrafish and Xenopus embryos. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology* 79, 388–392.
4. Singh A.P., Dinwiddie A., Mahalwar P., Schach U., Linker C., Irion U., Nusslein-Volhard C. (2016). Pigment Cell Progenitors in Zebrafish Remain Multipotent through Metamorphosis, *Developmental Cell*, 38, 1–15.
5. Ceol C.G., Houvras Y., Jane-Valbuena J., et al. (2011). The histone methyltransferase SETDB1 is recurrently amplified in melanoma and accelerates its onset. *Nature*, 471, 513-517.
6. White R., M., Cech J., Ratanasirintrawoot S., et al. (2011). DHODH modulates transcriptional elongation in the neural crest and melanoma. *Nature*, 471, 518-522.
7. Zhao J, Lambert G, Meijer AH, et al. (2013). The transcription factor Vox represses endoderm development by interacting with Casanova and Pou2. *Development*; 140, 1090–1099.
8. [Lippok B](#), [Song S](#), [Driever W](#). (2014). Pou5f1 protein expression and posttranslational modification during early zebrafish development. [Dev Dyn](#); 243, 468-477.

### **СЕКЦИЯ №83.**

**НЕЙРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.06)**

### **ГЕОГРАФИЯ**

### **СЕКЦИЯ №84.**

**ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.23)**

### **СЕКЦИЯ №85.**

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.24)**

### **СЕКЦИЯ №86.**

**ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.25)**

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### **СЕКЦИЯ №87.**

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ**

## МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ КЛАССИФИКАТОРОВ НА ОСНОВЕ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ СТРУКТУР

**Апальков В.В., Макашин В.А., Алексеев В.А., Ханыков А.Е.**

ФГБОУ ВО Юго-Западный государственный университет, г. Курск

*Разработанный метод обеспечивает высокие требования к качеству классификации объектов на сложноструктурируемых изображениях, а также быстродействию выделения кластеров и классификации исследуемых сегментов изображения. Метод предназначен для построения интеллектуальных систем классификации сложноструктурируемых изображений, возникающих при обработке снимков с видеокамер беспилотных летательных аппаратов.*

**Ключевые слова:** классификация сложноструктурируемых изображений, нейронные сети Кохонена, кластерный анализ

Актуальность в разработке методов классификации сложноструктурируемых изображений возникает при обработке снимков с видеокамер беспилотных летательных аппаратов (БЛА), используемых в навигационных целях при отсутствии связи с искусственными спутниками земли (ИСЗ), а также при классификации морфологических образований на медицинских изображениях [1,2].

С целью успешного функционирования классифицирующей модели необходимо сформировать пространство информативных признаков высокой размерности. Для реализации этого метода изображение сканируется скользящим окном, пиксели которого должны быть отнесены к определенному классу [3].

В этом случае получаем столько классификаторов, сколько масштабов скользящего окна используется в классификационной модели [4]. Для организации многомасштабных окон выбирается минимальная окрестность активного пикселя, а затем эта окрестность наращивается в соответствии с правилом, определяемым спецификой предметной области. В частном случае, размеры окна могут достигать размеров исходного изображения. Особенностью этой структуры является то, что классификаторы реализуют пространства информативных признаков различной размерности.

В основу структуры классификаторов была выбрана самоорганизующаяся нейронная сеть Кохонена [5,6]. Сеть Кохонена является однослойной нейронной сетью, нейроны которой формируют двумерную плоскость (изображение), отражающую кластерную структуру входных данных. Каждый нейрон сети характеризуется вектором

весовых коэффициентов, размерность которого равняется размерности входного вектора. В результате проведенной процедуры формируются кластеры, позволяющие визуализировать многомерное пространство признаков в двумерной плоскости.

При построении классификатора задача состоит в том, чтобы определить, насколько далеко неизвестный образец отстоит от центров выделенных кластеров. Для нахождения расстояния можно воспользоваться метрикой Махаланобиса, в том случае, если априорно известны вероятностные характеристики исследуемых образцов

$$D = (\bar{x} - \bar{m})' C^{-1} (\bar{x} - \bar{m}), \quad (1)$$

где  $\bar{x}$  - вектор образов с переменными характеристиками,  $\bar{m}$  - вектор средних значений,  $C$  - ковариационная матрица совокупности образцов.

Для классификации исследуемых образцов была разработана архитектура нейронной сети блочной структуры, причем число блоков в этой нейронной сети соответствует числу выделенных классов [7]. Пример структуры классификатора представлен на рисунке 1. Он состоит из двухслойной нейронной сети прямого распространения. Характерной особенностью этой сети является то, что она состоит из двух независимых блоков *NET1* и *NET2*, настроенных на классификацию образцов класса 1 и образцов класса 2. В каждой нейронной сети в первом слое содержится столько нейронов, сколько кластеров данного класса выделено на плоскости Кохонена. Векторы весов нейронов входного слоя каждого блока  $\bar{W}_1, \dots, \bar{W}_N$  и  $\bar{V}_1, \dots, \bar{V}_M$  совпадают с векторами, определяющими центры кластеров на плоскости Кохонена.

Настраиваемыми параметрами в этой сети являются векторы весов второго слоя  $\bar{Q} = (q_1, q_2, \dots, q_N)$  и  $\bar{R} = (r_1, r_2, \dots, r_N)$ . По существу  $i$ -я компонента вектора  $\bar{Q}$  характеризует вероятность того, что неизвестный образец принадлежит к классу 1, при условии, что он находится на плоскости Кохонена в сегменте  $i$ . При этом  $j$ -я компонента вектора  $\bar{R}$  определяет вероятность того, что неизвестный образец принадлежит к классу 2, при условии, что он находится на плоскости Кохонена в сегменте  $j$ .

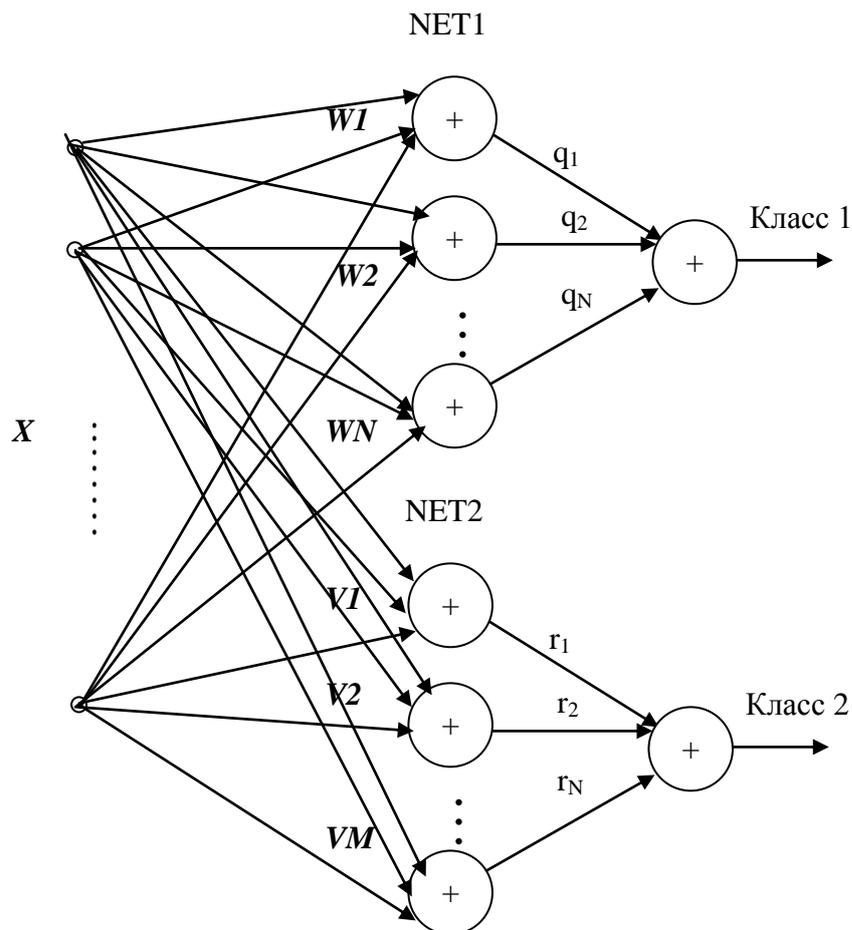


Рисунок 1. Структурная схема классификатора

Важно отметить, что количество нейронов в слое Кохонена совпадает с количеством выделяемых кластеров. При априорно неизвестном числе кластеров, число нейронов полагают равным числу обрабатываемых изображений. Для выделения кластеров и определения их центров была разработана программа, реализующая алгоритм максиминного евклидова расстояния.

В качестве основного принципа выделения центров кластеров использована итеративная процедура. На первом шаге один из пикселей, произвольным образом назначается центром первого кластера, затем отыскивается образ, отстоящий от первого центра на наибольшее расстояние, который и назначается центром второго кластера. На третьем шаге алгоритма находится евклидово расстояние между всеми остальными образцами выборки и центрами найденных кластеров. В каждой паре выделяется минимальное расстояние, затем отыскивается максимальное из этих найденных минимальных расстояний. Если последнее составляет значительную часть расстояний между центрами первого и второго кластеров, то соответствующий образ назначается центром третьего кластера. На следующем шаге алгоритма вычисляется расстояние между тремя выбранными кластерами и всеми остальными образами в каждой

группе из трёх расстояний выбирается минимальное. После этого, как и на предыдущем шаге, находится минимальное из этих найденных максимальных расстояний. Если последнее составляет значительную часть типичных (средних) предыдущих максимальных расстояний, то соответствующий образ назначается центром четвертого кластера. В противном случае работа алгоритма прекращается. На рисунке 2 представлен результат формирования трех кластеров и определены координаты найденных центров.

Если число выделяемых кластеров совпадает с числом классов, то оно равно двум. Однако на каждый класс обычно приходится более одного кластера, которые в общем случае, могут быть несмежными.

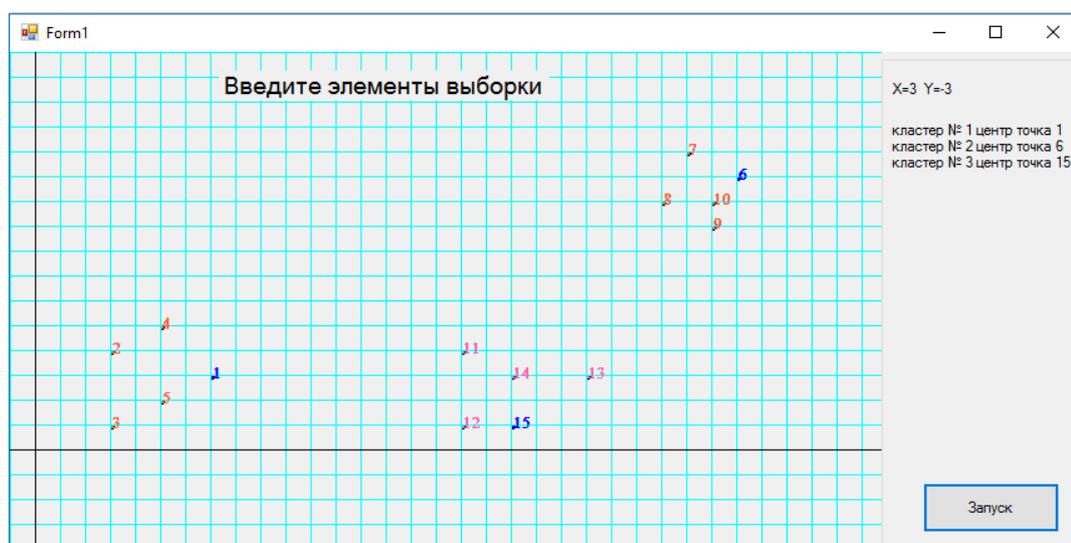


Рисунок 2. Результат кластеризации выборочных данных в соответствии с алгоритмом максиминного расстояния

Специфической особенностью этой классификации является то, что можно выделить два направления кластеризации. Кластеры внутри одного и того же класса могут быть образованы оконными спектрами, относящимися к одному и тому же исходному изображению, или оконными спектрами, относящимися к разным исходным изображениям, но принадлежащим к одним и тем же морфологическим образованиям на изображении.

Выводы. Для классификации сложноструктурируемых изображений предложены компьютерные технологии. Пространство информативных признаков формируется посредством спектральных окон, полученных в результате сканирования исходного изображения. Спектральные окна, принадлежащие к различным классам, располагаются в виде кластеров на плоскости Кохонена. Для формирования кластеров используются правила коррекции векторов весов текущего примера, построенные на основе правила

Кохонена. Предварительно вводится расстояние на плоскости Кохонена и осуществляется коррекция весовых коэффициентов кластеров, позволяющая снизить величины незначимых компонент векторов, определяющих координаты кластеров.

### Список литературы

1. Томакова, Р.А. Гибридные методы и алгоритмы для интеллектуальных систем классификации сложноструктурируемых изображений: автореф. дис. ...д-ра техн. наук: 05.13.17 / Томакова Римма Александровна. – Белгород, 2013. – 42 с.
2. Дюдин, М.В. Методы и алгоритмы контурного анализа для задач классификации сложноструктурируемых изображений//М.В. Дюдин, А.Д. Поваляев, Е.С. Подвальный, Р.А. Томакова//Вестник Воронежского государственного технического университета. 2014. Т.10, –№ 3-1, –С. 54-59.
3. Томакова, Р.А. Универсальные сетевые структуры в задачах классификации многомерных данных/ Р.А. Томакова, А.А. Насер, О.В. Шаталова, Е.В. Рудакова// Современные наукоемкие технологии. 2012. –№ 8, –С. 48-49.
4. Иванов, А.В. Интеллектуальная система морфологического анализа патологических изменений при ретинопатии / А.В. Иванов, Р.А. Томакова, В.Н. Мишустин// Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. –№2-1(41), – С. 19а-27.
5. Брежнева, А.Н. Нейросетевые модели сегментации ангиограмм глазного дна на основе анализа RGB-кодов пикселей/А.Н. Брежнева, С.А. Борисовский, Р.А. Томакова, С.А. Филист// Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2011. Т.9, – № 1, – С.72-76.
6. Белобров, А.П. Нейросетевые модели морфологических операторов для сегментации изображений биомедицинских сигналов/А.П. Белобров, С.А. Борисовский, Р.А. Томакова// Известия ЮФУ. Технические науки. 2010. – № 8 (109), – С.28-32.
7. Томакова, Р.А. Проектирование гибридной нейронной сети для анализа сложноструктурированных медицинских изображений/ Р.А. Томакова//Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2011. Т.10, –№ 4, – С. 916-923.

## НЕКОТОРЫЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ: МАШИННАЯ ЭКОНОМИКА

**Молодцова И.А., Укустов С.С.**

ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный  
социально-педагогический университет», г. Волгоград

В настоящее время «качество жизни» рассматривают как общесоциологическое, социально-экономическое и экономическое понятие. Для его характеристики используют объективные индикаторы и субъективные критерии, среди которых характеристики окружающей среды дома, финансовые ресурсы и степень, в которой они удовлетворяют потребности.

Деятельность и быт человека невозможно представить без электрических устройств. Современная электроэнергетика претерпевает изменения: развиваются возобновляемых источников энергии, значительно растет потребление, дорожает традиционный надзор за подключениями. Это представляет опасность потери контроля над сетью, изменения ее структуры и параметров. Одним из способов решения проблем - перенос информации относительно спроса и предложения электричества через ценовой сигнал. Применение цен реального времени в целом снижает цену электричества, объём потребления и нагрузку на сети, что приводит к увеличению качества жизни. Сегодня потребитель не в состоянии адекватно реагировать на меняющийся ежеминутно сигнал. Единственное решение – переложить эту заботу на умное устройство, машину. Точный учёт электричества и денег совместно приведет к мгновенной оплаты потреблённой энергии. Вместе это складывается в систему экономических отношений между машинами, так называемую машинную экономику.

Машинная экономика состоит из трёх основных элементов: платежи, отношения, идентичность. Для автономных устройств размер платежа может быть минимальным. Протокол взаимодействия, отношения между устройствами, позволяет взаимодействовать независимо от сетевых условий и коммуникативного слоя.

Требование проведение мгновенных платежей меньше одного рубля приводит к поиску альтернатив традиционной банковской системе, которая имеет нижнюю границу для комиссии одного платежа порядка 10 рублей, что делает межмашинные платежи запретительно дорогими. Наилучшим кандидатом являются криптовалюты, в частности биткоин.

Биткоин представляет собой распределённую платёжную систему с собственной расчётной единицей, построенную на блокчейне. Перевод денег, так называемая транзакция, происходит путём публикации на блокчейн специального скрипта: «Этими деньгами можно воспользоваться при таком условии». Архитектура системы позволяет совершать транзакции как внутри блокчейна («он-чейн»), так и вне его («офф-чейн»).

Он-чейн транзакция является достоверным подтверждением денежного перевода. За подтверждение система может взимать или не взимать комиссию пропорционально объёму транзакции в байтах. Наличие комиссии стимулирует участников системы быстрее подтверждать транзакцию.

Офф-чейн транзакция передаётся между участниками по стороннему каналу связи, что положительно сказывается на времени перевода и на комиссии. Она хороша, когда баланс в системе «время-комиссия-безопасность» необходимо значительно сместить в сторону времени. Биткоин предоставляет базовые инструменты для реализации офф-чейн транзакций с достаточной степенью безопасности.

Так как офф-чейн транзакции проходят без комиссии, они являются естественным средством для проведения микроплатежей, много меньше одного рубля. Логически можно представить серию микроплатежей как платёжный канал, действующий заданное время. Комиссия взимается за транзакции открытия и закрытия канала, которые достигают блокчейн. Внутри канала участники вольны переводить любые суммы, без комиссии.

Основной задачей информационно-коммуникационной системы является передача сообщений от одного узла другому в как можно более широком диапазоне условий. Неадекватность имеющихся коммуникационных протоколов для Интернета вещей (Tox, Xicity) требуют новых разработок.

Базовый протокол поддерживает негарантированную отправку сообщений в стиле „послал и забыл“. Поверх этого мы реализуем стили RPC, PubSub, групповую коммуникацию и облегчаем инженеру прикладного уровня работу.

Проблема идентификации является одной из основных для приложений блокчейна и распределённых технологий. Устройство не видит и не слышит «собеседника», как человек. Строим систему идентификации на нескольких технологических элементах.

Иерархия ключей (VIP32) - позволяет с минимальными усилиями использовать множество пар публичный/секретный ключ (далее – ключ). В рамках системы определим идентичность человека, организации или устройства (далее - сущность) через наличие у него ключа.

Для практических применений важны атрибуты идентичности, например, пол и возраст человека, возможность их комбинировать. Подтверждение атрибута происходит

следующим образом. Пусть сущность обладает идентичностью, то есть ключом. От него сущность порождает ключ-потомок для атрибута, которому соответствует биткоин-адрес. С этого адреса на адрес доверенного лица происходит перевод денег. Офф-чейн доверенному лицу сущность может передать необходимые доказательства для удостоверения атрибута. После получения денег доверенное лицо шлёт ответную транзакцию с с идентификатором файла сертификата.

Сертификат имеет формат JSON Web Token (JWT), его можно использовать в других JWT-основанных системах. В качестве полезной нагрузки указывают атрибут, адрес сущности (соответствует публичному ключу атрибута) и доверенного лица, JWT ID (соответствует идентификатору первой транзакции), срок годности. Отзыв сертификата осуществляется посылкой ещё одной транзакции, которая “отменяет” первую.

Согласно этой схеме, доверенное лицо подтверждает или не подтверждает атрибут, что заявка на подтверждение атрибута пришла от его владельца. В качестве атрибута может выступать любое свойство, в том числе доверие. Для собственно установления доверия между устройствами достаточно подтвердить требуемые атрибуты через наличие ключа, соответствующего адресу, на который пришло подтверждение от доверенного лица.

Применим машинную экономику к электроэнергетике. Рассмотрим посёлок с одним генератором и установленный в нём микрогрид, то есть малую энергосистему с собственной генерацией. Например, с солнечными панелями, ветряками и аккумуляторами. Определим квант времени в три секунды. За квант времени каждое устройство учитывает, сколько он приняло или передало электроэнергии и при каких средних параметрах электричества. По истечении кванта времени устройство передаёт собранные по себе параметры остальным, в том числе цену за эту энергию и ее обоснование. Каждое устройство может построить аналог «торгового графика» (merit order), применительно к уже произведённой/потреблённой энергии, и определить, кому и по какой цене оплачивать электроэнергию. На основании ценового сигнала узлы сети вольны менять объёмы производства и потребления. При необходимости, в сеть может быть включён виртуальный потребитель/генератор, чтобы поддерживать цены в установленном коридоре или перепродавать «зелёное электричество» между микрогридами аналогично системе Renewable Energy Certificates.

Предпосылкой для работы рынка является доверие между устройствами и принадлежность к одному микрогриду. Управляющая компания сети создаёт Сущность с ключами и подписывает атрибут, который содержит идентификатор группы для каждого входящего в сеть устройства.

Плата за электроэнергию сознательно отделена от непосредственного учёта. В качестве базового сценария платежи проходят через Lightning Network внутри группы. Устройство платит за потреблённую электроэнергию или зарабатывает на произведённой в течение нескольких секунд от момента потребления или продажи энергии. Транзакции Lightning Network, договорённости об оплате, в том числе электронные чеки, криптографически увязаны на коммуникационном уровне. Устройства хранят всю переданную информацию за последние сутки и могут передавать на специализированные сторонние сервисы прогнозирования или контроля. Аудит коммуникационной истории может все восстановить с точностью до выбранного кванта времени.

Так как микрогрид построен на общей базе с машинной экономикой, то устройство вольно входить в экономические отношения с любым третьим сервисом, например, прогностическим, пользовательского мониторинга и т.п. На уровне высоких напряжений устройства передают за квант времени уже мегаватт-часы. Структура же и методы балансировки не отличаются от микрогрида.

Таким образом, машинная экономика, включение экономических взаимоотношений на уровень интернета вещей, изменит модели функционирования электроэнергетики. Внедрение элементов экономических отношений на уровне устройств сделает возможным единообразно включить в энергосистему элементы на разных уровнях, снизит цены на электроэнергию и уменьшит нагрузку на энергосистему. Использование машинной экономики потребителем - участником, позволит повысить качество жизни за счет перераспределения вознаграждения за экономию на сторону потребления и снижение стоимости поддержания инфраструктуры.

### **Список литературы**

1. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю., Валиуллина С.А. и др. Методы определения и показатели качества жизни детей подросткового возраста: пособие для врачей. – М., 2005. – 30с.
2. Булатов А.С. Экономика: Учебник. - М.: Бек, 2006. - 832с.
3. Курченков В.В. Уровень и качество жизни на юге России: тенденции и перспективы // Финансы и кредит. - 2007. - №27. - С.57-65.
4. Крыжановская А.Г. Теоретические подходы к определению качества жизни населения // Финансы, денежное обращение и кредит. - 2009. - №5. - С.273-276.

# СОЗДАНИЕ И НАСТРОЙКА ВИРТУАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРНОГО КЛАССА НА БАЗЕ ОС LINUX

**Нестеренко С.Ю., Мирасов В.Ф.**

ФГАОУ ВО Южно-Уральский государственный университет (НИУ)

Виртуальный компьютерный класс (далее ВКК) – это некоторая многопользовательская сервисно-ориентированная среда. Подобно обычному компьютерному классу, представленному несколькими компьютерами, объединенными в локальную сеть, и находящимися в одном помещении, он обеспечивает единую информационную среду – единый набор программных инструментов, обучающих материалов и средств коммуникации. И в то же время он отличается от него отсутствием привязки обучаемых к конкретному помещению и компьютерам. Фактически все обучаемые работают на одном компьютере – высокопроизводительном сервере, к которому подключаются с клиентских мест при помощи специальных программ, передающих нажатия клавиш, действия мышью и отображающих экранный вывод. Клиентским местом может быть как компьютер в классе учебного заведения, так и домашний компьютер обучаемого. Подключиться к ВКК можно с любого компьютера, где есть интернет. При этом требования к клиентскому месту минимальны, так как клиентский компьютер служит только для реализации диалога с пользователем, а все алгоритмы работают на сервере. Рассмотренный ВКК в сравнении с обычным компьютерным классом имеет следующие преимущества:

- Удобство при дистанционном образовании
- При использовании для изучения курса «Операционные системы» обучаемым не требуется устанавливать ОС Linux на свой компьютер
- Домашние задания выполняются в той же среде, где сдаются. Это исключает проблемы с совместимостью средств на домашнем и аудиторном рабочих местах, а также необходимость переноса выполненных заданий на внешних накопителях.
- Удобство применения обновлений – все обновления ПО необходимо устанавливать только на один компьютер – сервер, а не на каждый компьютер в классе.
- Использование свободного ПО.

В данной статье будет рассмотрен ВКК, реализованный автором для преподавания дисциплины «Операционные системы, среды и оболочки». Этот ВКК является узкоспециализированным – он предназначен для выполнения практических и экзаменационных заданий по теме «Разработка графического интерфейса пользователя в

среде Linux». Однако его применение может быть и более широким, он является лишь примером, который читатель сможет адаптировать под свои собственные задачи.

В качестве операционной системы сервера выбрана Fedora Linux 14. Это не самая свежая версия системы, и она была выбрана из-за высоких системных требований более новых версий.

В создании и настройке ВКК можно выделить следующие этапы:

1). Скачивание образа установочного DVD-диска с официального сайта: <http://archives.fedoraproject.org/pub/archive/fedora/linux/releases/14/Fedora/i386/iso/Fedora-14-i386-DVD.iso>. Прожиг образа на записываемый DVD и установка системы на сервер. Процесс установки достаточно прост, и в интернете можно найти много детальной информации по нему. Поэтому он не будет рассмотрен в этой статье. Также предполагается, что читатель уже имеет базовые навыки работы в ОС Linux.

2). Настройка автоматического подключения к сети при загрузке системы. По умолчанию к сети необходимо подключаться вручную после каждой перезагрузки компьютера. Такой режим имеет смысл только при десктопном использовании операционной системы. При серверном использовании необходимо чтобы сетевое соединение было постоянным и устанавливалось при загрузке компьютера. Чтобы настроить систему для функционирования подобным образом следует перейти в режим суперпользователя (команда `su`, пароль должен был быть создан на этапе 1 – при установке ОС), и отредактировать файл `/etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0`, изменив строку `ONBOOT=NO` на `ONBOOT=YES`. Имя данного файла в конкретном случае может незначительно отличаться от приведённого. Оно формируется из префикса `ifcfg-` и имени сетевого интерфейса, через который сервер будет принимать подключения от клиентов.

3). Установка VNC-сервера. Именно при помощи технологии VNC (Virtual Network Computing) и организуется удалённый диалог системы с пользователем. Эта технология реализует подключение клиента (то есть обучаемого, работающего в ВКК) к удалённому рабочему столу системы, работающей на сервере. В основе технологии – протокол RFB (Remote Frame Buffer – удалённый кадровый буфер), обеспечивающий передачу клавиатурного ввода и действий мышью от клиента к серверу, и ретрансляцию изображения рабочего стола от сервера к клиенту. Двумя обязательными программными сущностями являются VNC-сервер и VNC-клиент. VNC-сервер работает на том компьютере, к которому нужно предоставить удалённое управление, VNC-клиент запускается на компьютере пользователя, который и будет выполнять управление. Технология часто применяется для удалённой технической поддержки пользователей (подобно проприетарному TeamViewer). К одному серверу может быть подключено

несколько клиентов. Достоинствами технологии являются платформонезависимость – клиент и сервер могут работать на разных операционных системах, и открытый код. Среди недостатков – низкая информационная защищённость, поэтому работать лучше через SSH-туннель, о чём будет рассказано ниже.

Для реализации рассмотренного ВКК автором был выбран VNC-сервер TigerVNC, обладающий расширенной функциональностью.

Чтобы установить выбранный VNC-сервер в Fedora Linux 14, необходимо из консоли, перейдя в режим суперпользователя, выполнить команду:

```
yum install tigervnc-server
```

Во время установки несколько раз утвердительно ответить на вопросы системы.

После установки можно протестировать систему. Для этого в настройках файервола открыть порты VNC-сервера (с 5900 по 5907 - по умолчанию они закрыты), запустить VNC-сервер командой `vncserver -securitytypes=none`, и попробовать подключиться к нему с удалённого компьютера под Windows. В качестве VNC-клиента можно использовать TigerVNC для Windows. На клиентском компьютере необходимо запустить программу `vncviewer.exe`, в открывшемся окне ввести адрес сервера, порт (по умолчанию он 5901) и нажать кнопку Connect. В случае удачного подключения должен отобразиться рабочий стол того пользователя Fedora, от имени которого был запущен VNC-сервер.

При данном способе к одному серверу может подключиться только один клиент, и только под учётной записью пользователя, от лица которого запущен VNC-сервер. ВКК же подразумевает создание нескольких независимых рабочих мест - для каждого подключившегося обучаемого. Чтобы система заработала таким образом, необходимо выполнить ещё несколько действий, которые описаны ниже.

4). Установка и конфигурирование сетевой службы `xinetd` (eXtended INterneT Daemon). Данная служба предназначена для прослушивания входящих сетевых соединений и запуска определённых программ, в случае если входящее соединение удовлетворяет некоторым условиям. Как правило, этими программами являются другие сетевые службы, например программные сервера каких-либо протоколов. Такой подход бывает удобным, если компьютер должен предоставлять несколько разных услуг, каждая из которых реализуется отдельным программным сервером. В памяти компьютера в ожидающем режиме находится только один программный сервер – собственно `xinetd`. При поступлении запроса на соединение по определённому протоколу `xinetd` запускает соответствующий программный сервер, который функционирует только пока активно данное соединение. Таким образом удаётся избежать нахождения в ожидающем режиме

одновременно нескольких программных серверов, что позволяет оптимизировать использование вычислительных ресурсов. При реализации же ВКК данная служба позволит запускать отдельный VNC-сервер для каждого клиента, обеспечивая ему независимую среду (дело в том, что один экземпляр VNC-сервера может предоставлять управление только от лица одного пользователя UNIX-системы).

Для установки службы следует в режиме суперпользователя выполнить команду:

```
yum install xinetd
```

После установки необходимо выполнить конфигурирование службы xinetd для запуска VNC-сервера. Для этого в каталоге `/etc/xinetd.d/` нужно создать файл с именем `vnc` и внести в него следующее содержимое:

```
service vnc
{
    disable    = no
    socket_type = stream
    protocol   = tcp
    wait       = no
    user       = nobody
    server     = /usr/bin/Xvnc
    server_args = -inetd -once -query localhost -geometry 1024x768 -depth 16 -securitytypes=none
    type      = UNLISTED
    port      = 5900
}
```

При помощи ключевого слова `service` объявлена служба с именем `vnc` (имя может быть любым, но для удобства администрирования лучше, если оно будет осмысленным). В фигурных скобках задаются её параметры. Ключевыми параметрами являются `server` – задаёт путь к тому программному серверу, который нужно запустить, и `port` – номер порта, запрос по которому инициирует запуск объявленного сервиса. В рассмотренном примере в качестве программного сервера используется служба `Xvnc`. Команда `vncserver`, использованная при тестировании VNC-системы (этап 3), также вызывает службу `Xvnc`, и по сути является оболочкой над ней, автоматически конфигурирующей окружение и облегчающей её запуск простым пользователем.

После сохранения файла конфигурации службу `xinetd` необходимо перезапустить командой `/etc/init.d/xinetd restart`.

5). Настройка протокола XDMCP (X Display Manager Control Protocol).  
Графическая среда Linux устроена таким образом, что программа и её графический

интерфейс могут функционировать на разных компьютерах, соединённых сетью. В таком случае программа является X-клиентом, а её графический интерфейс – X-сервером. Для обеспечения безопасности сетевого взаимодействия между X-клиентом и X-сервером применяется специальный протокол аутентификации – XDMCP. В контексте рассматриваемого ВКК этот протокол и будет использован для организации независимого входа обучаемого в графическую среду под собственной учётной записью UNIX-пользователя. Настройка протокола XDMCP осуществляется в конфигурационном файле дисплейного менеджера. Дисплейный менеджер (он же XDMCP-сервер) предоставляет пользователю графический интерфейс (окно приветствия) для регистрации в системе. По умолчанию в Fedora Linux 14 используется дисплейный менеджер среды GNOME, конфигурационный файл которого расположен по адресу `/etc/gdm/custom.conf`. Чтобы активировать XDMCP-сервер и задать вид окна приветствия, необходимо отредактировать в нём секции `xdmcp` и `daemon`:

```
...
[daemon]
remoteGreeter=/usr/libexec/gdm-simple-greeter
[xdmcp]
Enable=true
...
```

После внесения изменений в данный файл, необходимо перезапустить дисплейный менеджер или перезагрузить компьютер. После этого этапа уже можно протестировать многопользовательский доступ к системе. При подключении с клиентского места должно отобразиться окно приветствия с предложением зарегистрироваться в системе.

б). Обеспечение информационной безопасности ВКК. Протокол RFB, используемый технологией VNC, не является идеальным с точки зрения защиты передаваемых данных. Поэтому его рекомендуется туннелировать через более защищённый протокол, например SSH. Сервер SSH установлен в Fedora Linux 14 по умолчанию, и никакая его настройка не требуется. Необходимо только разрешить проброс портов (тунеллирование) в настройках расширенной системы безопасности Linux (SELinux – Security- Enhanced Linux). Для этого в режиме суперпользователя выполнить команду:

```
setsebool -P sshd_forward_ports 1
```

На клиентских компьютерах кроме VNC-клиента (`vncviewer.exe`) теперь потребуется использовать ещё и SSH-клиент, например PuTTY. Подключение обучаемого будет состоять из 2-х этапов:

1. Подключение к серверу по протоколу SSH с пробросом портов (putty.exe).
2. Подключение к серверу по протоколу RFB через созданный в п.1 SSH-туннель (vncviewer.exe).

В завершении конфигурирования ВКК следует закрыть порты 5900-5907 посредством файервола.

7). Установка и конфигурирование необходимого прикладного программного обеспечения. Так как автором данный ВКК используется для преподавания дисциплины «Операционные системы среды и оболочки», то были установлены компиляторы, библиотеки и среды разработки для платформ Qt, Mono и Gtk+. Также стандартный репозиторий Fedora 14 содержит большое количество прикладных программ общего назначения, таких как офисные пакеты и графические редакторы. Присутствует возможность запуска приложений Windows и DOS при помощи эмуляторов. Установка нового программного обеспечения чаще всего не вызывает трудностей. Внутрисистемная коммуникация обучаемых возможна средствами встроенного почтового клиента UNIX, команды write, а также общедоступных папок на диске сервера. Всё это делает использование рассмотренного ВКК удобным для применения в разных сферах учебного процесса.

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА «ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ» ДЛЯ СООБЩЕСТВА МЕДИЦИНСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

**Окунь Д.Б., Петряева М.В.**

ФГБУН Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН,  
г. Владивосток

Облачные технологии обладают большим потенциалом для революционных изменений в области медицины, поскольку смогут предоставить информацию о пациенте, результаты клинических анализов и исследований в любое время и любом месте [1].

Проект IASaaS ((Intellectual Applications, Control and Platform as a Service) лаборатории интеллектуальных систем ИАПУ ДВО РАН предполагает разработку прикладных интеллектуальных интернет-приложений (сервисов) для медицины, химии, математики и системного программирования [4]. К настоящему времени на облачной платформе IASaaS функционируют и разрабатываются различные медицинские

интеллектуальные сервисы, с помощью которых возможна диагностика заболеваний, установление причины заболевания, подбор лечения, - все с объяснением полученного результата, понятным пользователю. Компонентами этих сервисов являются не только программные, но и информационные ресурсы, в частности, содержащие знания, необходимые для решения медицинских задач [2]. Информационные ресурсы – это онтологии, базы знаний и базы данных.

Инструментальные методы исследования являются обязательным компонентом обследования больного наряду с основными методами исследования (расспрос, осмотр, пальпация, аускультация). Глубоко внедрившись в медицинскую практику, они оказались настолько важными и ценными, что без их применения врач не может с достаточной уверенностью установить точный диагноз заболевания, а также назначить лечение, соответствующее изменениям произошедшим в организме пациента. Инструментальные методы исследования больного очень разнообразны, а в последние годы их число непрерывно увеличивается.

Целью настоящей работы является систематизация современных методов инструментальной диагностики, используемых в медицине для обследования пациентов, формализация их в виде единой логической структуры и реализация как информационного ресурса на облачной платформе IASaaS.

Сформированная база медицинского знания «Инструментальные методы исследования» является частью «Базы медицинской терминологии и наблюдений», в свою очередь включает 8 тематических разделов инструментальной диагностики: *рентгенологическая диагностика, ультразвуковая диагностика, эндоскопическое исследование, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, функциональная диагностика, флюоресцентная диагностика и радиоизотопное сканирование* (рис 1).

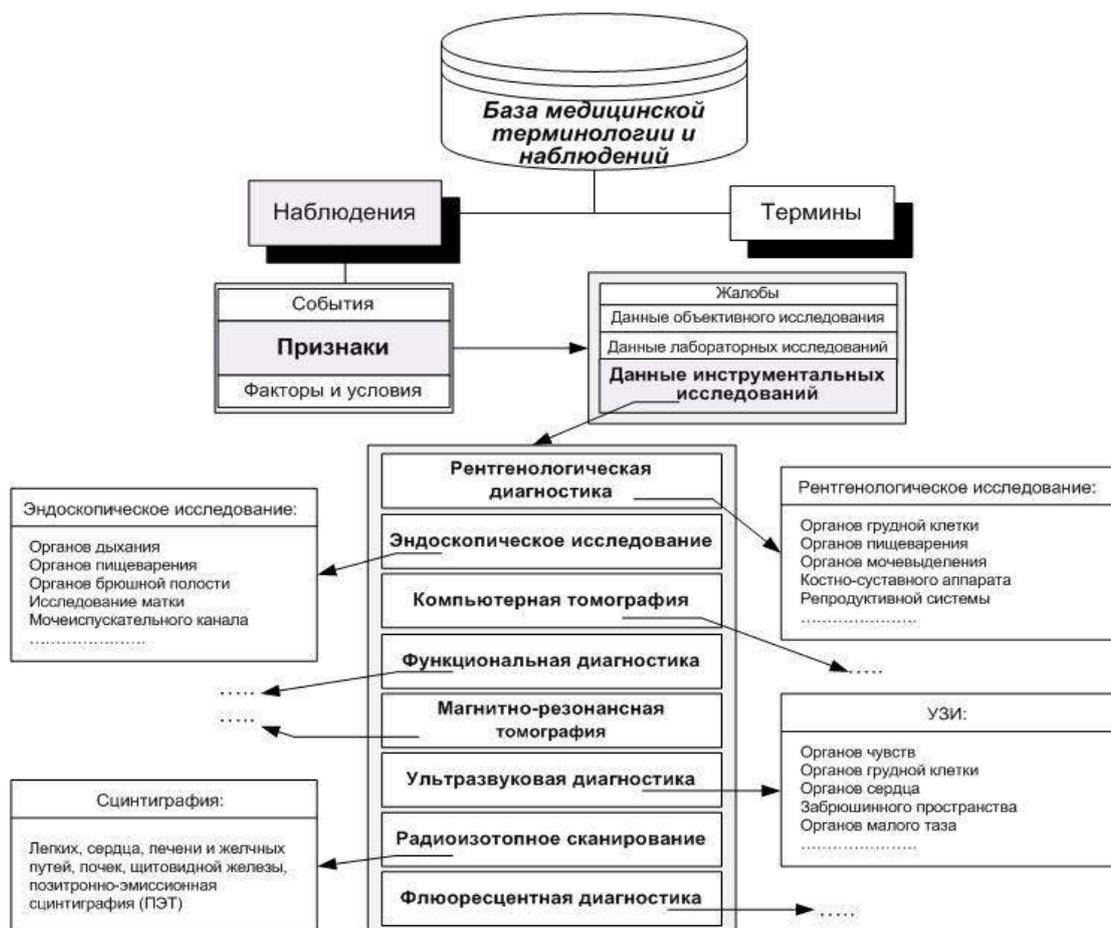


Рис.1. Структура базы наблюдений обследования больного

База знаний «Инструментальные методы исследования» сформирована в соответствии с моделью онтологии предметной области «Медицинская диагностика» [3]. Это позволяет учесть такие принципы формирования информационных ресурсов IASPaas, как:

- терминология, в которой описываются информационные ресурсы, является общепринятой и понятной медицинским специалистам;
- метаинформация (онтология), по которой создаются информационные ресурсы (базы знаний и базы данных), едина для всех разделов медицины.

Для описания использованы онтологические термины: *группа признаков подгруппа признаков, признак, характеристика, значение.*

В *группы признаков* объединены группы систем и органов организма человека, которые исследуются инструментальными методами. Например, раздел «Рентгенологическая диагностика» включает группы признаков: *рентгенологическое исследование органов грудной клетки, рентгенологическое исследование органов пищеварения, рентгенологическое исследование органов мочевого выделения, рентгенологическое исследование костно-суставного аппарата* и т.д.

*Подгруппа признаков* - это, как правило, метод диагностики, который применяют для исследования, например, группа признаков «Рентгенологическое исследование органов грудной клетки» включает подгруппы признаков: *Рентгеноскопия, Рентгенография, Томография, Контрастная рентгеноскопия (или рентгенография)*.

*Признак* – это непосредственно исследование, которое назначено пациенту: «*Рентгенография органов грудной клетки обзорная*» или «*Рентгенография органов грудной клетки цифровая*», или «*Флюорография органов грудной клетки*» и т.п. Признак состоит из характеристик, каждая *характеристика* описывается совокупностью значений – *качественных*, перечисляемых в описании или *количественных (числовых)* или *количественных (интервальных)*, задаваемых диапазоном.

Новый информационный ресурс, представляющий результат систематизации современных методов инструментальной диагностики, сформирован и размещен на облачной платформе IASPaas (рис.2).



Рис. 2 Фрагмент базы медицинской терминологии и наблюдений

Он будет использоваться различными прикладными сервисами: *системой диагностики и дифференциальной диагностики на основе интеллектуальных знаний, системой назначения персонализированного лечения и компьютерным тренажером диагностики заболеваний*, которые разрабатываются для практикующих врачей и студентов.

*\*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ,  
проект № 14-07-00270.*

### **Список литературы**

1. Грибова В.В., Москаленко Ф.М., Окунь Д.Б., Петряева М.В. Облачная среда для поддержки клинической медицины и образования //Врач и информационные технологии. - 2016. - №1. - С.60-66.
2. Грибова В.В., Клещёв А.С. Технология разработки интеллектуальных сервисов, ориентированных на декларативные предметные базы знаний. Часть 1. Информационные ресурсы //Информационные технологии. – 2013. – №9. – С.7-11.
3. Клещёв А.С., Москаленко Ф.М., Черняховская М.Ю. Модель онтологии предметной области «Медицинская диагностика». Часть 1. Неформальное описание и определение базовых терминов // НТИ. Серия 2. – 2005. – №12. – С.1-7.
4. Проект IASaaS. Комплекс для интеллектуальных систем на основе облачных вычислений /Грибова В.В., Клещев А.С., Крылов Д.А.и др. // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2011. – №1. – С.27–35.

## **ГЕОЛОГИЯ**

### **СЕКЦИЯ №88.**

#### **РАЗВИТИЕ ГЕОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ**

## ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2016 ГОД

### Январь 2016г.

III Международная научно-практическая конференция «**Актуальные вопросы естественных и математических наук в современных условиях развития страны**», г. Санкт-Петербург

Прием статей для публикации: до 1 января 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2016г.

### Февраль 2016г.

III Международная научно-практическая конференция «**Актуальные проблемы естественных и математических наук в России и за рубежом**», г. Новосибирск

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2016г.

### Март 2016г.

III Международная научно-практическая конференция «**Актуальные вопросы современных математических и естественных наук**», г. Екатеринбург

Прием статей для публикации: до 1 марта 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2016г.

### Апрель 2016г.

III Международная научно-практическая конференция «**Актуальные проблемы и достижения в естественных и математических науках**», г. Самара

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2016г.

### Май 2016г.

III Международная научно-практическая конференция «**Актуальные вопросы и перспективы развития математических и естественных наук**», г. Омск

Прием статей для публикации: до 1 мая 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2016г.

### Июнь 2016г.

III Международная научно-практическая конференция «**Современные проблемы математических и естественных наук в мире**», г. Казань

Прием статей для публикации: до 1 июня 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2016г.

### Июль 2016г.

III Международная научно-практическая конференция «**О вопросах и проблемах современных математических и естественных наук**», г. Челябинск

Прием статей для публикации: до 1 июля 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2016г.

#### **Август 2016г.**

III Международная научно-практическая конференция **«Информационные технологии естественных и математических наук», г. Ростов-на-Дону**

Прием статей для публикации: до 1 августа 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2016г.

#### **Сентябрь 2016г.**

III Международная научно-практическая конференция **«Естественные и математические науки в современном мире», г. Уфа**

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2016г.

#### **Октябрь 2016г.**

III Международная научно-практическая конференция **«Основные проблемы естественных и математических наук», г. Волгоград**

Прием статей для публикации: до 1 октября 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2016г.

#### **Ноябрь 2016г.**

III Международная научно-практическая конференция **«Естественные и математические науки: вопросы и тенденции развития», г. Красноярск**

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2016г.

#### **Декабрь 2016г.**

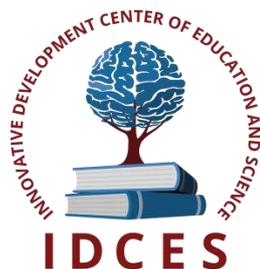
III Международная научно-практическая конференция **«Перспективы развития современных математических и естественных наук», г. Воронеж**

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2017г.

С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки [www.izron.ru](http://www.izron.ru) (раздел «Естественные и математические науки»).

**ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE**



**Естественные и математические науки: вопросы и  
тенденции развития**

**Выпуск III**

**Сборник научных трудов по итогам  
международной научно-практической конференции  
(11 ноября 2016г.)**

**г. Красноярск**

**2016 г.**

Печатается в авторской редакции  
Компьютерная верстка авторская

Подписано в печать 10.11.2016.  
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 10,8.  
Тираж 250 экз. Заказ № 117.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»  
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58.