

XIII

$$2^2 + 3^2$$

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ  
ШКОЛА «НАУКА И ИННОВАЦИИ»  
«ISS – SI» 2018



1101

15 = D

AI13

2018





Участники открытия заседаний Школы «Наука и инновации 2018»

Российский фонд фундаментальных исследований  
Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
Казанский физико-технический институт им.Е.К.Завойского –  
ФГБУН ФИЦ КазНЦ РАН  
ФГБУН Институт спектроскопии РАН  
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»  
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова»  
АНО ПНР «Междисциплинарная Академия Науки и Инноватики»  
Российская академия естествознания  
Малое предприятие (бизнес-инкубатор высоких технологий) ООО «ОРОЛ»  
ООО «Научно-производственная компания - Экоблеск»  
ЧУ «Пансионат Яльчик»

МАТЕРИАЛЫ  
ТРИНАДЦАТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНОЙ ШКОЛЫ  
«НАУКА И ИННОВАЦИИ-2018»  
ISS «SI-2018»

Материалы тринадцатой международной научной школы-семинара  
«Фундаментальные исследования и инновации:  
нанооптика, фотоника и когерентная спектроскопия»

2 - 8 июля 2018 года

Йошкар-Ола  
2018

УДК 001.895:(53+57+316+61)  
ББК 26.8  
М 341

### Программный комитет

#### Председатель

**И.И. Попов – д.ф.-м.н., профессор, Президент АНО ПНР МАНИ**

#### Сопредседатели:

Иванов Д.В. – член. корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор, проректор по науке ПГТУ.  
В.В. Самарцев – академик РАЕН д.ф.-м.н., профессор, КФТИ КазНЦ РАН  
Козлов В.А. – чл. корр. РАЕ, д.б.н., к.мед.н., профессор ФГБОУ ВО ЧГУ им. И.Н. Ульянова.  
Каримуллин К.Р. – к.ф.-м.н., ученый секретарь

#### Члены программного комитета:

В.С. Абрамов (Украина, Донецк)  
А.А. Баев (Россия, Йошкар-Ола)  
Ю.В. Банный (Россия, Москва)  
А.У. Баходуров (Таджикистан, Худжанд)  
Е.А. Виноградов (Россия, Москва-Троицк, чл. корр. РАН)  
А.Г. Витухновский (Россия, Москва)  
В.В. Воронин (Россия, Москва)  
Т.С. Гильмутдинов (Россия, Йошкар-Ола)  
В.А. Голенищев-Кутузов (Россия, Казань)  
А.В. Голенищев-Кутузов (Россия, Казань)  
С.В. Еремеев (Россия, Москва)  
А.А. Калачев (Россия, Казань)  
Д.И. Камалова (Россия, Казань)  
М.М. Каюмов (Таджикистан)  
В.О. Компанец (Россия, Москва)  
С.П. Котова (Россия, Самара)  
А.Н. Леухин (Россия, Йошкар-Ола)  
С.А. Моисеев (Россия, Казань)  
А.В. Наумов (Россия, Москва – Троицк)  
В.Г. Наводнов (Россия, Йошкар-Ола)  
Д.В. Николаев (Россия, Москва)  
А.А. Роженцов (Россия, Москва-Троицк)  
Р.Ф. Полищук (Россия, Москва)  
М.Х. Салахов (Россия, Казань, академик АНТ)  
К.М. Салихов (Россия, Казань, академик РАН)  
Н.И. Сушенцов (Россия, Йошкар-Ола)  
А.Л. Степанов (Россия, Казань)  
А.И. Фишман (Россия, Казань)  
С.В. Чекалин (Россия, Москва-Троицк)  
Д.А. Чубич (Россия, Москва)

### Организационный комитет

#### Председатель

**И.И. Попов – д.ф.-м.н., профессор каф. КиПР, ФГБОУ ВО ПГТУ**

#### Сопредседатели:

А.А. Калачев – директор КазФТИ КНЦ РАН  
Д.В. Иванов – проректор по НР и ИД ФГБОУ ВО ПГТУ  
Козлов В.А. – чл. корр. РАЕ, д.б.н., к.мед.н., профессор ФГБОУ ВО ЧГУ, ученый секретарь

#### Члены оргкомитета:

Ю.С. Андрианов (Йошкар-Ола)  
А.А. Баев (Йошкар-Ола)  
А.У. Баходуров (Туркменистан, Худжан)  
Е.И. Гладышева (Йошкар-Ола)  
А.А. Гладышева (Йошкар-Ола)  
Е.А. Гладышева (Йошкар-Ола)  
А.Н. Дедов (Йошкар-Ола)  
К.Р. Каримуллин (Троицк-Москва)  
М.М. Каюмов (Таджикистан)  
О.Л. Курандина (Йошкар-Ола)  
А.М. Маслеников (Йошкар-Ола)  
А.В. Мороз (Россия, Йошкар-Ола)  
М.В. Пирогов (Йошкар-Ола)  
А.А. Роженцов (Йошкар-Ола)  
В.Т. Сидорова (Йошкар-Ола)  
Н.И. Сушенцов (Йошкар-Ола)  
С.А. Туйкин (Москва)  
Д.Е. Шашин (Россия, Йошкар-Ола)

#### Председатель локального организационного комитета:

Гладышева Елена Ивановна,  
E-mail: e.glad76@mail.ru, тел. +7 962 588 02 50

#### Заместитель Председателя локального организационного комитета:

**Маслеников Антон Владимирович**  
E-mail: stratum\_@mail.ru, тел. +7 917 713 92 91

М341 Материалы Тринадцатой международной научной школы «Наука и инновации-2018» ISS «SI-2018» / Редакционная коллегия: проф. И. И. Попов; чл.-корр. РАЕ, проф. В. А. Козлов; акад. РАЕН, проф. В. В. Самарцев. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2018. – 226 с.

**ISBN 978-5-8158-2012-8**

В данный сборник вошли лекционные заметки и статьи приглашенных лекторов по актуальным научным проблемам, сообщения докладчиков по инновационно-ориентированным НИР

[https://old.volgatech.net/news/news-of-the-university/77403/?sphrase\\_id=106257](https://old.volgatech.net/news/news-of-the-university/77403/?sphrase_id=106257)

**ISBN 978-5-8158-2012-8**

© ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |     |
|--|-----|
| 1. Попов И.И.<br>ИТОГИ РАБОТЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ<br>НАУЧНОЙ ШКОЛЫ «НАУКА И ИННОВАЦИИ»   | 5   |
| <b>II НАНООПТИКА, ФОТОНИКА И КОГЕРЕНТНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ</b>   |     |
| 2. Виноградов Е.А., Компанец О.Н.<br>О СПЕКТРАХ ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО<br>ПОЛЯ ПЛАНАРНЫХ СТРУКТУР   | 11  |
| 3. Самарцев В.В., Камалова Д.И., Митрофанова Т.Г.<br>ЭКСИТОН-ЭХО И ЭКСИТОННАЯ КОГЕРЕНТНОСТЬ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ<br>КВАНТОВЫХ ТОЧКАХ   | 20  |
| 4. Абрамов В.С.<br>СВЕРХИЗЛУЧЕНИЕ В АНИЗОТРОПНЫХ МОДЕЛЯХ ФРАКТАЛЬНЫХ<br>КОСМОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ   | 27  |
| 5. Аржанов А.И., Каримуллин К.Р., Наумов А.В., Старухин А.С.<br>ФОТОННОЕ ЭХО В ПОЛИМЕРЕ,<br>ДОПИРОВАННОМ МОЛЕКУЛАМИ МЕТАЛЛО-ПОРФИРИНА  | 40  |
| <b>III ФИЗИКА-МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ-ТЕХНОЛОГИИ-ОБОРУДОВАНИЕ</b>   |     |
| 6. Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Иванов Д.А.,<br>Марданов Г.Д., Семенников А.В.<br>ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ БЕСКОНТАКТНЫЙ МЕТОД РЕГИСТРАЦИИ<br>ВЫСОКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ                    | 43  |
| 7. Никитин Д.А., Беляев Р.В., Попов И.И.<br>ПОЛУЧЕНИЯ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ<br>ТОНКИХ ПЛЕНОК ZnO, Si(P) И Si(B) ДЛЯ НАНОЭЛЕКТРОННЫХ<br>ПРИБОРОВ НА ФОТОННОМ ЭХЕ              | 48  |
| 8. Никитин Д.А., Мусанов А.Н., Попов И.И.<br>ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФОТОННОГО ЭХА НА ТРИОННЫХ СОСТОЯНИЯХ<br>В ТОНКИХ ТЕКСТУРИРОВАННЫХ ПЛЕНКАХ ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ                              | 51  |
| 9. Никитин Д.А., Попов И.И.<br>ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКОЙ ПЛЕНКИ И ПОСТРОЕНИЕ НА НАВЕДЕННЫХ<br>В НЕЙ НАНОФОТОННЫХ ЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ ИЗМЕРИТЕЛЯ<br>ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ             | 55  |
| 10. Орлов А.И., Савельев А.А., Волков С.В.<br>ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ВНЕДРЕНИЯ<br>УСТРОЙСТВ ВЫРАВНИВАНИЯ НАГРУЗКИ  | 64  |
| 11. Сидорова В.Т., Рокина Е.Г.<br>АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧЕК ЭФФЕКТИВНОЙ КОМПЕНСАЦИИ<br>РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ВОЗДУШНЫХ СЕТЯХ 0,4 КВ   | 69  |
| 12. Сипатдинов А.М., Семикин А.Д., Мороз А.В.<br>МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ИЗНОСА ПОКРЫТИЙ<br>И УСТАНОВКА ДЛЯ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ  | 73  |
| 13. Тришина Е.В., Шашин Д.Е., Сушенцов Н.И.<br>КОНСТРУИРОВАНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ<br>С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ<br>В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ                        | 76  |
| <b>IV ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПОИСКОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ</b>  |     |
| 14. Полищук Р.Ф.<br>О МЕСТЕ ЧЕЛОВЕКА В КОСМОСЕ   | 79  |
| <b>V СКРИНИНГОВАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЗДОРОВЬЯ</b>   |     |
| 15. Щелькалина С.П., Николаев Д.В., Китаева Э.Р., Молькова А.Е.<br>ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ 20-МИНУТНОЙ ДИНАМИКИ<br>КРОВЕНАПОЛНЕНИЯ ИКРОНОЖНОЙ МЫШЦЫ ШКОЛЬНИКОВ<br>ПОСЛЕ УПРАЖНЕНИЯ «ПОДЪЕМ НА НОСКЕ» | 91  |
| 16. Щелькалина С.П., Николаев Д.В., Колесников В.А., Туйкин С.А., Старунова О.А.<br>СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ ДЛЯ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ<br>И БИОИМПЕДАНСНЫХ РАСЧЕТОВ ЗНАЧЕНИЙ ОСНОВНОГО ОБМЕНА   | 101 |

**VI ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ИННОВАЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ**

|  |     |
|--|-----|
| 17. Волков С.В., Волков В.Е.<br>АБДОМИНАЛЬНЫЙ КОМПАРТМЕНТ СИНДРОМ  | 111 |
| 18. Волков В.Е., Волков С.В.<br>ОСЛОЖНЕНИЯ ОСТРЫХ СТРЕСС-ЯЗВ ЖЕЛУДКА И КИШЕЧНИКА   | 116 |
| 19. Волков В.Е., Волков С.В., Чеснокова Н.Н.<br>РОЛЬ ГЛЮКОКОРТИКОИДНЫХ ГОРМОНОВ В КОМПЛЕКСНОЙ ТЕРАПИИ<br>БОЛЬНЫХ ОСТРЫМ НЕКРОТИЧЕСКИМ ПАНКРЕАТИТОМ                                     | 119 |
| 20. Воронов Л.Н., Козлов В.А.<br>МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУР МОЗГА ПТИЦ<br>СВЯЗАННЫХ С ПЕРЕЛЁТАМ  | 121 |
| 21. Могильная Т. Ю., Ботиков А.Г., Агибалов А.А.<br>ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «ИНТЕСТ» ДЛЯ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА<br>ОНКОЗАБОЛЕВАНИЙ НА РАННЕЙ СТАДИИ  | 126 |
| 22. Ефремова О.А., Лузикова Е.М., Любовцева Л.А.<br>ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ НЕЙРОЭНДОКРИННЫХ КЛЕТОК В КОЖЕ<br>И В СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКЕ ОКОЛОНОСОВЫХ ПАЗУХ<br>ПРИ ПОЛИПОЗНОМ РИНОСИСУСИТЕ | 132 |
| 23. Любовцева Е.В., Любовцева Л.А., Плюхин С.В., Сергеев А.В.<br>ЛОКАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОАМИНОВ В БИОАМИНСОДЕРЖАЩИХ СТРУКТУРАХ<br>ПРИ ТУБЕРКУЛЕЗЕ ЛЕГКИХ                                      | 136 |
| 24. Любовцева Л.А., Любовцева Е.В., Плюхин С.В., Воробьева О.В.,<br>Михайлова Е.В., Романов В.О.<br>ВАРИАНТЫ ИЗМЕНЕНИЙ ТКАНИ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПРИ ЕЕ ГИПЕРПЛАЗИИ                  | 142 |
| 25. Любовцева Е.В., Любовцева Л.А., Любовцев В.Б.<br>ГИПОТЕТИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТОЧЕК АКУПУНКТУРЫ  | 146 |
| 26. Игонин Ю.А., Долгов О.Ю., Хаванева О.В.<br>ПЕРСПЕКТИВЫ ВНУТРИКИШЕЧНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ В ЛЕЧЕНИИ<br>ДЕМПИНГ-СИНДРОМА У БОЛЬНЫХ РАКОМ ЖЕЛУДКА ПОСЛЕ ГАСТРЭКТОМИИ                    | 149 |
| 27. Игонин Ю.А., Свеклова А.А.<br>ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЛУЧЕВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛЕГКИХ<br>ПРИ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ РАКОМ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ<br>С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДИК ОБЛУЧЕНИЯ            | 154 |
| 28. Иванова Л.С., Филимонов В.Е.<br>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УХОДА<br>ЗА КОМНАТНЫМИ РАСТЕНИЯМИ  | 158 |

**VII НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

|  |     |
|--|-----|
| 29. Митрасов Ю.Н., Игнатъева О.Ю., Авруйская А.А., Колямшин О.А.,<br>Козлов В.А., Бурилов А.Р.<br>СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ИЗОМЕРНЫХ 2,2-ДИХЛОРЦИКЛОПРОПИЛМЕТИЛ-<br>(2,5-ДИГИДРО-2,5-ДИОКСО-1Н-ПИРРОЛ-1-ИЛ) БЕНЗОАТОВ | 162 |
| 30. Митрасов Ю.Н., Чигарова Н.А., Кондратьева О.В., Колямшин О.А., Бурилов А.Р.<br>СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ДИАЛКИЛ[(2,2-ДИХЛОРЦИКЛОПРОПИЛ)МЕТИЛ]ФОСФОНАТОВ   | 167 |
| 31. Попов И.И.<br>МОДЕЛЬ ЭНЕРГОИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В ПРИРОДЕ  | 171 |
| 32. Попов И.И.<br>МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ КРЕАТИВНОГО МЫШЛЕНИЯ  | 198 |
| 33. Попов И.И.<br>ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ   | 200 |
| 34. Попов И.И., Роженцов А.А.<br>УДАЛЕННЫЙ СКРИНИНГОВЫЙ КОНТРОЛЬ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАННИХ<br>СТАДИЙ ОНКОПАТОЛОГИИ   | 210 |
| 35. Гарипов И.Х.<br>СИСТЕМА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА БАЗЕ ВОЗДУШНОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА  | 212 |
| <b>ФОТОХРОНИКА ШКОЛЫ</b>   | 216 |
| <b>ПЕРВОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ</b>   | 223 |
| <b>ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ – ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ</b>  | 224 |

УДК: 61.001(470.344)

**ИТОГИ РАБОТЫ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ «НАУКА И ИННОВАЦИИ»**

**И.И. Попов**

ФГБОУ ВО Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола  
biht.orol@gmail.com

**Великие умы обсуждают идеи, средние умы обсуждают события, мелкие умы обсуждают людей.**

Элеонора Рувельт

**Принцип устойчивости к финансовым потокам: уровень внутренней культуры человека определяет количество денег, которыми он может управлять, не разрушая своей нравственности.**

Школа «Наука и инновации»

**Умному всегда дано богатым стать, лишь надобно уметь трудиться: умом продукт полезный создавать, который в деньги может воплотиться**

Школа «Наука и инновации»

Школа наука и инновации – постоянно развивающийся проект. В 2019 году школа получила статус летней научной сессии АНО ПНР «Междисциплинарной Академии Науки и Инноватики» (далее, МАНИ). На школе выявлялись тенденции развития фундаментальных и прикладных научных исследований по заявленной проблематике, перспективных с позиции вклада в развитие национальной экономики, и разработка подхода для оценки потенциальной капитализации результатов исследований.

Вырабатывались подходы, как подать результаты фундаментальных и фундаментально-поисковых научных исследований, чтобы вызвать интерес у организаторов инновационного бизнеса? Ответ на этот вопрос придает научной деятельности особую мотивацию и мобилизует творческую активность наиболее талантливой части общества на развитие инновационной экономики.

К основным задачам Школы относятся:

- Разработка оригинальных подходов к формированию инновационной среды в научном сообществе.
- Заслушивание и отбор научных сообщений, обладающих перспективными междисциплинарными контактами.
- Формирование моду-задающих направлений инновационной деятельности.
- Формирование перечня идей для создания перспективных инновационных проектов.
- Отбор практически значимых результатов НИР и проведение междисциплинарной «сшивки» результатов из разных отраслей исследований в инновационный проект, предложение формируемых инновационных разработок для ознакомления инвестору.
- Развитие технологий обновления действующего инновационного бизнеса.

Разработка оригинальных подходов к формированию инновационной среды в научном сообществе опирается на ключевые понятия:

- Оценка инновационной перспективы научных сообщений на этапе зарождения идей, когда предпочтение отдается качеству реализации имеющегося творческого потенциала.
- Внутренняя свобода, обеспечивающая духовное творческое созерцание и состояние духотворчества – залог достижения оригинального инновационного результата, на пути достижения которого главным для человек является не количество денег, а качество их применения в будущем.

- Предоставление участнику Школы «Наука и инновации» возможности совершенствования накопленного историей философского опыта развития современного мира.

- Встраивание в современные методологические тенденции организации инновационной деятельности.

Анализ и отбор научных сообщений, обладающих перспективными междисциплинарными контактами, включает:

- Заслушивание научных сообщений, содержащих оригинальность как на фундаментальном уровне, так и уровне практического применения.

- Поиск в содержании услышанных сообщений, контактов для применения в работах других участников Школы «Наука и инновации» как в смежных областях исследований, так и других, совершенно неожиданных, областях их практического применения, то есть – формирование пространства применимости научной разработки.

- Анализ актуальных задач практического применения научных результатов, востребованного практической жизнью.

В работе Школы формирование моду задающих направлений инновационной деятельности подразумевает следующее. **Методология школы:**

- Аккумуляция знаний, способных решать задачи вызовов современными тенденциями развития и жизнедеятельности общества.

- Поиск партнеров, усиливающих эффективность применения новых знаний.

- Работа с держателями финансовых средств по включению их в решение актуальных задач современности на ранних этапах инновационного процесса.

Примеры рассматриваемых на Школе направлений, формирующих рыночную моду:

- ✓ Технологии, повышающие устойчивость растений к засухам.

- ✓ Создание корпоративных высокозащищенных оптических систем передачи данных.

- ✓ Производство фокусаторов для модуляции информации в квантовой информатике.

- ✓ Многофакторная, скрининговая ранняя диагностика онкологических и инфекционных заболеваний.

- ✓ Регистратор в масштабе реального времени фемтосекундных временных интервалов.

Перечень рассматриваемых на Школе идей для создания перспективных инновационных проектов:

- Система энергосбережения на базе воздушного солнечного коллектора.

- Оборудование для автоматической регистрации результата при выполнении упражнений силовой гимнастики, включая выполнение нормативов ВФСК ГТО.

- Технология поддержки и пропаганды практик ЗОЖ населения Республики Марий Эл на основе занятий полиатлоном и физкультурно-спортивными многоборьями комплекса ГТО.

- Методы изготовления и технологического контроля газовых датчиков углеводов на основе природных окремеленых минералов с нанопористой структурой.

- Приборы типа «Электронный нос» для анализа газов, растворенных в воде для различного назначения.

Технология междисциплинарной «сшивки» в инновационный проект исполнителей, обладающих совместимым научным потенциалом, и позиционирование совместного предложения для инвестора на Школе применена для подготовки проектов:

1. Модель энергоинформационного обмена в природе и ее экологическая значимость.

2. Система удаленной ранней многофакторной скрининговой диагностики онкологических заболеваний.

3. Технология контролируемой очистки естественных и искусственных водоемов от нефтешламов и углеводов.

4. Система МАВР (Многокомпонентный анализатор водных растворов) для защиты водопроводов от несанкционированных загрязнений и бактериологических заражений.

5. Система СКРЭП (Системный комплекс регистрации экологических проблем) для on-line контроля углеводородов, растворенных в воде и буровом растворе, для контроля водорода в воде реактора АЭС.

6. Экологически чистая технология ремедиации хранилищ твердых бытовых отходов, их несанкционированных свалок, скотомогильников.

Краткая характеристика последнего проекта включает следующее:

- Создание системы ранней скрининговой диагностики онкологических заболеваний, обеспечивающей быстрое получение заключения об отсутствии или наличии онкологических или инфекционных заболеваний из серии контролируемых этим методом онкологических заболеваний на ранней и последующих фазах их развития, обладающей высокой достоверностью за счет исследования большой группы биологических маркеров и методов их регистрации.

- Диагностика обеспечивается за счет обнаружения большого количества летучих метаболитов мочи, качественный состав (сочетание) которых критически зависит от вида опухолевого процесса и отличается от их комбинации у лиц, не имеющих опухолевого процесса, и верифицируется морфологическим анализом тканей онкологических больных на различных стадиях и фазах роста злокачественной опухоли.

- Анализ этого большого массива данных осуществляется с помощью программного обеспечения автоматического распознавания первичной информации и завершается постановкой предварительного диагноза.

- Готовится грант на конкурс Российского научного фонда.

Технология обновления действующего инновационного бизнеса продемонстрирована участникам Школы на примере опыта работы Научно-производственной компании «Медасс» (г. Москва) по созданию и продвижению на рынок инновационных продуктов на основе методов биоимпедансного анализа состава тела человека, показана возможность применения своих разработок для системы скринингового обследования БЖД населения РФ на основе ТУК (технологий удаленного контроля).

В работе Школы-семинара приняли участие специалисты научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений РФ, а также представители зарубежных научно-исследовательских организаций и университетов – всего 92 участника из 22 организаций (42 молодых ученых, студентов и аспирантов возрасте до 35 лет). Представлено: 24 пленарных лекций, 23 устных доклада, 25 стендовых докладов; всего – 101 автор из 3 стран (Российская Федерация, Украина, Таджикистан).

На школе рассматриваются решения фундаментальных проблем когерентной и нелинейной оптики, физической оптики и оптической спектроскопии, связанных с:

- ✓ разработкой методов и проведением исследований новых материалов с квантовыми размерными структурами,
- ✓ обнаружением и развитием физических основ нанооптических явлений и новых физических эффектов, оптических наноэлектронных и экситонных систем,
- ✓ развитием методов и средств оптоинформатики, включая квантовую память и получение нанооптических элементов,
- ✓ разработкой физических основ построения новых приборов, использующих принципы нанооптики и экситонные состояния полупроводниковых тонких пленок,
- ✓ разработкой методов ранней скрининговой диагностики онкологических заболеваний на основе оптической спектроскопии летучих метаболитов и морфологического состава фаций мочи человека,
- ✓ созданием научно-технологического задела в области оптики, спектроскопии, квантовой электроники и радиофизики для:

1) координации усилий специалистов университетов, НИИ и научно-производственных предприятий, работающих в области современных оптических и электронных технологий;

2) подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации и развития современных технологий в Российской Федерации;

3) создания и развития научно-технологического задела в квантовой оптике и квантовой электронике, нанооптике и когерентная спектроскопия, фотонике и приборостроении для координации усилий специалистов университетов, НИИ и научно-производственных предприятий, работающих в области современных оптических и электронных технологий, формирующих отечественный инновационный потенциал;

4) подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации.

На школе-семинаре в рамках работы 10 секций и 4 конкурсов было проведено обсуждение результатов исследований и выявлены наиболее перспективные из них с позиции формирования основы для создания конкурентоспособных высокотехнологичных рыночных продуктов по передовым направлениям российских и мировых исследований в области оптики и смежных с ней областях. Приглашенные лекторы знакомили участников Школы с актуальными направлениями современных научных исследований, которые обладают потенциалом активизации инновационной деятельности:

- открыл заседания школы д.ф.-м.н., профессор И.И. Попов своей лекцией о модели энергоинформационного обмена в природе. Данная модель открывает новый взгляд на развитие исследований в области физики, материаловедении, общественных наук. Предложенная модель становится для некоторых людей творчества как камертон – для гитариста, как ключ к более глубокому осознанию своей Веры, к пониманию и объяснению многих тайн Природы и природных явлений.

- Академик РАН, д.ф.-м.н., профессор К.М. Салихов (научный руководитель КФТИ КазНЦ РАН) прочитал лекцию «Молекулярная модель протекторного влияния трегалозы на перенос электрона в комплексах фотосистемы I» «. Речь шла о том, что в Африке есть некоторые растения, у которых реакционный центр фотосистемы выживает при многомесячной засухе и при неблагоприятных температурах благодаря трегалозе. Предлагается сформулированный автором возможный подход к пониманию того, как это может быть.

- Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор Е.А. Виноградов (ИСАН) прочитал лекцию «О спектрах термостимулированного электромагнитного поля планарных структур».

- Д.ф.-м.н., профессор И.И. Попов выступил с пленарным докладом «Инновационный потенциал эффекта нефарадеевского поворота плоскости поляризации фотонного эха на особых экситонных состояниях в тонких текстурированных пленках.

Показаны преимущества тонких текстурированных пленок перед другими резонансными средами, позволяющими при комнатной температуре обнаружить эффект нефарадеевского поворота плоскости поляризации фотонного эха. Приводится потенциальная возможность применения этого эффекта для регистрации рекордно коротких фемтосекундных временных интервалов и оптических процессоров, оперирующих с алгеброй кватернионов для эффективного решения навигационных задач как в авиации, так и в медицине.

- С пленарным докладом выступил к.ф.-м.н. В.О. Компанец «Происхождение и динамика коротковолнового крыла в спектре суперконтинуума, генерируемого световой пулей среднего ИК-диапазона».

- С обзорным докладом по медицинской навигации выступил д.т.н. профессора А.А. Рожнецов.

- Пленарный доклад к.т.н., доцента А.А. Баева «Применение параллельных вычислений в задачах обработки изображений флуоресцентных точечных излучателей» был посвящен подходам к решению задачи автоматического распознавания изображений одиночных и пар-

ных флуоресцирующих объектов на ПЗС-камере в поле зрения микроскопа и определению параметров этих изображений с применением параллельных вычислений на базе центрального процессора. Приведены результаты вычислений на микропроцессорах Intelcorei5 и i7. Раскрыты методы распределения задач по ядрам, а также по этапам вычислений. Показан рост производительности распознавания.

- Пленарный доклад д.ф.-м.н., профессора Т.Ю. Могильной «Применение метода когерентной спектроскопии для определения наличия наночастиц в коллоидных растворах» рассматривается применение нелинейных методов когерентной спектроскопии для контроля состояния коллоидных растворов наночастиц (Ti, Ni, Ag и квантовых точек на GaAs) используемых для улучшения характеристик суперконденсаторов, а также для определения влияния наносеребра на вирус гепатита С. Приведены примеры спектров и зависимости содержания вируса гепатита С от содержания наносеребра в растворе.

- Д.ф.-м.н., профессор А.Н. Леухин выступил с пленарным докладом на тему: Алгоритм селекции подвижных целей в радиолокационных комплексах с синтезированной апертурой антенны». В работе предложен подход к обнаружению воздушных объектов радиолокационной системой космического базирования.

- Большой интерес вызвал пленарный доклад д.ф.-м.н., профессора В.А. Голенищев-Кутузова на тему «Измерение электрических полей высоковольтной изоляции, как основа диагностики рабочего состояния». Предложена новая методология диагностики рабочего состояния высоковольтной изоляции на всех этапах эксплуатации высоковольтного оборудования. В основу положен дистанционный способ измерения электрических полей вокруг изоляторов.

- С интересным пленарным докладом выступил к.т.н., доцент Н.И. Сушенцов на тему: «Синтез и оптические свойства тонких пленок диоксида титана, полученные методом магнетронного распыления и дугового испарения». Приведены технологические режимы магнетронного распыления и дугового испарения тонких пленок диоксида и методы контроля их параметров. Сообщается о результатах контроля пленок диоксида титана с помощью оптической спектроскопии и рентгеноструктурного анализа. Для определения оптических констант материала исследуемых тонких пленок использовался конвертный метод. Конвертный метод был разработан для анализа спектров пропускания с экстремальными точками, которые обусловлены интерференционными явлениями в тонких пленках, с целью определения толщины пленок, показателя преломления, коэффициента поглощения и ширины запрещенной зоны полупроводникового материала.

- В пленарном докладе к.т.н., доцента С.П. Котовой «О возможности создания фазовых пространственных модуляторов света на основе планарно-ориентированных сегнетоэлектрических жидких кристаллов с субволновым шагом спирали» были показано, что методом численного моделирования с использованием экспериментальных модуляционных характеристик исследована возможность построения фазовых зональных пространственных модуляторов света на основе планарно-ориентированных сегнетоэлектрических жидких кристаллов с субволновым шагом спирали, позволяющих обеспечить частоты модуляции около 1 кГц.

Победителями прошедших конкурсов стали:

- Победители конкурса ученых-инноваторов «Оригинальный научный результат» (диплом 1 степени):

✓ Голенищев-Кутузов Вадим Алексеевич;

✓ Николаев Дмитрий Викторович

- Лауреат конкурса ученых-инноваторов «Оригинальный научный результат» (диплом 2 степени): Чубич Дмитрий Анатольевич.

- Победитель конкурса «Лучший научный доклад молодых ученых» (диплом 1 степени): Щелыкалина Светлана Павловна.

- Лауреаты конкурса «Лучший научный доклад молодых ученых» (диплом 2 степени):

✓ Мороз Андрей Викторович;

✓ Пойдашев Денис Георгиевич

- Лауреаты конкурса «Лучший научный доклад молодых ученых» (диплом 3 степени):

Проколопа Дарья Владимировна.

- Победители конкурса «Молодежная инновация» (диплом 1 степени):

✓ Китаева Эллина Рашидовна;

✓ Молькова Анастасия Евгеньевна.

- Победитель конкурса инновационных разработок (диплом 1 степени): Гарипов Ильсур Халилович;

- Лауреат конкурса инновационных разработок (диплом 2 степени): Садыков Марат Фердинантович.

- Лауреат конкурса инновационных разработок (диплом 3 степени): Орлов Александр Игоревич.

## НАНООПТИКА, ФОТОНИКА, КОГЕРЕНТНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

О СПЕКТРАХ ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ  
ПЛАНАРНЫХ СТРУКТУР

Е.А. Виноградов

ФГБУН Институт спектроскопии РАН  
г. Москва, г/о Троицк, ул. Физическая, 5

Исследование спектров термостимулированных полей, излучаемых планарной структурой, даёт богатейшую информацию о природе электромагнитных полей, рожденных колебательными состояниями кристаллической решетки планарной структуры «плёнка на подложке». На примере экспериментальных и теоретических исследований спектрального состава тепловых полей, излучаемых в вакуум фоннными поляритонами плёнок твёрдого раствора  $Cd_xZn_{1-x}Te$  на металлической подложке, показано, что спектры термостимулированного излучения чувствительны к небольшим изменениям, как состава твердого раствора, так и толщины пленки. Проведено сравнение рассчитанных спектральных плотностей состояний теплового поля для "p" и "s" поляризованных фоннных поляритонов в плоскостной структуре "плёнка твёрдого раствора  $Cd_xZn_{1-x}Te$  на металлической подложке" в зависимости от состава твердого раствора плёнки, её толщины, в том числе и на разных расстояниях от поверхности структуры.

**1. Введение.** Из-за квантовых и тепловых флуктуаций все твёрдые тела являются источниками электромагнитных полей [1-4]. Термостимулированные электромагнитные поля твёрдых тел, как и любое броуновское движение, является неуничтожимым физическим явлением, которое не требует специального приготовления. Эти поля включают в себя нерадиационные и радиационные части, спектральные и корреляционные свойства которых различаются очень существенно. Различие в свойствах квазистационарных (нерадиационных) и радиационных полей связаны с условиями их возбуждения и существования в пространстве. Свойства квазистационарной части поля полностью определяются геометрическими, электродинамическими и статистическими свойствами источника, а радиационные поля существуют в пустом пространстве независимо от источника [1-13]. Положения резонансов в спектре теплового излучения, их форма полностью определяются оптическими и геометрическими характеристиками изучаемого объекта. Квазистационарное (нерадиационное) поле, или поле эванесцентных волн, привязанное к поверхности структуры, связывают с ближней зоной, а радиационное – с дальней зоной, в соответствие с неравенствами  $r \ll \lambda$  и  $\lambda \ll r$ , где  $\lambda$  - характерная длина волны генерируемого поля, а  $r$  - расстояние от его поверхности структуры. Если речь идёт о спонтанных полях теплового происхождения, или термостимулированных полях, то спектральные и корреляционные свойства этих частей кардинально различаются [4, 9-13]. Квазистационарные поля в пространстве вне источника непосредственно с ним связаны, и существуют только во время работы этого источника. После выключения источника, квазистационарные поля вокруг него исчезают за время, порядка  $\lambda/c$ , где  $c$  – скорость света в вакууме. Свойства квазистационарной части поля полностью определяются геометрическими, электродинамическими и статистическими свойствами источника, и в особенности в его непосредственной окрестности  $r \ll \lambda$ . Радиационные поля обладают совершенно иными свойствами. Во-первых, они существуют в пустом пространстве и после того, как они оторвались от источника, распространяются в соответствии с уравнениями Максвелла в вакууме. Во-вторых, на больших расстояниях они в существенной степени теряют информацию о геометрических, статистических и электродинамических свойствах своего источника, превращаясь в набор плоских волн, который, тем не менее, характеризуется своими спектральными и корреляционными свойствами.

Если же степень йонности кристалла достаточно высока, то в непосредственной близости от поверхности твёрдого тела существуют и статические кулоновские поля, экспоненциально спадающие на масштабе порядка постоянной решётки при удалении от поверхности

[4,10,13]. Совокупность статических кулоновских полей ионов решётки кристалла и квазистационарных флуктуационных полей, возникающих по существу из-за тепловых колебаний ионов вблизи положений их равновесия, определяет электромагнитные поля вблизи поверхности раздела сред. Хорошо известно, что уровни энергии атомов или молекул, помещённых в электромагнитное поле, могут сдвигаться и уширяться, может частично или полностью сниматься вырождение. В случае замкнутого объёма ключевую роль при взаимодействии с квантовыми системами играет модовый состав поля и его соотношение со спектром частицы. Когда частица находится вблизи поверхности образца, её характеристики зависят от расстояния между ними, а также от электродинамических свойств образца, поскольку любое тело является источником термостимулированного флуктуационного электромагнитного поля.

Хорошо известно, что в спектре флуктуационных полей содержатся резонансные особенности, связанные со специфическим строением и составом источника этих полей. Положения резонансов в спектре, их форма, в частности такая важная характеристика как полуширина линии на её полувывсоте, полностью определяются оптическими и геометрическими характеристиками изучаемого образца. К настоящему времени накоплен богатый опыт по исследованию нерадиационных и радиационных состояний тепловых электромагнитных полей. Ключевым объектом исследований нерадиационных полей являются поверхностные поляритоны (ПП) – собственные моды границ раздела сред со специфическим законом дисперсии. Характеристики ПП непосредственно связаны с химическим составом контактирующих сред, геометрией задачи, в частности, если речь идёт о плоских плёнках, то и от их толщины, а также от состава и других характеристик подложки, на которую нанесены плёнки. Все эти свойства изучаемой системы отражены в модели диэлектрической проницаемости и в дисперсионной характеристике ПП, – условия существования специфического, приповерхностного, вида этого возбуждения. Поэтому спектральные исследования соответствующих резонансов позволяют делать заключения о химическом составе плёнок и их толщинах, о вкладе электронной или ядерной подсистемы в наблюдаемые эффекты. В этой связи очень интересным и наглядным представляется изучение качественных и количественных изменений спектра флуктуационного электромагнитного поля твёрдого тела в зависимости от концентрации растворённого вещества в изначально химически однородном материале. Наличие примеси приводит к сдвигу частот поперечных и продольных оптических фононов в растворе, что в свою очередь, сказывается в изменении спектрального диапазона существования ПП. Появление в однородной матрице дополнительных примесных центров с другой массой и химической активностью вызывает изменение в электрон-фононном взаимодействии и в процессе ангармонического распада фононов, нарушает периодичность кристаллической структуры, что вызывает дополнительное уширение резонансов в спектре термостимулированного поля [4-13].

Теоретическая база, основанная на феноменологическом подходе, позволяет детально исследовать предполагаемые спектральные изменения флуктуационного электромагнитного поля, доступные для экспериментальных исследований. В наших работах [12] и [13] рассчитана локальная спектральная плотность “р” – и “s” – поляризованных состояний в квазистационарной и радиационной частях термостимулированного поля, генерируемого плёнкой  $ZnTe$  и сложных соединений типа  $Cd_xZn_{1-x}Te$  на металлической подложке, в зависимости от толщины плёнки  $h_f$ , расстояния от поверхности  $h$ , и относительной доли растворённой примеси  $x$ . Проведён анализ изменения характеристик резонансов в спектре состояний поля в зависимости от концентрации примесных центров в плёнке. Графическая иллюстрация плотности состояний термостимулированного поля представлена в координатах “ $h_f - \omega$ ”, “ $h - \omega$ ”, “ $x - \omega$ ”, при фиксированных других параметрах [12,13].

Как известно, спектральные характеристики термостимулированного поля можно представить в виде двух частей, радиационной и нерадиационной [1-13]. В частности, в виде двух

независимых вкладов представляется спектральная плотность состояний термостимулированного поля любой поляризации, генерируемого плоскопараллельной структурой. Например, относительную плотность состояний "р" или "s" – поляризованных волн в случае трёхслойной структуры «вакуум-плёнка-полупространство» можно записать в виде [4, 9-13]:

$$\beta_{\theta}^0 = \frac{\rho_{\omega}}{(\rho_{\omega}^0/2)} = \left\{ (1/2) \int_0^{\pi/2} \sin \theta d\theta \left[ (1 - |r_{123}^{P,S}(\omega, \theta)|^2) \right] + \int_0^{\infty} dy \exp(-2k_0 hy) \left[ (y^2 + 1) (\text{Im} \{r_{123}^{P,S}(\omega, y)\}) \right] \right\}, \quad (1)$$

где  $\rho_{\omega}^0$  – плотность состояний "р"- или "s"- волн равновесного излучения,  $r_{123}^{P,S}$  – коэффициенты Френеля трёхслойной структуры «вакуум-плёнка-металл»:

$$r_{123}^{P,S} = \frac{r_{12}^{P,S} + r_{23}^{P,S} \exp(-2h_f \sqrt{p^2 - \varepsilon_f k_0^2})}{1 + r_{12}^{P,S} r_{23}^{P,S} \exp(-2h_f \sqrt{p^2 - \varepsilon_f k_0^2})}, \quad (2)$$

$h_f$  – толщина плёнки,  $\varepsilon_f$  – диэлектрическая проницаемость материала плёнки, фигурирующая в этом выражении  $\varepsilon_3$  – диэлектрическая проницаемость материала полупространства,  $\varepsilon_1 = 1$  – диэлектрическая проницаемость вакуума,  $r_{12}^{P,S}$  и  $r_{23}^{P,S}$  – коэффициенты Френеля границ раздела «вакуум-плёнка» и «плёнка-металл», соответственно. Для волн, падающих в общем случае в среде "i" под некоторым углом  $\mathcal{G}$  от нормали к плоской границе, отделяющей среду "i" от среды "j"

$$r_{ij}^P = \frac{w_i \varepsilon_j - w_j \varepsilon_i}{w_i \varepsilon_j + w_j \varepsilon_i}, \quad r_{ij}^S = \frac{w_i - w_j}{w_i + w_j}, \quad (3)$$

где  $w_i = \sqrt{(\omega^2 / c^2) \varepsilon_i - p^2}$ ,  $p = k_0 n_i \sin \mathcal{G}$  – тангенциальная компонента волнового вектора падающей волны,  $k_0 = \omega / c$  – волновое число в вакууме,  $n_i = \sqrt{\varepsilon_i}$ .

В формулах (1) коэффициенты Френеля для бегущих и квазистационарных полей имеют вид функций от  $\omega, \theta$  и  $\omega, y$ , соответственно. Они получаются из (3) следующим образом. В случае  $0 \leq p \leq k_0$ , вводя переменную  $\theta$  как угол падения волны в вакууме  $p = k_0 \sin \theta$ , имеем из (3):

$$r_{ij}^P(\omega, \theta) = \frac{\varepsilon_j(\omega) \sqrt{n_i^2(\omega) - \sin^2 \theta} - \varepsilon_i(\omega) \sqrt{n_j^2(\omega) - \sin^2 \theta}}{\varepsilon_j(\omega) \sqrt{n_i^2(\omega) - \sin^2 \theta} + \varepsilon_i(\omega) \sqrt{n_j^2(\omega) - \sin^2 \theta}}, \quad (4)$$

$$r_{ij}^S(\omega, \theta) = \frac{\sqrt{n_i^2(\omega) - \sin^2 \theta} - \sqrt{n_j^2(\omega) - \sin^2 \theta}}{\sqrt{n_i^2(\omega) - \sin^2 \theta} + \sqrt{n_j^2(\omega) - \sin^2 \theta}}$$

В случае, когда  $k_0 \leq p \leq \infty$  вводится переменная  $y = \sqrt{p^2 / k_0^2 - 1}$ , и тогда (3) записывается в виде:

$$r_{ij}^P(\omega, y) = \frac{\varepsilon_j(\omega) \sqrt{\varepsilon_i(\omega) - y^2 - 1} - \varepsilon_i(\omega) \sqrt{\varepsilon_j(\omega) - y^2 - 1}}{\varepsilon_j(\omega) \sqrt{\varepsilon_i(\omega) - y^2 - 1} + \varepsilon_i(\omega) \sqrt{\varepsilon_j(\omega) - y^2 - 1}}, \quad (5)$$

$$r_{ij}^S(\omega, y) = \frac{\sqrt{\varepsilon_i(\omega) - y^2 - 1} - \sqrt{\varepsilon_j(\omega) - y^2 - 1}}{\sqrt{\varepsilon_i(\omega) - y^2 - 1} + \sqrt{\varepsilon_j(\omega) - y^2 - 1}}$$

Эти формулы следует использовать в первом и втором интегралах в (1), соответственно. Из (1), с учётом (4) и (5) получим отдельно для радиационных и нерадиационных (эванесцентных) мод:

$$\beta_{\omega}^{\text{Pr}} = \frac{\rho_{\omega}^{\text{Pr}}}{(\rho_{\omega}^0/2)} = (1/2) \int_0^{\pi/2} \sin \theta d\theta \left[ (1 - |r_{123}^{P,S}(\omega, \theta)|^2) \right], \quad (6)$$

$$\beta_{\omega}^{\text{Ev}} = \frac{\rho_{\omega}^{\text{Ev}}}{(\rho_{\omega}^0/2)} = \int_0^{\infty} dy \exp(-2k_0 h y) \left[ (y^2 + 1) \left( \text{Im} \{ r_{123}^{P,S}(\omega, y) \} \right) \right]. \quad (7)$$

Сравнение радиационных (6) и нерадиационных (7) спектров показывает, что зависимость локальной плотности состояний нерадиационной части поля  $\beta_{\omega}^{\text{Ev}} = \beta_{\omega}^{\text{Ev}}(x, h_f, h)$  значительно более разнообразная, поскольку включает в себя зависимость от расстояния до поверхности  $h$ , в отличие от плотности состояний радиационной части  $\beta_{\omega}^{\text{Pr}} = \beta_{\omega}^{\text{Pr}}(x, h_f)$ . Физически это связано с тем, что свойства термостимулированного поля формируются в основном в ближней зоне от источника, на расстоянии порядка длины волны. На больших расстояниях превалирует радиационная часть поля, свойства которого значительно отличаются от свойств нерадиационной части.

Мы ограничили наше рассмотрение только немагнитными материалами. Кроме того, диссипативные параметры, а именно, частота столкновений и константа ангармонического распада в моделях для диэлектрических проницаемостей, полагались постоянными величинами во всём рассмотренном диапазоне частот. Также не учитывается пространственная дисперсия. В результате мы использовали для описания оптических свойств металла модель Друде для свободных электронов в виде:

$$\varepsilon(\omega) = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega(\omega + i\nu)}, \quad (8)$$

где  $\omega_p$  – плазменная частота,  $\nu$  – диссипативный параметр, основной вклад в который дают процессы электрон-фононного рассеяния. Для описания оптических свойств однородных и изотропных материалов плёнки использовалась осцилляторная модель:

$$\varepsilon(\omega) = \varepsilon_{\infty} + \frac{(\varepsilon_0 - \varepsilon_{\infty})\omega_{TO}^2}{\omega_{TO}^2 - \omega^2 - i\omega\gamma}, \quad (9)$$

где  $\omega_{TO}$  – частота поперечного фонона,  $\gamma$  – константа ангармонического распада,  $\varepsilon_0$  и  $\varepsilon_{\infty}$  – низкочастотная и высокочастотная константы.

Поскольку нам неизвестно точное аналитическое выражение для диэлектрической проницаемости твёрдого раствора с заданным составом, то мы воспользовались принципом аддитивности рефракции [14], дающим хорошие результаты для описания оптических свойств жидких растворов вида  $A_x B_{1-x}$ , где  $x \in [0, 1]$  – доля материала А в смеси двух веществ А и В. Выражение для диэлектрической проницаемости твёрдого раствора плёнки следует из принципа аддитивности коэффициента рефракции [15,16]:

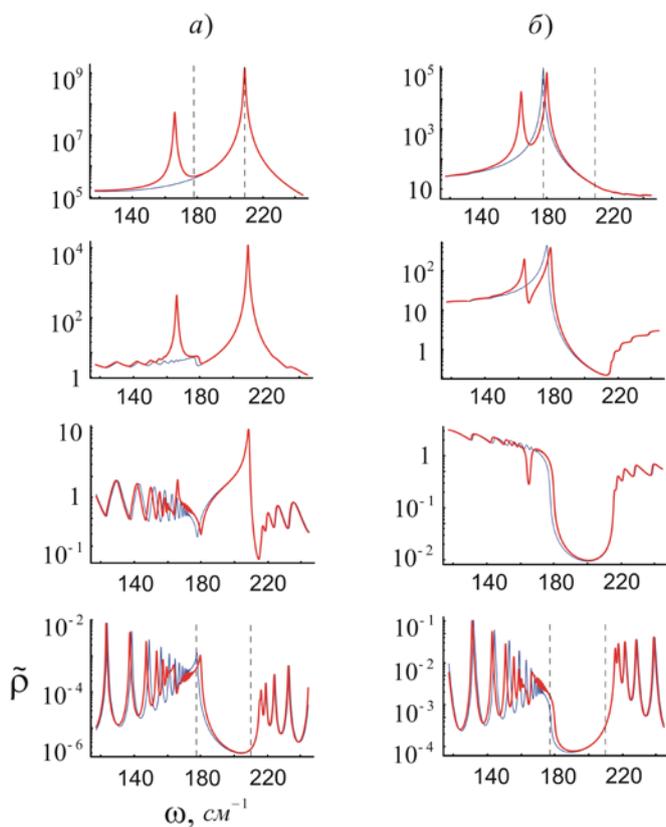
$$\frac{\varepsilon_f(\omega) - 1}{\varepsilon_f(\omega) + 2} \approx x \frac{\varepsilon_{CdTe} - 1}{\varepsilon_{CdTe} + 2} + (1-x) \frac{\varepsilon_{ZnTe} - 1}{\varepsilon_{ZnTe} + 2}, \quad (10)$$

где  $x \in [0, 1]$  – доля материала CdTe в растворе. Отметим, что формула (10), связывающая атомную или молекулярную поляризуемость с диэлектрической проницаемостью, получена для объёма вещества. В пространственно-ограниченных образцах симметрия и свойства материала изменяются при приближении к границе раздела, и расчёт локального поля вблизи поверхности, очевидно, должен быть скорректирован.

**2. Результаты расчётов и их обсуждение.** Рассмотрим ситуацию, в которой, нагретая до некоторой температуры система «плёнка материала на металлической подложке», высвечивает энергию в холодное окружение. Такая задача полностью соответствует большинству экспериментально реализуемых условий [4,8-10,12,13]. Основной объект нашего интереса связан с

плотностью состояний термостимулированного электромагнитного поля. Смысл изучения плотности состояний вместо спектральной плотности энергии состоит в том, что плотность состояний поля не зависит от температуры, а полностью определяется лишь оптическими и геометрическими характеристиками рассматриваемой системы. Сделанное утверждение справедливо при условии пренебрежения температурной зависимостью коэффициентов Френеля, что у нас и подразумевается.

Частотные зависимости нормированных плотностей состояний полей согласно (6) и (7) представлены на рисунках 1 и 2 для обеих поляризаций. На рис. 1 показаны графики плотности состояний нерадиационного поля (красные толстые кривые) при фиксированной толщине плёнки  $h_f = 5 \times 10^{-3} \text{ см}$  для трёхпроцентного твёрдого раствора CdTe в ZnTe. Тонкие тёмные кривые соответствуют случаю чистой плёнки ZnTe без примесей. Вертикальные штриховые линии расположены на частотах поперечного и продольного фононов чистого материала ZnTe. Обращает на себя внимание тот факт, что даже трёхпроцентный раствор приводит к появлению дополнительного хорошо различимого пика локального колебания кадмия на верхних двух графиках для обеих поляризаций на малых расстояниях от поверхности. С увеличением расстояния интенсивность электростатических резонансов резко падает с одновременным ростом электромагнитных резонансов волноводных мод обеих поляризаций.

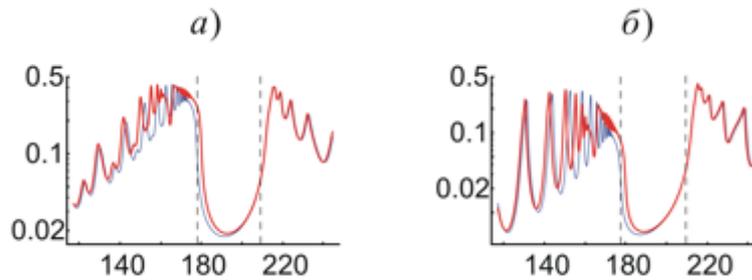


**Рис. 1.** Нормированная спектральная плотность состояний как функция частоты для “p” состояний – а) и для “s” состояний – б) согласно (7) при фиксированной толщине плёнки  $h_f = 5 \times 10^{-3} \text{ см}$  и доли растворённого вещества [12,13]. Красного цвета толстые кривые для трёхпроцентного твёрдого раствора CdTe в ZnTe, тонкие тёмные кривые для чистой плёнки ZnTe без примесей. Значения расстояний на рисунках сверху вниз для “p” поляризованных состояний  $h = 10^{-6} \text{ см}$ ,  $h = 5 \times 10^{-5} \text{ см}$ ,  $h = 5 \times 10^{-4} \text{ см}$  и  $h = 10^{-1} \text{ см}$ , так же и для “s” поляризованных состояний, за исключением нижнего графика, рассчитанного при  $h = 5 \times 10^{-3} \text{ см}$ .

Численные расчёты показывают, что с уменьшением толщины плёнки резонансы “s” поляризованных волн постепенно исчезают, в то время, как “p” резонансы остаются такими же мощными [12,13]. Это легко понять, поскольку “s” резонансам соответствует диполь, параллель-

ный границе раздела сред, и его изображение в металлической подложке эффективно компенсирует действие исходного диполя. А “p” резонансам соответствует диполь, перпендикулярный границам раздела, и его изображение в металле направлено так, что экранировки не происходит. Отметим также, что из всех приведённых графиков (подробнее опубликовано в [12,13]) следует, что разница в спектрах, связанная в частности с примесями, должна надёжно регистрироваться экспериментально, что было сделано ранее экспериментально в дальнем поле [4,8,12,15].

На рисунке 2 представлена нормированная плотность радиационных состояний как функция частоты также для обеих поляризацій; для “р” типа – а) и для “s” типа – б). Приведены графики  $\beta_{\omega}^{Pr}$  (красные толстые кривые) при фиксированной толщине плёнки  $h_f = 5 \times 10^{-3} \text{ см}$  для твёрдого раствора CdTe в ZnTe различной концентрации. При этом на тех же графиках даны кривые  $\beta_{\omega}^{Pr}$  (тонкие тёмные кривые) для случая чистой плёнки ZnTe без примесей. Вертикальные штриховые линии расположены на частотах поперечного и продольного фононов чистого материала ZnTe. Как и в случае нерадиационных состояний, тепловой спектр раствора даже при малых концентрациях заметно отличается от спектра плёнки ZnTe без примеси на алюминии. Многочисленные резонансы на этих рисунках соответствуют интерференционным модам Фабри-Перо, они располагаются в радиационной зоне на дисперсионной плоскости [4,8,15].



**Рис. 2.** Зависимость нормированной плотности радиационных состояний  $\beta_{\omega}^{Pr}$  от частоты для обеих поляризацій; для “р” типа – а) и для “s” типа – б), при фиксированной толщине плёнки  $h_f = 5 \times 10^{-3} \text{ см}$  [12,13]. Красные толстые кривые соответствуют твёрдому раствору CdTe в ZnTe на рисунках сверху вниз при  $x=0.03$ . Тонкие тёмные кривые приведены для случая чистой плёнки ZnTe без примесей. Вертикальные штриховые линии расположены на частотах поперечного и продольного фононов чистого материала ZnTe.

На верхних рисунках а) и б) между частотой продольного фонона CdTe и поперечного фонона ZnTe видны новые интерференционные моды в системе. Из всех приведённых графиков следует, что разница в спектрах должна надёжно регистрироваться экспериментально. Необходимо отметить, что спектры теплового поля, показанные на всех этих рисунках, существенно зависят от состава плёнки. Этот факт является следствием того, что спектр рассчитывался для задачи, в которой нагретый образец высвечивается в холодное окружающее пространство. Такая ситуация кардинально отличается от случая равновесной системы, в которой спектральная плотность энергии имеет известный вид [1, 4]:

$$\rho_{\omega}^{Pr} = \rho_{0\omega} + (\rho_{0\omega} / 2) \text{Re} \int_0^{\pi/2} \sin^3 \theta d\theta (r^S + r^P) \exp(2ik_0 h \cos \theta). \quad (11)$$

Сравнение с (1) показывает, что на больших расстояниях от поверхности образца (в дальней оптической зоне), спектр равновесного поля бегущих волн совершенно не зависит от свойств материала плёнки, и является планковским, как это и должно быть. При этом спектральная плотность энергии равновесного излучения описывается известной формулой  $u_{\omega} = u_{0\omega} = (\hbar\omega^3 / \pi^2 c^3) / [\exp(\hbar\omega / k_B T) - 1]$ . В этом кардинальное отличие равновесной от неравновесной системы тепловых полей.

Хорошо известно, что в рамках феноменологической теории [1] тепловое поле плоскостной системы на толстой подложке разделяется на радиационную часть, представляющую из себя совокупность бегущих, распространяющихся от их источника волн, и нерадиационную часть, то есть систему квазистационарных, эванесцентных, сосредоточенных в приповерхностной области волн, которые могут распространяться лишь вдоль границы раздела. От-

метим здесь, что такое разделение поля не является счастливой случайностью данной конкретной задачи, а присуще всем решениям граничных задач феноменологической электродинамики, да и не только ей. В рытовской корреляционной теории [1-3, 4] спектральная плотность энергии теплового поля, как и спектральная плотность любой компоненты поля на любом расстоянии от поверхности  $h$ , содержит характерный экспоненциальный фактор  $\exp(2iw_0h)$ , где  $w_0 = \sqrt{k_0^2 - p^2}$ ,  $k_0 = \omega/c$  - волновое число в вакууме, а  $p$  - параметр, изменяющийся от нуля до бесконечности. В зависимости от диапазона принимаемых этим параметром значений и происходит разделение поля, а именно, если  $0 \leq p \leq k_0$ , то волна имеет бегущий характер  $\exp(2i|w_0|h)$ , и может распространяться от поверхности в вакууме, и в этом случае параметр  $p$  является тангенциальной компонентой волнового вектора волны в вакууме  $p \equiv k_p = k_0 \sin \theta$ , где  $\theta$  есть угол между  $k_0$  и нормалью к плоской поверхности структуры. В диапазоне значений  $k_0 \leq p \leq \infty$  волна приобретает характер приповерхностного возбуждения  $\exp(-2|w_0|h)$ , и распространяется лишь вдоль границы раздела, параметр  $p$  является тангенциальным волновым числом такой квазидвумерной волны. В предельном случае  $p = k_0$  волны также распространяются вдоль границы раздела и не переносят энергию от источника. Уже из приведенных рассуждений должно быть понятно, что преобразование этих волн друг в друга возможно путём преобразования волновых векторов. Например, с помощью дифракционной решётки с некоторым периодом  $d$ , когда волну с тангенциальной компонентой  $p \equiv k_p = k_0 \sin \theta$  из диапазона значений  $0 \leq p \leq k_0$  можно преобразовать в волну с тангенциальной компонентой  $p \equiv k_p = k_0 \sin \theta + m(2\pi/d)$ , где  $m$  - целое число, в диапазон значений  $k_0 \leq p \equiv k_p \leq \infty$ , и, конечно, наоборот. Или с помощью призмы с показателем рефракции  $n$ , когда тангенциальная компонента внутри призмы становится равной  $p \equiv k_p = nk_0 \sin \theta$ , и, в силу закона сохранения этой величины, остаётся такой же в вакуумном зазоре между призмой и поверхностью. Ещё одним способом является локальное возмущение нерадиационных полей небольшим зондирующим объектом, например, в схеме ближнепольного микроскопа, в результате чего рассеянное поле будет содержать радиационные волны, которые могут быть транспортированы по волноводу к регистрирующему устройству. Необходимо специально отметить, что в совокупности нерадиационных волн особую роль играют поверхностные поляритоны, как собственные состояния границы раздела. В случае плёнки достаточной толщины на подложке, к поверхностным поляритонам добавляется целый набор волноводных мод. Формально поверхностные поляритоны и волноводные моды соответствуют резонансам, которые можно получить из коэффициентов Френеля, из этих же коэффициентов следуют дисперсионные уравнения для этих возбуждений. В свою очередь, все части теплового поля могут быть разделены также на систему волн различной поляризации, для плоской поверхности это волны "р" и "s" поляризаций.

Следует еще раз отметить, что в отличие от локальной плотности состояний нерадиационной части поля, плотность состояний радиационной части не содержит зависимости от расстояния до поверхности, и превалирует на больших расстояниях. Следует отметить также, что в большинстве экспериментов, регистрация полей происходит в дальней зоне, поскольку анализируются либо собственно бегущее тепловое поле изучаемого образца, либо радиационное поле, возникающее в результате возмущения нерадиационного поля призмой, дифракционной решёткой или каким-либо зондом. В этом и заключается особенность экспериментального исследования нерадиационных состояний, или квазистационарных тепловых полей, неразрывно связанных с источником поля: информацию приносят бегущие волны, являющиеся продуктом распада квазистационарного состояния. Фактически, в эксперименте происходит трансформация полей. В этом смысле, методы оптических измерений чем-то похожи на эксперименты в

ядерной физике, или в физике космических лучей, где о частице имеют информацию по продуктам распада, или производимого ею разрушения. Отсюда следуют и очевидные ограничения на производимые возмущения в эксперименте, поскольку они не должны существенно менять набор собственных состояний изначально невозмущённой системы. Из вышесказанного следует, что исследование свойств теплового поля в дальней, радиационной зоне, является неизбежным этапом во многих экспериментах, несмотря на то, что огромный пласт важнейшей информации о свойствах поля заключен в приповерхностных, нерадиационных полях [4,9-13].

**3. Заключение.** Спектр тепловых полей в дальней волновой зоне существенно зависит от того, в каких условиях он изучается. Хорошо известно, что в равновесной системе спектральный состав поля совершенно не зависит от свойств материала, из которого изготовлена замкнутая полость, и определяется законом Планка. Совершенно иная ситуация возникает в системе, в которой горячий образец высвечивается в холодное окружение. В этом случае спектр бегущих волн содержит полную информацию о составе образца и его геометрии. Это продемонстрировано в наших работах на примере плёнки твёрдого раствора  $Cd_xZn_{1-x}Te$  на алюминиевой подложке. В частности, количество резонансов Фабри-Перо и их положение полностью зависят от концентрации примеси и толщины плёнки, причём даже небольшие вариации этих параметров приводят к значительным количественным и качественным изменениям, которые могут быть надёжно зарегистрированы в эксперименте. При совпадении частот интерференционных мод и частот локальных колебаний атомов Cd в ZnTe наблюдается резонанс мод Фабри-Перо с локальным колебанием, что наблюдается в тепловых спектрах [4,8,15]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что регистрация изменений плотности состояний термостимулированных полей является плодотворным методом исследования физико-химические процессов в плёнках широкозонных полупроводников на металлических подложках.

Спектр тепловых полей в ближней зоне существенно зависит от того, на каком расстоянии от поверхности источника излучения он изучается. На малых расстояниях от поверхности пленки полупроводника на металле преобладает поле чисто электростатического типа на частотах продольных оптических фононов материала пленки твёрдого раствора. При этом оно на несколько порядков больше поля генерируемого структурой при той же температуре в дальней зоне. С увеличением расстояния от поверхности пленки электростатическое поле быстро убывает, и на некотором расстоянии становится сравнимым с квазистационарными полями волноводных и поверхностных поляритонов. При совпадении частот волноводных мод и частот локальных колебаний атомов Cd в ZnTe в квазистационарных полях, как и в радиационной зоне, наблюдается резонанс волноводных мод с локальным колебанием, что легко проявляется в тепловых спектрах. Спектральное исследование резонансных особенностей тепловых полей в непосредственной близости от поверхности планарной структуры даёт богатую и однозначную информацию о деталях динамики атомарной решётки плёнки твёрдого раствора. Полученные результаты свидетельствуют о том, что, варьируя в эксперименте различные параметры, такие как толщина плёнки, доля растворённого вещества, проводимость подложки так, чтобы вызвать рост плотности состояний в необходимом диапазоне частот, можно пытаться влиять на разнообразные физико-химические процессы вблизи поверхности, такие как адсорбция и десорбция, каталитическое ускорение скорости реакций и т.д.

Все результаты теоретических расчетов, использованные мной в данной лекции, выполнены к.ф.-м.н. Дорофеевым Илларионом Анатольевичем (Нижний Новгород).

**Работа была выполнена при поддержке программы Президиума РАН I.7 «Актуальные проблемы фотоники, зондирование неоднородных сред и материалов».**

## Список литературы

- [1] Левин М. Л., Рытов С. М. Теория равновесных тепловых флуктуаций в электродинамике. М: Наука, 1967.
- [2] Рытов С. М. Введение в статистическую радиофизику. Часть I. М: Наука, 1966.
- [3] Рытов С. М. Кравцов Ю. А. Татарский В. И. Введение в статистическую радиофизику. Часть II. М: Наука, 1978.
- [4] Виноградов Е.А., Дорофеев И.А. Термостимулированные электромагнитные поля твёрдых тел. М: Физматлит, 2010.
- [5] Carminati R. and Greffet J-J. // Phys. Rev. Lett. 1999. V.8 P.1660.
- [6] Henkel C Joulain K Carminati R Greffet J-J. // Opt. Commun. 2000. V.186. P. 57.
- [7] Joulain K Mulet J-P Marquier F Carminati R Greffet J-J. // Surf. Sci. Rep. 2005. V.57. P.59.
- [8] Vinogradov E. A. // Phys. Rep. 1992. V.217. P.159.
- [9] Виноградов Е.А., Дорофеев И.А. // УФН. 2009. Т. 179. № 5. С. 449.
- [10] Dorofeyev I.A., Vinogradov E.A. // Physics Reports. 2011. V.504. № 2-4, P.75.
- [11] Dorofeyev I.A., Vinogradov E.A. // Las. Phys. 2011. V.21, P.1.
- [12] Дорофеев И.А., Виноградов Е.А. О спектрах термостимулированного электромагнитного поля планарных структур сложного состава – II. Радиационные поля. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2014, № 1, с. 3-11.
- [13] Дорофеев И.А., Виноградов Е.А. О спектрах термостимулированного электромагнитного поля планарных структур сложного состава – I. Нерадиационные поля. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2014, № 1, с. 12-19.
- [14] Борн М., Вольф Э. Оптика. М., 1973.
- [15] Виноградов Е. А. // УФН. 2002. Т.172. С.347 и С.1371.
- [16] Mavrin B.N. and Vinogradov E.A. Optical phonon spectra in CdTe crystals and ternary alloys of CdTe compounds. Chapter II in the book "CdTe and related compounds; Physics, Defects, Technology, Hetero- and Nano-Structures and Applications. Part I." Ed. by Robert Triboulet and Paul Siffert. ELSEVIER. pp. 22-37, 2009.

## ЭКСИТОН-ЭХО И ЭКСИТОННАЯ КОГЕРЕНТНОСТЬ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ТОЧКАХ

В.В. Самарцев<sup>1,2</sup>, Д.И. Камалова<sup>2</sup>, Т.Г. Митрофанова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»  
Казань 420029, ул. Сибирский тракт, 10/7

<sup>2</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Институт физики  
Казань 420008, ул. Кремлевская, 16а  
E-mail: samartsev@kfti.knc.ru

Обсуждается возможность и условия наблюдения экситон-эха (ЭЭ) и экситонной когерентности (ЭК) на полупроводниковых квантовых точках типа CdSe–CdS–ZnS на спектрометре некогерентного фотонного эха в Институте спектроскопии РАН.

**Ключевые слова:** экситон, когерентность, квантовые точки

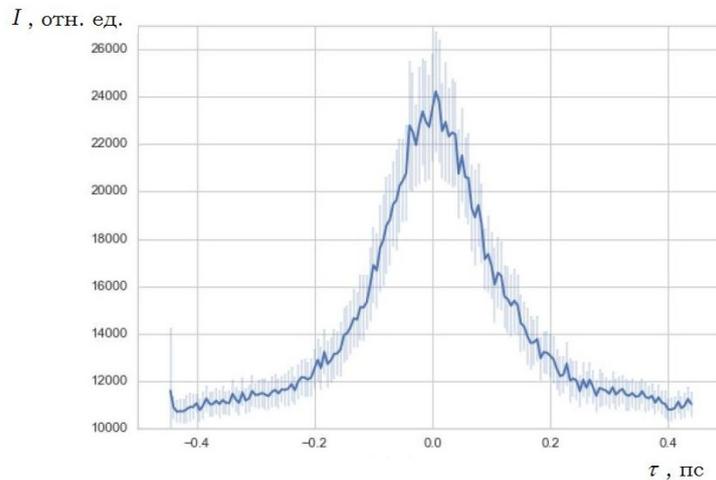
**Annotation** The possibility and conditions of an exciton echo (EE) and an exciton coherence (EC) observation on the CdSe–CdS–ZnS semiconductor quantum dots using the spectrometer of the incoherent photon echo (Institute of Spectroscopy of RAS) are discussed.

**Keywords:** exciton, coherence, quantum dots

**1. Введение.** Экситон-эхо (ЭЭ), предсказанное в 1972 году в работе [1], вновь начинает играть заметную роль в короткоимпульсной оптической спектроскопии полупроводников и, в первую очередь, в спектроскопии полупроводниковых квантовых точек (таких как CdSe–CdS–ZnS). В 2017 году появилось экспериментальное сообщение [2] об изготовлении в Институте спектроскопии РАН полупроводниковых квантовых точек CdSe–CdS–ZnS, растворенных в высокой концентрации в толуоле, и о наблюдении на них сигналов первичного фотонного эха (ПФЭ) и четырехволнового смешения (ЧВС) в широком диапазоне температур. Роль ядра квантовой точки (КТ), судя по монографии И.С. Осадько [3], выполняет нанокристалл CdSe, а роль оболочек – широкозонные полупроводники CdS и ZnS. Для приготовления образцов с КТ авторами [2] был создан стенд и разработана методика нанесения КТ на стеклянную подложку, когда небольшая доза концентрированного раствора КТ в толуоле (с помощью дозатора) наносилась на подложку. Затем подложку с раствором передвигали к неподвижно закрепленной пластине (толщиной 1 мм), после касания с которой раствор растекался по ребру подложки. После этого, с помощью микроскопической подвижки раствор слой за слоем наносился на подложку до получения пленки хорошего качества с большой оптической плотностью, причем сам процесс был визуализирован с помощью CCD-камеры.

Исследования велись на спектрометре некогерентного фотонного эха, разработанном проф. Ю.Г. Вайнером [4] и модернизированном авторами [2] в 2014 году [5, 6] (см. также монографию [7] с подробным описанием этого спектрометра). В качестве шумового лазера в нем использован безрезонаторный суперлюминесцентный источник на красителе (спиртовом растворе родамина 6G) с поперечной накачкой второй гармоникой импульсного твердотельного лазера на кристалле YAG:Nd. Первая и вторая линии задержек формировали первый и второй возбуждающие импульсы, задержка между которыми (в пределах от 5,6 фс до 4,0 нс) регулировалась прецизионным механизмом, снабженным шаговым двигателем. Образец помещался в измерительную камеру оптического гелиевого криостата с прецизионным регулированием температуры от гелиевой (с откачкой) до комнатной. Точная фокусировка лазерных лучей с

помощью конфокального люминесцентного визуализатора [6] позволяла более, чем на порядок, повысить интенсивность ПФЭ. Детектирование сигналов ПФЭ и ЧВС осуществлялось высокоскоростной CCD-камерой. Единственным пока результатом этих измерений в работе [2] стала кривая временного спада сигналов ЧВС и ПФЭ от ансамбля квантовых точек CdSe–CdS–ZnS на стеклянной подложке при комнатной температуре. Она воспроизведена на Рис. 1 [2].



**Рис. 1.** Кривые спада сигналов ЧВС и ПФЭ от ансамбля квантовых точек CdSe–CdS–ZnS на стеклянной подложке при комнатной температуре [2].  $I$  – интенсивность,  $\tau$  – время задержки второго импульса относительно первого.

Чтобы понять временной масштаб явлений, сделаем попытку оценить время спада  $T_2$  из правой части зависимости  $I(\tau)$  на приведённом рисунке по формуле:

$$T_2 = -4 \frac{\tau}{\ln(I/I_0)} = -4 \frac{2 \cdot 10^{-13}}{\ln(5,4 \cdot 10^{-1})},$$

где в качестве  $I_0$  взято значение 24000 при  $\tau = 0$ , а в качестве  $I$  – значение 13000 при  $\tau = 0,2$  пс. Воспользовавшись справочником [8] на стр.834, получаем  $\ln(5,4 \cdot 10^{-1}) = -0,61$ . В итоге имеем:  $T_2 = 1,3 \cdot 10^{-12}$  с, что на два порядка больше значения  $3 \cdot 10^{-14}$  с, приведенного в [2]. Это говорит о том, что при комнатной температуре спад ПФЭ не имеет вид одной экспоненты  $\exp(-4\tau/T_2)$ , а характеризуется, по крайней мере, двумя экспонентами. Как показано в работе [2], с понижением температуры форма кривой меняется: в области  $\tau = 0$  наблюдается ЧВС, а в области положительных задержек  $\tau$  наблюдается спад ПФЭ.

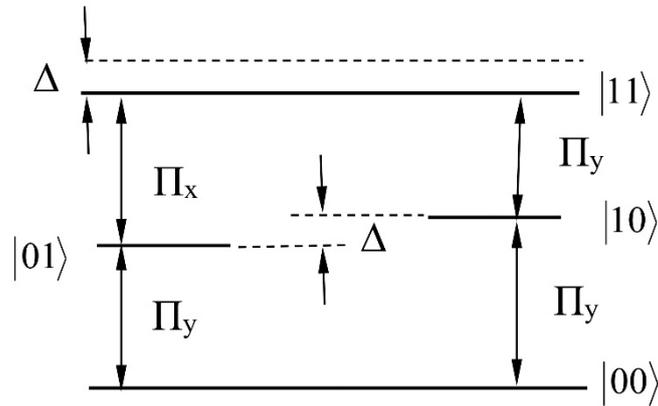
2. Современное положение дел в области экситон-эха на квантовых точках. ПФЭ на КТ нанопорошка GaAs еще в 2007 году исследовалось в эксперименте [9]. В этой работе подчеркнута существенная роль экситонной когерентности и биэкситонов при создании квантовой памяти на одиночных КТ. Установлено, что для создания такой памяти необходимо возбуждать одновременно не менее двух взаимодействующих экситонов, причем оба экситона могут отличаться поляризациями и должны иметь противоположные спины. Упомянем также работу [10], где при двухфотонном возбуждении в CdS вырожденного ЧВС также подчеркнута роль биэкситонов. Разумеется, речь идет об экситонах Ванье–Мотта [11, 12], напоминающих атомы водорода. Однако между экситоном Ванье–Мотта и атомом водорода есть принципиальное различие. Аннигиляция экситона Ванье–Мотта отличается от исчезновения атома водорода.

Когда в кювете спектрографа не останется ни одного атома водорода, то в спектре образца исчезнут все спектральные линии поглощения этого газа. В отличие от этого, в полупроводнике будут наблюдаться пики экситонного поглощения при формальном отсутствии самих экситонов, а интенсивность пиков будет пропорциональна концентрации всех валентных электронов, которые могут участвовать в образовании экситонных состояний. Поэтому полупроводник, в котором отсутствуют, но могут быть образованы экситоны, необходимо характеризовать концентрацией заполненных нулевых экситонных состояний  $N_{E0}$ , равных числу валентных электронов в единице объема кристалла ( $\sim 10^{22}$  см<sup>-3</sup>), т.е. то, что называется основным состоянием экситона, будет одновременно возбужденным состоянием кристалла как целого. Радиус экситона Ванье–Мотта обычно равен 10-7 см и более; как правило, он совпадает с радиусом КТ (например, радиус КТ CdSe составляет 3,8 нм). Заметим, что в спектрах экситонного поглощения и люминесценции наблюдаются линии фоновое повторения [12].

Несколько слов скажем об экспериментах по ПФЭ на экситонах. Среди них, – пикосекундное, разрешенное во времени, фотонное эхо в смешанном кристалле CdSe<sub>x</sub>Si<sub>1-x</sub> [13], обусловленное экситонами, локализованными на флуктуациях потенциала, при температуре 10 К. Эхо-эксперимент был поставлен Г. Ноллем с коллегами из Марбурга (Германия), которые установили, что время необратимой релаксации  $T_2$  при температуре 10°К равно 400 пс. Они предположили, что возможные дефазирующие процессы для локализованных экситонов: излучательная рекомбинация и перескоки (с испусканием фононов) в состояния с большей глубиной локализации. В работе [13] указаны эхо-эксперименты [14, 15] для свободных экситонов в объемных кристаллах GaAs и CdSe, в которых получены значения  $T_2$  порядка единиц пикосекунд при околорельевых температурах. Отметим также фемтосекундные эхо-эксперименты Н.С. Вашурина, И.И. Попова с коллегами [16] на тонких пленках оксида цинка ZnO/Si<sup>+</sup>/Si<sup>-</sup> с участием локализованных экситонов и биэкситонов. Они установили, что время продольной релаксации  $T_1$  в этих пленках различной толщины (от 100 нм до 2400 нм) составляет десятки пикосекунд.

3. Квантовый логический вентиль на КТ. Здесь мы будем следовать эксперименту [17] по созданию квантового логического вентиля (КЛВ) на одиночной КТ. Заметим, что результаты этой работы нашли отражение в гл.9 монографии [18]. В [17] установлено, что для создания КЛВ на одиночной КТ в ней необходимо возбудить два взаимодействующих экситона, отличающихся поляризациями и противоположными спинами. Авторами [17] показано, что в случае двух экситонов кулоновское взаимодействие между ними понижает полную энергию биэкситонного состояния на  $\Delta$  по сравнению со случаем, если бы эти экситоны не взаимодействовали. Полезна энергетическая схема, изображенная на Рис.2 и заимствованная из монографии [18].

Итак, в полупроводниковой КТ экситон играет роль кубита (единицы квантовой информации), а управление экситонным состоянием осуществляется с помощью ультракоротких импульсов, возбуждающих экситон в суперпозиционное состояние. Для короткоимпульсных экспериментов потребуется «двухцветная» схема возбуждения, поскольку энергии возбуждения экситона и биэкситона отличаются энергией связи экситонов в биэкситоне  $\Delta$ . Рассмотрим, для примера, биэкситонный переход  $|00\rangle \leftrightarrow |01\rangle$ , состояния которого ( $|00\rangle$  и  $|01\rangle$ ), для простоты дальнейшего изложения, обозначим как  $|0\rangle$  и  $|1\rangle$ . Напомним [19], что кубит имеет два «вектора вычислительного базиса»  $|0\rangle$  и  $|1\rangle$ , принадлежащие гильбертовому пространству, а произвольное (суперпозиционное) состояние  $|\varphi\rangle$  кубита является линейно взвешенной комбинацией векторов вычислительного базиса:



**Рис. 2.** Энергетическая схема квантового логического вентиля [18].  $\Pi_{x,y}$  – поляризации возбуждающих импульсов;  $\Delta$  – энергия связи экситонов в биэкситоне.

$$|\varphi\rangle = a|0\rangle + b|1\rangle = a \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + b \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix},$$

где весовые коэффициенты  $a$  и  $b$  являются амплитудами вероятности, удовлетворяющими соотношению:  $|a|^2 + |b|^2 = 1$ . Итак, до измерения кубит находится в обоих состояниях вычислительного базиса одновременно. КЛВ можно рассматривать как простейшее квантово-механическое устройство, осуществляющее фиксированное унитарное преобразование над избранными кубитами (в нашем случае, – биэкситонами и экситонами КТ) в течение фиксированного периода времени. Полезно заметить [19], что квантовой сетью называется квантовое вычислительное устройство, состоящее из квантовых вентилях, синхронизированных по времени. В КЛВ экспериментальной работы [17],  $\pi$ -импульс действует, скажем, на энергетическом переходе  $|10\rangle \rightarrow |11\rangle$  тогда и только тогда, когда другой ультракороткий импульс (или непрерывное «вынужденное» лазерное излучение) практически одновременно возбудил первый экситон в состоянии  $|10\rangle$ . В этом случае  $\pi$ -импульс порождает состояние  $|11\rangle$ , Это дает возможность построить зависимость этой населенности от площади импульса. Эта зависимость носит осциллирующий (с частотой Раби) характер. Поскольку разнообразие суперпозиций огромно, то и возможностей такого КЛВ множество.

Другой пример такого рода исследований выполнен японскими экспериментаторами [9] методом фотонного эха на экситонах и биэкситонах квантовых точек при температуре 2К в разных магнитных и электрических полях. По аналогии с [17], на каждой КТ возбуждались два экситона с противоположными спинами и разными поляризациями. Поэтому энергетическая схема КЛВ в работе [9], вероятнее всего, была той же, что и в работе [17]. Но снимали они кривые спада в различных магнитных и электрических полях, а не населенности, осциллирующие с частотой Раби. Квантовый выход излучательной релаксации связанных экситонов высок, поскольку электроны с дырками локализованы в нанометровом объеме внутри КТ, что делает их весьма привлекательными для квантовой памяти. В экспериментах [17] и [9] продемонстрирована возможность построения КЛВ на КТ.

4. Теория экситон-эха. Экситон эхо (ЭЭ) [1, 20] также, как и другие эхо-явления, относится к классу нелинейных оптических явлений и, поэтому, необходим ангармонизм в системе осцил-

ляторов экситонного поля, который обусловлен кинематическим (и динамическим) взаимодействием экситонов. В этом случае операторы рождения  $B_{k_f}^{\dagger}$  и уничтожения  $B_{k_f}$  экситонов с волновым вектором  $k$  удовлетворяют небозонным коммутационным соотношениям:

$$[B_{k_f}^{\dagger}, B_{k'_f}^{\dagger}] = \delta_{k, k'}^{\dagger} - \frac{2}{N} \sum_n B_{n_f}^{\dagger} B_{n_f} e^{in(k'-k)}, \quad (1)$$

где  $\delta_{k, k'}^{\dagger}$  – символ Кронеккера,  $N$  – число экситонов,  $B_{n_f}^{\dagger}$  и  $B_{n_f}$  – операторы рождения и уничтожения  $f$ -го электронного возбуждения на  $n$ -ом атоме квантовой точки.

Следуя [20], запишем выражение для среднего значения любой физической величины  $S(t)$  (например, поляризации  $\langle P(n, t) \rangle$ ) в следующем виде:

$$\langle S(t) \rangle = \text{Sp}(\rho_0 L^{-1}(t) S(t) L(t)), \quad (2)$$

где  $\rho_0$  – начальная матрица плотности,  $L(t)$  – оператор эволюции системы, имеющий вид:

$$L(t) = L_1 L_2 L_3 L_4 = \exp \left\{ - \sum_k i \Delta \omega_k^{(2)} (t - \tau) B_k^{\dagger} B_k \right\} \cdot \exp \left\{ i \frac{\theta_2}{2} \left[ \beta B_{k_2}^{\dagger} + \text{э.с.} \right] \right\} \cdot \exp \left\{ - \sum_k i \Delta \omega_k^{(1)} \tau B_k^{\dagger} B_k \right\} \cdot \exp \left\{ - i \frac{\theta_1}{2} \left[ \alpha B_{k_1}^{\dagger} + \text{э.с.} \right] \right\}, \quad (3)$$

где  $\tau$  – интервал между возбуждающими импульсами;  $\theta_1$  и  $\theta_2$  – импульсные площади;  $k_1$  и  $k_2$  – волновые векторы импульсов,  $\Delta \omega_k^{(1)}$  и  $\Delta \omega_k^{(2)}$  – параметры расфазировки после импульсов (1 и 2),  $\alpha$  и  $\beta$  – комплексные единичные коэффициенты. Среднее значение удельной поляризации среды может быть рассчитано по формуле:

$$\langle P(n, t) \rangle = \text{Sp} \left\{ \rho_0 L(t)^{-1} \left[ \frac{d_f}{V \sqrt{N}} \sum_k B_k^{\dagger} e^{-ikn} + B_k e^{ikn} \right] L(t) \right\}, \quad (4)$$

где  $d_f$  – электрический дипольный момент энергетического перехода  $f$ -го электронного возбуждения  $n$ -ого атома квантовой точки,  $V$  – объем квантовой точки. Интенсивность ЭЭ пропорциональна квадрату второй производной по времени от средней поляризации:

$$I_{EE} : \left| \left\langle \frac{d^2 P(n, t)}{dt^2} \right\rangle \right|^2. \quad (5)$$

Установлено, что экситон-эхо обязано небозонной части коммутационных соотношений, а значит – кинематическому и, разумеется, динамическому взаимодействиям экситонов. Опуская громоздкие вычисления, получаем, что интенсивность ЭЭ пропорциональна следующему множителю:

$$I_{EE} : \langle N_k \rangle^2 \sin^2 \theta_1 \cdot \sin^4 \frac{\theta_2}{2} e^{-i\hbar(2k_2 - k_1 - k_E)}, \quad (6)$$

где  $\langle N_k \rangle$  – среднее число экситонных состояний. Разумно называть экситон-эхом отклик на свободных экситонах [14, 15]. Эхо-отклик от квантовой точки, учитывая роль биэкситонов [9], можно назвать биэкситонным. Поскольку в эксперименте [2] в исследуемом образце содержалось  $N_{qd}$  квантовых точек, то в выражении (6) должен появиться соответствующий множитель. Направление высвечивания ЭЭ определяется экспоненциальным множителем выражения (6):

$$\vec{k}_E = 2\vec{k}_2 - \vec{k}_1, \quad (7)$$

где  $\vec{k}_E$  – волновой вектор ЭЭ.

В выражении (6) не хватает релаксационного временного множителя. Для его записи обратимся к эхо-эксперименту на квантовых точках CdSe, возбужденных при температурах  $T = 2 \div 26$  К на длине волны 600 нм [22]. В этой работе показано, что спад эхо-сигнала включает в себя две экспоненты:  $a_f \exp(-t/t_f) + a_s \exp(-t/t_s)$ , где первый член получил название быстрого (fast) спада, а второй – медленного (slow) спада. Быстрый спад характеризуется временем спада  $t_f = 2,7 \cdot 10^{-13}$  с, а медленный спад временем  $t_s = 3,8 \cdot 10^{-12}$  с. В более позднем эхо-эксперименте на квантовых точках CdSe–CdS–ZnS [23], возбужденных при  $T = 295$  К на длине волны 614 нм, установлено необратимое время спада оптической колебательной моды, равное  $1,59 \cdot 10^{-12}$  с, т.е. время, близкое к найденному в разделе 1. Такие времена релаксации доступны спектрометру некогерентного фотонного эха.

**5. Заключение.** Сделана попытка обсудить ситуацию с оптическими эхо-экспериментами на КТ после появления работы [2]. Новизна данной работы состоит в том, что в ней впервые анализируется вопрос о возможности наблюдения экситон-эха и экситонной когерентности на КТ. Анализ показал, что метод некогерентного фотонного эха [2, 4–6] позволяет получать значения необратимых времен релаксации T2 для локализованных экситонов в полупроводниковых КТ.

**Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №17-02-00701-а и №18-52-00026.**

### Список литературы

- [1] Samartsev V.V. Exciton inductions and echoes // Phys. Lett. – 1972, – V. 38A. – №5. – P. 363-364.
- [2] Karimullin K.R., Knyazev M.V., Arzhanov A.I., Nurtdinova L.A., Naumov A.V. Photon echo in the ensemble of semiconductor quantum dots spread on a glass substrate// Jour. of Physics. Conf. ser. – 2017. – V. 859. – P. 012010.
- [3] Осадько И.С. Флукутирующая флюоресценция наночастиц. – М.: Наука, 2011. – С.297-315.
- [4] Вайнер Ю.Г., Груздев Н.В. // Динамика органических аморфных систем при низких температурах: исследование резорфина в d<sub>1</sub> и d<sub>6</sub> этаноле при 1,7-35 К методом некогерентного фотонного эха // Оптика и спектроскопия. – 1994. – Т. 76. – № 2. – С. 252-258.

- [5] Каримуллин К.Р., Князев Н.В., Наумов А.В. Фотонное эхо в примесном полимере: новые данные о низкотемпературных процессах фазовой релаксации и их связь с уширением бифотонных линий одиночных молекул // Известия РАН. Сер. физ. – 2014. – Т. 78. – № 12. – С. 1537-1542.
- [6] Karimullin K.R., Knyazev M.V., Eremchev I.Y., Vainer Yu.G., Naumov A.V. A tool for alignment of multiple laser beams in pump-probe experiments // Meas. Sci. Technol. – 2013. – V. 24. – № 2. – P. 027002.
- [7] Самарцев В.В., Никифоров В.Г. Фемтосекундная лазерная спектроскопия. М.:Тривант, 2017. – С. 215-227.
- [8] Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. – М.: ГИФМЛ, 1963. – С.834-838.
- [9] Ikezawa M., Nair S., Suto F., Masumoto Y., Uchiyama C., Aihara M., Ruda H. Photon echo study of excitons and excitonic complexes in self-assembled quantum dots // J. Lumin. – 2007. – V. 122-123. – P. 730-734.
- [10] Hillmann F., Voight F., Redlin H. Two-photon echo in CdS // Appl. Phys. Lett. – 2000. – V. 77. – № 15. – P. 4181-4183.
- [11] Давыдов А.С. Теория твердого тела. М.: Наука, 1978. – С.311-321.
- [12] Грибковский В.П. Полупроводниковые лазеры. Минск: Изд-во Университетское, 1988. – С. 201-206.
- [13] Нолль Г., Зигнер У., Шевель С.Г., Гёбель Э. Пикосекундное разрешенное во времени фотонное эхо в системе собственных возбуждений среды (смешанные кристаллы) // Письма в ЖЭТФ. – 1990. – Т. 51. – №7. – С. 361-364.
- [14] Schultheis L., Kuhl J., Honold A., Tu C.W. Ultrafast phase relaxation of excitons via exciton-exciton and exciton-electron collisions // Phys. Rev. Lett. – 1986. – V. 57. № 13. – P. 1635-1638; Picosecond phase coherence and orientational relaxation of excitons in GaAs // Phys. Rev. Lett. – 1986. – V. 57. № 14. – P. 1797-1800.
- [15] Dornfeld C., Hvam J.M. Optical nonlinearities and phase coherence in CdSe studied by transient four-wave mixing // IEEE J. Quan. Electron. – 1989. – V. 25. – № 5. – P. 904-912.
- [16] Попов И.И., Вашурин Н.С., Газизов К.Ш., Путилин С.Э., Степанов С.А., Сушенцов Н.И., Сидорова В.Т. Фотонное эхо в парах молекулярного йода и нанопленках как метод оптической обработки информации // Известия РАН. Сер. физ. – 2012. – Т. 76. – № 3. – С. 322-325.
- [17] Li X., Wu Y., Steel D., Gammon D., Stievater T.H., Katzer D.S., Park D., Piermarocchi C., Sham L.J. An all-optical quantum gate in a semiconductor quantum dot // Science. – 2003. – V. 301. – № 5634. – P. 809-811.
- [18] Навотный Л., Хехт Б. Основы нанооптики. М.: Физматлит, 2009. – С.291-293.
- [19] Имре Ш., Балаж Ф. Квантовые вычисления и связь. М.: Физматлит, 2008. – 320 с.
- [20] Samartsev V.V., Sheibut Yu.E. Coherent optical phenomena in the exciton spectral range (review) // Laser Physics. – 1991. – V. 1. – № 5. – P. 482-503.
- [21] Wilcox R.M. Exponential operators and differentiation in quantum physics // J. Math. Phys. – 1967. – V. 8. – № 4. – P. 962-982.
- [22] Takemoto K., Hyun B.-R., Masumoto Y. Observation of homogeneous optical spectrum in CdSe quantum dots using femtosecond accumulated photon echo // Jour. of Luminescence. – 2000. – V. 87-89. – P. 485-487.
- [23] McKimmie L.J., Lincoln C.N., Jasieniak J., Smith T.A. Three-pulse photon echo peak shift measurements of capped CdSe quantum dots // J. Phys. Chem. C. – 2010. – V. 114. – P. 82-88.

## СВЕРХИЗЛУЧЕНИЕ В АНИЗОТРОПНЫХ МОДЕЛЯХ ФРАКТАЛЬНЫХ КОСМОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

В.С. Абрамов

ГУ Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина  
83114, Украина, Донецк-114, ул. Розы Люксембург, 72  
vsabramov2018@gmail.com

Предложена анизотропная модель для описания отдельных фрактальных космологических объектов. Взрывы сверхновых типа Ia, процессы слияния бинарных черных дыр, нейтронных звезд рассматриваются как отдельные импульсные источники во Вселенной. Для описания переходных сигналов и характерных параметров используется модель сверхизлучения Дикке и квантовая статистическая теория. Даны оценки параметров гравитационных волн, реликтовых фотонов, бозона и поля Хиггса, бинарных черных дыр, нейтронных звезд до и после слияния. Исследовано поведение полей деформации от фрактального индекса для ряда модельных систем.

**Ключевые слова:** фрактальные космологические объекты, сверхизлучение, бозон Хиггса, гравитационные волны, реликтовые фотоны, бинарные черные дыры и нейтронные звезды, анизотропная модель.

Anisotropic model for describing separate fractal cosmological objects are proposed. Busts of supernovae of type Ia, processes of binary black holes, neutron stars merger can be considered as separate impulse sources in the Universe. To describe the transient signals and characteristic parameters we use the superradiance model Dicke and the quantum statistical theory of superradiance. Parameters of gravitational waves, relic photons, boson and Higgs field, binary black holes, neutron stars before and after merging are estimated. The behavior of deformation fields on the fractal index for a number of model systems is investigated.

**Keywords:** fractal cosmological objects, superradiance, Higgs boson, gravitational waves, relic photons, binary black holes and neutron stars, anisotropic model.

**1. Введение.** На основе анализа спектра и углового распределения  $\gamma$ -излучения из галактического центра, синхротронной эмиссии от радиофиламентов млечного пути, диффузионной синхротронной эмиссии от внутренней области Галактики и сигналов (наблюдаются пики вблизи 2.4 кэВ) от трех прямых экспериментов (DAMA/LIBRA, CoGeNT, CRESST-II collaborations) в [1] была предложена модель частиц темной материи с энергией вблизи 10 ГэВ. Эта модель согласуется с данными о тепловом реликтовом излучении фотонов и о плотности распределения темной материи  $\rho_{dm} \sim r^{-1.3}$  (где  $r$  – расстояние до галактического центра) при гидродинамическом моделировании. Сделано предположение о наличии в галактическом центре сверхмассивной черной дыры или неразрешенного точечного источника типа миллисекундного пульсара. Частицы темной материи и темной энергии можно также наблюдать в экспериментах на большом адронном коллайдере (LHC) [2]. В [3] предложены теоретические модели частиц темной материи и темной энергии для варианта симметричной физики во Вселенной, результаты которых согласуются с экспериментальными наблюдениями из [1]. Гипотезу о наличии темной материи, темной энергии во Вселенной можно проверить на основе прямых гравитационных эффектов, волн [4]. Электромагнитное излучение (фотоны) этой прямой информации не несет. За создание детектора гравитационных волн и экспериментальное доказательство их существования Р. Вайсу, К. Торну и Б. Бэрришу в 2017 году была присуждена Нобелевская премия по физике. Слияние двух черных дыр с выделе-

нием энергии в форме гравитационных волн (ГВ) было зарегистрировано интерферометрами LIGO на детекторах в Ливингстоне (LD) и Хэнфорде (HD) [5]. Эти сигналы представляют собой зависимости амплитуд ГВ от времени. Появление ГВ от слияния двух нейтронных звезд впервые было зафиксировано 17 августа 2017 года [6]. Эти достижения в космологии дают толчок для развития новых теоретических моделей фрактальных структур Вселенной: Галактик, сверхскоплений Галактик, стен, филаментов, войдов [7], супервойда или “Холодного реликтового пятна” [8], черных дыр, нейтронных звезд [9]. Гипотеза иерархического строения Вселенной дает возможность использовать модели фрактальных дислокаций, квантовых точек [10 - 13] с переменными параметрами для описания отдельных элементов фрактальных структур Вселенной [14 - 16].

**Целью работы** является описание анизотропии отдельных фрактальных космологических объектов, переходных сигналов от бинарных черных дыр и нейтронных звезд, исследование поведения полей деформации от фрактального индекса для ряда модельных систем.

**2. Анизотропная модель фрактальных космологических объектов.** Расщепленные ветви энергий  $2\varepsilon_{02}$ ,  $2\varepsilon_{01}$  были получены с учетом энергии покоя бозона Хиггса  $E_{H0}$  и параметра порядка для поля Хиггса  $\Delta'_0=21.932728\text{ГэВ}$  (наличие Бозе-конденсата). На основе  $2\varepsilon_{01}=253.88297\text{ГэВ}$ ,  $2\varepsilon_{02}=246.18734\text{ГэВ}$ ,  $E_{H0}=125.03238\text{ГэВ}$ , параметров  $S'_{0x}$  ( $x=1,2,3,4$ ) из [13 - 16] получим энергетические спектры  $\varepsilon_{sx} = 2\varepsilon_{01}S'_{0x}$ ,  $\varepsilon'_{sx} = 2\varepsilon_{02}S'_{0x}$  (при  $\Delta'_0 \neq 0$ );  $E_{Hx} = 2E_{H0}S'_{0x}$  (при  $\Delta'_0 = 0$ ). Эти спектры дают возможность получить значения энергий  $\varepsilon_{s3} + \varepsilon'_{s2} = 125.29515\text{ГэВ}$  и  $\varepsilon_{s3} + \varepsilon'_{s1} = 126.63719\text{ГэВ}$  для бозона Хиггса, которые согласуются со значениями энергий  $125.3\text{ГэВ}$  и  $126.5\text{ГэВ}$  (наблюдаются особенности типа пиков), полученными на ЛНС [2]. Здесь  $\varepsilon'_{s1}=9.7345630\text{ГэВ}$ ,  $\varepsilon'_{s2}=8.3925264\text{ГэВ}$ ,  $\varepsilon_{s1}=10.03886\text{ГэВ}$ ,  $\varepsilon_{s2}=8.6548704\text{ГэВ}$  – акустические ветви спектра. Энергия  $\varepsilon'_{s1}z'_{A2} = 10.066602\text{ТэВ}$  (где  $z'_{A2} = 1034.109294$  – обычное красное смещение [14, 16]) близка к оценке  $10.103\text{ТэВ}$  для частиц темной энергии из [3]. Для оптических ветвей спектра  $\varepsilon_{s3} = 116.90262\text{ГэВ}$ ,  $\varepsilon'_{s3} = 113.35911\text{ГэВ}$  наблюдаются особенности типа «полочки». На основе параметров  $(\xi'_0)^2$ ,  $|\xi_{0H}|^2$  и молярной массы  $M_H = 24.4158758\text{г}$  из [13 - 16] вводим компоненты восприимчивости

$$\begin{aligned} \chi_{11} &= |\xi_{0H}|^2; \quad \chi_{21} = \chi_{02} = [(\xi'_0)^2 - 1] / \chi_{11}; \quad \chi_{31} = -\chi_{01}; \quad n_F + n'_F = 1; \\ n_F &= M_{02} / M_H = \chi_{02} / \chi_{11}; \quad n'_F = M_{01} / M_H = -\chi_{01} / \chi_{11}. \end{aligned} \quad (1)$$

С учетом (1) находим численные значения:  $\chi_{11}=0.1818001$ ,  $\chi_{02}=0.1719429$ ,  $\chi_{01}=-0.009857$ ,  $n_F=0.9457801$ ,  $n'_F=0.0542199$ ,  $M_{01}=1.3235946\text{г}$ ,  $M_{02}=23.087993\text{г}$ . На основе (1) и  $E_{H0}$  находим характерные энергии

$$\begin{aligned} E_{1\nu} &= -\chi_{01}E_{H0} = n'_F E_H; \quad E_{2\nu} = \chi_{02}E_{H0} = n_F E_H; \quad E_H = \chi_{11}E_{H0} = 22.730902\text{ГэВ}; \\ E_{1\nu} &= M_{01}c_0^2 = 1.2324679\text{ГэВ}; \quad E_{2\nu} = M_{02}c_0^2 = 21.498434\text{ГэВ}. \end{aligned} \quad (2)$$

С учетом  $E_{2x} = E_{2\nu}S'_{0x}$ ,  $\varepsilon_{Hx} = E_H S'_{0x}$  находим энергии  $E_{23} = 9.8991413\text{ГэВ}$ ,  $\varepsilon_{H3} = 10.466642\text{ГэВ}$  оптических ветвей спектров, близких к энергиям покоя частиц темной материи (на дне ям). Значение  $\varepsilon_{H1} / N'_{02} = 2.4420836\text{кэВ}$  лежит на акустической ветви спектра (вблизи пика  $2.4\text{кэВ}$  в спектре модуляции [1]).

Далее вводим вектор-строку  $\hat{\chi}_1 = (\chi_{11}, \chi_{21}, \chi_{31})$  и вектор-столбец  $\hat{\chi}_1^+$ . Эффективные восприимчивость  $|\chi_{ef}| = M_{ef}/m_{H0} = 0.2504252$ , молярную массу  $M_{ef} = 33.626373\text{г}$  находим из условий

$$\hat{\chi}_1 \hat{\chi}_1^+ = |\chi_{ef}|^2 = |\chi_{01}|^2 + |\chi_{02}|^2 + |\xi_{0H}|^4; \quad M_{ef}^2 = M_{01}^2 + M_{02}^2 + M_H^2. \quad (3)$$

Для учета нелинейных зависимостей эффективных смещений  $u_\mu = F(\varphi_\mu; k_\mu)$  (где  $F$  – неполный эллиптический интеграл первого рода) от угла  $\varphi_\mu$ , модуля  $k_\mu$  эллиптических функций типа  $\text{sn}(u_\mu; k_\mu)$ ,  $\text{cn}(u_\mu; k_\mu)$  используем модель фрактального осциллятора [12, 13], где введена матрица  $\hat{T}_{ef}$ . Действие  $\hat{T}_{ef}$  на  $|\chi_{ef}|$  приводит к матрице  $\hat{\chi}_{ef} = \hat{T}_{ef} |\chi_{ef}|$  с элементами  $\chi_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, 3$ )

$$\begin{aligned} \chi_{11} &= k'_\mu |\chi_{ef}|; & \chi_{21} &= k_\mu |\chi_{ef}| \text{cn}(u_\mu; k_\mu); & \chi_{31} &= k_\mu |\chi_{ef}| \text{sn}(u_\mu; k_\mu); \\ \chi_{12} &= -k_\mu |\chi_{ef}|; & \chi_{22} &= \chi_{11} \cos \varphi_\mu; & \chi_{32} &= \chi_{11} \sin \varphi_\mu; & \chi_{23} &= -|\chi_{ef}| \sin \varphi_\mu; \\ \chi_{13} &= 0; & \chi_{33} &= |\chi_{ef}| \cos \varphi_\mu; & k'_\mu &= \chi_{11} / |\chi_{ef}|; & (k'_\mu)^2 + k_\mu^2 &= 1. \end{aligned} \quad (4)$$

Численные значения равны:  $\chi_{12} = -0.1722252$ ,  $\chi_{22} = 0.1815021$ ,  $\chi_{32} = 0.0104052$ ,  $\chi_{23} = -0.014332913$ ,  $\chi_{33} = 0.2500148$ ,  $k'_\mu = 0.7259655$ ,  $\sin \varphi_\mu = 0.0572343$ . Характерные углы  $\varphi_\mu = 3.2810763^\circ$ ,  $\varphi'_\mu = \pi/2 - \varphi_\mu = 86.718923^\circ$ ,  $\varphi_\mu^* = \pi/2 + 2\varphi_\mu$  можно определять по наличию пиков в рентгеновских структурных спектрах.

Если  $\Delta'_0 = 0$ , то  $2\varepsilon_{02} = 2\varepsilon_{01} = 2E_{H0}$ . Отсюда следует, что  $(\xi'_0)^2 = 1$ ,  $\chi_{21} = 0$ , а из (4) получим условие  $k_\mu |\chi_{ef}| \text{cn}(u_\mu; k_\mu) = 0$ . Это условие может быть выполнено либо при  $k_\mu = 0$ , либо при  $\text{cn}(u_\mu; k_\mu) = 0$ . При этом  $\chi_{ij}$  будут принимать численные значения, отличные от приведенных выше.

На основе  $Q_{H6} = 1.5377463$  из [14, 16] и компонентов восприимчивости  $\chi_{ij}$  запишем для тензора спина черной дыры  $\hat{n}_{hs}$  элементы в виде  $n_{ij} = 2/(2Q_{H6} - z_{ij})$ , где  $z_{ij} = \chi_{ij}/2$ . Для диагональных элементов находим  $n_{11} = 0.6701082$ ,  $n_{22} = 0.6700747$ ,  $n_{33} = 0.6778546$ . После слияния бинарных черных дыр (БЧД) в [5] определено конечное значение спина черной дыры 0.67 и значение красного смещения  $z_s = 0.09$ . Наши расчетные значения  $n_{22}$  и  $z_{22} = 0.0907511$  близки к этим данным. Это указывает на тензорный характер спина черной дыры  $\hat{n}_{hs}$  и красного смещения  $z_{ij}$ , связанных с  $\chi_{ij}$ .

Основной параметр  $n_{A0}$  определяет спектр для чисел заполнения  $n_{Ax} = n_{A0} S'_{0x}$  черных дыр. Числа квантов БЧД до  $(n_{h1} = M_{h1}/M_s, n_{h2} = M_{h2}/M_s)$  и черной дыры после  $(2n_{A4} = M_{A4}/M_s)$  слияния определяются через космологическое красное смещение  $z'_\mu$ , параметр  $Q_{H2}$  из [14, 16] и  $n_{A0}$  из

$$\begin{aligned} \sin^2 \varphi'_{\mu\lambda} &= 2z_Q / (3z_Q + 1); & \cos^2 \varphi'_{\mu\lambda} &= (z_Q + 1) / (3z_Q + 1); & z_Q &= 1 / (2n_{A0} - 1); \\ n_{A0} &= (z'_{\mu\lambda})^2 - 1 = (z'_\mu + 3/2)(z'_\mu - 1/2); & z'_{\mu\lambda} &= z'_\mu + 1/2; & 1/z'_{\mu\lambda} &= \sin \varphi'_{\mu\lambda}; \\ n'_{A0} &= (z'_{\mu\lambda})^2; & n'_{A0} - n_{A0} &= 1; & z'_Q - z_Q &= 1; & \varphi'_{\mu\lambda} &= \varphi_a Q_{H2}. \end{aligned} \quad (5)$$

Здесь  $M_{h1}$ ,  $M_{h2}$  – массы первой, второй черных дыр до слияния;  $M_{A4}$  – масса черной дыры после слияния;  $M_s$  – масса Солнца. Используя значения параметров  $Q_{H2} = 1/3$ ,  $z'_\mu = 7.184181$  [14, 16], находим  $\sin \varphi'_{\mu\lambda} = 0.1301375$ ,  $n_{A0} = 58.046639$ . Угол  $\varphi_a = 22.432612^\circ$  можно определять по положению пика на аморфном основании в рентгеновском структурном спектре. На основе спектра  $n_{Ax}$  находим число квантов черной дыры  $2n_{A4} = 62.0042587$ , которая образовалась после слияния двух черных дыр. Число квантов второй черной дыры до слияния  $n_{h2} = n_{A0}/2 = n_{A4} - n_{A2} = n_{A3} + n_{A1} = 29.023319$ . В результате слияния этих БЧД гравитационными волнами уносится число квантов  $n_G = 1/Q_{H2} = 3$ . Число квантов первой черной дыры до слияния  $n_{h1}$  находим из уравнения  $(n_{h1} + n_{h2}) - 2n_{A4} = n_G$ , получим  $n_{h1} = 35.980939$ .

В [14, 16] при описании анизотропии реликтового излучения были получены связи температур  $T_A = T_r / N_{ra} = 2.617399 \text{ мК}$ ,  $T'_A = T_r / z'_{A2} = 2.6355822 \text{ мК}$  с температурой реликтового излучения  $T_r = 2.72548 \text{ К}$ , где  $N_{ra} = z'_{A2} + z'_\mu = 1041.293475$ . Отклонение температур  $\delta T_A = T'_A - T_A = 18.183633 \text{ мК}$  согласуется с экспериментальной средней величиной  $18 \text{ мК}$  колебаний температуры реликтового фона во фрактальной модели Вселенной. С другой стороны, в нашей модели супервойд или “Холодное реликтовое пятно” определяется температурой  $T_A^*$ , числом квантов  $N_{ra}^*$ , параметром  $z_\mu^*$

$$T_A^* = T_r / N_{ra}^*; \quad N_{ra}^* = z'_{A2} + z_\mu^*; \quad z_\mu^* = 2n_{A4} + (n_{A1} - n_{A2}). \quad (6)$$

Параметр  $z_\mu^* = 62.3206873$  допускает интерпретацию как эффективного космологического смещения на ранних этапах формирования структуры Вселенной после Большого взрыва и связан с числом квантов черной дыры  $2n_{A4}$ ,  $n_{A1}$ ,  $n_{A2}$ . Численные значения равны:  $N_{ra}^* = 1096.429981$ ,  $T_A^* = 2.4857766 \text{ мК}$ ,  $\delta T_A^* = T_A^* - T'_A = -149.8055448 \text{ мК}$  – отклонение температур согласуется с отклонением ( $-150 \text{ мК}$ ) из [8]. Знак «-» указывает на то, что область супервойда холоднее, чем соседние области.

**3. Описание переходных сигналов от бинарных объектов.** Взрывы сверхновых типа 1a, процессы слияния БЧД, бинарных нейтронных звезд (БНЗ) можно рассматривать как отдельные импульсные источники во Вселенной. При этом дополнительно (на фоне теплового реликтового излучения) возникают переходные гравитационно-волновые сигналы, излучение фотонов, интенсивность которых пропорциональна квадрату числа излучателей [17 - 21]. Для описания переходных сигналов излучения ГВ от слияния БЧД или БНЗ будем использовать полуклассическую модель сверхизлучения Дикке [17] и квантовую статистическую теорию сверхизлучения [18, 19]. Для интенсивности излучения  $J$  имеем [17]

$$J = J_0[(a_0^2 - a_m^2) + (a_0 + a_m)] = J_0(a_0 + a_m)[(a_0 - a_m) + 1]. \quad (7)$$

Здесь  $J_0$  – начальная интенсивность излучения; параметры  $a_0(t)$ ,  $a_m(t)$  в общем случае зависят от времени  $t$ , частоты и амплитуды ГВ, характеристик БЧД или БНЗ. Если  $J = J_m$  при  $t = t_m$ , где  $J_m$  – максимальная интенсивность излучения, то из (7) получим выражения для критической плотности  $\rho_c$

$$\rho_c^2 = (z'_{A2} - 1) / 2 + J_m / (2J_0); \quad a_0^2(t_m) = a_m^2(t_m) + z'_\mu(z'_\mu + 2) / 4; \quad a_m = (z'_{A2})^{1/2}, \quad (8)$$

где  $a_m(t_m) = 32.1575698$ ,  $a_0(t_m) = 32.4130298$ ,  $J_m / J_0 = 81.0658042$ . Значение  $\rho_c = 23.6027009$  близко к значению 23.6 для БЧД из [5]. Параметр  $a_0$  близок к отношению амплитуды сигнала к амплитуде шума 32.4 для БНЗ [6].

Для расчета длины волны  $\lambda_{\gamma b}$  от источника для БНЗ используем энергетические спектры  $\varepsilon_{\mu x} = 2\varepsilon'_{01} S'_{0x}$ ,  $\varepsilon'_{\mu x} = 2\varepsilon'_{02} S'_{0x}$  на основе энергий

$$2\varepsilon'_{01} = 2[E_{H0}^2 + (\delta_\mu)^2]^{1/2}; \quad 2\varepsilon'_{02} = 2[E_{H0}^2 - (\delta_\mu)^2]^{1/2};$$

$$\delta_\mu = E_{H0} \sin \varphi_\mu / Q_{H6}; \quad \lambda_{\gamma b} = R_{H0} |\chi_{ef}| (\varepsilon_{\mu 4} + \varepsilon_{\mu 2}) / (2E_{H0}). \quad (9)$$

Отметим, что параметр порядка  $\delta_\mu = 4.6536541 \text{ ГэВ}$  (описывает наличие Бозе-конденсата) зависит от угла  $\varphi_\mu$ , параметра  $Q_{H6}$ , что следует из (4), (5). Значения равны  $2\varepsilon'_{01} = 250.23791 \text{ ГэВ}$ ,  $2\varepsilon'_{02} = 249.89149 \text{ ГэВ}$ ,  $\lambda_{\gamma b} = 17081.85081 \text{ нм}$ . На основе  $\lambda_{\gamma b}$  от источника для БНЗ находим характерные параметры

$$\nu_{\gamma b} = \nu_0 / \lambda_{\gamma b}; \quad \Omega'_{c2} = \nu_{\gamma b}^2 / (4|\lambda|^2 N); \quad v_{\gamma b}^2 = \nu_0^2 / \Omega'_{c2}; \quad \Omega_{01} = \nu_{01}^2 / \nu_{\gamma b}^2,$$

$$\nu_0 = \nu_{01} / \Omega_{cH}; \quad H_0 = H_{01} / \Omega_{cH} = \nu_0 / L_0; \quad \Omega_{cH} = Q_{H0} + |S'_{01}|, \quad (10)$$

где  $\nu_{\gamma b} = 3.9749732 \text{ ГГц}$  – частота,  $\Omega'_{c2} = 0.2240917$  – плотность холодной темной материи,  $\nu_{\gamma b} = 14.3435364 \cdot 10^6 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$  – эффективная скорость Ферми, связанные с нейтронными звездами;  $\Omega_{01} = 0.2604412$ . С учетом значений постоянной Хаббла  $H_{01} = 73.2 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$ , скорости  $\nu_{01} = 7.32 \cdot 10^6 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$  (описывающих ускоренное расширение Вселенной),  $Q_{H0} = 1.039541282$ ,  $L_0 = 0.30857 \cdot 10^{25} \text{ см}$  из [12, 13], на основе выражений (10) получим значения постоянной Хаббла  $H_0 = 67.83540245 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$ , скорости  $\nu_0 = 6.783540245 \cdot 10^6 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$  в модели плоской космологии.

С учетом (1), связей  $n'_{F\nu} = (n'_F)^2$ ,  $n_{F\nu} = n_F(1 + n'_F)$  находим оценки плотностей нейтрино  $\Omega_{0\nu} = n'_{F\nu} = 0.0029398$  и холодной темной материи  $\Omega_{c1} = \Omega'_{c2} + \Omega_{0\nu} = 0.2270315$  (близко к оценке 0.227 из [4]).

Длина волны  $\lambda_{\gamma h} = 15091.54856 \text{ нм}$ , связанная с источником от черных дыр, определяется выражениями

$$\lambda_{\gamma h} = \lambda_{\gamma b} / \eta_{bh}; \quad \eta_{bh} = (1 + \Omega_{01} / 2)[1 + (n'_F)^2 / 2] = 1.1318819. \quad (11)$$

Значения  $\lambda_{\gamma h}$ ,  $\lambda_{\gamma b}$  близки к длинам волн 15091.4 нм, 17081.7 нм для источников от БЧД [5], БНЗ [6], соответственно. Из (9), (11) следуют взаимосвязи между Бозе-конденсатами для черных дыр и нейтронных звезд через  $E_{H0}$ . Величина  $z_Q = 0.0086886$  из (5) близка к красному смещению 0.009 для БНЗ [6].

Находим спектр для чисел заполнения  $n_{cx}$  (на основе  $n_{ch} = 5.3329458$ ) и полное число квантов  $n_{tot}$  после слияния БНЗ из выражений

$$n_{cx} = n_{ch} S'_{0x} = M_{cx} / M_s; \quad n_{ch} = 1 / (\psi_{ch} - 1); \quad \psi_{ch}^* = z'_Q \psi_{ch}; \quad \psi_{ch} = 1 + S'_{02} / \chi_{11};$$

$$n_{tot} = M_{tot} / M_s = 2n_{c4} - n_{1c} = 2n_{3c} + (2n_{2c} + n_{1c}); \quad n'_{tot} = 2n_{c4} - 2(n_{c1} - n_{c2}), \quad (12)$$

где  $M_{cx}$  и  $M_{tot}$  – эффективные молярные массы до и после слияния. Расчетные значения  $\psi_{ch} = M_{ch} / M_s = 1.1875136$ ;  $\psi_{ch}^* = M_{ch}^* / M_s = 1.1978315$  близки к 1.188 и 1.1977 для эффективных молярных масс  $M_{ch}$  и  $M_{ch}^*$  в рамках детектора ГВ от источника БНЗ [6];  $n_{tot} = 2.7428373$  и

$n'_{tot} = 2.8192016$  близки к 2.74 и 2.82 (низко-спиновое и высоко-спиновое приближения) [6].

Для характерной частоты гравитационной волны  $\nu_{GW}$  имеем

$$\begin{aligned} \nu_{GW} &= 4\nu_{\lambda 0} = N_{ra}\nu_{\gamma 0}; \quad \nu_{\lambda 0} = 1/(N'_0 - N'_{02})\tau_{s0}; \quad \tau_{s0} = 2(|S'_{01}| + |S'_{02}|)/|\lambda_{\nu 0}|; \\ \tau_{s0} &= \tau_{\lambda 2}/N'_{02} = \tau'_{\lambda 2}/N'_0; \quad \tau'_{\lambda 2} - \tau_{\lambda 2} = \tau_{\lambda 0} = 1/\nu_{\lambda 0}; \quad \nu_0 = 2z'_{\mu}\nu_{\lambda 0}/(2z'_{\mu} + 1). \end{aligned} \quad (13)$$

Параметр  $|\lambda_{\nu 0}| = 130.5593846$  кГц связан с параметром  $\delta_{\mu}$  из (9), описывающим наличие Бозе-конденсата для нейтронных звезд. При  $|\lambda_{\nu 0}| = 0$  из (13) следует, что частоты мягких мод  $\nu_{\lambda 0} = 0$  и  $\nu_{GW} = 0$ . Далее из (13) находим  $\tau_{s0} = 1.1279355$  мкс,  $\nu_{\lambda 0} = 152.94372$  Гц,  $\nu_{GW} = 611.774864$  Гц,  $\nu_0 = 142.99186$  Гц,  $\tau_{\lambda 0} = 6.538353$  мс,  $\tau_{\lambda 2} = 0.4151367$  с,  $\tau'_{\lambda 2} = 0.4216751$  с.

Время появления  $\gamma$ -излучения после слияния нейтронных звезд  $\tau_{\gamma 0}$  определяется разностью времен коалесценции  $\tau'_{c0}$ ,  $\tau_{c0}$  по формулам

$$\begin{aligned} \tau_{\gamma 0} &= \tau'_{c0} - \tau_{c0} = 1/\nu_{\gamma 0}; \quad \tau'_{c0} = \tau_{\gamma 0}n'_{A0}; \quad \tau_{c0} = 1/\nu_{c0} = \tau_{\gamma 0}n_{A0}; \quad 2\varepsilon'_{dm} = A_d\tau'_{c0}; \\ 2\varepsilon^*_{dm} &= A_d\tau_{c0}; \quad \tau_0 = 1/\nu_0 = \tau_{\lambda 0}(1 + 1/2z'_{\mu}); \quad \nu_{\gamma 0} = \nu_{c0}n_{A0} = \nu'_{c0}n'_{A0}; \quad \nu'_{c0} = 1/\tau'_{c0}. \end{aligned} \quad (14)$$

Здесь  $A_d = 2 \cdot 10^{40} N_r^2$  ГэВ  $\cdot$  с $^{-1}$ ,  $N_r^2 = 1.0948944 \cdot 10^{-41}$ ,  $\tau_{\gamma 0} = 1.7020861$  с,  $\tau_{c0} = 98.800376$  с,  $\tau'_{c0} = 100.5024616$  с,  $\nu_{\gamma 0} = 0.5875144$  Гц,  $\nu_{c0} = 0.0101214$  Гц,  $\nu'_{c0} = 0.009950005$  Гц. Время задержки ГВ между детекторами LD и HD  $\tau_0 = 6.9934050$  мс из (14) определяется через время  $\tau_{\lambda 0}$  из (13) и космологическое красное смещение  $z'_{\mu}$ . С учетом спектров  $\varepsilon_{dx} = 2\varepsilon^*_{dm}S'_{0x}$ ,  $\varepsilon'_{dx} = 2\varepsilon'_{dm}S'_{0x}$  находим энергии  $\varepsilon_{d3} = 9.9621148$  ГэВ,  $\varepsilon'_{d3} = 10.1337373$  ГэВ оптических ветвей спектров, которые близки к энергии покоя частиц темной материи (в потенциальной яме). Значение  $\varepsilon'_{d1}/N'_{02} = 2.3644101$  кэВ лежит на акустической ветви спектра (вблизи пика 2.4 кэВ в спектре модуляции [1]).

Запишем спектры  $\nu_{rx} = 2\nu_{ra}S'_{0x}$  и  $\nu'_{zx} = 2\nu'_{z\mu}S'_{0x}$  на основе  $\nu_{ra}$  и  $\nu'_{z\mu}$ , где

$$\begin{aligned} \nu_{ra} &= \Omega_{ra}\nu_{\lambda 0} = \Omega_{ra}\nu_{GW}/4; \quad \nu'_{z\mu} = \nu_{ra}z'_{\mu}; \quad \Omega_{ra} = N_{ra}\Omega'_{c1}/z'_{A2}; \\ \nu_{ra} &= \nu_{r3} + \nu_{r1} = \nu_{r4} - \nu_{r2}; \quad \nu'_{z\mu} = \nu'_{z3} + \nu'_{z1} = \nu'_{z4} - \nu'_{z2}; \quad \nu^*_{z\mu} = \nu'_{z3} + \nu'_{z2} = \nu'_{z4} - \nu'_{z1}. \end{aligned} \quad (15)$$

Численные значения равны  $\Omega_{ra} = 0.2296560$ ,  $\nu_{ra} = 35.124438$  Гц,  $\nu'_{z\mu} = 252.34032$  Гц,  $\nu^*_{z\mu} = 249.589164$  Гц. Если  $z'_{\mu} = 1$ , то из (15) следует, что спектр  $\nu'_{z\mu}$  переходит в спектр  $\nu_{ra}$ . При слиянии черных дыр детекторы LD и HD зафиксировали сигналы как серию импульсов, частота которых увеличивалась с 35 Гц до 250 Гц. При этом амплитуда сигналов возрастала до максимального значения, а затем резко падала до уровня шума. Наши расчетные значения частот  $\nu_{ra}$ ,  $\nu'_{z\mu}$ ,  $\nu^*_{z\mu}$  согласуются с данными по обнаружению ГВ при слиянии БЧД [5].

Далее запишем спектр  $\nu_{Wx} = \nu_{GW}S'_{0x}$  на основе частоты  $\nu_{GW}$ . Значение частоты  $\nu_{W1} = 24.1903624$  Гц согласуется с частотой 24 Гц, которую начинает регистрировать LD в эксперименте по обнаружению ГВ при слиянии БНЗ [6].

Пусть  $h_{mL}$ ,  $h_{mH}$  – максимальные значения амплитуд сигналов ГВ, регистрируемых детекторами LD, HD;  $h_{\xi L}$ ,  $h_{\xi H}$  – уровень шума после прохождения ГВ. Сигнал ГВ на детекторе HD появляется позже на время задержки  $\tau_0$ , чем на детекторе LD. С учетом (7), (8) запи-

шем связи для амплитуд сигналов ГВ, возникающих при слиянии черных дыр

$$2h_{mH}/h_{mL}=(1+a_m/a_0)[1+(a_0-a_m)]; \quad h_{mH}h_{\xi L}=h_{mL}h_{\xi H};$$

$$2h_{\xi H}/(2h_{mH}+h_{\xi H})=2h_{\xi L}/(2h_{mL}+h_{\xi L})=|\xi_{0H}|^2. \quad (16)$$

На основе (16), получим численные значения  $h_{mL}=0.9168936 \cdot 10^{-21}$ ,  $h_{mH}=1.146587 \cdot 10^{-21}$ ,  $h_{\xi L}=0.1833587 \cdot 10^{-21}$ ,  $h_{\xi H}=0.2292923 \cdot 10^{-21}$ .

Регистрируемые LD максимальное  $h'_{mL}$  значение амплитуды сигнала ГВ, уровень шума ГВ до и после слияния БНЗ  $h^*_{\xi L}$  и  $h'_{\xi L}$  находим из выражений

$$h'_{mL}=2a_0/n_{\Omega 2}=2a_0h_{mH}; \quad h^*_{\xi L}=2a_m/n_{J0}=2a_mh_{\xi H}; \quad 1/n_{J0}=h_{\xi H};$$

$$h'_{\xi L}=2h'_{mL}|\xi_{0H}|^2/(2-|\xi_{0H}|^2); \quad 1/n_{\Omega 2}=h_{mH}=|\xi_q|^2 E_G/(4|\lambda|^2 N_{ra} E_{H0} N'_{02}). \quad (17)$$

Численные значения равны  $h'_{mL}=7.4328715 \cdot 10^{-20}$ ,  $h^*_{\xi L}=1.4746969 \cdot 10^{-20}$ ,  $h'_{\xi L}=1.4864119 \cdot 10^{-20}$ ,  $E_G=12.117531$  мкэВ;  $h'_{mL}/h^*_{\xi L}=5.0402707$ . Полученные оценки из (16) и (17) согласуются с данными из [5, 6].

В [14, 16] были получены значения для максимума  $\nu_{r1}=160.3988698$  ГГц и сдвинутой  $\nu_{r2}=142.8161605$  ГГц частот реликтового излучения фотонов. По данным реликтового излучения, с учетом  $\xi_q = \nu_{r1} - \nu_{r2}$ , в [15] получены значение частоты  $2|\lambda|N^{1/2}=8.396945157$  ГГц в спектре и плотность холодной темной материи  $\Omega'_{c1}=4|\lambda|^2 N/|\xi_q|^2=0.228071512$ . Отметим, что в нашей модели частота  $2|\lambda|N^{1/2}$  определяет щель в спектре элементарных возбуждений типа поляритонов [15, 21] и связана с частотой акустической ветви соотношением  $2|\lambda|N^{1/2}|S'_0|=332.0259764$  МГц. Этот результат согласуется с данными из наблюдений радиофиламентов [1] о том, что темная материя доминирует на частоте 330 МГц.

**4. Поведение полей деформации отдельных фрактальных структур.** Гипотеза иерархического строения Вселенной позволяет использовать модели фрактальных наносистем (дислокаций, квантовых точек) для описания отдельных фрактальных структур космологических объектов.

При моделировании нелинейных эффективных смещений  $u_\mu = F(\varphi_\mu; k_\mu)$  из (4) основным параметром является  $b_0=1-2\text{sn}^2(u_\mu; k_\mu)$ . Выражения для четырех ветвей эффективных смещений  $u_{\mu i}$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) имеют вид [12, 13]

$$2u_{\mu 1}(z, \alpha) = g_1 - g_2 + g_4; \quad 2u_{\mu 2}(z, \alpha) = g_1 - g_2 - g_4; \quad (18)$$

$$2u_{\mu 3}(z, \alpha) = -g_1 - g_2 + g_5; \quad 2u_{\mu 4}(z, \alpha) = -g_1 - g_2 - g_5. \quad (19)$$

Функции  $g_1, g_2, g_3, g_4, g_5$  зависят от координаты  $z$ , фрактального индекса  $\alpha$  вдоль оси  $Oz$  и моделируются выражениями

$$g_2(z, \alpha) = g_{20} |z - z_c| \Gamma^\alpha; \quad g_3(z, \alpha) = g_{30} |z - z_c| \Gamma^{2\alpha}; \quad (20)$$

$$g_{20}(\alpha) = 2^{-2\alpha} 3^{3\alpha-1/2} \Gamma(\alpha+1/3) \Gamma(\alpha+2/3) / \sqrt{\pi} \Gamma(\alpha+1/2); \quad (21)$$

$$g_{30}(\alpha) = 2 \cdot 3^{3\alpha-1/2} \Gamma(\alpha+1/3) \Gamma(\alpha+2/3) / \pi; \quad g'_{30}(\alpha) = 1/g_{30}(\alpha); \quad (22)$$

$$g_4(z, \alpha) = [(g_1 + g_2)^2 - g_3]^{1/2}; \quad g_5(z, \alpha) = [(-g_1 + g_2)^2 - g_3]^{1/2}. \quad (23)$$

Здесь  $\Gamma$  – гамма-функция;  $g_{20}, g_{30}, g'_{30}$  – нелинейные разрывные функции от фрактального индекса  $\alpha$  (рис. 1). Функции  $g_2, g_3$  из (20) также становятся нелинейными на фоне степенных зависимостей.

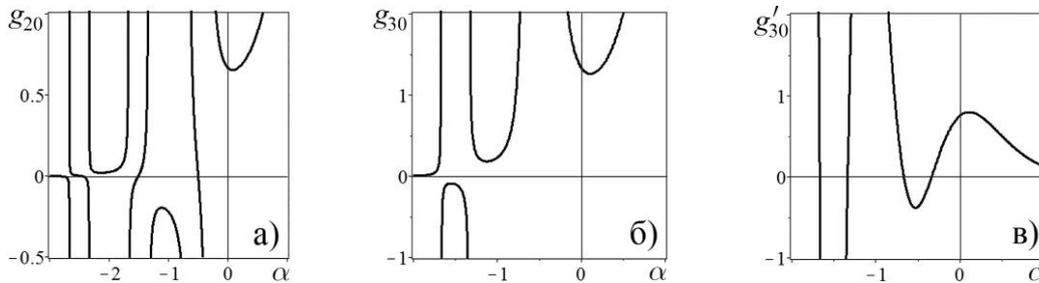


Рис. 1. Поведение функций  $g_{20}, g_{30}, g'_{30}$  от  $\alpha$ .

Функция  $g_{20}(\alpha)$  имеет нули при  $\alpha = -(n_\alpha + 1/2)$ , где  $n_\alpha = 0, 1, 2, \dots$  (рис. 1 а). Функция  $g'_{30}(\alpha)$  имеет нули при  $\alpha = -(n_\alpha + 1/3), \alpha = -(n_\alpha + 2/3)$  (рис. 1 в). Нелинейная функция  $g_1$  зависит от  $u_\mu, \alpha$  и индексов  $n, m, j$  узлов решетки

$$g_1(u_\mu, \alpha; n, m, j) = k_\alpha^2 (1 - 2 \operatorname{sn}^2(u_\mu - u_0; k_\mu)); \quad k_\alpha^2 = (1 - \alpha) / Q; \quad (24)$$

$$Q = p_{0\alpha} - b_1(n - n_0)^2 / n_c^2 - b_2(m - m_0)^2 / m_c^2; \quad p_{0\alpha} = p_0 - b_3(j - j_0)^2 / j_c^2. \quad (25)$$

Здесь  $u_0$  – постоянное смещение;  $p_0, b_1, b_2, b_3, n_0, n_c, m_0, m_c, j_0, j_c$  – характерные параметры. Функция  $k_\alpha$  зависит от  $\alpha$ , индексов  $n, m, j$  узлов решетки  $N_1 \times N_2 \times N_3$ . В нашей модели эта функция определяет поведение модуля  $k_\mu = \operatorname{sn}(u_{0\alpha}, k_\alpha)$ , где  $u_{0\alpha} = F(\varphi_{0\alpha}, k_\alpha)$ ;  $\varphi_{0\alpha}$  – полярный угол. В результате  $k_\mu$  (неявно зависит от  $n, m, j$ ) и четыре ветви  $u_{\mu i}$  из (18), (19) становятся случайными функциями.

При численном моделировании для прямой  $z = z_1$  и обратной  $z = z_2$  волн полагалось, что  $z_1 = 0.053 + h_z(j_z + 33); z_2 = 6.653 - h_z(j_z + 33), h_z = 0.1; j_z = 5; n = \overline{1, 30}; m = \overline{1, 40}; u_0 = 29.537; u_{0\alpha} = \pi/5.2; p_0 = 1.0123$ . Решение уравнений (18), (19) для ветвей  $u = u_{\mu i}$  выполнено методом итераций по переменной  $m$ .

Сначала рассмотрим состояние слоя без квантовой точки. В этом случае параметры  $b_1 = b_2 = b_3 = 0$ , а функция  $Q = p_0$ . Исследуем поведение отдельных ветвей функции смещения прямой (рис. 2 а) и обратной (рис. 2 б-е) волн от фрактального индекса  $\alpha$ . Для прямой волны (рис. 2 а) поведение функции смещения для всех ветвей является регулярным: вдоль оси  $Om$  для 3, 4 ветвей наблюдаются осцилляции с постоянными амплитудами; для 1, 2 ветвей характерны затухающие осцилляции с выходом на постоянные значения при увеличении  $m$ .

Для обратной волны (рис. 2 б) кроме регулярного поведения 1, 2, 3 ветвей наблюдается ярко выраженное стохастическое поведение 4 ветви, для 3 ветви характерно наличие второй гармоники.

При  $\alpha = -1.5$  для ветвей 1, 4 (рис. 2 в) наблюдаются осцилляции с увеличенными амплитудами, а для ветвей 3, 2 (рис. 2 в) – затухающие осцилляции с амплитудами порядка

$\pm 6.6 \cdot 10^{-7}$ . При  $\alpha = -2.5$  для ветвей 1, 4 (рис. 2 г) характерно появление особенностей по сравнению с рис. 2 в: для ветви 1 – изменение формы, амплитуды осцилляций; для ветви 4 – удвоение периода осцилляций. Для ветвей 3, 2 (рис. 2 г) характерны затухающие осцилляции с уменьшенными амплитудами порядка  $\pm 2 \cdot 10^{-10}$ . При  $\alpha = -3.5$  ветви 3, 2 демонстрируют ярко выраженные нелинейные осцилляции (рис. 2 д). Для отдельных пиков 3 ветви характерно появление особенностей типа локального минимума между двумя горбами. Ветви 1, 4 принимают нулевые значения. При  $\alpha = -4.5$  (рис. 2 е) ветви 3, 2 демонстрируют осцилляции с увеличенными амплитудами, ветви 1, 4 остаются с нулевыми значениями. При дальнейшем изменении  $\alpha < -4.5$  характер поведения всех четырех ветвей практически не изменяется, что свидетельствует о наличии критического значения фрактального индекса вблизи  $\alpha = \alpha_c = -4.5$  для рассматриваемого состояния слоя.

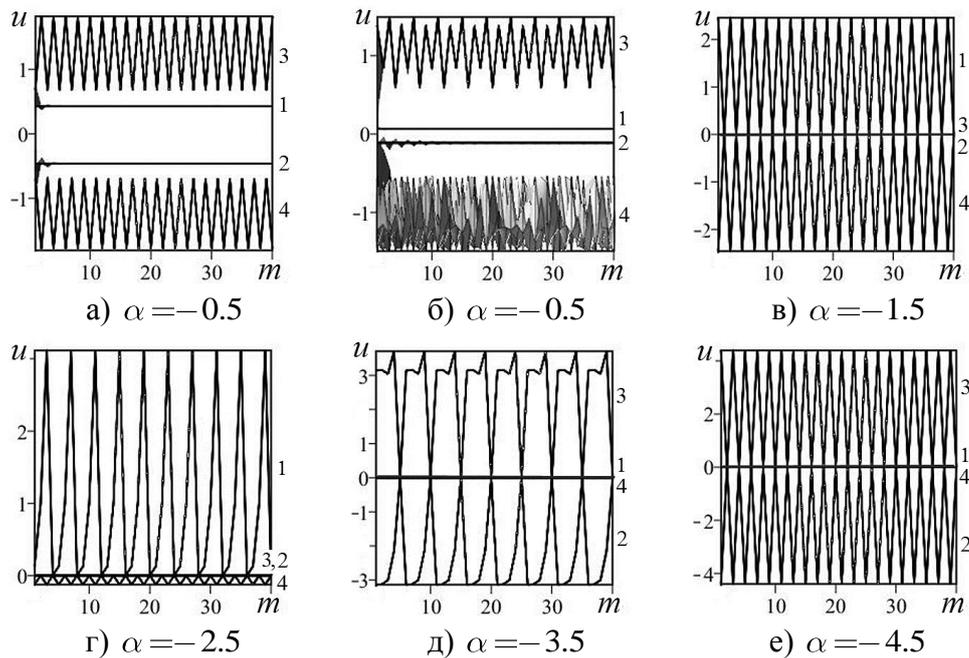


Рис. 2. Зависимости проекций  $u$  на плоскость  $mOx$  для прямой (а) и обратной (б-е) волн от  $m$  для различных  $\alpha$ : 1 -  $u_{\mu 1}$ , 2 -  $u_{\mu 2}$ , 3 -  $u_{\mu 3}$ , 4 -  $u_{\mu 4}$ .

Это связано с нелинейным поведением разрывных функций  $g_{20}$ ,  $g_{30}$  из (21), (22) от  $\alpha$ . Характер поведения ветвей прямой волны при изменении  $\alpha$  качественно совпадает с таковым для обратной волны.

Далее рассмотрим состояние слоя с квантовой точкой (рис. 3, 4). Это состояние описывается основными параметрами  $b_1 = b_2 = b_3 = 1$ ;  $n_0 = 14.3267$ ;  $n_c = 9.4793$ ;  $m_0 = 19.1471$ ;  $m_c = 14.7295$ ;  $j_0 = 31.5279$ ;  $j_c = 11.8247$ . Из выражения (25) по заданному  $p_{0\alpha} = -3.457 \cdot 10^{-11}$  находим усредненные значения для номера слоя  $j$ :  $j_1 = 19.63070035$ ,  $j_2 = 43.42509965$ . При организации итерационного процесса полагалось  $j = j_1$ . В этом случае модуль  $k$  неявно зависит от  $n$ ,  $m$  и становится случайной функцией. Все четыре ветви для прямой (рис. 3) и обратной (рис. 4) волн демонстрируют существенно различные поведения функции смещения.

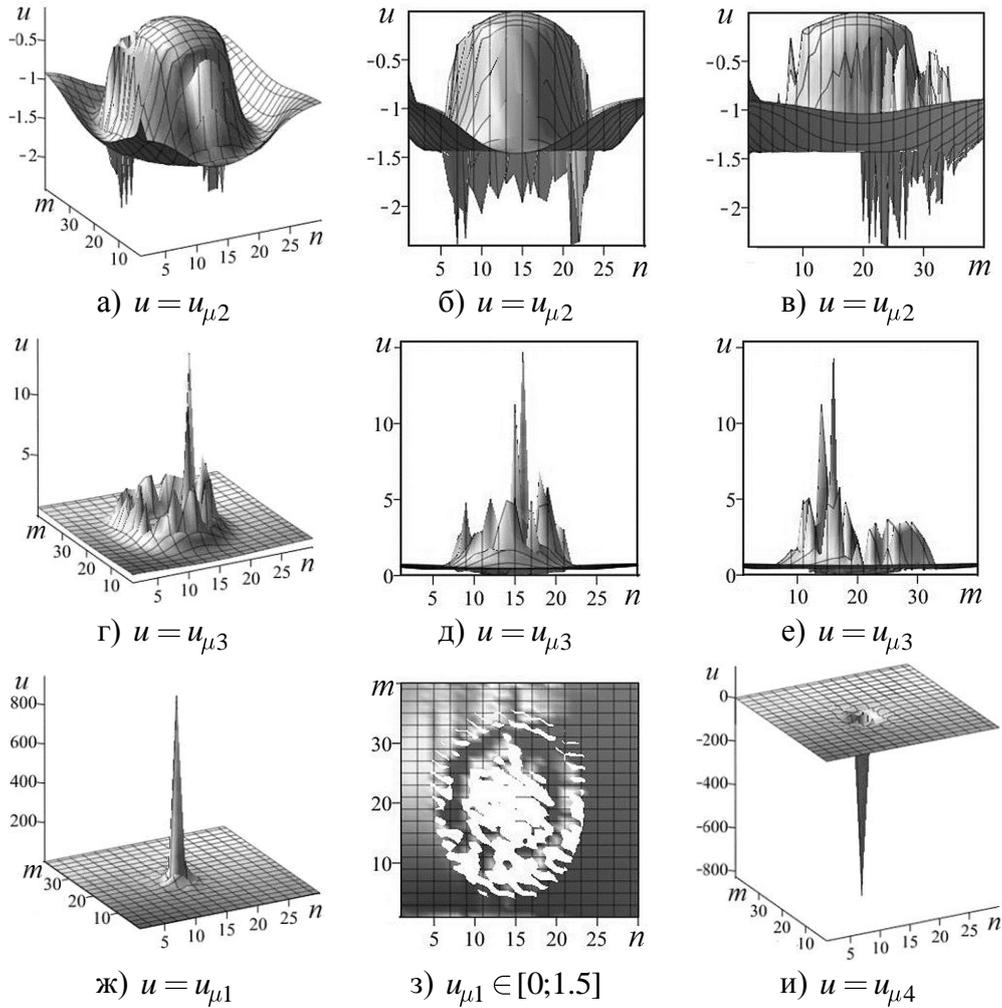


Рис. 3. Зависимости  $u$  от  $n, m$  при  $\alpha = -0.5$  для различных (а, г, ж, и) ветвей прямой волны: проекции на  $nOu$  (б, д),  $mOu$  (в, е), сечение (з) – вид сверху.

Для ветвей 1, 4 прямой (рис. 3 ж, рис. 3 и) и обратной (рис. 4 ж, рис. 4 и) волн характерно наличие пиков противоположной ориентации с большими амплитудами, что свидетельствует о состоянии слоя с квантовой точкой. Поведение ядра такой квантовой точки существенно отличается от поведения ядер квантовых точек из [14]. Вместо регулярного волнового поведения [14] границы ядер становятся стохастическими. Внутри ядер (рис. 3 з, рис. 4 з) наблюдаются особенности типа островков, перемычек, сужений, ям. Для 2 ветви прямой волны ядро имеет выпуклую форму (рис. 3 а-в), а для обратной волны ядро приближается к плоской форме (рис. 4 а-в). Для 3 ветви прямой волны ядро имеет вогнутую форму типа ямы (рис. 3 г-е), а для обратной волны (рис. 4 г-е) ядро имеет плоское дно. Для границ этих ядер характерно наличие пиков с малыми амплитудами (образуются особенности типа дополнительных ям, перевалов, долин). Эти особенности поведения поля деформации указывают на возникновение эффективного многоямного потенциала в слое с квантовой точкой.

Изменение фрактального индекса  $\alpha$  приводит к существенному изменению стохастического поведения границ ядер (рис. 5). Так для 2 ветви обратной волны (рис. 4 в) при  $\alpha = -2.5$  (рис. 5 а) наблюдается появление стохастического пика вниз на стохастическом фоне с практически постоянной амплитудой.

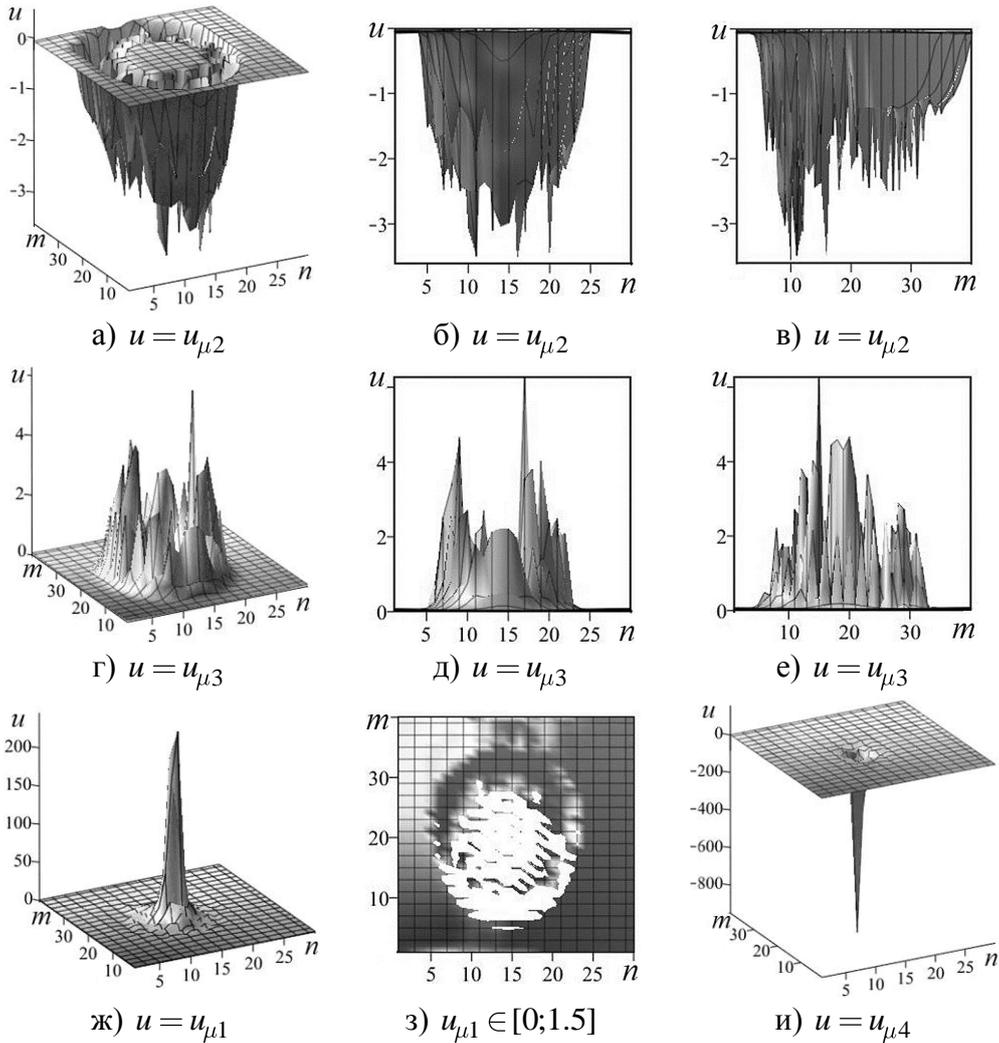


Рис. 4. Зависимости  $u$  от  $n, m$  при  $\alpha = -0.5$  для различных (а, г, ж, и) ветвей обратной волны: проекции на  $nOu$  (б, д),  $mOu$  (в, е), сечение (з) – вид сверху.

При  $\alpha = -4.5$  стохастический пик исчезает, а стохастический фон остается (рис. 5 б). При дальнейшем изменении  $\alpha$  (рис. 5 в) у стохастического фона наблюдается образование провала вблизи  $m = m_0$ .

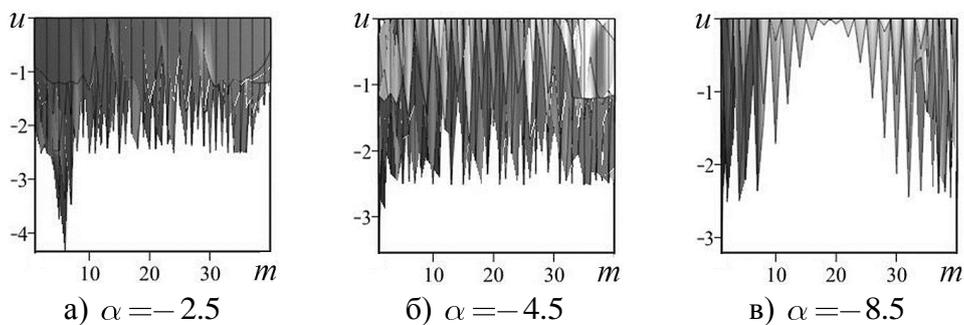


Рис. 5. Зависимости проекций  $u = u_{\mu 2}$  на плоскость  $mOu$  для обратной волны от  $m$  для различных  $\alpha$ .

При изменении значений полуосей  $n_c$ ,  $m_c$  квантовой точки поведение поля деформации ядра и его границы существенно изменяется. При этом для первой ветви  $u_{\epsilon 1}$  наблюдается эффект ярко выраженной анизотропии (рис. 6 а, б, в). На границах для прямой волны возникает практически периодическая тонкая структура (рис. 6 а), а для обратной волны – структура с мелкими ямами (рис. 6 в).

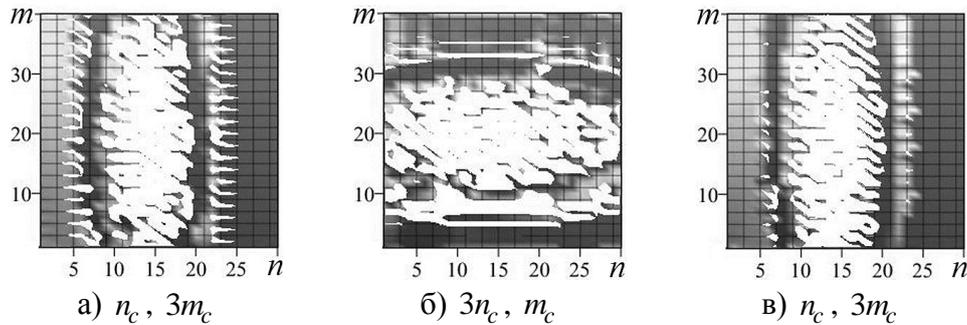


Рис. 6. Сечения  $u_{\epsilon 1} \in [0;1.5]$  (вид сверху) для прямой (а, б) и обратной (в) волн для различных полуосей  $n_c$ ,  $m_c$  при  $\alpha = -0.5$ .

**5. Заключение.** Предложена анизотропная модель для описания основных параметров космологических объектов (источник спина которых носит тензорный характер). С учетом поля Хиггса выполнены оценки энергий бозона Хиггса, реликтовых фотонов, отклонения температуры реликтового фона. Показано, что природа супервойда или “Холодного реликтового пятна” связана с наличием черной дыры и ее влиянием на реликтовые фотоны. Установлены связи параметров гравитационных волн, реликтовых фотонов и бозона Хиггса для бинарных черных дыр и нейтронных звезд. Щель в спектре элементарных возбуждений типа поляритонов свидетельствует о наличии возможных частиц темной энергии и темной материи.

Для описания переходных сигналов (гравитационных волн, реликтового излучения) предложено использовать модель сверхизлучения Р. Дикке и квантовую статистическую теорию сверхизлучения. Выполнены оценки основных параметров переходных сигналов в модели сверхизлучения гравитационных волн и реликтовых фотонов.

На основе гипотезы о иерархическом строении Вселенной при моделировании поля деформации отдельных структур предложено использовать квантовые модельные системы с переменными параметрами. Наличие переменных параметров в многослойной фрактальной наносистеме приводит к появлению неявной зависимости модуля  $k$  от узлов объемной решетки. В результате все четыре ветви функции смещения  $u_{\mu i}$  становятся случайными функциями. Показано, что для слоя без квантовой точки характерно наличие нелинейных осцилляций, которые зависят от фрактального индекса. Для слоя с квантовой точкой особенности поведения поля деформации указывают на возникновение эффективного многоямного потенциала. Структура ядер квантовых точек в слое имеет выпуклую, вогнутую и плоскую формы со стохастической границей. Возможно образование стохастического пика и появление провала на стохастическом фоне. Изменение полуосей квантовой точки приводит к эффекту анизотропии.

Результаты работы докладывались на XIII Международной научной школе-семинаре «Фундаментальные исследования и инновации: нанооптика, фотоника и когерентная спектроскопия» (Йошкар-Ола, 2-8 июля 2018 г.).

## Список литературы

- [1] Hooper D. // Dark Universe. 2012. No 1. P. 1.
- [2] Carroll S. The Particle at the End of the Universe. Publ. by Dutton / New York, 2012.
- [3] Suh P.K. // IJARPS. 2018. V. 5. P. 19.
- [4] Punturo M. // Europhysics news. 2013. V. 44. No 2. P. 17.
- [5] Abbott B.P. et al. // Phys. Rev. Lett. 2016. V. 116. 061102. 16 p.
- [6] Abbott B.P. et al. // Phys. Rev. Lett. 2017. V. 119. 161101. 18 p.
- [7] Новосядлый Б. // Вселенная, пространство, время. 2016. 6 (143). С. 4.
- [8] Mackenzie R. et al. // arXiv:1704.03814v1 [astro-ph.CO] 12 p. Apr. 2017.
- [9] Hawking S. Black Holes and Baby Universes. Transworld Publishers. 1994.
- [10] Abramova O.P., Abramov A.V. // CMSIM Journal. 2017. No 2. P. 169.
- [11] Абрамова О.П. // Вестник Донецкого ун-та. Сер. А. 2017. № 1. С. 50.
- [12] Abramov V.S. // In book Applied Non-Linear Dynamical Systems. (Ed. J. Awrejcewicz). Springer Proceedings in Mathematics & Statistics. 2014. 93. P. 337.
- [13] Abramov V.S. // CMSIM Journal. 2015. No 1. P. 27.
- [14] Абрамов В.С. // Вестник Донецкого ун-та. Сер. А. 2017. № 1. С. 36.
- [15] Abramov V. // XI International Symposium on Photon Echo and Coherent Spectroscopy (PECS-2017). EPJ Web Conf. 2017. V. 161. 02001. 2 p.
- [16] Abramov V.S. // CMSIM Journal. 2017. No 4. P. 441.
- [17] Dicke R.H. // Phys. Rev. 1954. V. 93. No 1. P. 99.
- [18] Bonifacio R., Schwendimann P., Haake F. // Phys. Rev. A4. 1971. No 1. P. 302.
- [19] Bonifacio R., Schwendimann P., Haake F. // Phys. Rev. A4. 1971. No 3. P. 854.
- [20] Андреев А.В., Емельянов В.И., Ильинский Ю.А. // УФН. 1980. Т. 131. № 4. С. 653.
- [21] Абрамов В.С., Копвиллем У.Х. // Известия вузов. Физика. 1993. Т. 36. № 7. С. 5.

## ФОТОННОЕ ЭХО В ПОЛИМЕРЕ, ДОПИРОВАННОМ МОЛЕКУЛАМИ МЕТАЛЛО-ПОРФИРИНА

А.И. Аржанов<sup>1,2</sup>, К.Р. Каримуллин<sup>1,2</sup>, А.В. Наумов<sup>1,2</sup>, А.С. Старухин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт спектроскопии Российской академии наук

<sup>2</sup>Московский педагогический государственный университет

<sup>3</sup>Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси

e-mail: kamil@isan.troitsk.ru

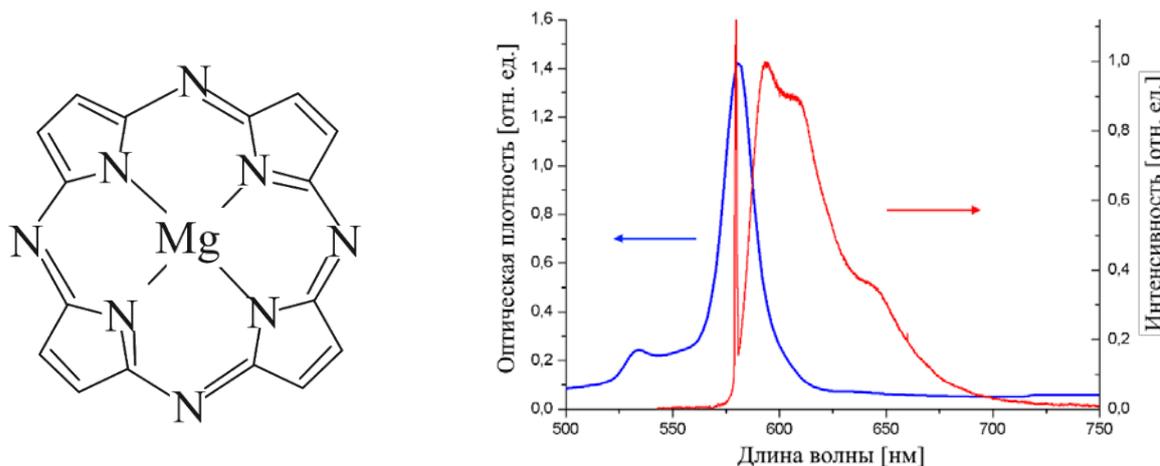
Представлены результаты низкотемпературных экспериментов по фотонному эху в полимерной пленке, допированной молекулами Mg-тетраазопорфирина. Обсуждаются возможные механизмы оптической дефазировки в исследуемом образце.

Исследование внутренней динамики в неупорядоченных твердотельных средах (полимерах, стеклах, кристаллах с дефектами и т.д.) является актуальной задачей в физике конденсированного состояния и материаловедении в связи с поиском новых материалов перспективных для использования в квантовой оптике, органической фотовольтаике и молекулярной электронике. Среди различных методов исследования большое распространение получили методы оптической спектроскопии примесного центра [1]. Большой объем информации о внутренней (микроскопической) динамике неупорядоченных сред может быть получен путем регистрации электронных спектров примесных молекул, помещенных в исследуемые матрицы. Оптические спектры таких хромофоров определяются переходами электронов во внешней электронной оболочке, весьма чувствительной к характеристикам ближнего локального окружения. Согласно многочисленным исследованиям спектр хромофорной молекулы представляет собой узкую бесфононную линию (БФЛ), соответствующую чисто электронному переходу в примеси без изменения числа фононов матрицы (оптический аналог эффекта Мессбауэра) и относительно широкое фононное крыло (ФК), обусловленное фотоиндуцированными переходами в примеси с рождением или уничтожением фононов матрицы. Если в матрице будут происходить какие-либо динамические процессы, то они будут проявляться в изменении параметров БФЛ. Конфигурационные изменения в ближнем локальном окружении хромофоров, происходящие с высокой скоростью, а также фононные возбуждения этого окружения, проявляются посредством однородного уширения (оптической дефазировки) спектральных линий примесных центров. Такие процессы, как переходы атомов и молекул в двухуровневых потенциалах, обладающие большими характерными временами, приводят к малым изменениям частот индивидуальных спектральных переходов (спектральной диффузии). Хромофорные молекулы являются практически идеальными пробными объектами, поскольку они не искажают эту динамику и обладают безынерционностью, что позволяет отслеживать сверхбыстрые изменения в локальном окружении примесного центра.

В данной работе мы исследовали полимерные пленки из аморфного поливинилбутираля, допированные молекулами Mg-тетраазопорфирина (Mg-TAP). Интерес к гетероциклическим молекулярным комплексам связан с их уникальными фотофизическими свойствами (см., например, [2]). Сопряженные гетероциклические хлорофиллоподобные соединения – порфирины, металлокомплексы порфиринов и их аналоги широко распространены в природе, где наиболее известными являются хлорофилл и гем. Данные комплексы могут служить модельными средами для изучения процессов оксигенации при фотосинтезе, процессов светозахвата и преобразования энергии в биологических объектах. Порфириновые комплексы, за счет генерации синглетного кислорода [3], находят применение в медицине, например, в терапии злокачественных опухолей. Металлокомплексы азопорфиринов интересны как перспективные

материалы для элементной базы органической электроники и как основа каталитических систем нового поколения.

Mg-ТАП был синтезирован по модифицированной методике [4] и тщательно очищен хроматографически. Структура полученного продукта (рис. 1) установлена методом ЯМР спектроскопии, а чистота подтверждена методами ИК, абсорбционной и флуоресцентной спектроскопии. В качестве полимерной матрицы использовался поливинилбутираль (ПВБ) фирмы Aldrich. Для получения полимерных пленок предварительно приготовленный раствор молекул Mg-ТАП в 2-метилтетрагидрофуране (2-МТГФ) разбавлялся раствором ПВБ в 2-МТГФ, после чего полученная смесь высушивалась между двумя стеклянными пластинами в вакуумной печи.

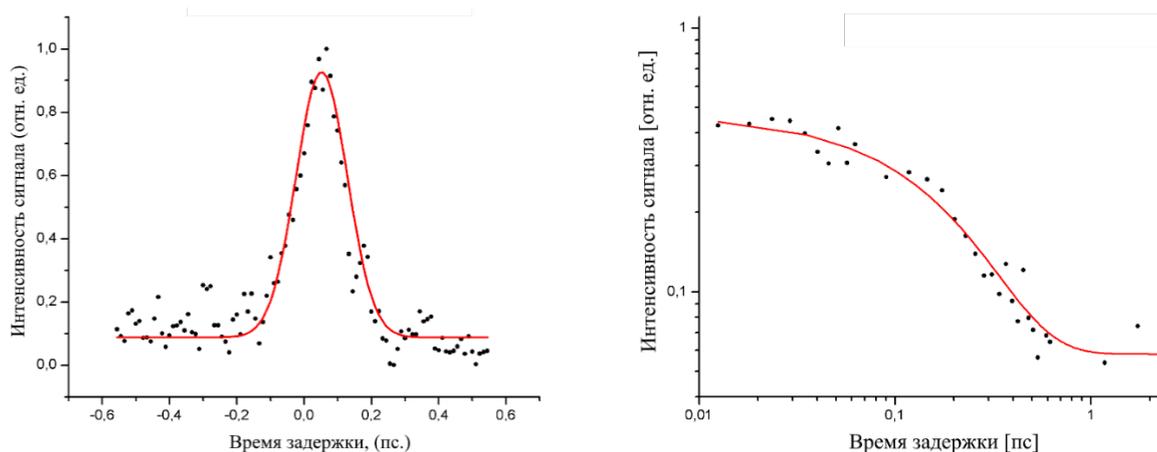


**Рис. 1.** Структурная формула молекулы Mg-тетраазопорфирина (слева), спектр поглощения (синяя линия) и спектр люминесценции (красная линия) для Mg-ТАП в поливинилбутирале (справа).

В полученном образце на спектрофотометре Specord M400 (Институт спектроскопии РАН) был измерен спектр поглощения (рис. 1, справа). Спектр люминесценции при длине волны возбуждения 580 нм был измерен при помощи светосильного спектрометра СДЛ-1 (Московский педагогический государственный университет, кафедра теоретической физики им. Э.В. Шпольского). Все измерения были выполнены при комнатной температуре. Для возбуждения спектра люминесценции на длине волны максимума спектра поглощения ( $\lambda_{\text{погл}} = 580$  нм) был использован перестраиваемый лазер на красителе Coherent-399R.

В образце были зарегистрированы сигналы четырехволнового смешения при комнатной температуре. Характерная для комнатной температуры симметричная кривая спада интенсивности сигнала четырехволнового смешения, показана на рис. 2 (слева). Для проведения криогенных измерений образец помещался в измерительную камеру оптического гелиевого криостата (RTI, Черноголовка). Температура контролировалась при помощи термоконтроллера Lakeshore 93C.

На рис. 2 (справа) показана кривая спада интенсивности сигнала некогерентного фотонного эха, измеренная при  $T = 7$  К для Mg-ТАП в поливинилбутирале. Кривая спада имеет вид, типичный для примесных органических молекулярных систем, где узкий пик приписывается фоновому крылу, а длинный спад – БФЛ. Полученное в результате обработки зарегистрированных нами кривых спада сигналов фотонного эха среднее значение характерного времени фазовой релаксации составило  $T_2 = 0,86 \pm 0,16$  пс, что соответствует значению однородной ширины спектрального перехода  $\Gamma_{\text{одн}} = 369,3 \pm 2$  ГГц.



**Рис. 2.** Кривые спада сигнала четырехволнового смешения при комнатной температуре (слева) и сигнала фотонного эха при температуре 7 К (справа) для Mg-тетраазопорфирина в полимерной пленке поливинилбутираля.

Полученное значение хорошо согласуется с данными работы [5] по исследованию спектров возбуждения люминесценции одиночных молекул Mg-тетраазопорфирина в тонкой пленке из аморфного полиизобутилена при  $T=6$  К, где была зарегистрирована спектральная диффузия в аномально широком спектральном диапазоне (вплоть до 950 ГГц). Уширение БФЛ при криогенных температурах может быть обусловлено процессами спектральной диффузии, связанными с наличием внутримолекулярных конформационных изменений, а также с влиянием локального окружения (полимерной матрицы) примесных молекул.

**Эксперименты по фотонному эху были выполнены в рамках гранта РФФИ № 18-02-01121\_а. Частично (А.С.С.) работа была поддержана средствами гранта ЕС в рамках программы Horizon 2020 (грант 645628). К.Р.К. и А.И.А. благодарят за поддержку грант Президента РФ для молодых ученых – кандидатов наук (проект МК-342.2017.2 – спектроскопия новых люминесцирующих материалов).**

### Список литературы

- [1] А.В. Наумов // УФН. 2013. Т. 183. С. 633.
- [2] Ю.Г. Горбунова и др. // Макрогетероциклы. 2017. Т. 10. № 4-5. С. 400.
- [3] А.В. Борисов, В.И. Цивенко, И.А. Мясников // Журнал физ. химии. 1991. Т. 65. № 9. С. 2540.
- [4] R.P. Linstead, M. Whalley // J. Chem. Society (Resumed). 1952. P. 4839.
- [5] А.О. Савостьянов и др. // Письма в ЖЭТФ. 2018. Т. 107. № 7. С. 426.

**ФИЗИКА-МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ-ТЕХНОЛОГИИ-ОБОРУДОВАНИЕ****ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ БЕСКОНТАКТНЫЙ МЕТОД  
РЕГИСТРАЦИИ ВЫСОКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ**

**А.В. Голенищев-Кутузов, В.А. Голенищев-Кутузов, Д.А. Иванов,  
Г.Д. Марданов, А.В. Семенников**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»,  
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51,  
e-mail: samrosebe@gmail.com*

Описан дистанционный бесконтактный метод регистрации электрических полей высокой напряженности промышленной частоты, а также их пространственной ориентации. Метод основан на применении электрооптического эффекта. В качестве датчика использован фотонный кристалл. Метод позволяет повысить точность дистанционного измерения напряженности градиентов электрических полей (до 10 кВ/см) на высоковольтной изоляции.

**Ключевые слова:** дистанционная диагностика, частичные разряды, высоковольтные изоляторы, фотонный кристалл, дефекты изоляции.

A remote non-contact method for recording electric fields of high intensity of the industrial frequency and their spatial orientation is described. The method is based on the use of an electro-optical effect. The sensor is a photonic crystal. The method makes it possible to improve the accuracy of remote measurement of the intensity of electric field gradients (up to 10 kV/cm) on high-voltage insulation.

**Key words:** remote diagnostics, partial discharges, high-voltage insulators, photonic crystal, insulation defects.

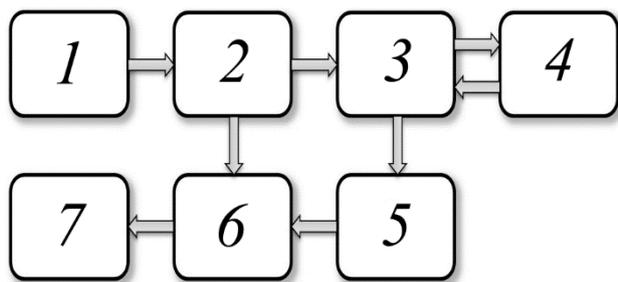
**1. Введение.** В настоящее время в условиях активно развивающейся электроэнергетической отрасли становится все более актуальной проблема регистрации электрических полей промышленной частоты (50-60 Гц), являющихся частью сверхнизкочастотного диапазона радиочастотного спектра, наиболее распространенной как в производственных условиях, так и в быту. На производстве эти поля генерируются таким оборудованием, как линии электропередачи, открытые распределительные устройства, токопроводы, различные высоковольтные аппараты, трансформаторы, высоковольтные вводы, устройства защиты и автоматики, сборные соединительные шины, коммутаторы и т. д. Все эти устройства оказывают сильное негативное влияние не только на электронную технику, но, самое главное, – и на окружающих людей. Воздействие на организм человека может приводить к нарушениям в работе нервной и сердечно-сосудистой систем, к изменениям в составе крови. Степень воздействия в первую очередь зависит от интенсивности и продолжительности излучения. Длительные воздействия приводят к патологиям различных органов. В соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами [1,2], предельно допустимый уровень напряженности поля на рабочих местах обслуживающего персонала при воздействии в течение 1 ч за смену – 60 кВ/м.

Начиная с конца XX века, стал постепенно изменяться взгляд на диагностику рабочего состояния высоковольтного оборудования – от стендового контроля с выводом оборудования из эксплуатации к дистанционному контролю оборудования под рабочим напряжением. Однако до сих пор для реального обследования высоковольтных изоляторов предусмотрен только контактный электрический способ измерения параметров частичных разрядов, что закреплено в новых стандартах [3,4]. Согласно мировым данным по использованию дистанционных методов инспекции воздушных линий электропередачи и открытых распределительных устройств подстанций, больше чем 40 % компаний продолжают, в основном, осматривать оборудование визуально. Инфракрасная диагностика и наблюдения приборами ночного видения применяются примерно 15 % предприятий. Только несколько предприятий используют радио и ультразвуковой контроль.

**2. Цель исследования.** Таким образом, представляется крайне важной возможность бесконтактного обнаружения источников электрических полей для определения степени их влияния на окружающее пространство [5-9]. Кроме того, регистрация локальных перенапряжений в обмотках трансформаторов, в высоковольтных изоляторах и кабелях может указывать на присутствие дефектов изоляции, которые, в конце концов, становятся причиной повреждений и даже разрушений изоляционных элементов. Именно поэтому необходимо контролировать возникновение локальных перенапряжений в процессе эксплуатации высоковольтной изоляции. А это наиболее удобно осуществлять дистанционно и бесконтактно, так как в этом случае нет необходимости вывода оборудования из эксплуатации. Однако до последнего времени, несмотря на актуальность поставленной задачи, степень разработанности подобных способов контроля крайне мала. И, хотя уже существуют отдельные попытки их создания [10,11], они до сих пор не нашли широкого применения в высоковольтных системах. Недостаточная разработанность дистанционных бесконтактных методов контроля перенапряжений в высоковольтной изоляции побудила нас продолжить исследования в этом направлении. То есть целью наших изысканий стало создание способа бесконтактного дистанционного измерения электрических полей на различных видах высоковольтной изоляции, в котором устранены недостатки предыдущих разработок. Другими словами, необходима разработка комплексного метода и соответствующего ему приборного обеспечения для непрерывной бесконтактной диагностики рабочего состояния на всех этапах эксплуатации высоковольтных изоляторов, начиная с момента включения их в электрическую сеть. Результатом исследований должно стать обеспечение возможности регистрации момента возникновения преддефектного состояния за счет выявления областей с повышенной напряженностью электрического поля и измерения градиентов напряженности электрического поля в этих областях с последующим выделением дефектов.

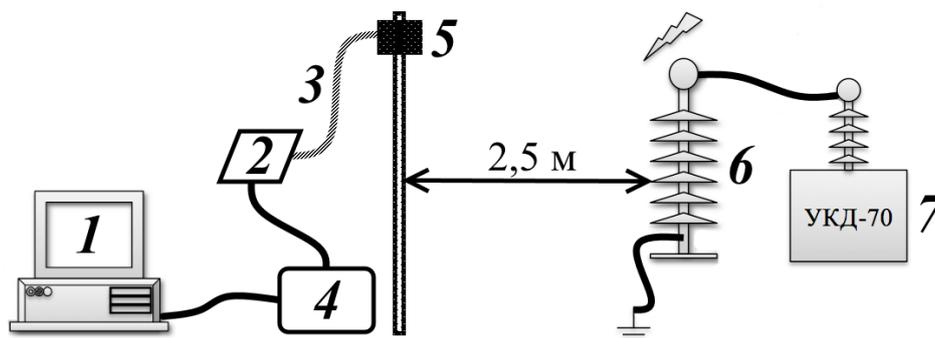
**3. Материалы и методы.** Разработанный нами способ бесконтактной дистанционной диагностики состояния высоковольтной изоляции [12] заключается в следующем. По изменению коэффициента отражения лазерного пучка от электрооптического датчика контроля напряженности электрического поля определяются локальные области с повышенной напряженностью этого поля (изменение коэффициента отражения пропорционально напряженности электрического поля). Также с помощью электрооптического датчика производится измерение градиентов электрического поля. Датчик предварительно градуируют в калиброванном переменном электрическом поле.

Блок-схема разработанного устройства бесконтактной дистанционной диагностики высоковольтных изоляторов представлена на рисунке 1. Устройство состоит из последовательно соединенных лазерного излучателя (1), поляризационного дискриминатора (2), волоконного световода (3) [13], фотоприемника (5), узкополосного усилителя и компаратора (6), персонального компьютера (или ноутбука) (7), а также электрооптического датчика (4), соединенного с волоконным световодом (3) и фотоприемником (5). Главный измерительный элемент устройства – электрооптический датчик (4) имеет возможность размещения непосредственно в высоком переменном электрическом поле и выполнен без использования металлических элементов. Волоконный световод также защищен от воздействия электрического поля. Электрооптический датчик (4) представляет собой не что иное, как сегнетоэлектрический кристалл, на поверхности которого сформирована периодическая доменная структура (ПДС). Для повышения чувствительности и разрешающей способности при локализации градиентов напряженности поля используются резонансные свойства ПДС для данной длины волны лазерного излучателя (1) [14]. В ходе экспериментальных измерений для всех диагностируемых высоковольтных изоляторов определяют средние значения напряженности переменных электрических полей, соответствующие рабочему высокому напряжению. Также определяют предельные границы градиентов напряженности электрических полей, при которых еще не происходит электрической пробой или перекрытие изоляторов.



**Рис. 1.** Блок-схема устройства: 1 – лазерный излучатель, 2 – поляризационный дискриминатор, 3 – волоконный световод, 4 – электрооптический датчик, 5 – фотоприемник, 6 – узкополосный усилитель и компаратор, 7 – персональный компьютер.

Для сканирования поверхности высоковольтных изоляторов электрооптический датчик (4) размещают на диэлектрической штанге и соединяют через поляризационный дискриминатор (2) и волоконный световод (3) с лазерным излучателем (1), а также с фотоприемником (5). Датчик приближают к изолятору и проводят сканирование поверхности. Оператор при этом находится на безопасном расстоянии от высоковольтного изолятора и касается только диэлектрической штанги. Полученные данные регистрируются с помощью специально разработанного программного обеспечения, которое записывает пространственное положение электрооптического датчика относительно поверхности изолятора и соответствующую данной точке напряженность электрического поля. Также компьютерная программа производит измерение нормальных и тангенциальных компонент градиентов напряженности электрического поля. Далее пространственное распределение повышенных, нормальных и тангенциальных к поверхности градиентов напряженности электрического поля сравнивается с ранее сохраненными эталонными значениями напряженности для полностью исправного высоковольтного изолятора. Общая схема измерений градиентов электрического поля представлена на рисунке 2.



**Рис. 2.** Общая схема измерений градиентов электрического поля: 1 – персональный компьютер, 2 – лазерный излучатель и поляризационный дискриминатор, 3 – волоконный световод, 4 – блок управления, включающий фотоприемник и узкополосный усилитель с компаратором, 5 – электрооптический датчик, размещенный на диэлектрической штанге, 6 – высоковольтный изолятор, 7 – установка для испытания диэлектриков УКД-70.

**4. Результаты исследования и их обсуждение.** Физический принцип работы электрооптического датчика основан на эффекте изменения показателя преломления лазерного пучка, проходящего через периодическую доменную структуру, находящуюся в электрическом поле с напряженностью  $E$ . Этот эффект носит название «линейный электрооптический эффект» или «эффект Погкельса». Условие максимального отражения (или прохождения) лазерной волны с длиной  $\lambda_0$  от ПДС выполняется при равенстве:

$$\lambda_0 = 2nD \text{ (отраж.),} \tag{1}$$

$$\lambda = (2n + 1)D \text{ (прелом.),} \tag{2}$$

где  $n$  – показатель преломления,  $D$  – период ПДС.

Сдвиг резонансной частоты ПДС соответствует изменению резонансной длины волны:

$$\lambda_m = (\lambda_0 - \lambda_E) = n^3 rDE, \tag{3}$$

где  $r$  – электрооптический коэффициент,  $\lambda_E$  – длина волны в приложенном электрическом поле.

Таким образом, максимальный коэффициент отражения  $R$  лазерной волны от ПДС, убывает с увеличением резонансной длины волны.

Изменение коэффициента отражения  $R$  можно представить в виде:

$$\Delta R = (dR/dE)E. \tag{4}$$

Из этого выражения следует:

$$E = \lambda_m(n^3 r D)^{-1}, \tag{5}$$

а значит

$$dR/dE = (dR/d\lambda_m)n^3 r D. \tag{6}$$

Для наглядности на рисунке 3 представлен график зависимости значения коэффициента отражения  $R$  от изменения резонансной длины волны. Если длину волны лазерного излучения  $\lambda_m$  настроить на середину склона спектральной кривой отражения, соответствующей значению  $R_{\max}/2$ , то переменное электрическое поле будет создавать соответствующее изменение коэффициента отражения ( $\Delta R$ ). Использование практически линейного отрезка  $dR/d\lambda_m$  позволяет в линейном масштабе определять значения поля  $E$ .

Используя предложенный метод дистанционного бесконтактного измерения напряженности электрического поля, нами была выполнена диагностика состояния группы реальных высоковольтных полимерных изоляторов ЛК70/35. Эксперименты проводились на стенде кафедры «Промышленная электроника и светотехника» Казанского государственного энергетического университета. Состояние изоляторов проверялось путем сканирования электрооптическим датчиком вдоль стержня изолятора на расстоянии 2,5 м.

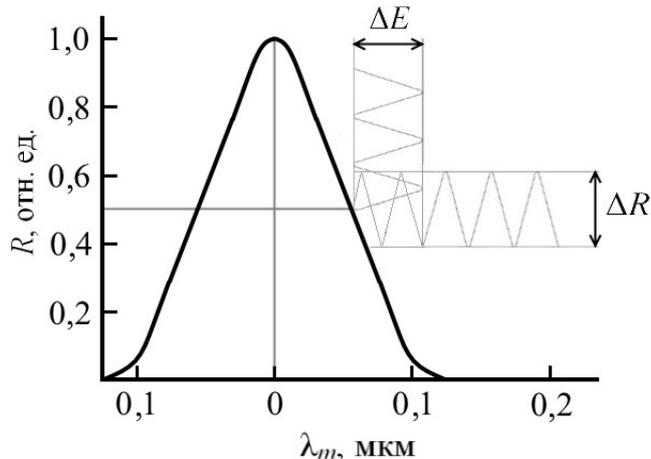


Рис. 3. Зависимость значения коэффициента отражения  $R$  от изменения резонансной длины волны.

В ходе экспериментов были выявлены несколько дефектных изоляторов с поврежденным контактом стержень-электрод, а также ряд изоляторов, находящихся в преддефектном состоянии. На рисунке 4 приведено распределение напряженности электрического поля вдоль образца для дефектного ( $a$ ) и бездефектного ( $b$ ) полимерных изоляторов типа ЛК70/35. Небольшое увеличение  $E$  вблизи оконцевателей обоих образцов можно объяснить

отсутствием специальных экранов для выравнивания поля по всей длине.

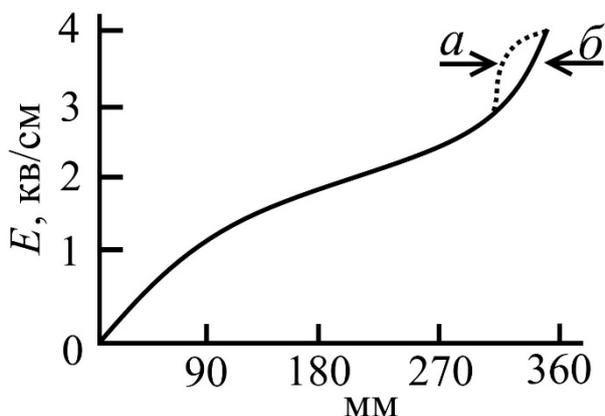


Рис. 4. Распределение напряженности поля между оконцевателями дефектного ( $a$ ) и бездефектного ( $b$ ) изоляторов. Изменение поля на дефекте изображено пунктиром.

**5. Выводы.** Таким образом, можно утверждать, что представленный способ бесконтактной дистанционной диагностики состояния высоковольтных изоляторов, основанный на использовании фотонного кристалла в качестве электрооптического датчика, позволяет определять момент возникновения преддефектного состояния изоляторов за счет выявления областей с повышенной напряженностью электрического поля. Измерение градиентов напряженности электрического поля в этих областях позволяет определять возможное место образования дефектов в процессе эксплуатации. Полученные в ходе экспериментальных исследований результаты подтверждают возможность промышленной применимости предложенного способа бесконтактной дистанционной диагностики состояния высоковольтных изоляторов.

**Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №18-08-00203.**

### Список литературы

- [1] СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях». М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003.
- [2] ГОСТ 12.1.045–84. Система стандартов безопасности труда. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. М.: Стандартинформ, 2006.
- [3] ГОСТ Р 55191–2012. Методы испытаний высоким напряжением. Измерения частичных разрядов. М.: Стандартинформ, 2014.
- [4] Международный стандарт ИЕС–1.2010. Методы испытаний высоким напряжением. М.: Стандартинформ, 2010.
- [5] Вершинин Ю.Н. Электронно-тепловые и детонационные процессы при электрическом пробое твердых диэлектриков. Екатеринбург: ИЭФ РАН, 2000. – 260 с.
- [6] Сви П.М. Методы и средства диагностики оборудования высокого напряжения. Москва: Энергоатомиздат, 1992. – 239 с.
- [7] Багаутдинов И.З., Мисбахов Р.Ш., Лизунов И.Н., Фунт А.Н. // Интеллектуальные энергосистемы (труды IV Международного молодежного форума). – 2016. – Т. 1. – С. 86-89.
- [8] Ушаков В.Я. Изоляция установок высокого напряжения. Москва: Энергоатомиздат, 2008.
- [9] Слуцкер А.И., Поликарпов Ю.И., Гиляров В.Л. // Техническая физика. – 2006. – Т. 76, №12. – С. 52.
- [10] Runde D., Brunken S., Ruter C., Kip D. // Appl. Phys. B. – 2007. – V. 86, №1. – P. 91-95.
- [11] Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Калимуллин Р.И. Фотонные и фоновые кристаллы. Москва: Физматлит, 2010, 158 с.
- [12] Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Марданов Г.Д., Хуснутдинов Р.А. Способ бесконтактной дистанционной диагностики состояния высоковольтных изоляторов // Патент № 2597962.РФ. 2016.
- [13] Васев А.Н., Лизунов И.Н., Ермеев Р.И., Мисбахов Р.Ш. // Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов (труды XVI Международной научно-практической конференции). – 2016. – Т. 2. – С. 221-224.
- [14] Golenishchev-Kutuzov A.V., Golenishchev-Kutuzov V.A., Kalimullin R.I., Mardanov G.D., Potarov A.A. // Ferroelectrics. – 2012. – V. 441, №1. – P. 25-29.

## ПОЛУЧЕНИЯ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК ZnO, Si(P) И Si(B) ДЛЯ НАНОЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ НА ФОТОННОМ ЭХЕ

Д.А. Никитин, Р.В. Беляев, И.И. Попов

*Поволжский государственный технологический университет  
424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, дом 3  
[creative-person@bk.ru](mailto:creative-person@bk.ru)*

Разработана технология получения методом магнетронного распыления и исследована с помощью ПФЭ и СФЭ характеристик тонких текстурированных пленок (ZnO, Si(B), Si(P)) для обеспечения значений их толщины и интенсивности сигнала ПФЭ и СФЭ, оптимальных при построении на них наноэлектронных приборов.

**Ключевые слова:** Магнетронное распыление, нанокластер, фотонное эхо, технология приборостроения, тонкие пленки, поверхностные дефекты, наноэлектронные приборы, локализованные на поверхностных дефектах экситонные состояния.

The technology of magnetron sputtering has been developed and the characteristics of thin textured films (ZnO, Si (B), Si (P)) have been investigated with the help of PFE and SFE to provide the values of their thickness and the signal intensity of PFE and SFE, which are optimal for constructing nanoelectronic devices.

**Keywords:** Magnetron sputtering, nanoclusters, photon echo, instrumentation technology, thin films, surface defects, nanoelectronic devices, exciton states localized on surface defects.

**1. Введение.** В наноэлектронике применяются наноразмерные квантовые точки, функционирующие при гелиевых температурах. При этом технология их получения очень дорогая. Технология магнетронного распыления позволяет получать нанокластеры поверхностных дефектов кристаллической структуры волокон пленки, на которых локализуются экситонные состояния со свойствами аналогичными тем, которыми обладают квантовые точки. Но при этом на кластерах обеспечивается работа при комнатной температуре. В работах профессора И.И. Попова [1-3] показана возможность построения устройств оптической обработки информации как в газовых средах, так и в экситонном газе, получаемом в наноразмерных кластерах, состоящих из поверхностных дефектов тонких текстурированных пленок, полученных простым и дешевым методом магнетронного распыления. Свойства фотонного эха в таких нанокластерах, эквивалентны его свойствам в дорогостоящих квантовых точках. Несмотря на обнаружение в таких пленках сигналов фотонного эха и физических основ построения на их основе уникальных новых приборов хранения и обработки информации, технологическая проработка процесса создания нового класса нанофотонных приборов до настоящего времени не проводилась. Данная диссертация направлена на проработку технологий получения одиночных тонких пленок ZnO, Si(B) и Si(P), в которых уже наблюдались сигналы фотонного эха и исследованию их характеристик с помощью оптической эхо-спектроскопии на основе ПФЭ и СФЭ. Потому тема диссертационного исследования является актуальной и соответствует государственным российским приоритетам в области развития фотоники. Потому исследование технологии получения новых сред для наноэлектроники является актуальной задачей.

**2. Цель исследования.** Разработка технологии получения методом магнетронного распыления и исследование с помощью ПФЭ и СФЭ характеристик тонких текстурированных пленок (ZnO, Si(B), Si(P)) для обеспечения значений их толщины и интенсивности сигнала ПФЭ и СФЭ, оптимальных при построении на них наноэлектронных приборов.

**3. Методы исследования:**

1. Метод магнетронного распыления тонких текстурированных пленок.
2. Метод зондовой микроскопии тонких текстурированных пленок.
3. Метод оптической эхо-спектроскопии тонких текстурированных пленок.

**4. Результаты исследования.** Для получения тонких текстурированных пленок ZnO, Si(P), Si(B) была использована установка магнетронного распыления. Параметры технологических режимов напыления тонких текстурированных пленок ZnO, Si(P), Si(B) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Технологический режим формирования пленок ZnO, Si(B), Si(P)

| Технологический режим           | ZnO<br>100нм | Si(B)<br>100 нм | Si(P)<br>100 нм | ZnO<br>600 нм | ZnO<br>800 нм |
|---------------------------------|--------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|
| Время напыления, t с            | 60           | 60              | 60              | 360           | 410           |
| Температура нагревателя, Tн, °С | 1000         | 1000            | 1000            | 1000          | 1000          |
| I, А                            | 0,5          | 0,4             | 0,4             | 0,5           | 0,5           |
| U, В                            | 350          | 320             | 320             | 350           | 350           |
| Аргон, Ar, %                    | 50           | 100             | 100             | 50            | 50            |
| Кислород, O <sub>2</sub> , %    | 50           | 0               | 0               | 50            | 50            |
| Давление, P, Па                 | 1            | 1               | 1               | 1             | 1             |

Метод магнетронного распыления, позволяет формировать пленки в виде волокноно-кристаллической структуры, состоящей из множества волокон, ориентированных в ортогональном направлении относительно поверхности пленки. Снимки поверхностей пленок полученных методом зондовой микроскопии представлены на рис. 1, 2, 3.

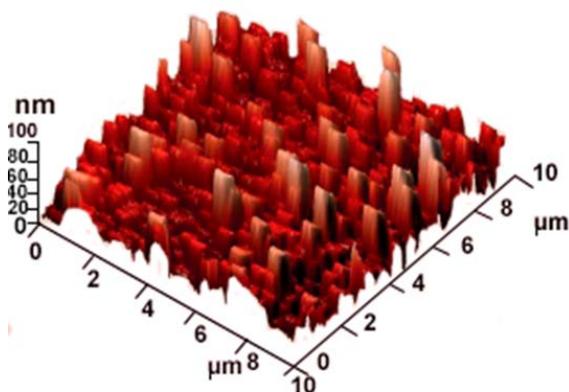


Рис. 1. Скан 100 нм пленки ZnO

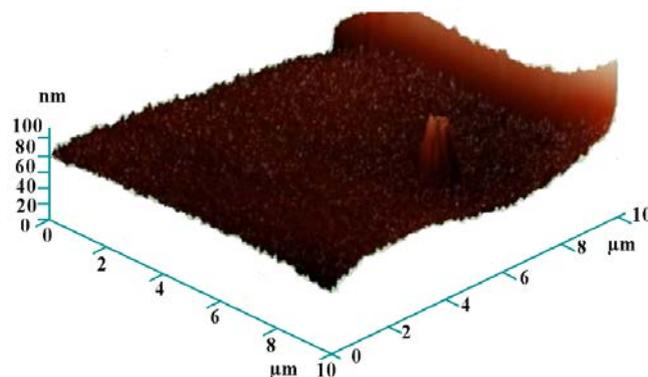


Рис. 2. Скан 100 нм пленки Si(P)

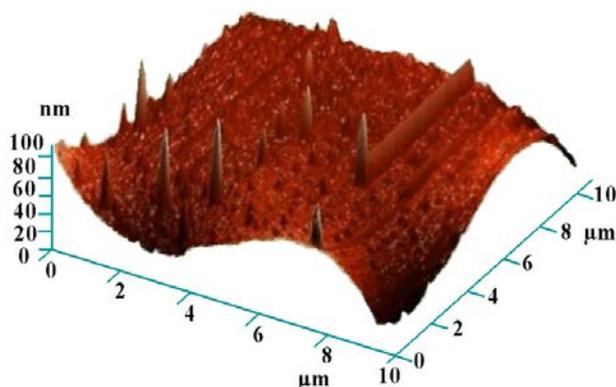


Рис. 3. Скан 100 нм пленки Si(B)

Дефекты, которые получаются естественным образом, заменяют по свойствам дорогостоящие квантовые точки, кроме того они работают при комнатной температуре в отличие от квантовых точек, которые работают только при низких гелиевых температурах.

В полупроводнике под действием лазерного излучения Электрон возбуждается, вылетает из валентной зоны, но т.к. энергии не достаточно для попадания в зону проводимости он застревает на дефекте в запрещенной зоне, в итоге он не подвижен и связан кулоновской связью с валентной зоной.

В таблице 2 приведены результаты измерения  $T_1$  и  $T_2$  для всех полученных пленок.

Таблица 2

Результаты измерения времен релаксации  $T_1$  и  $T_2$

| Пленки ZnO, Si(P), Si(B) | Время релаксации $T_1$ | Время релаксации $T_2$ |
|--------------------------|------------------------|------------------------|
| ZnO (100нм)              | $T_1=4300 \pm 690$ фс  | $T_2 = 628 \pm 60$     |
| ZnO (600нм)              | $T_1=1300 \pm 190$ фс  | $T_2 = 320 \pm 60$     |
| ZnO (800нм)              | $T_1=889 \pm 178$ фс   | $T_2 = 130 \pm 30$     |
| Si(P) (100нм)            | $T_1 = 670 \pm 120$ фс | –                      |
| Si(B) (100нм)            | $T_1 = 280 \pm 50$ фс  | –                      |

**5. Выводы.** Показано, что методом магнетронного распыления можно формировать тонкие однослойные текстурированные пленки, со структурами поверхностных дефектов, объединяемых в наноразмерные кластеры. За счет создания наноразмерных кластеров поверхностных дефектов формируются условия для локализации при комнатной температуре наводимых лазерным излучением экситонных состояний. Экситон это квазичастица, представляющая собой связанный электрической кулоновской связью электрона с дыркой, которая образовалась после перехода электрона из валентной зоны, на квантовый уровень в запрещенной зоне. Формирование экситонного состояния сопровождается переходным процессом, при котором на экситонном состоянии формируется псевдоэлектрический диполь, описываемый суперпозиционным квантовым состоянием. Благодаря измерению спада интенсивности сигнала фотонного эха, формируемого на экситонных состояниях, измеряются времена релаксаций резонансного квантового перехода, характерного для экситонного состояния. Полученные значения времени релаксации пленок  $T_1$ : ZnO =  $4300 \pm 690$  фс (100 нм),  $1300 \pm 190$  фс (600 нм),  $889 \pm 178$  фс (800 нм); Si(P) =  $670 \pm 120$  фс (100 нм); Si(B) =  $280 \pm 50$  фс (100 нм), а  $T_2$ : ZnO =  $628 \pm 60$  фс (100 нм),  $320 \pm 60$  фс (600 нм),  $130 \pm 30$  (800 нм) показывают, что время формирования фотонного эха в исследуемых однослойных пленках достаточно для построения на них наноэлектронных приборов на фотонном эхе.

Установлено, что чем тоньше пленки, тем больше время релаксации их экситонных состояний. При этом минимальная толщина пленки, при которой устойчиво возникают экситонные состояния, позволяющие реализовать режим формирования фотонного эха составляет 100 нм.

### Список литературы

- [1] Попов И.И. Фотонное эхо в молекулярном газе и методы оптической обработки информации / диссертация доктора физико-математических наук. Казанский государственный университет, Казань, 2004.
- [2] Попов И.И. Фотонное эхо в парах молекулярного йода: техника эксперимента, свойства и возможные приложения // Изв.РАН. Сер.физ. –2002.– Т. 66., № 3.– С. 321-324.
- [3] Попов, И.И. Особенности светового эха в парах молекулярного йода / И.И. Попов, И.С. Бикбов, В.В. Самарцев // Изв.РАН СССР. Сер.физ.–1989. – Т.53., №12. – С. 2334-2339.

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФОТОННОГО ЭХА НА ТРИОННЫХ СОСТОЯНИЯХ В ТОНКИХ ТЕКСТУРИРОВАННЫХ ПЛЕНКАХ ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ**

**Д.А. Никитин, А.Н. Мусанов, И.И. Попов**

*Поволжский государственный технологический университет  
424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, дом 3  
creative-person@bk.ru*

**1. Введение.** Современные тенденции развития электроники связаны с миниатюризацией и расширением функциональных возможностей электронных приборов. Одним из перспективных направлений является работа с полупроводниковыми наноразмерными объектами. Ведутся работы по созданию памяти и устройств обработки информации в квантовых компьютерах. При этом используются новейшие достижения физической науки, в том числе результаты исследований по фотонному эху.[1] При этом исследуются возможности ряда пленочных активных сред, в которых создаются наноразмерные элементы их структуры, полученные с помощью различных дорогостоящих технологий. Предлагаемая технология получения таких наноразмерных объектов, основанная на методе магнетронного распыления, во много раз дешевле применяемых технологий выращивания квантовых точек, свойствами которых обладает наноразмерный кластер на поверхностных дефектах кристаллической решетки текстурированных пленок.[3] При этом свойства базового физического явления, на котором строится принцип работы прибора, фотонного эха, в таких нанокластерах, эквивалентны его свойствам в дорогостоящих квантовых точках.

**2. Цель исследования.** Целью исследования является разработка технологии и технологического режима получения тонких трехслойных текстурированных пленок (ZnO, Si(P), Si(B)), обеспечивающих наибольшее время релаксации (T1) экситонных состояний, локализованных при комнатной температуре на ее поверхностных дефектах, обеспечивающее реализацию принципа построения наноэлектронных приборов на основе фотонного эха.

**3. Материал и методы.**

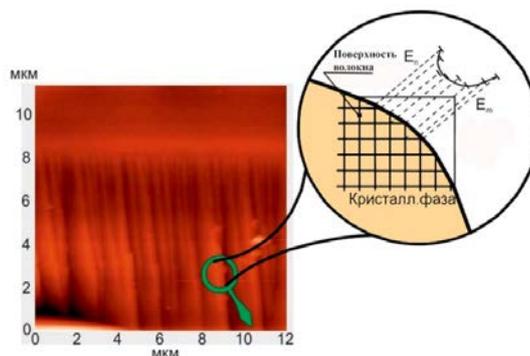
Метод магнетронного распыления трехслойных тонких текстурированных пленок.

Метод зондовой микроскопии трехслойных тонких текстурированных пленок.

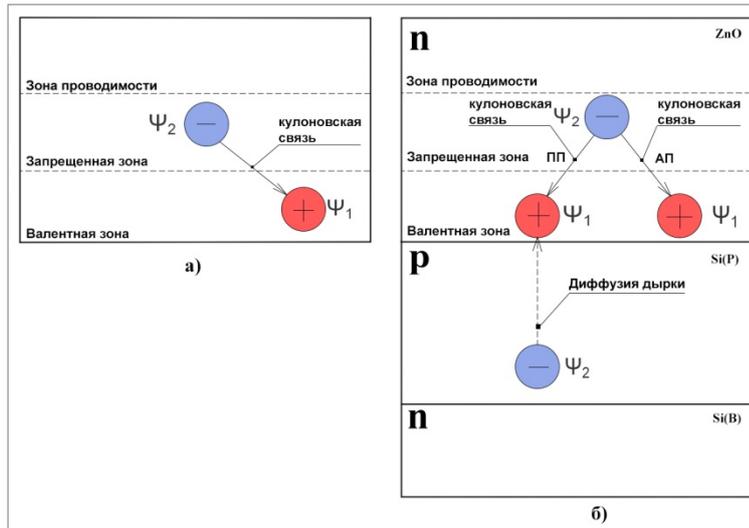
Метод оптической эхо-спектроскопии трехслойных тонких текстурированных пленок

Методом магнетронного распыления можно получить пленки в виде волоконно-кристаллической структуры.[2]

**4. Результаты исследования и их обсуждение.** На рисунке 1 показан локальный увеличенный участок одного волокна.



**Рис. 1.** Изображение скола пленки ZnO/Si(P)/Si(B).

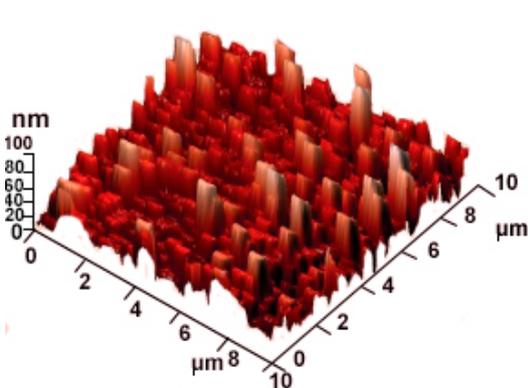


**Рис. 2.** Изображение скола пленки ZnO/Si(P)/Si(B). Для того, чтобы получить пленки, которые обладают выше перечисленными свойствами использовалась технология магнетронного распыления.

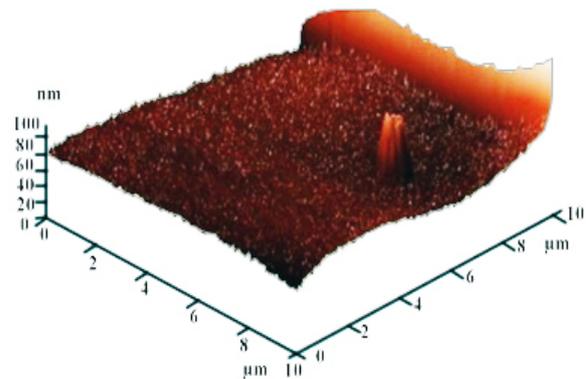
**Таблица 1**

Технологический режим напыления пленок

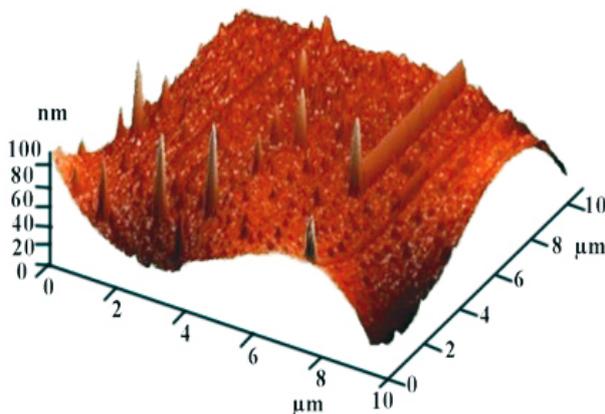
| Технологический режим           | ZnO 100нм | Si(P) 100 нм | Si(B) 100 нм |
|---------------------------------|-----------|--------------|--------------|
| Время напыления, t с            | 60        | 80           | 80           |
| Температура нагревателя, Tн, °C | 100       | 100          | 100          |
| I, А                            | 0,5       | 0,4          | 0,4          |
| U, В                            | 350       | 320          | 320          |
| Аргон, Ar, %                    | 50        | 100          | 100          |
| Кислород, O <sub>2</sub> , %    | 50        | 0            | 0            |
| Давление, P, Па                 | 1         | 1            | 1            |



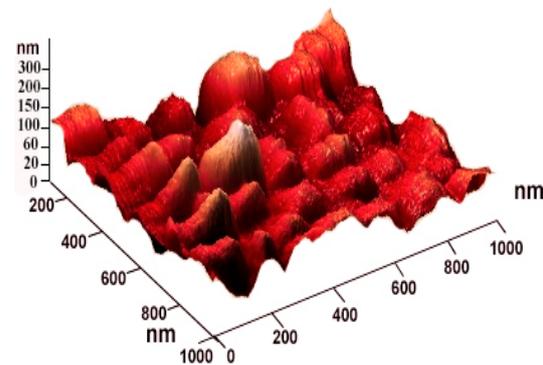
**Рис. 3.** Изображение пленки ZnO



**Рис. 4.** Изображение пленки Si(P)



**Рис. 5.** Изображение пленки Si(B)



**Рис. 6.** Поверхность трехслойной пленки ZnO/Si(P)/Si(B) n - p - n типа, в масштабе 1 мм×10 нм

Таблица 2

Времена релаксации для 100 нм пленок

| Время релаксации      | Пленки 100 нм               |
|-----------------------|-----------------------------|
| $T_1=4300\pm609$ фс   | ZnO (100 нм)                |
| $T_1=670\pm120$ фс    | SiP (100 нм)                |
| $T_1=280\pm50$ фс     | Si(B) (100 нм)              |
| $T_1=13000\pm1900$ фс | ZnO / Si(P)/ Si(B) (300 нм) |

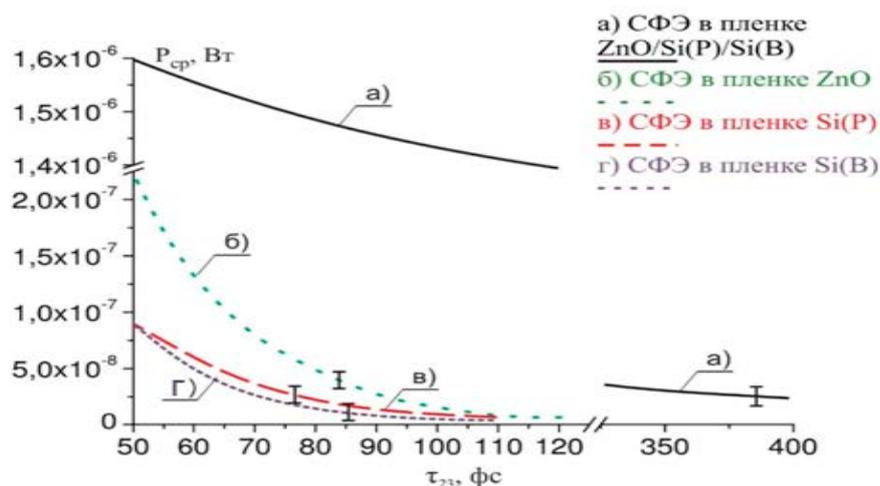


Рис. 7. Спад интенсивности в 3-ей тонкой текстурированной пленке Толщиной 300 нм.

Таблица 3

Технологический режим напыления 600 нм пленок

| Технологический режим           | ZnO 600нм | Si(P) 600 нм | Si(B) 600 нм |
|---------------------------------|-----------|--------------|--------------|
| Время напыления, t с            | 360       | 480          | 480          |
| Температура нагревателя, Tн, °C | 100       | 100          | 100          |
| I, А                            | 0,5       | 0,4          | 0,4          |
| U, В                            | 300       | 3200         | 300          |
| Аргон, Ar, %                    | 50        | 100          | 100          |
| Кислород, O <sub>2</sub> , %    | 50        | 0            | 0            |
| Давление, P, Па                 | 1         | 1            | 1            |

Таблица 4

Времена релаксации для 600 нм пленок

| Время релаксации    | Пленки 600 нм                |
|---------------------|------------------------------|
| $T_1=1300\pm190$ фс | ZnO (600 нм)                 |
| $T_1=450\pm80$      | SiP (600 нм)                 |
| $T_1=120\pm30$ фс   | Si(B) (600 нм)               |
| $T_1=6000\pm800$ фс | ZnO / Si(P)/ Si(B) (1800 нм) |

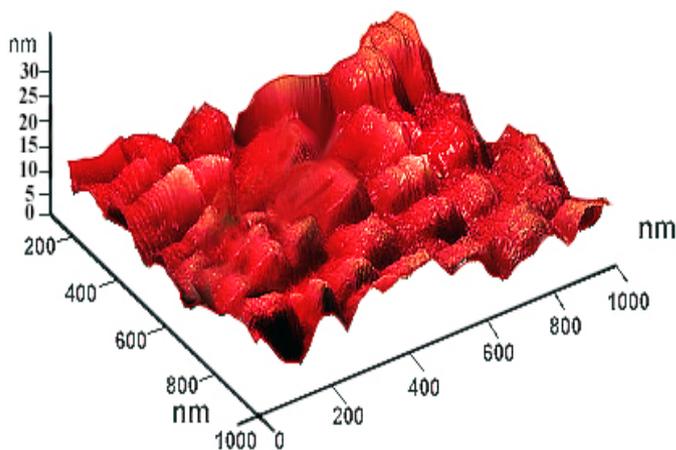


Рис. 8. Скан 1800 нм. пленки

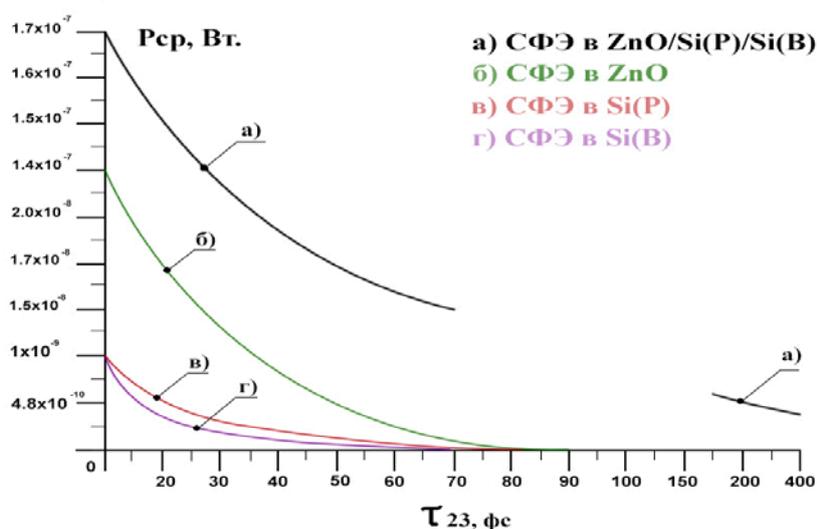


Рис. 9. Спад интенсивности в 3-ой тонкой текстурированной пленке толщиной 1800 нм.

**5. Вывод.** Показано, что методом магнетронного распыления можно формировать тонкие трехслойные текстурированные пленки, со структурами поверхностных дефектов, объединяемых в наноразмерные кластеры. За счет создания тонкопленочного р-п перехода в трехслойной тонкой пленке п-р-п типа на поверхностных дефектах локализуются трионные состояния (заряженные экситонные состояния).

### Список литературы

- [1] Попов, И.И. Наблюдение поворота вектора поляризации светового (фотонного) эха в молекулярном газе / И.И. Попов, И.С. Бикбов, И.В. Евсеев, В.В. Самарцев // Журнал прикладной спектроскопии. – 1990. – Т.52., №5. – С. 794-798.
- [2] Мороз, А.В. Основы лучевых и плазменных технологий / Вашурин Н.С., //Лабораторный практикум – 2017. – С. 57–60.
- [3] Савихин, С.В. Пикосекундная кинетика свечения поверхностных экситонов в ZnO / Савихин С.В., Фрейберг А.М., Травников В.В. // Письма в ЖЭТФ. – 1989. – Т.50, вып. 3. – С. 113–116.

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКОЙ ПЛЕНКИ И ПОСТРОЕНИЕ НА НАВЕДЕННЫХ В НЕЙ НАНОФОТОННЫХ ЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ ИЗМЕРИТЕЛЯ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ

Д.А. Никитин, И.И. Попов

*Поволжский государственный технологический университет  
424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, дом 3  
creative-person@bk.ru*

Показана возможность применения технологии получения трехслойной полупроводниковой пленки, позволяющей сформировать на ней трионные состояния, в технологии построения измерителя фемтосекундных временных интервалов на основе наведенных фотонных логических структур с применением магнитооптических свойств СФЭ.

**Ключевые слова:** Фотонное эхо, магнетронное распыление, технология приборостроения, тонкие пленки, заданная конфигурация поверхностных дефектов, локализованные на поверхностных дефектах экситонные состояния.

The possibility of applying the technology of obtaining a three-layer semiconductor film allowing to form trion states on it is shown in the technology of constructing a meter of femtosecond time intervals on the basis of induced photonic logic structures using magneto-optical properties of SFE.

**Keywords:** Photon echo, magnetron sputtering, instrumentation technology, thin films, predetermined configuration of surface defects, exciton states localized on surface defects.

**1. Введение.** В настоящее время экситонные состояния очень перспективны для создания новых нанoeлектронных приборов. Эти экситонные состояния живут долго в локализованном состоянии и локализируются они, как правило, во всех известных научных работах на квантовых точках, а в свою очередь получение квантовых точек процесс очень дорогой и трудоемкий. Кроме того эти экситоны локализованные на квантовых точках работают только при низких гелиевых температурах. Потому технологическая проработка нового физического эффекта в новом материале, содержащем наноразмерные объекты для реализации при комнатной температуре принципа работы нанoeлектронного регистратора фемтосекундных временных интервалов, аналогичные дорогостоящим квантовым точкам, является актуальной темой данного исследования.

**2. Цель исследования.** Показать возможность применения технологии получения трехслойной полупроводниковой пленки, позволяющей сформировать на ней трионные состояния, в технологии построения измерителя фемтосекундных временных интервалов на основе наведенных фотонных логических структур с применением магнитооптических свойств СФЭ.

**3. Материал и методы.** Метод магнетронного распыления тонкой трехслойной текстурированной полупроводниковой пленки ZnO/Si(P)/Si(B).

Метод зондовой микроскопии тонкой трехслойной текстурированной полупроводниковой пленки ZnO/Si(P)/Si(B).

Метод оптической спектроскопии тонкой трехслойной текстурированной полупроводниковой пленки ZnO/Si(P)/Si(B).

Метод магнитооптической эхо-спектроскопии тонкой трехслойной текстурированной полупроводниковой пленки ZnO/Si(P)/Si(B).

Метод физического моделирования измерителя фемтосекундных временных интервалов.

**4. Результаты исследования и их обсуждение.** В эксперименте используется трехслойная пленка ZnO/Si(P)/Si(B) *n-p-n* типа. Для получения этой пленки необходимо использовать установку магнетронного распыления. Данная установка представлена на рис. 1. Параметры технологических режимов напыления трехслойной пленки приведены в таблице 1.

Метод магнетронного распыления, позволяет формировать пленки в виде волоконно-кристаллической структуры, состоящей из множества волокон, ориентированных в ортогональном направлении относительно поверхности пленки [1]. Эти волокна имеют неправильную форму поверхности, с диаметром, уменьшающимся от основания к вершине.

Таблица 1

Параметры технологических режимов напыления пленок



Рис. 1. Технологическая установка магнетронного распыления УМР-71

| Параметры технологического режима напыления пленок | Виды пленок  |                |                |
|--|--------------|----------------|----------------|
|  | ZnO (100 нм) | Si(P) (100 нм) | Si(B) (100 нм) |
| Время напыления, t сек.                            | 60           | 80             | 80             |
| Температура нагревателя, T <sub>н</sub> , °C       | 100          | 100            | 100            |
| I, А   | 0,5          | 0,4            | 0,4            |
| U, В   | 350          | 320            | 320            |
| Аргон, Ar, %                                       | 50           | 100            | 100            |
| Кислород, O <sub>2</sub> , %                       | 50           | –              | –              |
| Давление, P, Па.                                   | 1            | 1              | 1              |
| Порядок напыления                                  | 1            | 2              | 3              |

На вершинах этих волокон присутствуют дефекты. На рис. 2 представлена поверхность трехслойной пленки, а на рис. 3 через лупу показан увеличенный участок одного из волокон. Рядом расположенные поверхностные дефекты объединяются в наноразмерные кластеры. По краям этого кластера располагаются элементы кристаллической решетки не правильной формы.

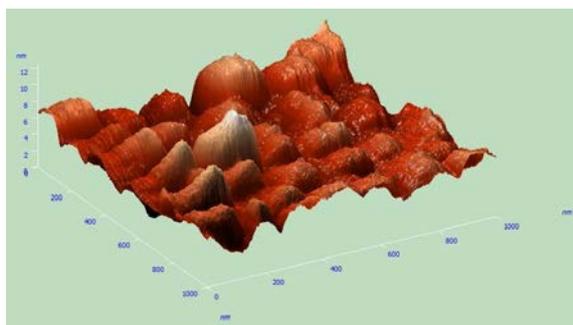


Рис. 2. Поверхность трехслойной пленки ZnO/Si(P)/Si(B), в масштабе 1 мм \* 10 нм

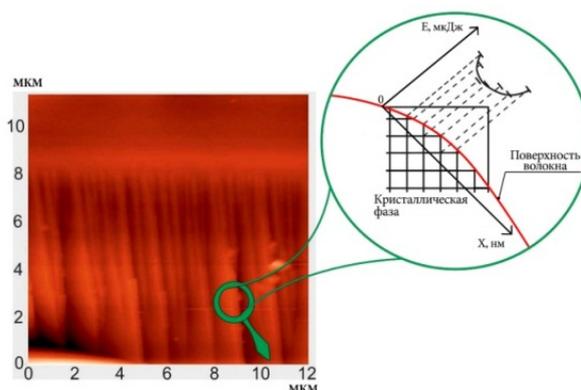


Рис. 3. Изображение скола пленки ZnO

При воздействии резонансным лазерным излучением на однослойную пленку, на ее поверхностных дефектах происходит формирование экситонных состояний (см. рис. 4).

Экситоны могут перемещаться с одного дефекта на другой. Экситоны могут сталкиваться друг с другом и при этом обмениваться тепловой энергией. При таком столкновении образуется экситонный газ, который служит для формирования фотонного эха [2].

При воздействии лазерным излучением на трехслойную пленку, помимо формирования экситона, происходит диффузия дырок через  $p-n$  переход. При этом также возникает кулоновская связь с дыркой между электроном и диффундировавшей дыркой. Такое образование называется трионным состоянием (см. рис. 5).

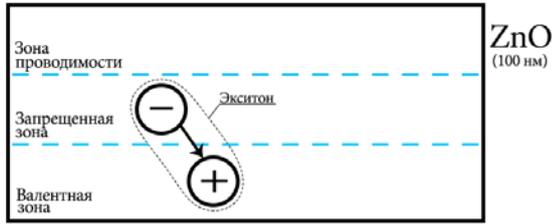


Рис. 4. Экситон

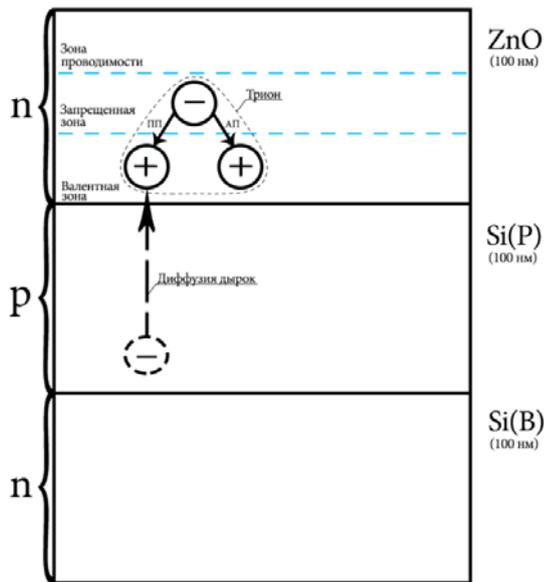


Рис. 5. Трион: ПП – пассивное плечо; АП – активное плечо

У триона формируется два плеча кулоновской связи с дырками (активное и пассивное). Активное, находясь в суперпозиционном экситонном состоянии участвует в процессе формирования фотонного эха, а пассивное увеличивает время релаксации  $T_1$ , отвечающее за время жизни возбужденного квантового состояния. В случае приложения магнитного поля к этой трехслойной пленке, в ней также имел место факт формирования сигнала фотонного эха.

В эксперименте используется пленка  $n-p-n$  типа, так как в  $p-n$  переходе в зоне  $n$  ( $ZnO$ ), наблюдается максимальный сигнал СФЭ. Фотонное эхо – это отклик резонансной среды на воздействие двух или трех разделенных во времени коротких лазерных импульсов. На рис. 6 и 7 представлены возбуждающие лазерные импульсы  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$ , интервалы между этими импульсами задаются, как  $\tau_{12}$  и  $\tau_{23}$ .

На рис. 6 показан сигнал СФЭ и его направление поляризации при отсутствии магнитного поля, на рис. 7 магнитное поле присутствует. Когда магнитное поле было равно нулю, направление поляризации СФЭ не изменило свое направление, приложив магнитное поле, направление поляризации изменилось, при этом появился угол  $\phi$  [3,4].

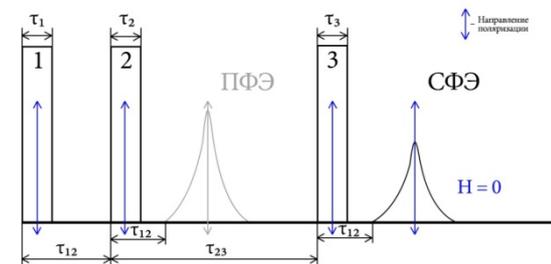


Рис. 6. Направление поляризации без магнитного поля: 1, 2 и 3 – возбуждающие импульсы;  $\tau_{12}$  и  $\tau_{23}$  – интервалы между возбуждающими импульсами;  $H$  – напряжённость магнитного поля; ПФЭ – первичное фотонное эхо; СФЭ – стимулированное фотонное эхо

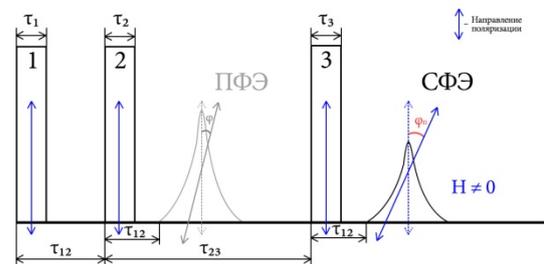


Рис. 7. Направление поляризации с магнитным полем:  $\phi$  – угол нефарадеевского поворота СФЭ

Для расчета этого угла  $\varphi$ , согласно теории [5], оригинальная формула выглядит следующим образом (1):

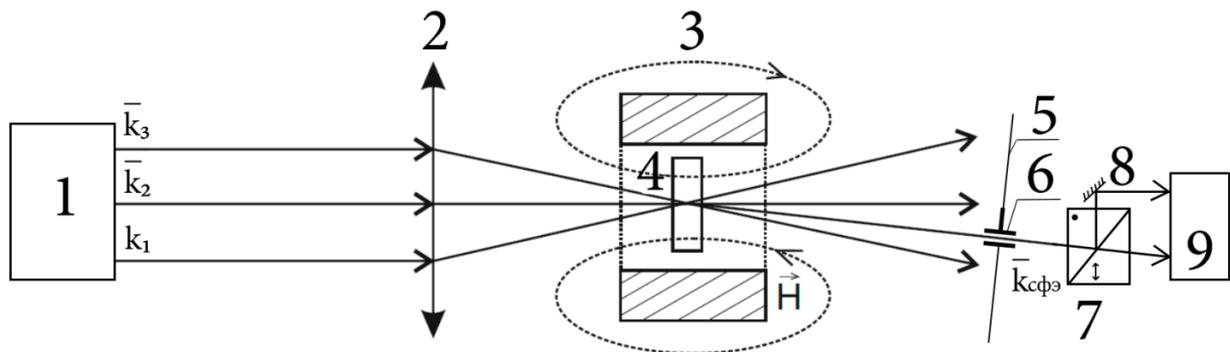
$$\operatorname{tg}(\varphi) = \frac{\sin(2\varepsilon\tau_{12}) + \sin(2\varepsilon\tau_{12} + 2\varepsilon\tau_{23})}{1 + \cos(2\varepsilon\tau_{12}) + \cos(2\varepsilon\tau_{12} + 2\varepsilon\tau_{23})} \quad (1)$$

Для упрощения расчета угла  $\varphi$ ,  $\tau_{12}$  задается равным нулю, формула принимает вид (2):

$$\operatorname{tg}(\varphi) = \frac{\sin(2\varepsilon\tau_{23})}{2 + \cos(2\varepsilon\tau_{23})} \quad (2)$$

На рис. 8 представлена структурная схема регистратора фемтосекундных временных интервалов.

С формирователя 1 поступают 3 лазерных импульса. Фокусирующая линза 2 служит для увеличения интенсивности лазерных импульсов в место падения пленки 4. Магнитная система 3 создает однородное магнитное поле. Проходящие через пленку лазерные импульсы теряют часть энергии, запуская процесс формирования эхо-сигнала. Часть прошедших лазерных импульсов поглощаются черным экраном 5. Через диафрагму 6 в виде отверстия в чёрном экране проходит сигнал СФЭ. Затем призма Глана 7 раскладывает этот сигнал на две составляющие в ортогональном направлении. Затем двухканальный регистратор направления поляризации оптического излучения регистрирует угол поворота СФЭ.



**Рис. 8.** Структурная схема регистратора фемтосекундных временных интервалов на основе магнитооптических свойств СФЭ и трионных состояний, локализованных на поверхностных дефектах тонких текстурированных пленок: 1 – Формирователь последовательности возбуждающих лазерных импульсов; 2 – фокусирующая линза; 3 – магнитная система; 4 – объект исследования; 5 – черный экран; 6 – диафрагма; 7 – поляризационная призма Глана; 8 – поворотное зеркало; 9 – двухканальный регистратор направления поляризации оптического излучения; Н – 80 А/м

На рис. 9 представлен факт нефарадеевского поворота плоскости поляризации СФЭ. Кривая 1 соответствует отсутствию магнитного поля, а крива 2 присутствию магнитного поля. В случае с кривой 1, при отсутствии магнитного поля, когда направление поляризации выходной призмы было параллельно направлению поляризации возбуждающих лазерных импульсов, сигнал СФЭ был максимальным. В случае с кривой 2, приложив магнитное поле, максимальный сигнал СФЭ был зарегистрирован при угле в 27 градусов.

Отсюда можно сделать вывод. То, что максимальный сигнал СФЭ был обнаружен при угле в 27 градусов, свидетельствует о наличии поворота его плоскости поляризации.

При изменении интервала  $\tau_{23}$  с разницей в 180 фс, максимальный сигнал СФЭ наблюдался через каждые 8 градусов (см. рис. 10).

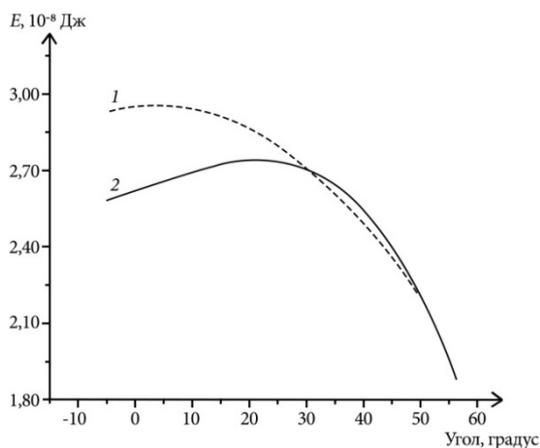


Рис. 9. Диаграмма демонстрации магнитооптиче-ского свойства трехслойной тонкой тексту-рированной пленки ZnO/Si(P)/Si(B) на основе фотонного эха

Таблица 2

Результаты измерений

| № кривой | H, А/м | $\tau_{23}$ , фс | $\phi$ , град |
|----------|--------|------------------|---------------|
| 1        | 0      | 720              | 0             |
| 2        | 80     | 720              | 27            |

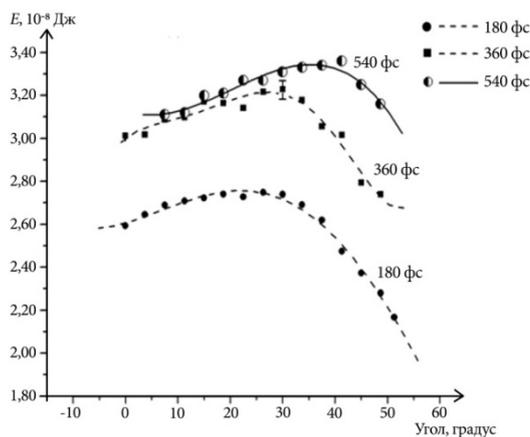


Рис. 10. Диаграмма зависимости магнитооптических свойств тонкой трехслойной текстурированной полупро-водниковой пленки ZnO/Si(P)/Si(B) на основе фотонного эха, демонстрирующая работо-способность регистра-тора фемтосекундных времен-ных интервалов

Таблица 3

Результаты измеренного угла при изменении  $\tau_{23}$

|                      |             |
|----------------------|-------------|
| $\tau_{23} = 180$ фс | 25 градусов |
| $\tau_{23} = 360$ фс | 32 градусов |
| $\tau_{23} = 540$ фс | 40 градусов |

Таким образом, определяя угол нефарадеевского поворота плоскости поляризации СФЭ, можно определять фемтосекундные временные интервалы. Чем точнее будет регистра-ция этого угла, тем точнее будут фемтосекундные временные интервалы.

**5. Выводы.** В заключении можно сказать, что при возбуждении СФЭ в трехслойной пленке при наличии однородного продольного магнитного поля, наблюдается эффект нефарадеевского поворота. Наведенные при этом логические структуры позволяют реализовать

принцип действия прибора для регистрации фемтосекундных временных интервалов, заключающийся в том, что за счет магнитооптических свойств СФЭ в тонкой пленке, при наличии магнитного поля, можно регистрировать фемтосекундные временные интервалы с разрешающей способностью 23 фс/градус, в диапазоне значений от 40-200 фс и от 40-10000 фс с абсолютной погрешностью измерения 25 фс, приведенной погрешностью от 1,3% до 0,25% для диапазона от 40 фс до 200 фс и от 40 фс до 10000 фс, соответственно.

Предлагаемая технология позволяет получить новые виды материалов, обеспечивающая формировать в ней трионные состояния, используемые для создания нанoeлектронных приборов, регистрирующих фемтосекундные временные интервалы, на два порядка меньшие эталонов временных интервалов, хранящихся во ФГУП ВНИИОФИ, равных 1 пс.

### Список литературы

- [1] Вдовичев С.Н. Современные методы высоковакуумного напыления и плазменной обработки тонкопленочных металлических структур / С.Н. Вдовичев // Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. – 2012. – С. 41-46.
- [2] Попов И.И. Фотонное эхо в парах молекулярного йода: техника эксперимента, свойства и возможные приложения // Изв.РАН, сер. физ. – 2002. – Т.66. – №3. – С.321-324.
- [3] Попов, И.И. Наблюдение поворота вектора поляризации светового (фотонного) эха в молекулярном газе / И.И. Попов, И.С. Бикбов, И.В. Евсеев, В.В. Самарцев // Журнал прикладной спектроскопии. – 1990. – Т. 52., №5. – С. 794-798.
- [4] Вашурин, Н.С. Нефарадеевский поворот вектора поляризации стимулированного фотонного эха в тонкой поликристаллической пленке ZnO/Si(P)/Si(B) / И.И. Попов, Н.С. Вашурин, С.Э. Путилин // Учен. зап. физ. фак-та Моск. ун-та. – 2015. – № 4. – С. 154338.
- [5] Евсеев, И.В. Стимулированное фотонное эхо в газе при наличии магнитного поля / И.В. Евсеев, В.М. Ермаченко, В.А. Решетов // Оптика и спектроскопия. – 1982. – Т. 52., №3. – С. 444-449.

**ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ВНЕДРЕНИЯ  
УСТРОЙСТВ ВЫРАВНИВАНИЯ НАГРУЗКИ****А.И. Орлов, А.А. Савельев, С.В. Волков**

Марийский государственный университет

**Аннотация**

Работа посвящена оценке технико-экономического потенциала внедрения устройств выравнивания нагрузки в электрических сетях 0,4 кВ на примере трансформаторной подстанции 6(10)/0,4 кВ мощностью 160 кВА. Проведенное исследование показывает, что модернизация трансформаторной подстанции с заменой существующего трансформатора на трансформатор с симметрирующим устройством типа ТМГСУ требует в 4–5 раз больших капитальных затрат по сравнению с дооснащением трансформаторной подстанции устройствами выравнивания нагрузки (УВН) коммутационного типа. Преимущество устройства выравнивания нагрузки заключается также в возможности уменьшения напряжения обратной последовательности и потенциале расширения функциональных возможностей.

**Summary**

The work is devoted to the assessment of the technical and economic potential of introducing load balancing devices in 0.4 kV electric mains using the example of a 6(10)/0.4 kV transformer substation of 160 kVA. The investigation shows that the modernization of the transformer substation with the replacement of the existing transformer on a transformer with a balancing device TMGSU requires 4–5 times greater of CAPEX compared to the retooling of the transformer substation with load-balancing devices (LBD) of the switching type. The advantage of the load-balancing devices is also the possibility of reducing negative sequence voltage and expansion potential.

**1. Введение.** В трехфазных электрических сетях с промышленными и, в особенности, с коммунально-бытовыми потребителями неизбежно возникновение неравномерности распределения нагрузки по фазам, даже в случае идеального спроектированной электрической сети. Основная причина этого — наличие однофазных потребителей, спрос на электроэнергию которых не регламентирован. Кроме этого, происходит развитие электрической сети, технологическое присоединение к ней новых потребителей. Эти процессы невозможно остановить и полностью избежать их последствий. Следствием неравномерности нагрузки является несимметрия напряжения в точках общего присоединения потребителей. Несимметрия приводит к росту потерь в элементах электрических сетей, таких как трансформаторы, снижает надежность электроснабжения. Сетевые организации вынуждены перекладывать бремя своих расходов и издержек в виде платы за транзит электроэнергии на гарантирующего поставщика, который устанавливает тариф. В результате потребители вынуждены пользоваться электроэнергией, качество которой не всегда удовлетворяет стандарту [1], и компенсировать все связанные с этим убытки сетевой и энергоснабжающей организаций.

Несимметрия напряжения опасна для электрооборудования потребителей, особенно для трехфазных вращающихся электрических машин. Так, в асинхронных электродвигателях (АД), которые являются основным потребителем мощности на промышленных предприятиях различных отраслей экономики, появление составляющих напряжения обратной последовательности [2] приводит к возникновению электромагнитного момента, противоположного основному вращающему моменту. Это существенно снижает перегрузочную способность таких двигателей. Их скольжение, а следовательно, и потери, превышают номинальные значения даже при нормальной загрузке. Работа в таком режиме приводит к перегреву, ускоренному старению изоляции и преждевременному отказу. С точки зрения однофазных потребителей несимметрия проявляется в уменьшении напряжения ниже границы допустимых в стандарте [1] значений. Помимо снижения производительности, это увеличивает вероятность отказов однофазного оборудования.

**2. Сравнение технических характеристик устройств выравнивания нагрузки.** Проблема несимметрии напряжения решается главным образом путем применения устройств трансформаторного типа, в качестве которых широкое применение получили трансформаторы ТМГСУ 6(10)/0,4 кВ [3]. Симметрирующее устройство (СУ) таких трансформаторов представляет собой дополнительную обмотку, расположенную поверх фазных стержней и подключенную к нулевой точке «звезды» обмотки низшего напряжения. К достоинствам такого технического решения можно отнести возможность установки/замены трансформатора в уже существующие типы трансформаторных подстанций (ТП), ограничение протекания токов нулевой последовательности. Тем не менее данное СУ фактически не решает проблему неравномерности распределения фазных нагрузок и не влияет на составляющие напряжения обратной последовательности — несимметрия передается из сети низшего напряжения в сеть среднего напряжения.

Известны устройства, перераспределяющие мгновенную мощность между фазами электрической сети, такие как активные фильтры гармоник, сетевые кондиционеры, STATCOM. [4–6] Эти устройства являются радикальным способом решения проблем несимметрии, высших гармоник, неудовлетворительной формы кривой напряжения и низкого коэффициента мощности. Тем не менее, подобные устройства не лишены недостатков. Их функционирование связано с наличием неустраняемых рабочих потерь и некоторым влиянием на качество электроэнергии. Однако основным фактором, сдерживающим их повсеместное применение, является высокая стоимость.

В электросетевых организациях применяются мероприятия по ручному перераспределению нагрузок по фазам электрической сети. Но кроме того, что такие мероприятия являются лишь временным решением рассматриваемой проблемы, их нельзя считать эффективными по причине высоких трудозатрат персонала.

Известны устройства автоматического перераспределения нагрузки по фазам электрической сети, описание которых приводится, например, в работах [7–10]. К достоинствам данного технического решения относятся влияние на несимметрию напряжения как по нулевой, так и по обратной последовательности, отсутствие рабочих потерь, низкая цена, возможность работы в сетях как с однофазными, так и с трехфазными потребителями.

Таким образом, к основным типам устройств выравнивания нагрузки, применение которых в ближайшее время может быть целесообразно российских электрических сетях, относятся симметрирующие трансформаторы типа ТМГСУ и устройства выравнивания нагрузки (УВН).

В устройстве выравнивания нагрузки (УВН) [9, 10] за счет цифровой системы управления существует возможность дистанционного управления коммутационной частью устройства, а также получения данных о потреблении электроэнергии нагрузки, присоединенной к устройству, в режиме реального времени. Система управления позволяет совмещать в УВН функции прибора учета, что дает возможность контроля за несанкционированными подключениями потребителей в разветвленных линиях электропередачи, оснащенных такими устройствами. УВН обладает более широким функционалом по сравнению с аналогом ТМГСУ. В перспективе, модернизация устройства позволит использовать УВН в качестве элемента интеллектуальных электрических сетей за счет цифровой системы управления и возможности дистанционного контроля.

**3. Экономическое сравнение внедрения устройств выравнивания нагрузки.** Для анализа экономической целесообразности использования конкретного технического решения по симметрированию напряжения произведено укрупненное сравнение капитальных затрат (CAPEX) на установку технических средств симметрирования напряжения на однострансформаторной трансформаторной подстанции 6(10)/0,4 кВ мощностью 160 кВА. В качестве сравниваемых технических решений рассматривался вариант замены существующего трансфор-

матора на симметрирующий трансформатор ТМГСУ той же мощности, а также вариант дооснащения ТП устройствами выравнивания нагрузки (УВН) на номинальный ток 160 А. При сравнении вариантов не учитывались первичные затраты на доставку и разгрузку трансформатора, т.к. расстояние от ТП до ремонтно-производственной базы неизвестно. Не учитывались также затраты на аренду грузоподъемной техники и привлечение соответствующих специалистов для монтажа трансформатора ТМГСУ. В то же время монтаж УВН может выполняться силами 1 работника, причем монтаж силовой части УВН сопоставим по сложности и трудозатратам с монтажом автоматического выключателя, а монтаж системы управления — с монтажом трехфазного счетчика и трех измерительных трансформаторов тока. Цены взяты по справочнику плановых цен ПАО «Россети».

Таблица

Сравнение капитальных затрат (CAPEX) на установку технических средств симметрирования напряжения на однострансформаторной ТП 160 кВА

| Симметрирующий трансформатор типа ТМГСУ                     | Затраты, руб. | Устройство выравнивания нагрузки УВН | Затраты, руб. |
|---|---------------|--------------------------------------|---------------|
| Цена трансформатора ТМГСУ-160/10/0,4 У1 У/У <sub>п</sub> -0 | 186 970       | Ожидаемая стоимость УВН              | 4 610         |
| Замена трансформатора                                       | 21 415        | Монтаж УВН                           | 4 610         |
| Итого   | 208 385       | Итого                                | 54 610        |

Капитальные затраты двух вариантов, указанных в таблице 1, убедительно показывают, что даже с учетом указанных грубых допущений применение УВН характеризуется значительным снижением стоимости симметрирования электрической сети в сравнении с вариантом применения аналога, см. таблицу 1.

По данным отчетов по выполнению программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности филиала ПАО «МРСК Центра и Приволжья» – «Мариэнерго» фактическая годовая экономия от указанных мероприятий по филиалу «Мариэнерго» составляет 188,30 тыс. кВт ч. Данные мероприятия применяются с 2012 года и являются частью действующей программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности, однако выполняются вручную силами персонала. Применение УВН в качестве технического средства, позволяющего полностью автоматизировать эти мероприятия, дают возможность не только существенно повысить их эффективность, но и расширить географию применения таких мероприятий, значительно увеличив тем самым достигаемую на данный момент фактическую годовую экономию.

Для оценки операционных затрат (ОРЕХ) от применения УВН в трехфазных распределительных сетях 0,4 кВ подходят результаты исследований Курилина С.П. по влиянию несимметрии напряжений на электрооборудование [11]. О распространенности несимметричных режимов и их влиянии на асинхронные двигатели имеется большое количество публикаций в открытой печати. Так, прямые потери электроэнергии сельского хозяйства РФ в связи с несимметричными режимами составляют около 1 млрд. кВт·ч в год. Несимметричные режимы активно способствуют выходу из строя АД, который является основным двигателем, используемым в электроприводе и основным потребителем энергии в промышленности и сельском хозяйстве. При допустимом в стандарте [1], но постоянно действующем напряжении обратной последовательности в 2–4 %, срок службы электродвигателя сокращается вдвое. Вместе с тем нередки случаи, когда на сельскохозяйственных предприятиях это напряжение составляет 15–20 %. Положение усугубляется и тем, что 93 % АД парка составляют двигатели общего назначения, не приспособленные и не предназначенные для эксплуатации в условиях сельского хозяйства. Средний ущерб от отказа электродвигателя в сельском хозяйстве оценивается в 130 долларов США (8200 руб.). Принимая во внимание ежегодный

выход из строя около 20 % АД, сумма косвенного ущерба от несимметричных режимов в масштабах РФ составляет свыше 100 млн. долларов США [11] (63 млрд. руб.) в год. Согласно данным, опубликованным в работе [8], комплексное применение УВН в масштабах РФ позволит сократить в 2,16 раз (на 537 млн. кВт·ч в год) прямые потери электроэнергии сельского хозяйства РФ, связанные с несимметричными режимами. Применение устройств практически полностью предотвращает повреждения электроустановок потребителей (в том числе АД), связанных с несимметричным режимом работы.

**4. Заключение и выводы.** Снижению последствий неравномерности нагрузки должны способствовать распространение в недалеком будущем новых технологий и рыночных механизмов «энергетического перехода», главным образом — агрегаторов нагрузки для управления спросом (demand response), систем хранения электроэнергии (накопителей), устройств управления мгновенной мощностью (сетевых кондиционеров). [12, 13] Однако российская энергосистема пока остается в стороне от подобных технологий. В официальных документах [14, 15] отсутствует соответствующее целеполагание, приоритеты и механизмы достижения целей.

Экономический эффект от применения устройства симметрирования нагрузки заключается в снижении технологических потерь электроэнергии в электрических сетях, связанных с несимметричным режимом работы. Экономический эффект связан также со снижением количества повреждений оборудования электрических сетей и потребителей, минимизаций ущерба электрооборудования потребителей вследствие низкого качества электроэнергии, не соответствующей требованиям стандарта [1].

Малозатратным, но эффективным средством решения проблемы несимметрии напряжения в электрических сетях 0,4 кВ может стать устройство выравнивания нагрузки (УВН). Проведенный технико-экономический анализ стоимости симметрирования электрической сети показывает, что по сравнению с применением симметрирующего трансформатора ТМГСУ капитальные затраты на дооснащение существующих ТП 6(10)/0,4 кВ УВН оказываются в 4–5 раз ниже при более широких технических возможностях.

УВН обладает потенциалом расширения функциональных возможностей. Наличие цепей измерения токов и напряжений позволяет реализовать в устройстве функции прибора учета, прибора контроля качества электроэнергии. Устройство коммутационного модуля в совокупности с измерительными цепями позволяет реализовать в устройстве функции защитного коммутационного аппарата. Поддержка цифрового обмена данными с контроллерами модулей УВН позволяет реализовать в устройстве функции дистанционно управляемого коммутационного аппарата. Комплексное применение УВН в разветвленных линиях электропередачи позволит реализовать в устройстве функции контроля перетоков мощностей и, как следствие, вычислять участки несанкционированных подключений потребителей.

## Список литературы

1. ГОСТ 32144–2013. *Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения*. М.: Стандартинформ, 2014. 16 с.
2. Fortescue, Charles. L. *Method of Symmetrical Co-Ordinates Applied to the Solution of Polyphase Networks* // AIEE Transactions, vol. 37, part II, 1918, PP 1027–1140.
3. Сидоров С.А., Рогинская Л.Э. *Регулируемое симметрирующее устройство с индуктивным накопителем энергии* // Вестник Южно-Уральского государственного университета — № 3, том 14, 2014, С. 33–40.
4. Akagi H. et al *Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning* // IEEE Industrial Electronics Magazine Volume: 1, Issue: 3 2007.

5. Долингер С.Ю., Горюнов В.Н., Планков А.А., Сидоров О.А. *Схематические решения активной фильтрации кривой тока в четырехпроводной трехфазной сети для обеспечения качества электрической энергии* // Омский научный вестник — № 3 (103), 2011, С. 214–217.
6. Орлов А.И., Воробьев К.М., Бортник Д.В. *Параллельный активный фильтр гармоник как агент системы фильтрокомпенсации в низковольтных распределительных сетях* // Материалы Девятой международной научной школы «Наука и инновации – 2014» ISS “SI-2014”. Йошкар-Ола: ГБОУ ДПО (ПК) «Марийский институт образования», С. 126–134.
7. Давид Яир, Виттнер Лупу *Устройство равномерного распределения электрической нагрузки по n-фазной сети распределения электроэнергии*. Патент РФ № 2200364, 05.12.1997.
8. Орлов А.И., Волков С.В., Савельев А.А. *Анализ влияния устройства выравнивания нагрузки на показатели несимметрии электрической сети* // Вестник Чувашского университета. – № 3, 2016, С. 100–108.
9. Орлов А.И., Волков С.В., Савельев А.А. *Алгоритмы управления трехфазным устройством выравнивания нагрузки электрической сети* // Вестник Чувашского университета. – № 1, 2017, С. 162–172.
10. Орлов А.И., Савельев А.А. *Устройство симметрирования нагрузки*. Патент РФ № 162639, 26.10.2015.
11. Курилин С.П. *Развитие теории несимметричных режимов и энергетических процессов асинхронных двигателей сельскохозяйственных электроустановок*: дисс. на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва: Российский государственный аграрный заочный университет, 2005.
12. *Концепция функционирования агрегаторов распределенных энергетических ресурсов в составе Единой энергетической системы России* [Электронный ресурс]. URL: [http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/markets/dr/docs/dr\\_agregator\\_concept.pdf](http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/markets/dr/docs/dr_agregator_concept.pdf) — (дата обращения 03.08.2018).
13. *Распределенная энергетика в России: потенциал развития* / А. Хохлов, Ю. Мельников, Ф. Веселов, Д. Холкин, К. Дацко [Электронный ресурс]. URL: [https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO\\_EneC\\_DER-3.0\\_2018.02.01.pdf](https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf) — (дата обращения 03.08.2018).
14. *Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики* [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/zzvuuhfq2f3OJIK8AzKVsXrGIbW8ENGp.pdf> — (дата обращения 03.08.2018).
15. Положение ПАО «Россети» «*О единой технической политике в электросетевом комплексе*» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rosseti.ru/investment/science/tech/doc/tehpolitika.pdf> — (дата обращения 03.08.2018).

## АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧЕК ЭФФЕКТИВНОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ВОЗДУШНЫХ СЕТЯХ 0,4 КВ

**В.Т. Сидорова, Е.Г. Рокина**

*ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»,  
Россия, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1  
E-mail: veranig@yandex.ru*

Предложен алгоритм определения точек компенсации реактивной мощности в воздушных сетях напряжением 0,4 кВ. Предложенный алгоритм определяет точки компенсации с учетом реальных значений линейных напряжений, мощности и значений коэффициента мощности. С помощью этого алгоритма можно определить время окупаемости компенсационных устройств и выбрать их количество. В работе предложена поэтапная компенсация реактивной мощности. Разработанная методика позволяет достичь оптимальных значений коэффициента мощности и отклонения напряжения в точках на линии.

The paper provides an algorithm for determining reactive power compensation points in 0.4 kV air networks. The proposed algorithm determines the compensation points taking into account the real values of line voltages, transmitted power and power factor values. Using this algorithm, you can determine the payback time of the compensation devices and select their number. In the paper, phase-by-phase compensation of reactive power is proposed. The developed technique allows achieving the best values of power factor and voltage deviation in points on the line.

**1. Введение.** Потери активной мощности прямо пропорциональны передаваемой активной мощности в квадрате и активному сопротивлению линии, обратно пропорциональны квадрату произведения напряжения и коэффициента мощности. Увеличение напряжения в линии ограничено предельно допустимым значением напряжения согласно ГОСТ «Нормам качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения». Замена проводов линии электропередач может быть экономически нецелесообразна, поскольку значительная их часть в России имеют большую протяжённость. Очевидно, что эффективно уменьшить потери электроэнергии можно увеличив значение коэффициента мощности. При этом увеличение коэффициента мощности приведет к увеличению напряжения в линии. Данный дополнительный эффект часто необходим ввиду значительной потери напряжения в результате передачи электроэнергии. В России считается, что компенсация реактивной мощности в сетях низкого напряжения нецелесообразна в виду малой передаваемой мощности и отсутствия потребителей реактивной мощности. К тому же в большинстве сетей не существует информации о потоках мощностей и значений напряжений сетей низкого напряжения, что усложняет задачу эффективной компенсации реактивной мощности (КРМ). В данной работе представлен алгоритм определения точек установки компенсирующих устройств с точки зрения экономической целесообразности по данным перетоков мощностей и значений напряжений. В работе предлагается пофазная компенсация реактивной мощности. Разработанный алгоритм позволяет добиться наилучших значений коэффициента мощности и отклонения напряжения в точках на линии. При этом может получиться несколько вариантов распределения устройств компенсации на линии. В этом случае пользователь может выбрать оптимальный для него вариант установки компенсирующих устройств с точки зрения экономических и технических возможностей.

Потери электроэнергии напрямую связаны с потерями активной мощности на передачу электроэнергии. Эти потери могут быть определены [1]:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \frac{P^2 (1 + tg^2 \varphi)}{U^2} R = \frac{P^2 R}{U^2} \frac{1}{\cos^2 \varphi}, \quad (1)$$

где  $P$ ,  $Q$  – активная и реактивная мощности, передаваемые по линии,  $U$  – линейное напряжение,  $R$  – эквивалентное активное сопротивление линии ( $R = rL$ ,  $r$  – удельное активное сопротивление линии,  $L$  – длина линии),  $\cos \varphi$  – коэффициент мощности,  $\operatorname{tg} \varphi$  – коэффициент реактивной мощности в линии. Из выражения (1) следует, что при неизменной передаваемой мощности  $P$  и напряжения  $U$  в линии, потери мощности будут зависеть от коэффициента мощности и длины линии  $L$ . С 2007 года в Российской Федерации [2] требование к минимальному значению коэффициента реактивной мощности для точек присоединения потребителя к электрической сети 10(6)–0,4 кВ было значительно ужесточено. Установлен  $\cos \varphi = 0,944$  ( $\operatorname{tg} \varphi = 0,35$ ) для сети 0,4 кВ и  $\cos \varphi = 0,93$  ( $\operatorname{tg} \varphi = 0,4$ ) для сети 6–20 кВ.

При передаче электрической энергии возникают дополнительные потери напряжения  $\Delta U$ , которые особенно существенны в сельских распределительных сетях. При передаче мощностей  $P$  и  $Q$  через элемент системы электроснабжения с активным  $R$  и реактивным сопротивлением  $X$  потери напряжения составят [3]:

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U}, \quad (2)$$

где  $U$  – номинальное напряжение сети.

Дополнительные потери напряжения увеличивают отклонение напряжения на зажимах приемника от номинального значения при изменениях нагрузок и режимов электросети. Это требует увеличения мощности, следовательно, и стоимости средств регулирования напряжения. Таким образом, передача реактивной мощности от токораспределителя экономически нецелесообразна.

В Европейских странах осуществляют КРМ в воздушных сетях 0,4 кВ. При этом компенсацию производят глобальную, групповую компенсацию или индивидуальную, например [4 – 5]. В России реализуется только глобальная компенсация или индивидуальная компенсация промышленных предприятий. Компенсация непосредственно на линии электропередачи с преобладающей в сети коммунально-бытовой нагрузкой не производится.

В работе [6] была предложена локальная КРМ в воздушных сетях 0,4 кВ, т.е. непосредственно в точках линии электропередач, где это необходимо. В этой же работе определена максимальная мощность устройств КРМ при предложенном их распределении, которая равна 50 кВАр. Современные устройства КРМ такой мощности имеют небольшие массогабаритные показатели, и при соответствующем корпусном исполнении их можно будет устанавливать на опорах воздушной линии (мачтовым способом).

Эффективность компенсации будет зависеть от выбранных на линии точек установки компенсирующих устройств. Ввиду идущего в России поэтапного оснащения сетей устройствами определения перетоков мощностей и значений напряжений в данной работе предлагается алгоритм определения точек эффективной компенсации с учетом этих параметров сети. Далее авторами работ планируется создание программного продукта на основе разработанного алгоритма и устройства пофазной КРМ.

В предыдущих работах, например [6], были проведены исследования реальных воздушных линий электропередач 0,4 кВ по данным плановых замеров показателей качества электроэнергии. Так же были исследованы зависимости установившегося отклонения напряжения, коэффициентов несимметрии по прямой, обратной и нулевой последовательности и потерь электроэнергии от коэффициента мощности в реальных линиях 0,4 кВ. На основе полученных результатов разработан предлагаемый в данной работе алгоритм.

**2. Алгоритм определения точек эффективной КРМ.** При анализе данных плановых замеров в низковольтных сетях были получены следующие результаты. Передаваемые по линии

активные и реактивные фазные мощности могли иметь одинаковые значения. В значительной части исследованных линий уже в середине линии: значение коэффициента мощности было меньше требуемого минимального значения; значение коэффициента несимметрии по нулевой последовательности превышало предельно допустимое значение. В середине линии значение коэффициента несимметрии по нулевой последовательности превышало нормально допустимое значение. В связи с вышеизложенным, в таких сетях наблюдаются значительные потери энергии, более ранний износ электрооборудования.

Поскольку в одной и той же точки линии фазные мощности имели значительные отличия, расчет потерь активной мощности необходимо проводить по фазам. Это можно сделать, используя выражение (1), где все величины необходимо взять фазные и провести суммирование по фазам:

$$\Delta P = \sum_{i=1}^n \frac{P_{Ai}^2 R_{Ai}}{U_{Ai}^2} \frac{1}{\cos^2 \varphi_{Ai}} + \sum_{i=1}^n \frac{P_{Bi}^2 R_{Bi}}{U_{Bi}^2} \frac{1}{\cos^2 \varphi_{Bi}} + \sum_{i=1}^n \frac{P_{Ci}^2 R_{Ci}}{U_{Ci}^2} \frac{1}{\cos^2 \varphi_{Ci}}, \quad (3)$$

здесь  $P_{Ai}$ ,  $P_{Bi}$ ,  $P_{Ci}$  – фазные мощности участков сети,  $R_{Ai}$ ,  $R_{Bi}$ ,  $R_{Ci}$  – эквивалентные активные сопротивления фазных проводов участков,  $U_{Ai}$ ,  $U_{Bi}$ ,  $U_{Ci}$  – фазные напряжения участков сети,  $\cos \varphi_{Ai}$ ,  $\cos \varphi_{Bi}$ ,  $\cos \varphi_{Ci}$  – фазные коэффициенты мощности участков.

При расчете необходимо учитывать реальные значения коэффициента мощности и напряжения в фазах. Разработанный алгоритм основан на методике определения точек компенсации, которая описана ниже.

Сначала определяются существующие потери в сети по плановым или специальным замерам средних фазных значений активной мощности (в период максимальной нагрузки, минимум за неделю), напряжений и коэффициента мощности согласно выражению (3). Затем определяется точка на линии, где наименьшее значение коэффициента мощности  $\cos \varphi_{\min}$ . Далее определяются значения фазных реактивных мощностей, необходимых для компенсации до значения  $\tan \varphi = 0,35$  ( $\cos \varphi = 0,944$  [2]), например, согласно [1]:

$$Q_c = P_i (\tan \varphi_i - 0,35). \quad (4)$$

Также определяются новые значения напряжений и мощностей в каждой фазе после такой компенсации [1]:

$$Q'_i = Q_i - Q_c, \quad S'_i = \sqrt{P_i^2 + Q_i'^2}, \quad (5)$$

$$\Delta U_i = \frac{Q_c X_{Li}}{U_i}, \quad U'_i = U_i + \Delta U_i,$$

где  $Q'_i$ ,  $S'_i$  – расчетные значения реактивной и полной мощности соответственно,  $\Delta U_i$  – увеличение значений фазных напряжений,  $U'_i$  – расчетные значения фазных напряжений, после компенсации.

Если после компенсации значения фазных напряжений не будут превышать нормально допустимые значения согласно [7], то в данной точке необходимо установить устройство КРМ. Необходимые значения емкостей конденсаторов для каждой фазы определяются из выражения [3]:

$$C = \frac{Q_c}{U^2 \omega}, \quad (6)$$

где  $C$ ,  $Q_C$  и  $U$  – электрическая емкость батареи конденсаторов, реактивная мощность, определенная из (4), и напряжение соответствующей фазы,  $\omega$  – угловая частота напряжения сети.

Далее определяются потери мощности после установки устройства КРМ согласно (3). После этого заново определяется в какой точке на линии коэффициент мощности минимальный и повторяется вышеизложенный алгоритм. Данный алгоритм повторяется до тех пор, пока коэффициент мощности во всех точках на линии не станет больше или равным 0,944. Если в результате расчета значения фазных напряжений превысят нормально допустимые значения, то определяется другая точка, где коэффициент мощности также имеет минимальное значение.

**3. Заключение.** В работе представлена методика определения точек установки устройств КРМ в виде алгоритма для программного обеспечения. Данный алгоритм будет служить для уменьшения потерь электроэнергии и обеспечения наилучших значений напряжений в сети. Отличительной особенностью предлагаемого алгоритма будет поэтапное определение точек компенсации по минимальному значению коэффициента мощности и учет изменений значений напряжений вследствие компенсации. При этом компенсацию предлагается проводить пофазно. В настоящее время нами разработана модельная электрическая линия 0,4 кВ и проводятся исследования представленной методики на данной модели. Далее разработанная на основе алгоритма программа будет протестирована и откорректирована на модельной линии. После корректировки разработанное программное обеспечение будет протестировано в реальных линиях 0,4 кВ.

**Работа выполнена при финансовой поддержке гранта победителя Всероссийского конкурса молодежных проектов 2017 года Федеральным агентством по делам молодежи и гранта У.М.Н.И.К. 2017, ответственный исполнитель – Елена Рокина.**

### Список литературы

- [1] Ю. С. Железко, *Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов*, М.: ЭНАС (2009).
- [2] Приказ Минпромэнерго России от 22.02.2007 № 49. [online] Available at: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=LAW;n=66814;req=doc#083905012348924>.
- [3] И.И. Карташев, В.Н. Тульский. и др.; под ред. Ю.В. Шарова, *Управление качеством электроэнергии*, М.: Издательский дом МЭИ (2008).
- [4] Andrija Volkanovski1, Marko Ćepin, Borut Mavko, *Electrotechnical Review: Ljubljana, Slovenija* 76(1-2) (2009) pp. 57-62.
- [5] Atefeh Pourshafie, Mohsen. Saniei, S. S. Mortazavi, and A. Saedian, *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, vol 3, No 6 (2009).
- [6] В.В. Карчин, В.Т. Сидорова, А.Н. Леухин, *Известия вузов. Проблемы энергетики*, № 1-2 (2015) С. 61-67.
- [7] ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [online] Available at: <http://www.cdtechnics.be/542-standard-en-50160-voltage-characteristics-in.pdf>.

## МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ИЗНОСА ПОКРЫТИЙ И УСТАНОВКА ДЛЯ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ

А.М. Сипатдинов, А.Д. Семикин, А.В. Мороз

Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола

Представлена новая методика контроля износа покрытия и конструкция станда для ее реализации. Методика не требует специализированного оборудования для контроля истирания покрытия. Представлены результаты апробации контроля истирания покрытия из нитрида алюминия (AlN) на нержавеющей образце.

**Ключевые слова:** контроль трибологических свойств, износостойкость покрытий, нитрид алюминия (AlN), вакуумные методы.

The paper presents a new technique for controlling the wear of the coating and the design of the stand for its realization. The technique does not require specialized equipment to control coating abrasion. The results of the abrasion test of aluminum nitride (AlN) coating on a stainless sample are presented.

**Keywords:** control of tribological properties, wear resistance of coatings, aluminum nitride (AlN), vacuum methods.

В настоящее время в мире уделяется большое внимание проблемам повышения износостойкости и коррозионной защиты деталей машин и механизмов. В некоторых отраслях промышленности производство запасных деталей сравнялось с производством деталей, предназначенных для сборки новых машин. Износ деталей приносит потери в промышленности всех отраслей и всех стран мира. Поскольку при остановках оборудования, связанных с его ремонтом, выпуск продукции на предприятии снижается, потери существенно возрастают. Время простоя – также утрата прибыли. Кроме всего этого износ касается одной глобальной проблемы – истощение природных ресурсов планеты [1].

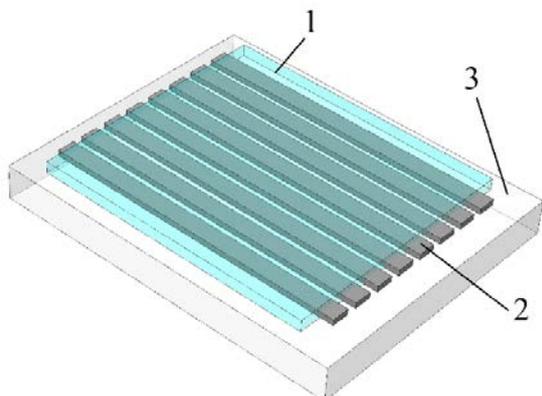
Контроль износостойкости диэлектрических пленок осуществляется с помощью трибологических испытаний. Это испытание контактного взаимодействия образца и устройства с целью оценки их трибологических характеристик в различных условиях внешних взаимодействий и окружающей среды. Существуют много способов определения износостойкости, но каждый способ имеет свои преимущества и недостатки. [2] Существующие методы контроля износостойкости покрытий требуют специализированного оборудования для оценки количества истершегося материала, либо имеют достаточно низкую точность [3]. Кроме того, не существует методик контроля износостойкости в процессе эксплуатации трущихся деталей. Поэтому оценка защитных свойств остается актуальной проблемой.

Чтобы защитить изделие от изнашиваний нужно знать не только материал защитного износостойкого покрытия, но и необходимо оценка износостойкости данного материала покрытия и факторов, влияющих на защитные свойства покрытия. Существующие методы контроля износа покрытий после испытаний на износ требуют дополнительные оборудования для оценки состояния покрытия. Приходится смотреть испытываемый образец под микроскопом, наносить специальные дополнительные покрытия, измерять глубину износа и т.д. Разработанная методика позволяет в ходе испытания анализировать и оценивать состояния покрытия, что не требует дополнительных устройств для оценки покрытий. Методика облегчает контроль состояния покрытия и ускоряет анализ по сравнению с другими методами.

**Целью работы** было разработать методику контроля износостойкости диэлектрических покрытий и высокоомных покрытий, разработка устройства для реализации износа покрытий.

**2. Методика контроля.** В данной работе метод контроля износостойкости диэлектрической пленки будет происходить испытанием на изнашивание при трении о закрепленный абразив. Проводятся испытания плоских образцов на трение и износ при постоянной скорости

цилиндрического контртела по одному и тому же следу трения при кратно увеличивающихся нагрузках. Отличие от существующих методик контроля и основная идея контроля заключается в том, что под защитным покрытием вакуумными методами нанесены контрольные проводники (рис. 1) на диэлектрическом основании, по сопротивлению которых судится о процессе истирания защитного покрытия

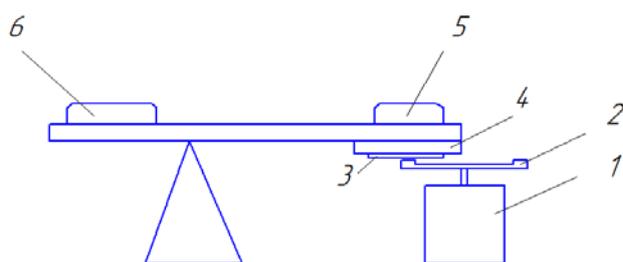


**Рис. 1.** Схема подложки электрода с диэлектрическим слоем

- 1 – диэлектрический слой;
- 2 – электрод;
- 3 – диэлектрическое основание

Для испытаний диэлектрических покрытий, разработана конструкция машины трения (рис. 2), состоящая из держателя подложки, закрепленного на одной большей стороне рычага, и опускающуюся на движущееся контртело. Контртело

приводится в движение электромотором, скорость вращения которого задается путем подачи нужного напряжения с автотрансформатора. Данная конструкция входит в состав стенда, реализующего предлагаемую методику (рис. 3). Измерение сопротивления контрольных полос осуществляется при помощи омметра.



**Рис. 2.** Конструкция стенда для контроля износа покрытий

- 1 – двигатель;
- 2 – контртело (диск);
- 3 – образец (подложка);
- 4 – держатель подложки;
- 5 – груз;
- 6 – противовес



**Рис. 3.** Стенд для контроля износа рабочих поверхностей:

- 1 – автотрансформатор; 2 – движущееся контртело; 3 – реверсивный двигатель; 4 – держатель образца;
- 5 – конденсатор; 6 – масса, обеспечивающая нагрузку; 7 – вольтметр.

Для апробации методики были изготовлены контрольные образцы (рис. 4) представляющие собой пластинки из нержавеющей стали, на поверхности которых методом магнетронного распыления были сформированы многослойное покрытие из последовательно нанесенных слоев нитрида алюминия, хрома и нитрида алюминия. Первый слой нитрида алюминия необходим для того чтобы исключить электрический контакт между основанием и хромовыми проводниками. Результаты измерений сведены в таблицу. Микротвердость измерялась по методу Виккерса.



Рис. 4. Контрольный образец

Таблица

Результаты определения износостойкости

| Образец                              | Покрытие, мкм   | Нагрузка, гр | Время истирания | Микротвердость, Па |
|--------------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------------|
| Подложка металл<br>нержавеющая сталь | AlN толщина 0,8 | 50           | 2ч 28мин        | 1,75               |
| Подложка металл<br>нержавеющая сталь | AlN толщина 0,8 | 50           | 1ч 48мин        | –                  |
| Подложка металл<br>нержавеющая сталь | AlN толщина 1,6 | 50           | 1ч 43 мин       | 2,10               |
| Подложка металл<br>нержавеющая сталь | AlN толщина 1,6 | 50           | 1ч 27 мин       | –                  |

В заключении нужно сказать что разработанная методика позволяет при условии знания толщины защитного покрытия более точно определить момент его износа без применения специализированного оборудования. Разработана конструкция установки для испытаний, позволяющая отказаться от сложных систем контроля давления на образец, а также позволяющую оперативно менять испытательный образец. Проведена апробация методики износа диэлектрического покрытия. Испытания проводились с линейной скоростью движения контртела 3,6 см/сек, при нагрузке 50 гр. Из полученных результатов, что металлические образцы типа нержавейки с диэлектрическим покрытием изнашиваются в пределах 2 часов. Подложки толщиной 1,6 мкм истираются быстрее, это может быть связано с более низкой адгезией поверхностного слоя.

### Список литературы

1. Износостойкость конструкционных материалов: учеб. пособие / Л.И. Куксенова, С.А. Герасимов, В.Г. Лаптева. – М.: Изд-во МГТУ им Н.Э.Баумана, 2011. – 237 с.
2. Контроль качества износостойких покрытий / Электронный ресурс <http://docplayer.ru/53639470-Kontrol-kachestva-iznosostoykih-pokrytiy.html>
3. Патент 2005100689/28. 11.01.2005 Способ определения износостойкости покрытия / Патент РФ RU 2281475 2006 Бюл. № 22 // Соколов Г.Н., Лысак В.И., Лебедев Е.И., Зорин И.В.

## КОНСТРУИРОВАНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Е.В. Тришина, Д.Е. Шашин, Н.И. Сушенцов

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
(пл. им. В.И. Ленина, 3, г. Йошкар-Ола)  
zhenya.trishina@mail.ru*

В статье рассматривается технология получения структуры ZnO/CuO методом магнетронного распыления. Проведены исследования химического состава тонкопленочной структуры.

**Ключевые слова:** магнетронное распыление, тонкие пленки, солнечная энергетика, фотовольтаика.

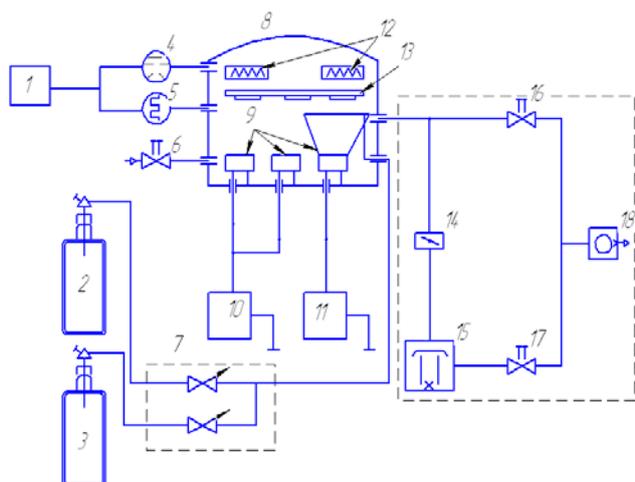
The article considers the technology of getting structure ZnO/CuO by magnetron sputtering. Studies of chemical composition of thin-film structure have been made.

**Key words:** the magnetron sputtering, thin films, the solar power, the photovoltaics.

**1. Введение.** В промышленно развитых странах уделяется большое внимание разработке энергетических систем на основе возобновляемых источников энергии, в том числе энергии Солнца. К 2020 г. сектор солнечной энергетики составит ~10% от мирового энергопотребления. Основная причина неконкурентоспособности солнечной энергетики – дороговизна вырабатываемой энергии. Для того, чтобы фотовольтаика могла конкурировать с традиционными источниками энергии, цена на вырабатываемую ею электроэнергию должна быть снижена примерно в 5-10 раз [1]. Необходимо разработать эффективные, дешевые технологии и конструкции фотоэлектрических преобразователей. Перспективными материалами являются оксиды различных металлов, например Cu<sub>2</sub>O, CuO, ZnO и др. и многослойные структуры на их основе, по причине их низкой себестоимости, широкой распространенности на Земле [3].

**2. Цель исследования.** Разработать конструкцию тонкопленочных солнечных элементов на основе оксидов металлов, исследовать их химический состав.

**3. Материал и методы.** Для получения тонкопленочной оксидной структуры была использована установка магнетронного распыления (рис. 1). Установленная в ней откачная система позволяет получать предельный вакуум порядка 1-5·10<sup>-4</sup> Па, что является достаточным для получения кристаллически-совершенных пленок ZnO/CuO методом магнетронного распыления.



**Рис. 1.** Схема экспериментальной установки: 1 – цифровой вакуумметр; 2 – баллон с рабочим газом; 3 – баллон с реактивным газом; 4 – ионизационный манометрический преобразователь ПМИ-2; 5 – термодатный манометрический преобразователь ПМТ-51; 6 – игольчатый нагреватель; 7 – цифровой нагреватель; 8 – вакуумная камера; 9 – магнетроны; 10 – импульсный блок питания с блоком смещения на подложку; 11 – высокочастотная установка ВЧД-2,5; 12 – нагреватели подложек; 13 – подложкодержатель; 14 – затвор; 15 – насос паромасляный; 16, 17 – клапаны; 18 – механический насос

Работа магнетронного распылительного устройства основана на принципе распыления материала катода-мишени, находящейся под отрицательным потенциалом в скрещенных электрическом и магнитном полях под воздействием ионного потока. Установка оборудована автоматической цифровой многоканальной системой, включающей в себя цифровой ионизационно-термодатный вакуумметр с непрерывным диапазоном измерения давления и автоматической дегазацией датчи-

ков, а также цифровой натекагель газа, содержащий два встроенных прецизионных регуляторов расхода газа с теплотрическими измерителями расхода газа, что позволяет прибору работать в режиме автономного напуска заданных расходов газа. Установка оборудована тремя несбалансированными магнетронами. За счет особой конфигурации магнитного поля НМ позволяют осуществлять нанесение покрытий, обеспечивая воздействие на поверхность растущей пленки потока ионов плазмы, генерируемой магнетронным разрядом [2]. Блоки питания магнетронов работают в импульсном режиме и имеют защиту от короткого замыкания и систему гашения микродуг. На данной установке была изготовлена структура с пленками оксида меди толщиной 500 нм, осажденными на стеклянную подложку с прозрачным проводящим слоем ZnO, легированным бором, толщиной 200 нм. полученным при помощи газовой эпитаксии. Температура подложек была ограничена температурой 130°, чтобы избежать деградации кристаллической структуры пленки ZnO. Напыление пленок меди и хрома, для электродов структур на основе оксидов ZnO и CuO, получали на той же установке магнетронного распыления, в разных технологических циклах.

**4. Результаты исследования и их обсуждение.** Исследование образцов тонкопленочных структур ZnO/CuO проводилось с помощью экспериментальной установки (рис. 2). ВАХ полученных структур существенно зависят от температуры, длительности и вида отжига. При термическом отжиге в муфельной печи в течение 10-30 мин наблюдались ВАХ, близкие к резисторным, но формирование структур при кратковременном вакуумном отжиге в интервале температур 250-350 оС, позволяет получать вольт-амперные характеристики, близкие к диодным.

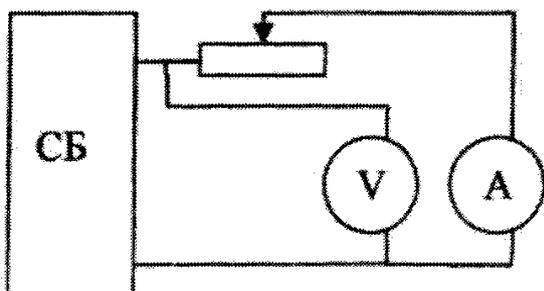


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

Вакуумный и обычный отжиг оказывают различный эффект на исследуемые вольт-амперные характеристики (ВАХ). Полученные после отжига в вакууме при 250-350 оС структуры n-ZnO/p-CuO демонстрируют заметную чувствительность к видимому свету.

При напылении пленок оксида меди и оксида цинка методом реактивного магнетронного распыления цинковой и медной мишени, удалось получить структуры, ВАХ которых близки к диодным (рис. 3), и как следствие, преобразования оптического излучения в электрический сигнал, но КПД этих элементов, находится на уровне 4-6 %, что пока не позволяет говорить о их конкурентоспособности на рынке. Темновые и световые вольт-амперные характеристики структуры p-CuO/n-ZnO показаны на рис. 3. Вероятная проблема низкого КПД полученных образцов заключается в диффузии бора из p-ZnO, а также несовершенства кристаллической структуры.

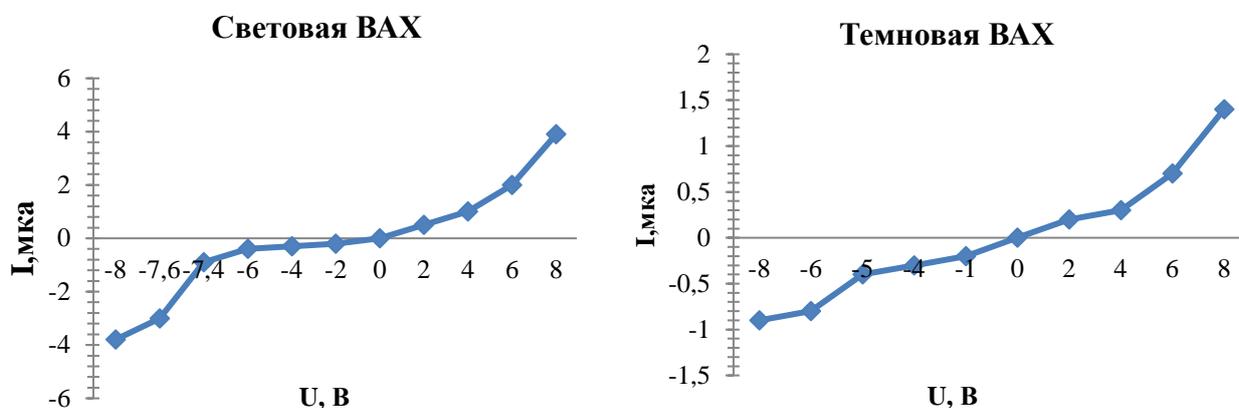


Рис. 3. Вольт-амперные характеристики структуры p-CuO/n-ZnO

**5. Выводы.** Были получены эффективные структуры CuO/ZnO методом реактивного магнетронного распыления. Проведены исследования химического состава соединений. Выявлено, что в зависимости от концентрации реактивного газа в камере стехиометрический состав пленки оксида меди изменяется от  $\text{Cu}_2\text{O}_x$  ( $x < 1$ ) до CuO, с ростом концентрации кислорода в камере.

#### **Список литературы**

- [1] Сушенцов, Н.И. Упрочняющие тонкопленочные покрытия на основе нитридов и углеродных материалов / С.А Степанов, С.В. Борисов // Приволжский научный вестник. 2014. № 3(31), Ч. 1. С. 31-38.
- [2] В.П. Афанасьев, Е.И. Теруков, В.И. Шаповалов Теруков // Вакуумная техника и технология. 2015, том 25, № 2ю С. 164-166.
- [3] Сушенцов, Н.И. Разработка методики формирования функциональных покрытий на основе комплексного нитрида титана и алюминия, и исследование их свойств С.А Степанов, Д.Е. Шашин // Упрочняющие технологии и покрытия. 2017. № 3(147), Т.13. С. 105-107.

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПОИСКОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ,  
ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ**
**О МЕСТЕ ЧЕЛОВЕКА В КОСМОСЕ**

Полищук Р. Ф. (Москва, ФИАН)

Единый смысловой стержень бытия определяет физику в самом широком смысле этого слова (греческое слово «физика» означает «природа», то есть всё и динамику всего) как единую и единственную науку о мире, понимаемую как развитие (от натуралистического уровня до уровня философского) понятие. Что касается Бога, то это великое творение самого человека как персонификация упомянутого смыслового стержня бытия в рамках теизма (иудаизма, христианства и ислама). Границами теизма служат буддизм (до-теистическая стадия развития сознания) и научный реализм (стадия пост-теистическая). Буддизм исходит из изначальной ложности членения единой реальности на Творца и творение. Научный реализм опирается на единые для всех научные факты и логику. Следует с уважением относиться ко всему спектру мировоззренческих установок человека за всю историю человечества как части Вселенной. Человек как животное возникает в биосфере на уровне животных инстинктов. Жизнь возникает как поток упорядочения благодаря само-коррекции наследственного кода при условии притока свободной энергии. Поток упорядочения (негэнтропии) не противоречит закону роста энтропии как меры хаоса, поскольку низко-энтропийное излучение каждой звезды вытесняет энтропию из окрестности звезды ценой её увеличения в галактике. Рост возможной потенциальной сложности любой физической системы с увеличением количества её элементов значительно обгоняет экспоненциальный рост. Человек – полюс сложности природы. Разум человека естественно возникает как дополнительное средство адаптации его организма в окружающей среде.

Наличие единого смыслового стержня природы влечёт и наличие единой о ней науки, то есть физики (от греческого слова «фюсис», природа) в первоначальном широком смысле этого слова как универсальной науке о всей природе и всех природных процессах – от эволюции Вселенной до эволюции всего корпуса человеческого знания о мире и самом себе как части мира. Универсальным языком физики является математика как (по Карлу Вейерштрассу) «наука о бесконечном». Но актуальная бесконечность не дана в опыте, а согласно финитизму Давида Гильберта её нет в природе. Согласно данным наблюдательной космологии радиус видимой Вселенной равен величине порядка  $10$  в степени  $28$  сантиметра. А из трёх фундаментальных физических констант получается планковская длина (порядка  $10$  в степени минус  $33$  сантиметра), которую можно принять за минимальную длину, реализуемую в природе (не в математике с её бесконечно малыми величинами). Это приводит нас от континуальной математической геометрии к дискретной физической геометрии с минимальным отличным от нуля углом порядка  $10$  в степени минус  $61$  радиана (отношение максимальной физической длины к минимальной). Ясно, что и иррациональных чисел (отношение длины окружности к радиусу, квадратного корня из числа  $2$  и так далее) в природе тоже не существует, а во всех физических и космических проектах берутся приближённые значения всех иррациональных чисел как бесконечных непериодических десятичных дробей.

Динамика мира связана с тем, что исходное состояние образующих мир элементарных частиц есть скорость света. Световое дрожание частиц рождает их массу покоя и её мировую линию вдоль оси времени, а также рождает сами понятия времени и пространства как понятия производные и относительные.

**Ключевые слова:** человек, жизнь, энтропия, негэнтропия, эволюция сознания, теория сложности.

The Greek word 'physics' means "nature". Physics involves all the Universe and dynamical evolution of any part of the Universe – from naturalistic level to philosophical one. There are two primary forms of the religious stands: Buddhism and Theism. Buddhism negatives a dividing of the being to the Creator and a creation. For Theism the Universe is a creation of the Creator. In frame of the Theism (Judaism, Christianity, Islam) God is the High Person and Creator of being. His Face was created by man imagination as the great symbol of the Good and being essence. We must to respect of the world religions. But the truthful approach to the knowledge of the Universe gives the science only. Life is a negentropy current providing self-correction by the genetic code and supporting itself by free energy affluent. The negentropy current is not negatives of the entropy growing law. A solar radiation with the little entropy level neutralizes a growing entropy on the Earth.

The biosphere of the Earth is a very complex system. The potential complexity growing of the physical systems with growing of number of elements is more than exponential growing. Here there is a key to understand the beginning of the biosphere origin in frame of the cosmic systems evolution. Human person is a some complexity pole of the biosphere. Human mind gives an additional possibility to adapt for world conditions. On the atomic level the physical world is physical particles and physical vacuum only. Beginning state of the particle state is a light state. Light oscillation of physical particle gives the middle parameter for static mass of this particle and world line in space-time as a particle history. Modern knowledge of the world gives the scientific picture of the Universe.

Появление человека – предельно редкое, но структурно устойчивое явление в эволюции Вселенной. Его разум – дополнительное средство естественной адаптации его как части биосферы к динамике окружения: при эволюции выживает то, что может выжить. Реальная и наиболее вероятная динамика эволюции любой физической системы возникает как результат суммирования всех её виртуальных эволюций. Представьте себе, например, что вы суммиру-

ете все пути, соединяющие фиксированную пару точек. Результатом их взаимной компенсации станет соединяющий их отрезок прямой линии. Но актуальной бесконечности в природе нет [1], и в процессе наложения виртуальных эволюций реально возникает естественное приближение к наиболее экономной эволюции, дающей в предельном случае кривых линий, соединяющих две фиксированные конечные точки, отрезок прямой.

Мир управляется исключительно естественными законами физики. Физика в широком смысле слова (*physis* – природа) есть вообще всё и то, как это всё естественно устроено (например, психология – это природа, физика эмоций, социология – физика социума как часть этнополитической динамики). Физическая система может эволюционировать с многочисленными бифуркациями: в мире детерминированы прежде всего вероятности.

В физике есть задача Коши: задание данных Коши (параметров системы в определённый момент времени и их ростков во времени) через принцип экстремума действия как интеграла по пространству от плотности лагранжиана системы полностью определяет всю прошлую и будущую эволюцию этой системы. В этом случае полной предустановленности эволюции типа лапласовского детерминизма нет свободы и ответственности, а есть мир как мёртвая механическая машина. На самом деле бифуркации превращают мир в океан ветвящихся возможностей. Даже любая физическая система в состоянии неустойчивого равновесия может качнуться в разные стороны в зависимости от самого малого её возмущения. Мы живём в вероятностном мире и можем как-то влиять прежде всего только на изменение вероятности наступления того или иного события, далеко не всегда равной единице.

Наблюдаемая Вселенная при её массе порядка  $10^{56}$  грамм (это около двухсот миллиардов галактик с двумястами миллиардами звёзд в каждой) – сложная физическая система. А естественная эволюция сложной системы управляется законом роста энтропии как меры её хаоса, упрощения структуры (например, сливая горячую и холодную воду, мы получим тёплую воду постоянной температуры). Но земная биосфера и человек как её часть суть сложные образования, и человек упорядочивает себя и место своего обитания, вытесняя хаос куда-то наружу и усложняя тело цивилизации. Почему это возможно? Потому что низко-энтропийное солнечное излучение как источник жизни вытесняет хаос из окрестности Солнечной системы ценой её общего увеличения в нашей Галактике. Это означает, что островки разумной жизни во Вселенной – редки и локализованы, и мало надежды найти братьев по разуму там, куда даже со скоростью света не долететь за приемлемое время.

В математике существует понятие особого структурно устойчивого множества меры нуль (в физике – чуть больше нуля). Например, двумерная граница трёхмерной физической системы и центр масс этой системы имеют нулевой объём, но не исчезают при деформации системы, то есть структурно устойчивы. Около каждой звезды существует тонкий шаровой слой, в котором температуры находящихся там тел совместимы с жизнью (название такой зоны – *экофера*). Раз в наблюдаемой Вселенной порядка  $10^{22}$  звёзд, а планет на порядок больше (их около  $10^{23}$ ), то где-то вполне могут быть планеты с физическими параметрами, допускающими появление атмосферы, гидросферы и литосферы, совместимых с возможностью появления жизни.

Вселенная расширяется, и естественно предположить, что в начале расширения около 13,8 миллиардов лет тому назад это был сверхплотный комок физической материи. Поскольку её границе неоткуда было взяться, начальный трёхмерный мир мог быть безграничной трёхмерной сферой. Но квантовая теория пространства-времени требует, чтобы размерность квантового пространства-времени равнялась десяти. Естественно считать, что элементами наблюдаемого 4-мерного пространства-времени являются сверхмалые 6-мерные компактные подпространства. Также естественно предположить, что три наблюдаемые физические взаимодействия (сильное, электрослабое и гравитационное) появились при распаде начального единого физического взаимодействия (с одной фундаментальной константой), распавшегося на сильные взаимодействия (с константой порядка размера ядра атома в экспоненте, входя-

щей в известный с 1935 года потенциал Юкавы, описывающий ядерные взаимодействия), слабые (с обменом неустойчивыми  $W$  и  $Z$  бозонами), электромагнитное (с обменом виртуальными фотонами спина 1) и гравитационные (с постоянной тяготения Ньютона и с обменом виртуальными гравитонами спина 2 между массами как гравитационными зарядами).

Согласно уравнениям Эйнштейна (1915) тензор кривизны пространства-времени в виде симметричной  $4 \times 4$  матрицы функций мировой точки (пространственной точки, взятой в один момент времени) равен тензору энергии-импульса материи, умноженному на очень малую константу Эйнштейна (она выражается через постоянную тяготения Ньютона и скорость света). Материя как бы указывает пространству-времени (миру событий), как его геометрии надо прогибаться, а кривизна мира событий указывает материи, как ей двигаться. Можно геометризовать плотность не только массы как источника кривизны мира, но и плотность спина материальных источников, взяв вместо 10-ти уравнений Эйнштейна систему 16-ти уравнений Эйнштейна-Картана (1922). Мир Эйнштейна-Картана отличается от мира Эйнштейна тем, что вместо реального движения в нём по окружности мы будем двигаться словно по винтовой лестнице, как при подъёме, скажем, на крышу Астрономического института Московского университета в Москве (ГАИШ МГУ).

На поверхности Земли кривизна пространства-времени проявляется в том, что у выполненного лучами лазеров вертикального треугольника сумма углов меньше двух прямых, а у горизонтального – больше. Отклонения от плоской геометрии здесь ничтожно малы: чтобы они стали очень большими, надо было бы сжать Землю в шарик размером порядка сантиметра. Поэтому хотя ещё в 1916 году Эйнштейн предсказал существование распространяющихся со скоростью света гравитационных волн, открыть их (если только вдруг поверить соответствующим заявлениям: поверим, когда опыт будет кем-то повторён) удалось лишь в 2016 году. Поскольку геометризация спина и вращения источников гравитации (масс) в теории Эйнштейна-Картана задаётся несимметричной частью тензора энергии-импульса этих источников, умноженной уже на квадрат малой константы Эйнштейна, торсионные поля Картана экспериментально вряд ли удастся когда-нибудь открыть. Но они элементарно усматриваются умозрением как естественное развитие теории Эйнштейна [2].

Можно рассмотреть гипотезу такого фазового перехода ранней Вселенной, что компактное квантовое 9-мерное пространство радиуса кривизны  $10^3$  в степени примерно минус 13 сантиметра с предельной планковской плотностью источников в эпоху Большого взрыва перестроилось с сохранением её объёма в расширяющееся 3-пространство наблюдаемого радиуса кривизны  $10^{28}$  в степени 28 сантиметров с компактными 6-мерными элементами планковского масштаба вместо точек (размером около  $10^{-33}$  в степени минус 33 сантиметра), так что рост в трёх измерениях примерно на 40-41 порядок компенсировался уменьшением в шести оставшихся измерениях более, чем на 20 порядков.

Подчеркиваем, что это чисто умозрительная гипотеза. Но позволим себе продолжить игру умозрения. Квантовая размерность пространства-времени равна 10: одномерное время и 9-мерное пространство. Но мы видим только 3 измерения окружающего пространства. Если объём начального 9-пространства не изменился в эпоху Большого взрыва, то его «точки» следует считать компактными 6-пространствами (проще всего – сферами, у которых все измерения равноправны). Поскольку актуальной бесконечности в природе нет, наблюдаемое пространство – тоже 3-сфера. Для наглядности представим себе 2-сферу и небольшой круг как окрестность любой её точки, принятой за полюс. Этот круг пусть ускоренно расширяется. У двумерного круга есть одномерная граница. Пределом его расширения со сжатием одномерной границы круга на противоположном полюсе в точку будет вся 2-сфера. Наблюдаемую Вселенную можно считать ускоренно расширяющимся трёхмерным шаром. Можно считать, что на его 2-мерной границе находятся максимально удалённые от нас на большое конечное расстояние галактики. После их удаления за горизонт событий (подобно тому, как расширяющийся 2-круг на 2-сфере после пересечения её экватора будет иметь сжимаю-

щуюся 1-границу) сопутствующее указанным галактикам 2-пространство радиуса кривизны около 10 в степени 28 сантиметра начнёт сжиматься. Мировые линии максимально удалённых галактик пересекутся.

Отсутствие математической бесконечности физического мира означает отсутствие в нём и математических точек. Представим себе геометрический отрезок прямой с парой конечных нуль-мерных точек. Его можно мысленно удвоить и поделить пополам. Повторяя процесс, можно сказать «и так далее до бесконечности». Пределом удвоения будет бесконечная прямая (в математике существует числовая прямая как «ось абсцисс»). Пределом деления будет точка, воображаемое движение которой рождает прямую, площадь и объёмы растущей размерности. Для Гегеля бесконечное повторение операции одного рода была «дурной бесконечностью»: сам он образом бесконечности считал окружность. Отрезок превращается в (топологическую) окружность после отождествления концов отрезка. На 2-сфере максимальная окружность - экватор сферы. А деление отрезка пополам в физике тоже имеет предел в виде компактного пространства планковского масштаба, а не точки.

Так почему квантовая размерность физического пространства разделилась по правилу:  $9=3+6$ ? Возможно, потому, что простейшая физика начинается с размерности три, а в 3-пространстве простейший объект коразмерности 1 (2-сфера) имеет двухмерную площадь и одномерный радиус. В теории гравитации Эйнштейна имеются два простейших решения (Шварцшильда и де Ситтера) для материальной точки в пустом асимптотически плоском 3-пространстве и для однородной среды постоянной плотности, заполняющей всё 3-пространство. Решение де Ситтера (с тензором материи, пропорциональным космологической постоянной и метрике) представляет собой неограниченно расширяющуюся Вселенную. Как можно «склеить» границы как бы бесконечного отрезка в окружность сверхбольшого размера, так можно «склеить» как бы бесконечную 2-границу как бы бесконечно расширившегося 3-пространства де Ситтера в 2-сферу сверхбольшого размера, после пересечения границы которой время словно изменит знак, и расширение станет сжатием либо однопространственное измерение и время словно поменяются местами.

Размерностью массы является обратная длина. Если постоянную Планка и скорость света как естественные единица природы считать равными единице, постоянная тяготения Ньютона станет равной квадрату планковской длины (планковской площади). Умножив на неё массу, получим её гравитационный радиус (небольшими безразмерными множителями пренебрегаем). Дуализм волна-частица позволяет (при указанном выборе естественных единиц) приравнять массу-энергию частицы обратной длине волны (суммирование заполняющих всё пространство монохроматических волн позволит частично локализовать частицу-волну в конечном объёме, и неопределённость параметров движения и локализации отвечает принципу неопределённостей Гейзенберга, по сути ограничивающему область применимости самих понятий движения и положения в пространстве).

Так что первично для описания массы-энергии, длина или площадь как её квадрат? Первичны световые образы. Ответ прост: световое дрожание частицы (дрожание её одномерного 4-импульса нулевого квадрата длины с ненулевыми проекциями на время и пространство) в среднем выглядит как элементарная площадь. Световое дрожание элементов трёхмерного пространства на микроуровне выглядит в среднем как шестимерное пространство. Эти измерения не существуют одновременно, как и частица не имеет сразу двух направлений своего «светового» движения: много-мерие возникает как колеблющееся с планковской частотой (2 на 10 в степени 43 раз в секунду) мало-мерие. Ведь в трёхмерном пространстве изменять ориентацию могут не только одномерные направления, но и двухмерные: их определяют два направления нормали к плоскости. В 3-пространстве имеем 6 независимых ориентаций 2-направлений. Возможно, на уровне микроскопических «зёрен» пространства имеем исходное изменение, световое дрожание их ориентаций. Как одномерное дрожание по правилу  $1+1=2$  рождает видимость 2-мерия, так и дрожание трёх независимых 2-

направлений с шестью независимыми ориентациями создаёт видимость 9-мерия ( $3+6=9$ ) квантового пространства и как бы 10-мерия квантового пространства-времени. Как смена дискретных кадров киноленты воспринимается, как непрерывное изменение картинки, так световое дрожание элементом мира воспринимается как статика 10-мерного пространства-времени с его 6-мерными «точками».

Сильное взаимодействие отвечает за появление нуклонов (протонов и нейтронов), каждый из которых представляет тройку кварков, обменивающихся глюонами. Электрические заряды кварков в естественных единицах равны  $1/3$  и  $2/3$  (разных знаков), устойчивая сумма которых из трёх слагаемых есть 1 (протон и антипротон) или 0 (нейтрон и антинейтрон). Важно (и для физики, и для философии), что нуль здесь не изначальное ничто, а результат взаимной компенсации ненулевых величин. Теперь легче принять, что тензор энергии-импульса вакуума (от латинского *vacuum*, пустота) есть произведение ненулевой космологической постоянной на метрику (тогда плотность материи равна давлению по всем трём пространственным осям), что вакуум не ничто, что могут быть разные локальные вакуумы. В частности, можно предположить, что до Большого взрыва был вакуум планковской плотности, который отдал значительную часть вакуумной массы-энергии излучению и, затем, веществу, оставив что-то на долю нового вакуумного фона. Если макроскопическое 3-пространство есть 3-сфера чудовищно большого конечного радиуса кривизны, то наблюдаемое ускоренное расширение Вселенной из одного условного «полюса» когда-нибудь сменится сжатием на другом её «полюсе» (знак ускорения расширения может в принципе меняться).

Напомним, что Эйнштейн ввёл космологический член для получения статической (скорее, из общих эстетических соображений: отсутствие статики мира он считал его несовершенством) Вселенной конечного радиуса как одного из простейших решений его уравнений. Потом он счёл это самой главной своей ошибкой. А. А. Фридман (1888-1925) нашёл нестационарное решение уравнений тяготения Эйнштейна. При этом решение Эйнштейна оказалось неустойчивым. Сейчас физики говорят о *фридмановской космологии* как простейшей модели эволюции пространства-времени. А возможность выбора разных космологических членов уравнений тяготения Эйнштейна означает в принципе возможность разных глобальных вакуумов. Понятия «ничто» и «всё» в каком-то смысле могут сближаться, и концепция возможной перестройки физического вакуума допустима.

Электромагнитное взаимодействие зарядов определяется четырьмя уравнениями Максвелла: действие дифференциального оператора второго порядка на 4-мерный вектор-потенциал даёт сохраняющийся (то есть с нулевой дивергенцией) ток. Аналогичный вид на языке тетрад (четвёрки вектор-потенциалов) можно придать уравнениям Эйнштейна-Картана для гравитации [2], что автоматически решает проблему законов сохранения в общей теории относительности. Отметим, что в известной книге «Теория поля» Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшица для решения проблемы законов сохранения в гравитации вводится ненужный псевдотензор, а в монографии [3] академика В. А. Рубакова с соавтором ошибочно написано, что в общей теории относительности просто нет законов сохранения. Отметим также, что в физике до сих пор не решена задача единого описания всех физических взаимодействий и, в частности, нет законченной квантовой теории гравитации.

На пути к научной картине мира развивающееся сознание человека проходит мифологические стадии своего становления, исходящие из того, что весь мир – живой (гилозоизм), а также одушевлён (анимизм; сегодня мы знаем, что живые деревья не имеют чувств, а животные имеют чувства боли или удовольствия) и даже одухотворён (панпсихизм; здесь локализуются первобытные религии с их магическим сознанием). Вспомним, например, стихи великого поэта-пантеиста Фёдора Тютчева (год написания 1836; Александр Пушкин, который был и «сам обманываться рад», тогда был ещё жив):

Не то, что мните вы, природа:

Не слепок, не бездушный лик –

В ней есть душа, в ней есть свобода,

В ней есть любовь, в ней есть язык...

Мировые религии (буддизм и теизм) приватизировали и сакрализовали сущность бытия, но наука диалектически сняла и развила донаучную картину мира. Стоит уважать и магическое детство, и религиозную юность человечества. В мире на уровне научных фактов нет живущих в воображении религиозных чудес, зато есть научное знание. Оно всесильно: нет непознаваемого, но есть непознанное. Знание непрерывно развивается, поскольку каждое научное понятие имеет предел применимости: взятое разумом в скобки добытое знание требует выхода за скобки (по закону диалектики проведение границы есть также её мысленное переступание). Наука – это просто развивающееся в целую систему научное понятие. Но конечно, не единой наукой жив человек. Инстинкт – фундамент, рассудок – стены, разум – кровля возводимого в голове образа мира.

Единство физического мира проявляется в том, что все элементарные частицы – это разные состояния одной и той же частицы-струны с разными устойчивыми модами её резонансных колебаний. Физический мир – квантовый, и все физические величины суть операторы, а заряды (сильные, электрические и гравитационные) – это собственные значения соответствующих операторов, действующих на физическую систему. Спин частицы – внутренний квантовый момент её закрученности (как бы вращения). Частица спина 0 называется бозоном Хиггса. Собственным значением квантового оператора скорости является только плюс-минус скорость света. Строго говоря, это не скорость (ведь из-за лоренцева сокращения для воображаемого светового наблюдателя пространство не 3-мерно, а 2-мерно), это исходное световое состояние каждой рождающейся частицы. Исходный пространственно-временной 4-импульс физической частицы с одним временным и тремя пространственными компонентами имеет нулевой квадрат: временная и пространственные компоненты компенсируют друг друга (иначе временное измерение не отличалось бы от пространственного). Квантовый принцип неопределённости координаты и импульса частицы означает неразделимость этих понятий. Из-за систематического взаимодействия с бозонами Хиггса 3-импульсы частиц систематически меняют свой знак, и возникает световое дрожание частицы с ненулевой массой покоя как усреднённой временной компонентой 4-импульса (свет мы видим благодаря поглощению глазом внешних фотонов, а когда-то считалось, что это глаз как фонарик своим излучением «ощупывает» окружающие предметы, эти излучения отражающие обратно).

Первичность световых состояний частиц означает первичность *диадного* 2+2 расщепления пространства-времени как множества нуль-мерных событий. Соответствующий *диадный формализм* был впервые предложен в 1971 году в ГАИШ МГУ автором этой статьи [4] и в 1973 году независимо был предложен и другими авторами [5]. Он получил название GHP-formalism (Джи-Эйч-Пи-формализм) и считается его авторами Герочем, Хелдом, Пенроузом и другими физиками существенным развитием общей теории относительности (ОТО) Эйнштейна (как известно, нет пророков в своём отечестве). ОТО объединила одномерное время и трёхмерное пространство как бывшие абсолютные сущности, каковыми они были в 1687 году у Ньютона с его первой механической картиной мира, в единое 4-мерное пространство событий, дающее различные 3-пространства и времена для наблюдателей с различными состояниями движения. А. Л. Зельманов (1913-1987) предложил метод хронометрических инвариантов для 1+3 расщепления мира событий на одномерные мировые линии наблюдателя с его часами и локальными 3-пространствами, образованными одновременными для этого наблюдателя событиями. Релятивизация 1+3 расщеплений 4-мерного мира событий стала абсолютизацией последнего и превращением времени и 3-пространства в некие его тени, относительные проекции исходного абсолюта.

Как выглядит небосвод для космонавта с увеличением скорости его корабля до субсветовой и световой? Тогда все светила из-за релятивистской абберации света стянутся в апекс его движения с неограниченным голубым смещением в виде летящей ему навстречу со световой скоростью плоской волны. Звезда в антиапексе движения станет невидимой из-за неограниченного красного смещения (ведь её фотоны космонавта не догонят). Впрочем, расстояния до тел спереди (и сзади) обратятся в нуль: световой наблюдатель (с мировой линией нулевой длины) затратит нуль собственного времени для достижения звёзд впереди, поскольку он мгновенно *уже там*. Для воображаемых световых наблюдателей их локальные пространства двухмерны. В этом смысле наш диадный формализм первичен по отношению к обычному классическому, не квантовому (1+3)-расщеплению мира событий. Его формально можем считать (4+0)-расщеплением на нульмерные точки-события (в будущей квантовой теории гравитации они могут быть, возможно, заменены компактными многомерными пространствами-зёрнами планковского масштаба). Если для Демокрита *мир есть атомы и пустота*, то в будущей физике и «пустота» будет скорее зернистой и дискретной.

Каждая физическая частица – это квант возбуждения физического вакуума. Масса фона (тёмная энергия, соответствующий тензор энергии-импульса, умноженный на постоянную Эйнштейна, равен произведению космологической постоянной на метрику пространства-времени) образует долю 0,7 массы Вселенной. Тёмная материя образует долю примерно 0,25, а видимая материя – остальную долю 0,05 полной массы. Природа тёмной материи пока неизвестна [6]. Если вакуум – это своего рода океан в состоянии штиля, то частицы – это своего рода его дискретные волны.

Самый распространённый элемент во Вселенной – водород. Электрическое взаимодействие электрона и протона (по закону Кулона) на несколько десятков порядков превосходит их гравитационное взаимодействие (по закону всемирного тяготения Ньютона). Распад единого взаимодействия был также распадом констант различных наблюдаемых сейчас физических взаимодействий. Из трёх фундаментальных физических констант (постоянные Ньютона, Планка и скорость света) можно получить предельную планковскую плотность материи: 5 на 10 в степени 93 грамм в кубическом сантиметре. Поскольку (согласно Давиду Гильберту [1] с его физически реальным финитизмом) в опыте бесконечность не дана, так что актуально бесконечных величин в природе нет, то начальным состоянием расширяющейся Вселенной следует считать не сингулярную точку бесконечной плотности, а, как было сказано, конечное компактное (безграничное) пространство с предельной планковской плотностью материального источника.

Массе наблюдаемой Вселенной (10 в степени 56 грамм) может отвечать 3-сфера планковской плотности радиуса кривизны 10 в степени минус 13 сантиметра (это своего рода «первоатом Леметра»). Начальный «вакуум» распался на современный вакуум с падением плотности на 123 порядка (до критической плотности 10 в степени минус 29 грамм в кубическом сантиметре), и гравитационный радиус вырос на 41 порядок (до 10 в степени 28 сантиметра: это радиус горизонта событий). Галактики и их скопления, расстояния между которыми превосходит горизонт событий, удаляются друг от друга со сверхсветовой скоростью, превосходящей скорость распространения физических взаимодействий, так что сигнатура мировых линий их историй при переходе от одной системы отсчёта к другой меняется.

Элементарные частицы как кванты возбуждения физического вакуума образовали атомы и молекулы. Масса стабильных атомов ограничена тем, что сильные взаимодействия ослабевают экспоненциально с увеличением расстояния между нуклонами (потенциал Юкавы), поэтому большие сверхтяжёлые атомы распадаются на более лёгкие. Можно предположить, что вместо электрического потенциала Кулона и гравитационного потенциала Ньютона мы имеем тоже экспоненциальное уменьшение потенциалов с расстоянием. Но если в потенциале Юкавы в экспоненте стоит отношение радиального расстояния от источника к постоянному расстоянию 10 в степени минус 13 сантиметра, то в аналогичных обобщённых по-

тенциалах Кулона и Ньютона могут стоять сколь угодно большие конечные постоянные расстояния. Это не противоречило бы наблюдениям, но заменило бы актуально бесконечную Вселенную на Вселенную только практически как бы бесконечную со сколь угодно большим конечным радиусом кривизны, что отвечало бы, как было сказано, идее Давида Гильберта [1].

Для понимания появления человека в мире надо обратиться к теории сложности. Число перестановок из  $N$  элементов пропорционально числу  $(N/e)$  в степени  $N$ , где в знаменателе стоит натуральное число (примерной величины 2,718). Это означает, что потенциальная сложность системы из  $N$  элементов растёт много быстрее экспоненты. Здесь ключ к появлению сложной структуры биосферы Земли, частью которой мы являемся. Тот факт, что наши тела состоят из тяжёлых химических элементов, доказывает (в рамках космогонии Солнечной системы), что Солнце – звезда второго или третьего поколения. Масса Солнца равна 2 на 10 в степени 33 грамм (а масса Земли составляет 6 на 10 в степени 27 грамм). Солнце пережигает свой водород в гелий и каждую секунду тратит на излучение 4 мегатонны своей массы-энергии, из которых 2 кг (одна двухмиллиардная часть) падает на Землю, создав (за 3,5 миллиарда лет) и поддерживая её биосферу. Поэтому не случайно, например, что ацтеки приносили Солнцу человеческие жертвы (а люди боролись за право удостоиться чести стать жертвой божеству), чтобы «уставшее» за день Солнце к утру набралось сил снова засиять.

Биосфера есть, как известно, область активной жизни, охватывающая нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы. Она состоит из среды обитания и органических веществ как её части. Сначала на Земле возникла флора (совокупность видов растений) с её фотосинтезом, затем одноклеточные и многоклеточные животные организмы фауны. Ресурс солнечного излучения как источника жизни и сама жизнь необходимо ограничены по срокам и объёму. Каждое растение со временем «устаёт» расти, животное – жить, но в норме они успевают передать эстафету жизни следующему поколению. Организмы биосферы передают следующему поколению биологический наследственный код, а поколения людей как ноосферная часть биосферы передают также код социокультурный. Физический принцип экстремума действия определяет естественную самоорганизацию природы, а знание с его пониманием и предвидением даёт дополнительные возможности. Разумный человек – естественный полюс сложности развивающейся и усложняющейся природы. Хотя степень сложности растёт, но в каждый момент времени она ограничена.

На ближайших планетах жизни нет: на Венере слишком жарко, на Марсе – слишком холодно, и если там жизнь и была, то лишь на низком (бактериальном?) уровне. Сила жизни и особенно жизни разумной имеет не экстенсивную, но интенсивную природу. Так что же такое жизнь как таковая? Согласно словарю [7] это *одна из форм существования материи, закономерно возникающая при определённых условиях в процессе её развития. Организмы отличаются от неживых объектов обменом веществ, раздражимостью, способностью к размножению, росту, развитию, активной регуляции своего состава и функций, к различным формам движения, приспособляемостью к среде и т. п. Полагают, что жизнь возникла путём абиогенеза (образования органических соединений без участия ферментов).*

Ясно, что это, скорее, описание («одна из форм») с перечислением признаков, а не точное определение. Поэтому я попытался дать более конкретное физическое определение [8]: *жизнь есть поток упорядочения (негэнтропии), обеспечиваемый самокоррекцией наследственного кода при условии притока свободной энергии.*

Природа подчиняется законам физики. Главным математическим образом физики является *фейнмановский интеграл по путям эволюции физической системы*: между двумя состояниями физической системы в разные фиксированные моменты времени складываются все виртуальные эволюции, порождающие наиболее вероятную действительную эволюцию (природа само-организуется). Свобода выбора возникает из возможности ветвления траекторий динамической эволюции физических систем. У растений нет свободы выбора. Животные

способны на поиск того, что им нужно. При этом фауна делится на хищников и жертв. Скажем, волки способны питаться травой, но только предварительно переработанной зайцами (хищниками для растений и жертвами для волков) в зайчатину. Социум делится на, условно говоря, «социальных хищников» и на «социальных жертв» как непосредственных производителей жизненных начал, включающих также учёных как добытчиков нового знания о природе и технологии переработки её продуктов. Инстинкт жизни человека им осознаётся и продолжается в рождаемом им искусстве и науке как знании о фундаментальных законах природы и возможностях их творческого применения в форме цивилизации. При этом только человек (девиантного типа поведения) способен сознательно отрицать человеческое начало в человеке. А хищники одного уровня могут быть жертвами для хищников другого уровня. Конечно, без хищников жизнь невозможна. Например, без волков зайцы съедят всю траву и умрут с голоду, а волки без зайцев тоже умрут с голоду (но перед этим, возможно, начнут пожирать друг друга в борьбе за выживание). Известные уравнения Лотка-Вольтерра для описания системы «хищник-жертва» чаще всего дают периодическое колебание тех и других: вымирание зайцев влечёт вымирание волков, влекущее размножение зайцев, вызывающее рост числа волков, и всё повторяется. В социуме всё усложняется: *кто тут охотник, кто добыча – всё дьявольски наоборот; и что-то странное мурлычет чеширский кот* (Анна Ахматова). Для хищников конкуренция за жертву типична. Среди множества крыс на корабле, например, может возникнуть поедающий их *крысак*, которого остальные крысы страшно боятся. Когда крысам нечего есть, крысак продлевает существование крысиной популяции, и когда корабль пристанет к берегу, оставшиеся крысы сбегут на берег и будут спасены. Мой покойный друг Михаил Иванович Буянов (1939-2012) изучал первобытные племена Новой Гвинеи и был свидетелем того, как члены одного племени поймали женщин другого племени, повесили за ноги на ветви дерева, заживо вспороли животы, чтобы вытекла кровь, затем приготовили на костре и съели. Каждая женщина племени за свою жизнь рождает около дюжины детей, из которых вырастают двое-трое, а остальных члены племени съедают: без людоедства эти племена выживать не могут.

Этнополитическая динамика социума допускает математическое моделирование [9] с помощью уравнений профессора ФИАН Д. С. Чернавского (1926-2016): скорость изменения кластера (скажем, численности людей как носителей определённой установки в своих действиях) равна численности этих носителей, делённой на так называемое время авторепродукции (без других членов это дало бы экспоненциальный рост численности элементов кластера, что в пределе невозможно), далее - плюс коэффициент диффузии, умноженный на лапласиан (известный математикам дифференциальный оператор второго порядка по пространственным координатам), действующий на численность кластера (этот член определяет распространение кластера по территории), минус члены с коэффициентами конфронтации внешней (кластеры друг с другом конкурируют) и конфронтации внутренней (работает фактор тесноты).

Аттрактором эволюции (притягивающим множеством) в биосфере являются две системы: авторитарная (общее выше личного, взаимовыручка внутри кластеров и конкуренция между кластерами с тенденцией сакрализации своих лидеров) и либеральная (личное выше общего, строгое соблюдение формальных правил поведения, конкуренция между индивидами, власть – только нанятый менеджер, отвечающий за общий порядок). Параметром порядка является удельное количество жизненных ресурсов в расчёте на индивида: если их мало, приходит авторитарная система (например, фашизм в Германии после её поражения в Первой мировой войне), если много – устанавливается система либеральная. Накопление ресурсов в мирное время способствует постепенному переходу от системы авторитарной к системе либеральной (от социализма к капитализму). При этом возможны различные виды всех этих систем.

Деление биосферы на флору и фауну вписывается в её динамику по Чернавскому. Но и этот подход предполагает неизбежное упрощение описания. Детализировать описание можно превращением коэффициентов (авто-репродукции, диффузии и конфронтации) в функции времени и других параметров. Например, во флоре появляются растения (например, некоторые лианы, росянки и другие), заманивающие насекомых, которые тонут в приготовленных им клейких или жидких ловушках, или гибнут (как, например, мухи) в мгновенно схлопывающихся листьях с шипами на краях. Такое поведение растений некоторые наивно принимают за их разумность, хотя здесь часть флоры слепо и автоматически само-организуется за миллиарды лет её эволюции. Увы, в человечестве что-то тоже само-организуется не разумно, но стихийно. Работает также так называемая *ловушка невротической логики*: неразумному человеку бывает невозможно объяснить суть дела: ведь умей он адекватно воспринять разумную аргументацию и критику оппонента, то, возможно, и сам не делал бы того, что делает. Что же касается животных, то их можно только выдрессировать, но невозможно научить в точном смысле этого слова. Ясно, что предок человека вначале прошёл внутри племени стадию дрессировки (это заняло миллионы лет) и только потом обрёл разум (это заняло сотни тысяч лет). Мы – кроманьонцы, а другие породы человека (неандертальцы и дионисийцы) вымерли.

Следует учитывать, что некоторые части как флоры, так и фауны способны не только прогрессировать, но по каким-то позициям и деградировать в процессе эволюции. Для социума это означает возможное возникновение в будущем новых рисков для цивилизации со стороны носителей примитивных и даже первобытных структур сознания. Уже сегодня людей можно условно разделить на людей-солдат (они действуют по принципу отчуждения воли в пользу лидера) и людей-мыслителей, самостоятельно размышляющих и действующих исключительно под личную ответственность. Отчуждение есть перевёртывание субъект-объектного отношения (человек попадает в рабство того, что человеком и создано). А свобода скорее есть не *осознанная необходимость*, но *снятие отчуждения*. Термин *снятие* означает не простое отрицание, но расширение смысла и усложнение. На уровне атомов человек остаётся их совокупностью, но как существо универсальное он улавливает смысловой стержень мирового бытия - сначала в мифологической религиозной форме, затем – в научной. Как сказал в Ватикане понтифик Иоанн Павел Второй математику Владимиру Игоревичу Арнольду (1937-2010), *наука одна способна установить истину, а Церковь считает себя более компетентной в вопросе применения научных открытий типа атомных бомб*. Добывая новое знание, человек как универсальное космическое существо приходит к пониманию того, что гармония его деятельности должна естественно вписываться в гармонию космоса. Вселенная – слово русское, оно улавливает онтологический момент жизни (куда нас *вселили*, там и живём). Космос – слово греческое и означает *порядок*. Различное бытие (на просторах Евразии или на небольшом полуострове) определяет различное сознание различных племён (в том числе *плещук* как жителей *Полесья*), которые со временем формируют народы по законам этнополитической динамики. Не исключено появление в будущем единой надгосударственной структуры мирового сообщества вместо Организации объединённых наций и Шанхайской организации сотрудничества (сегодня в нём восемь государств с общим населением около половины человечества).

Прочитав в заключение Сергея Аверинцева [10]: *Греческий «космос» покоится в пространстве, обнаруживая присущую ему «меру», библейский «олам» движется во времени, устремляясь к переходящему его пределы «смыслу»... Ближневосточный мистический историзм нашёл в Библии своё классическое выражение и в основном именно через Библию вошёл в духовный кругозор византийского средневековья... Фидеистический рационализм враждебен не только духу научности; в известных пределах он враждебен религиозному переживанию тайны. Абсолютное будущее слишком определёнno, чтобы быть абсолютным, и, пожалуй, слишком определёнno, чтобы быть будущим. Из бездны света оно превращает-*

ся в массивный золотой иконостас. «Имперфект» человеческой истории, да и библейский «священной истории», не столько «прошедшее», сколько проходящее время заменяется снятым и готовым «перфектом» извечного Божьего решения, заменяется стоящим настоящим литургии... Настоящее остановлено, будущее – уже не совсем будущее, ибо оно в некоем идеальном плане дано готовым сейчас, но и прошедшее – не совсем прошедшее, ибо оно, как предполагается, обладало смысловым содержанием настоящего и будущего.

Следует признать, что теизм [11] как религиозное мировоззрение, исходящее из понимания Абсолюта как бесконечной божественной личности, трансцендентной миру, свободно творящей мир и свободно оперирующей с миром, предпочтительнее пантеизма Спинозы и Тютчева, отождествляющего Бога и мировое целое. Но мистификация мировой динамики теизмом в образе Творца как Абсолютного Субъекта не способна противостоять её демистификации наукой, которая диалектически снимает трансцендентность источника мира и его динамики.

Первичные световые образы, соединяющие время и пространство, делают ненужным трансцендировать источник мировой динамики в образе Творца как сверхприродного субъективного источника этой динамики и активности человека, якобы созданного Творцом по Его же образу и подобию. Теизм мистифицирует душевную и духовную сторону человеческой жизни.

В школе я спросил у учительницы истории: «Что будет после коммунизма?» Она нервно рассмеялась, но ответить не смогла. Сегодня мы видим: снова капитализм, но частичный. По Чернавскому [9] нет других аттракторов эволюции (из начального натуралистического первобытного состояния социума) кроме авторитарного и либерального. Параметр порядка – удельное количество жизненных ресурсов в расчёте на индивида. Если их мало (как было в России с вечной мерзлотой на большей части её огромной территории), то устанавливается авторитарный порядок. Если ресурсов много, устанавливается либеральный социальный порядок. В современной России за почти три четверти мирного столетия (после 1945 года) установился смешанный порядок. Более суровый её климат, чем в Европе, выработал большую стойкость народа. Степень социального неравенства в каждом государстве в какой-то степени описывается *децильным коэффициентом*, то есть отношением уровня доходов верхней десятой доли населения страны к доходам нижней десятой доли населения. В Европе он равен семи, в России – более дюжины. Но в минуты опасности крепчает единение. Вспомним Маяковского:

Я рад, что я этой силы частица,

Что общие даже слёзы из глаз.

Сильнее и чище нельзя причаститься

Великому чувству по имени – класс.

Альтернативой теизма является буддизм, который натуралистически объединяет психическое и физическое начала человека в образе вечных *дхарм* как первичных сущностей бытия всех природных элементов в рамках Природы, которая и сама есть некая высшая Дхарма.

Научный подход к пониманию человека как наиприроднейшего и наисложнейшего существа Космоса, как части самой естественно самоорганизующейся Природы, отрывается от великих религиозных мифов буддизма и теизма, как ракета отрывается от стартовой установки, демонстрируя мощь анти-догматичного, самокритичного и динамичного научного разума.

## Список литературы

1. Гильберт Д. Познание природы и логика (1930). / Избранные труды. Том 1. М.: Факториал. СтНо кроме сухих цифр есть и р. 457-465 (1998).

2. Polishchuk R. F. Tetrad Currents in General Relativity. / Gravitation and Cosmology. Vol. 2(3), 123-129 (1997). Полищук Р. Ф. Тетрадные токи торсионных полей Картана. / 8-я Международная научная школа «Наука и инновации – 2013», Йошкар-Ола, 75-92 (2013). Polishchuk R. F. Energy Problem in the Einstein–Cartan theory. / Gravitation and Cosmology, 21(3), 220-235 (2015).
3. Горбунов Д. С., Рубаков В. А. Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва. / М.: ЛКИ, с. 448 (2008).
4. Полищук Р. Ф. Кандидатская диссертация. / М.: ГАИШ МГУ (1971). Полищук Р. Ф. Диадные компоненты тензора кривизны. / Вестник Моск. ун-та, «Физика. Астрономия», 612-613 (1972), Полищук Р. Ф. Двухмерные площадки в общей теории относительности. / Вестник Моск. ун-та, «Физика. Астрономия», 3-7 (1973). Полищук Р. Ф. Диадный подход к общей теории относительности. / Проблемы гравитации. М.: МГУ, 175-189 (1986).
5. Geroch R., Held A. and Penrose R. / J. Math. Phys. Vol. 14 (7), 874-881 (1973).
6. Polishchuk R. F. Hypothesis of Friedmons as Dark Matter Particles. / Bulletin of the Lebedev Physics Institute. Vol. 39(8), 226-228 (2012).
7. Советский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия. Стр. 438. Жизнь.
8. Polishchuk R. F. Life as a Negentropy Current and the Problem of Infinity. / Fundamentals of Life. Paris: Elsevier, 141-151 (2002).
9. Чернавский Д. С. Синергетика и информация (динамическая теория информации). Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 288 с.
10. Аверинцев С. С. Поэтика ранневизантийской литературы. М.: “Coda”, 1997.
11. Аверинцев С. С. Связь времён. Киев: ДУХ І ЛІТЕРА, 2005.

## СКРИНИНГОВАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЗДОРОВЬЯ

УДК: 615.82, 796, 612.087

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ 20-МИНУТНОЙ ДИНАМИКИ КРОВЕНАПОЛНЕНИЯ ИКРОНОЖНОЙ МЫШЦЫ ШКОЛЬНИКОВ ПОСЛЕ УПРАЖНЕНИЯ «ПОДЪЕМ НА НОСКЕ»****С.П. Щелькалина<sup>1</sup>, Д.В. Николаев<sup>2</sup>, Э.Р. Китаева<sup>3</sup>, А.Е. Молькова<sup>3</sup>**<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, <sup>2</sup>«НТЦ «МЕДАСС»,<sup>3</sup>ГБОУ г. Москвы «Школа на Юго-Востоке имени Маршала В.И. Чуйкова»

Планирование физической нагрузки при занятиях спортом или фитнесом должно учитывать длительность восстановления нагруженных мышц. На сегодняшний день есть предпосылки для разработки быстрых, бескровных, обеспеченных стандартным оборудованием, количественных методов слежения за процессами восстановления мышц. В предлагаемом исследовании проводилась количественная оценка восстановительных процессов у 52 школьников в течение 20 минут после выполнения упражнения «подъем на носке правой ноги».

Время восстановления после 15 упражнений «подъем на носке» у испытуемых подростков зависело от типа наблюдаемого графика разницы относительных изменений нагруженной и ненагруженной ноги и составляло от 6 минут 10 секунд до 26 минут 40 секунд с медианой, равной 13 минутам 20 секундам [8:40; 21:40] для тех испытуемых, для которых использованная нагрузка оказалась адекватной их физической подготовке, т.е. у которых во время 20-минутного мониторинга были зарегистрированы восстановительные изменения.

Показана возможность оценивать влияние нагрузок на перераспределение жидкости в организме с помощью измерения электрического сопротивления участков тела. Объёмы перераспределяющихся жидкостей могут быть оценены количественно с помощью измерения электрического сопротивления тела и составляют до 1,94% после 15 упражнений «подъем на носке». Таким образом, через перераспределение жидкостей и изменение электрического сопротивления тканей можно отслеживать скорость восстановления отдельных мышц конкретного испытуемого после нагрузки. Настоящий подход может быть использован для подбора адекватных тренирующих нагрузок в спорте и фитнесе.

**Ключевые слова:** физические нагрузки, восстановление, биоимпеданс

Planning exercise for sports or fitness should take into account the length of recovery of the loaded muscles. There are prerequisites for the development of fast, bloodless, standard equipment, quantitative methods for monitoring the processes of muscle recovery. In this study, a quantitative assessment of the recovery processes in 52 schoolchildren within 20 minutes after the exercise "lifting on the toe of the right leg."

The recovery time after the 15 "toe-up" exercises in the adolescent subjects depended on the type of the observed curve of the difference in the relative changes of the loaded and unloaded leg. The recovery time was from 6 minutes 10 seconds to 26 minutes 40 seconds with a median equal to 13 minutes 20 seconds [8:40; 21:40] for those subjects for whom the load used was adequate for their physical condition, i.e. who during the 20-minute monitoring were registered recovery changes.

It is shown that it is possible to evaluate the effect of load on the redistribution of fluid in the body by measuring the electrical resistance of body parts. The volumes of redistributed fluids can be quantified by measuring the electrical resistance of the body and make up to 1.94% after 15 "toe-up" exercises. Thus, through the redistribution of fluids and the change in electrical resistance of tissues, one can monitor the rate of recovery of individual muscles of a particular subject after a load. This approach can be used to select adequate training loads in sports and fitness.

**Keywords:** physical activity, recovery, bioimpedance

**1. Введение.** При планировании физических нагрузок в спорте и в фитнесе, как правило, не задумываются о длительности и этапах восстановления нагружаемых групп мышц и всего организма. Специализированных, и доступных методик и аппаратных средств для количественной оценки времени восстановления в арсенале спортивных врачей до сих пор нет.

Известны методы слежения за восстановительными процессами сердечно-сосудистой системы [1, 2], они, как правило, основываются на слежении за частотой сердечных сокращений. Восстановление ритма сердца после нагрузок происходит в десятки раз быстрее, чем восстановление процессов метаболизма в подвергавшихся нагрузкам скелетных мышцах.

Описаны биохимические изменения жидких сред мышц после физической нагрузки [3,4,5], но пригодных для экспериментального исследования на людях – быстрых, неинвазивных, количественных методов слежения за процессами восстановления мышц в арсенале спортивной медицины нет.

Тем не менее, в настоящее время предпосылки для разработки такой технологии имеются. Известно, что для адекватного снабжения мышц кислородом и питательными веществами и удаления из мышечной ткани продуктов метаболического распада во время и после выполнения физической нагрузки в мышце усиливается кровоток и повышается кровенаполнение [6]. Следствием этих процессов является снижение электрического сопротивления нагружавшейся группы мышц [8,9,10]. Для мониторинга значений электрического сопротивления биологических тканей используются биоимпедансные анализаторы [9].

**Физиологические основы перераспределения жидкостей в процессе физической нагрузки и в период постнагрузочного восстановления**

Во время физической нагрузки мышце требуется усиленный приток питательных веществ и кислорода, т.к. возрастают энергетические затраты и повышается концентрация продуктов обмена. Поэтому ряд регуляторных механизмов направлен на увеличения перфузии мышечной ткани при её активной работе. Результатом взаимодействия этих механизмов является увеличение кровенаполнения тканей за счет повышения ЧСС, артериального давления и раскрытия сосудов микроциркуляторного русла. Оценки изменений кровенаполнения конечностей в медицине принято осуществлять биоимпедансными методами, например, методом реоплетизмографии, и оценивать в соответствии с формулой, описанной в работах Дж. Нейбора и Кедрова А. А. [11, 12]:

$$\Delta V / V = - \Delta R / R, \text{ где:}$$

V – объем исследуемой части конечности;

$\Delta V$  – изменение объема исследуемой части конечности;

R – исходное электрическое сопротивление исследуемой части конечности;

$\Delta R$  – изменение электрического сопротивления исследуемой части конечности

В последние годы эту задачу решают биоимпедансными анализаторами состава тела, в том числе отечественными [9], имеющими программы мониторинга сопротивления регионов тела: рук, ног, туловища.

При мониторинге восстановительных процессов наблюдаемые изменения кровенаполнения могут иметь следующие причины:

*А. Ортостатические изменения кровенаполнения.*

Из-за смены положения тела или его части под действием силы тяжести происходит перераспределение жидкостей (как правило, венозной крови) между регионами тела. Наибольшие объемы перемещения крови при ортостатических воздействиях фиксировались между сосудистыми бассейнами туловища и ног. Это достаточно быстрый процесс, его результаты могут быть обнаружены уже через десятые доли секунды.

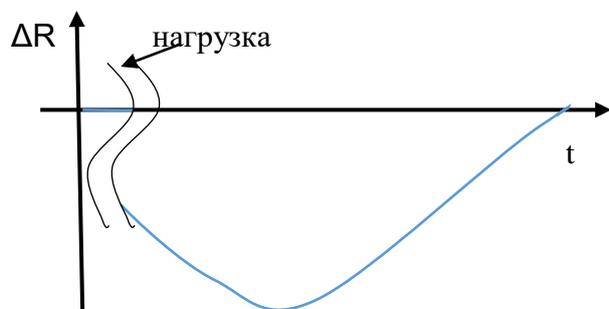
*В. Изменения объема кровеносного русла за счет открытия и закрытия сосудов микроциркуляторного русла.*

Физическая нагрузка приводит к раскрытию дополнительных сосудов микроциркуляторного русла, увеличивая кровенаполнение нагружаемой мышечной ткани. Процесс восстановления сопровождается постепенным закрытием капилляров. При незначительной нагрузке мелкие сосуды могут не реагировать сколько-нибудь заметно.

*С. Выход жидкости из сосудистого русла в межклеточное пространство.*

Жидкая составляющая крови, питательные вещества и некоторые форменные элементы крови способны выходить из неповрежденных сосудов в окружающие ткани. Вышедшая из сосудов жидкая часть крови увеличивает объем межклеточной жидкости. В условиях повышенного кровенаполнения и давления, а также градиента концентраций объем межтканевой жидкости может измениться заметно и её резорбция может занять значительное время.

На рис. 1 представлена ожидаемая кривая постнагрузочного изменения значений электрического сопротивления нагруженной мышечной ткани до нагрузки и в процессе восстановления. Горизонтальный участок соответствует фоновому (донагрузочному) измерению. Изображение изменений сопротивления при мышечной работе изъято, т.к. представляет собой ряд хаотических высокоамплитудных колебаний, и заканчивается снижением сопротивления. Начальная нисходящая часть кривой обусловлена продолжающимся притоком крови к раскрытым сосудам микроциркуляторного русла и выводом жидкости в межклеточного



**Рис. 1.** Ожидаемый график разности активного электрического сопротивления нагруженной и ненагруженной одноименной мышцы на парной конечности до физической нагрузки и в процессе восстановления.

пространство по градиенту концентрации и давления. Восходящая часть графика отражает собственно процесс восстановления – постепенное закрытие избыточных микроциркуляторных сосудов, реэборцию межклеточной жидкости. Большая часть ортостатических изменений не отражена в представленном графике, т.к. он показывает разницу между нагруженными и ненагруженными одноименными мышцами.

**Цель данной работы** – оценить возможность использования биоимпедансного анализа для прогнозирования времени восстановления после дозированной физической нагрузки на примере изменения кровенаполнения ноги в течении 20 минут восстановления, после 15-ти «подъемов на носке правой ноги».

**2. Материал и методы.** Испытуемыми были подростки без отклонений в состоянии здоровья и развитии в возрасте от 11 до 15 лет, медиана возраста составила 13 [12; 14] лет. Всего было исследовано 52 человека: 20 девочек и 32 мальчика.

Для проведения исследования использовали биоимпедансный анализатор ABC-02 «МЕДАСС», подключенный к компьютеру программным обеспечением ABC01-0454, биоадгезивные одноразовые электроды, кушетку, весы и сантиметровую измерительную ленту. Применялась стандартная тетраполярная схема измерения в полисегментном режиме, позволяющей измерять биоимпеданс каждой конечности и туловища в отдельности, с интервалом между автоматическими измерениями 1,5 с. Во время измерений электрического сопротивления испытуемый не касался окружающих предметов, не имел на теле металлических предметов, угол между туловищем и рукой испытуемого составлял 45°. Схема исследования включала 3 последовательных этапа:

1. Фоновое измерение проводилось 20 секунд.

2. Выполнение испытуемым упражнения «подъем на носке» на правой ноге 15 раз. Упражнение выполнялось в комфортном для испытуемого темпе, стоя на ступеньке высотой 10 см, при этом левая нога не касалась ступеньки и пола. Во время физической нагрузки измерение сопротивлений не проводилось.

3. Испытуемый ложился на кушетку, в стандартную позу для биоимпедансного исследования и мониторинг сопротивлений ног возобновлялось и продолжалось в течение 20 минут.

Таким образом, общая продолжительность мониторинга сопротивлений составляло 20 минут 20 секунд. В настоящей работе рассматривались значения активного электрического сопротивления на частоте зондирующего тока 5 кГц.

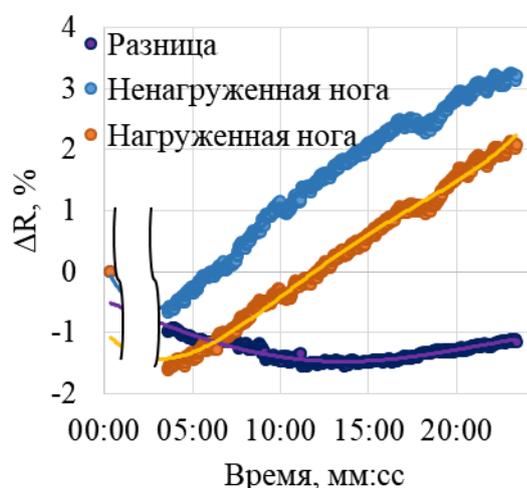
Обработка данных включала построение графиков относительных изменений значений биоимпедансных параметров и их сглаживание с использованием сплайнов, а также оценки

усредненных значений времени восстановления. Оценивались значения относительных изменений сопротивления на частоте тока 5 кГц в первые секунды постнагрузочного мониторинга для нагруженной и ненагруженной ног, и разницы между ними. Оценивалась форма кривой разности сопротивлений обеих ног. Для обработки результатов исследования была использована платформа RStudio и язык программирования R.

**3. Результаты и их обсуждение.** Типичная наблюдаемая картина относительных изменений электрического сопротивления (рис. 2) свидетельствует об уменьшении токопроводящей составляющей за время мониторинга восстановления, т.е. в первую очередь об уходе крови.

У всех испытуемых относительные изменения ненагруженной ноги были выше (с учетом знака), чем нагруженной, т.е. в нагруженной ноге жидкость задерживалась сильнее, чем в ненагруженной. При этом форма кривых и даже знак относительных изменений сразу после нагрузки были различны у разных испытуемых. По-видимому, причина разнообразия формы кривых в индивидуальных особенностях развития мышц, заложения сосудов и их реакции на нагрузку.

Относительные изменения значений сопротивления сразу после нагрузки ( $\Delta R$ ) колебались в диапазоне от -1,94% до 1,37% с медианой -0,38% для нагруженной ноги и от -1,62% до 1,79% с медианой 0,34% для ненагруженной (табл.1), наблюдаемые отличия были статистически значимыми ( $p=0,000$  по критерию Уилкоксона). Медиана различий относительных изменений электрического сопротивления нагруженной и ненагруженной ног ( $\Delta\Delta R$ ) составила -0,83%.



**Рис. 2.** Пример результатов обработки исходных данных одного испытуемого: синие точки и линия – относительные изменения электрического сопротивления ненагруженной ноги, оранжевые точки и линия – нагруженной ноги, фиолетовые точки и линия – разница между относительными изменениями электрического сопротивления нагруженной и ненагруженной ног. Частота зондирующего тока – 5 кГц. Данные представлены в процентах к фоновым значениям.

Время достижения нулевого значения разницы относительных изменений активного электрического сопротивления нагруженной и ненагруженной ноги оценивалось с помощью экстраполяции экспериментальных данных полиномами 4-5 степеней. В 30 случаях из 52 оценку выполнить не представлялось возможным, т.к. у кривых не наблюдалось положительного роста. В 22 случаях время восстановления варьировалось от 6 минут 10 секунд до 26 минут 40 секунд с медианой, равной 13 минутам 20 секундам [8:40; 21:40]. Причина такого широкого разброса времени восстановления, вероятно, заключалась в том, что пациенты приступали к упражнениям, имея разную физическую подготовку, различную степень раскрытия сосудистого русла мышц голени, различную физическую нагрузку непосредственно перед исследованием. Соответственно, стандартная физическая нагрузка повлияла на них по-разному, и время восстановления после неё варьировалось в довольно большом диапазоне.

Удалось выделить 3 типа поведения графика относительного изменения электрического сопротивления (рис. 3):

**Н1** – плато-возрастающий график – в первое время постнагрузочного мониторинга электрическое сопротивление не менялось, затем начинало почти линейно расти;

**Н2** – возрастающий график – электрическое сопротивление возрастало в течение всего времени мониторинга;

**Н3** – U-образно возрастающий график – в первое время постнагрузочного мониторинга электрическое сопротивление снижалось, затем некоторое время не менялось, а затем начало расти.

Таблица 1.

Значения относительного изменения электрического сопротивления нагруженной и ненагруженной ног и их разницы при частоте зондирующего тока 5 кГц.

| Описательная статистика      | $\Delta R$ ненагруженной ноги, % | $\Delta R$ нагруженной ноги, % | $\Delta \Delta R, \%$ |
|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Медиана                      | 0,34                             | -0,38                          | -0,83                 |
| Верхний квартиль             | 0,86                             | 0,14                           | -0,49                 |
| Нижний квартиль              | -0,06                            | -0,98                          | -1,37                 |
| Максимум                     | 1,79                             | 1,37                           | 0,49                  |
| Минимум                      | -1,62                            | -1,94                          | -2,19                 |
| Число отрицательных значений | 13                               | 33                             | 50                    |

Наиболее частый тип графика выбранного контингента – для нагруженной ноги – плато-возрастающий (Н1), он наблюдался у 22 испытуемых, для ненагруженной – возрастающий (Н2) у 24 (табл. 2). В 40 случаях из 52 типы графиков нагруженной и ненагруженной ног совпадали.

График разницы относительных изменений электрического сопротивления нагруженной и ненагруженной ног имел 4 варианта поведения (рис. 4):

**Т1** – горизонтальный график – в течение постнагрузочного мониторинга различия между нагруженной и ненагруженной ногой не менялись;

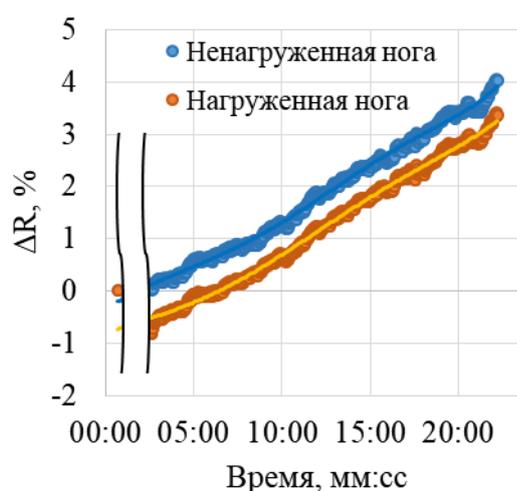
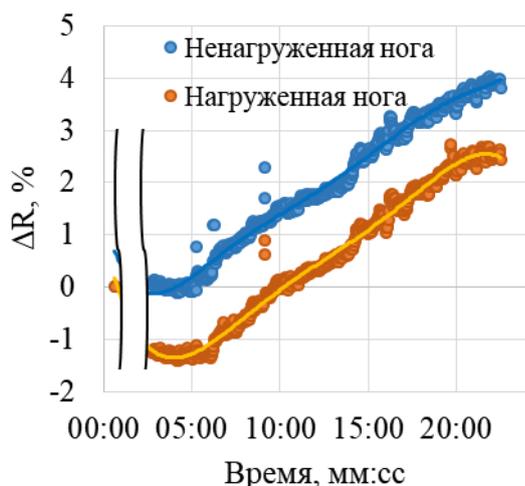
**Т2** – нисходящий график – в течение постнагрузочного мониторинга различия между нагруженной и ненагруженной ногой усиливались;

**Т3** – нисходяще-восходящий график – в первое время постнагрузочного мониторинга различия между нагруженной и ненагруженной ногой усиливались, а затем начинали уменьшаться;

**Т4** – восходящий график – в течение постнагрузочного мониторинга различия между нагруженной и ненагруженной ногой уменьшались.

Наиболее частым типом поведения графика разницы относительных изменений активного электрического сопротивления нагруженной и ненагруженной ног был нисходящий график (Т2) – он наблюдался в 16 случаях из 52, т.е. в 30% случаев (табл. 3).

Вероятно, разные типы графиков относительных изменений электрического сопротивления (Н1, Н2, Н3) объясняются индивидуальными особенностями реакции организма. Влияние использованной в настоящем исследовании нагрузки на тип графика слабое, т.к. в 76% случаев (40 из 52) типы графиков для нагруженной и ненагруженной ног совпадают. При этом нагрузка влияет на величину и направление изменений – значения относительных изменений электрического сопротивления нагруженной ноги были статистически значимо ниже и в 2,5 раза чаще имели отрицательное значение относительно фона (табл. 1), а разница их в 50 случаях из 52 была отрицательной. Т.е., можно предположить, что используемая в исследовании нагрузка действительно вызывает задержку жидкости в нагруженных тканях и происходит это, вероятно, за счет перераспределения жидкости между нагруженными и ненагруженными тканями (рис. 4).



Плато-возрастающий график, тип Н1

Возрастающий график, тип Н2

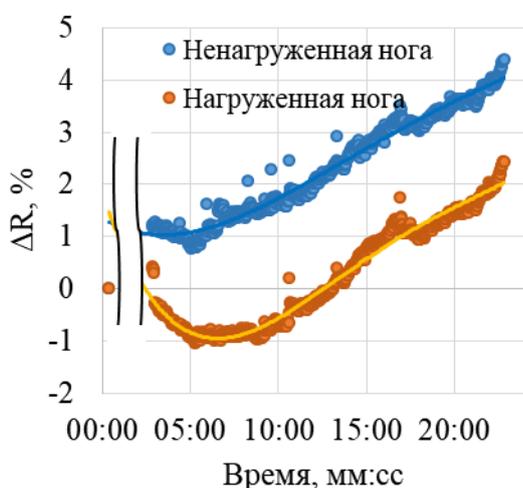


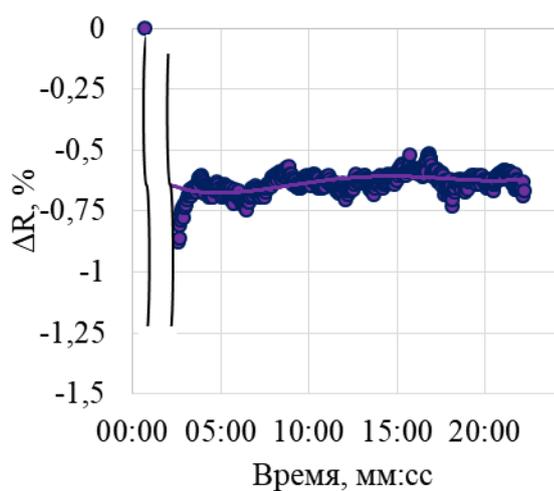
Рис. 3. Примеры основных типов поведения реальных графиков относительного изменения электрического сопротивления нагруженной и ненагруженной ног.

U-образно возрастающий график, тип Н3

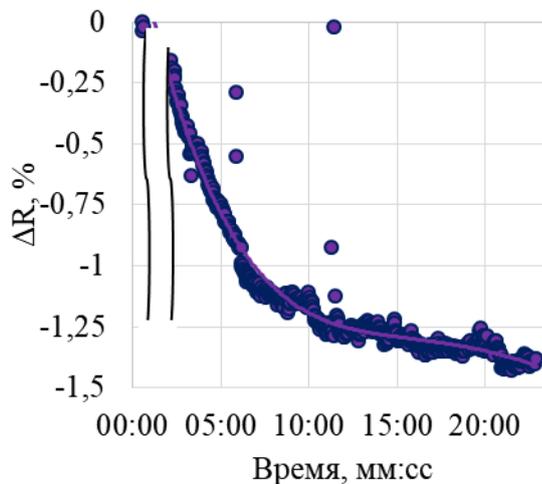
Таблица 2.

Частота встречаемости в исследовании типов графиков относительного изменения активного электрического сопротивления нагруженной и ненагруженной ног при частоте зондирующего тока 5 кГц.

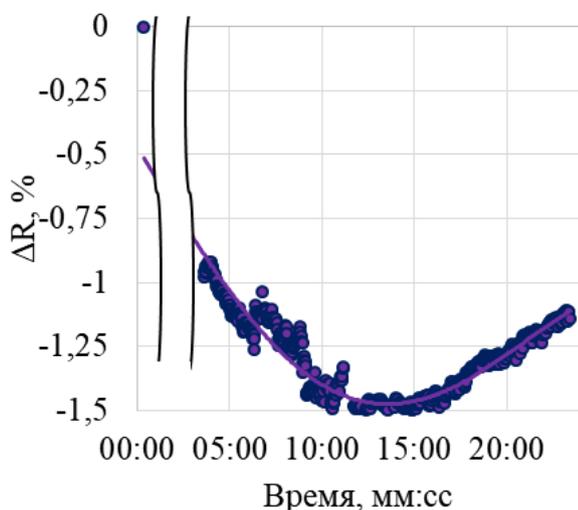
| Тип графика                            | Число испытуемых |                    |
|--|------------------|--------------------|
|  | Нагруженная нога | Ненагруженная нога |
| Плато-возрастающий график (тип Н1)     | 22               | 20                 |
| Возрастающий график (тип Н2)           | 21               | 24                 |
| U-образно возрастающий график (тип Н3) | 9                | 8                  |



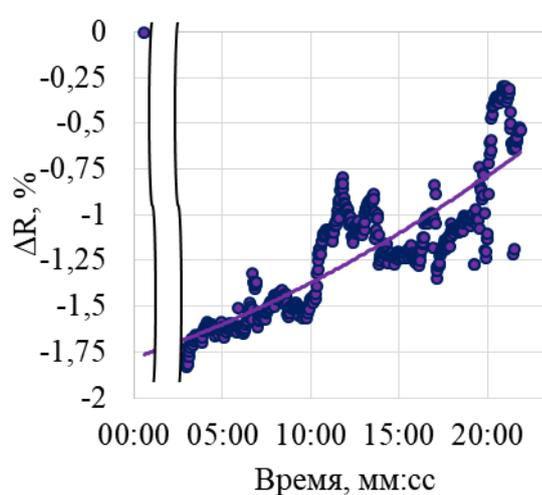
Горизонтальный график, тип T1



Нисходящий график, тип T2



Нисходяще-восходящий график, тип T3



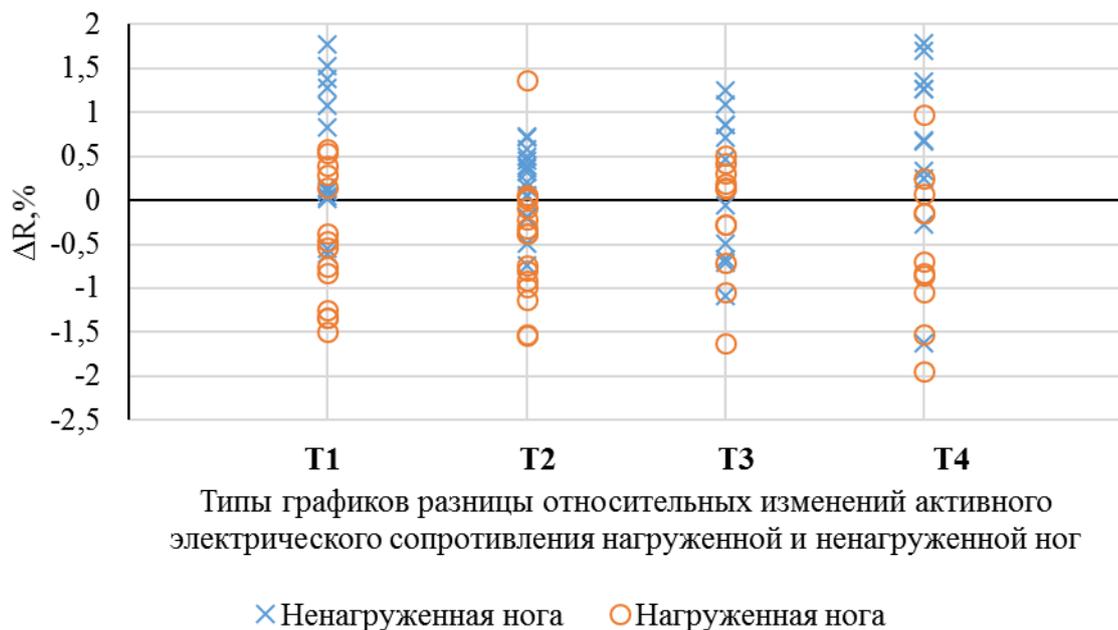
Восходящий график, тип T4

**Рис. 4.** Примеры основных типов поведения реальных графиков относительного изменения разницы электрического сопротивления нагруженной и ненагруженной ног.

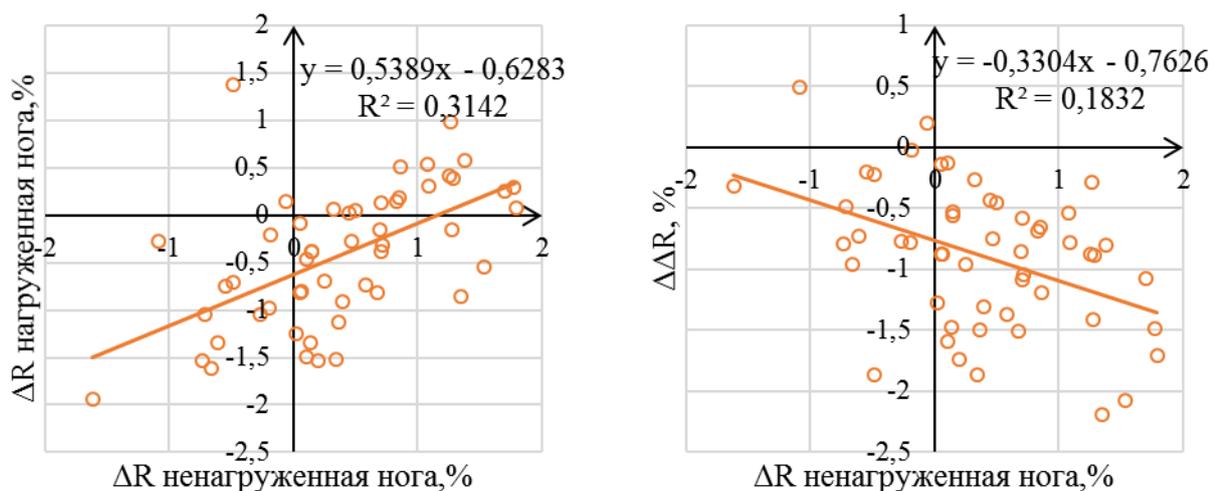
**Таблица 3.**

Частота встречаемости в исследовании типов графиков разницы относительных изменений активного электрического сопротивления нагруженной и ненагруженной ног при частоте зондирующего тока 5 кГц.

| Тип графика                          | Число испытуемых |
|--------------------------------------|------------------|
| Горизонтальный график (тип T1)       | 14               |
| Нисходящий график (тип T2)           | 16               |
| Нисходяще-восходящий график (тип T3) | 11               |
| Восходящий график (тип T4)           | 11               |



**Рис. 5** Зависимость значений относительных постнагрузочных изменений электрического сопротивления нагруженной и ненагруженной ноги от типа зависимости разницы этих изменений при частоте зондирующего тока 5 кГц.



**Рис. 6.** Зависимость относительных постнагрузочных изменений активного электрического сопротивления на частоте зондирующего тока 5 кГц нагруженной ноги (слева) и разности нагруженной и ненагруженной ноги (справа) от относительного постнагрузочного изменения активного электрического сопротивления ненагруженной ноги.

Тип графиков разницы относительных изменений активного электрического сопротивления нагруженной и ненагруженной ног (Т1, Т2, Т3, Т4), вероятно, также характеризует соотношения используемого в исследовании уровня нагрузки и тренированности организма. Сразу после прекращения нагрузки, в большинстве случаев и независимо от типа графиков, наблюдаются сравнительно небольшие отличия общего количества жидкости в нагруженных и ненагруженных тканях относительно исходного состояния (рис. 5). Из ненагруженных тканей жидкость чаще уходила, что отражалось в повышении сопротивления на 0,34% [-0,06%; 0,86%], а в нагруженные приходила, изменяя сопротивления на -0,38% [-0,98%; 0,14%] ( $p < 0,001$ , критерий Уилкоксона). Относительные изменения сопротивления нагру-

женной и не нагруженной ноги соразмерны и умеренно линейно связаны: коэффициентом корреляции Спирмена  $r=0,60$ ,  $p<0,001$  (рис. 6, слева). Медиана разницы относительных изменений активного электрического сопротивления нагруженной и ненагруженной ног составила  $-0,83\%$   $[-0,49\%; 1,37\%]$ . Прослеживается умеренная линейная связь с относительным изменением электрического сопротивления ненагруженных тканей:  $r=-0,40$ ,  $p=0.003$  (рис. 6, справа).

У испытуемых с типом графиков T1 скорости оттока жидкости из нагруженной и ненагруженной ног одинаковы. Т.о. признаков активации восстановительного процесса после нагрузки нет, хотя влияние нагрузки в виде увеличенного количества жидкости и наблюдается (рис. 4). Возможно, дело в том, что предложенная испытуемому нагрузка была для него несущественной, хотя и вызвала открытие микроциркуляторного русла.

График T2 свидетельствует о том, из тканей нагруженной ноги жидкость уходит медленнее, чем из ненагруженной, т.е. процесс восстановления у таких испытуемых не наблюдался в течение первых 20 минут после прекращения упражнения. Причиной может быть превышение привычного уровня нагрузочной активности, которое приводит к необходимости поддерживать усиленное кровенаполнение мышечной ткани даже после окончания напряжения.

График T4 показывает явление, обратное описанному выше – из нагруженной ноги жидкость уходит с большей скоростью, чем из ненагруженной, т.е., вероятно, активизировались механизмы, стремящиеся восстановить исходное состояние нагруженных тканей. Таким образом, можно говорить о том, что для этих испытуемых нагрузка была ощутимой, но тем не менее слабой, т.к. процесс восстановления стал заметен сразу после прекращения выполнения упражнения. Медиана времени восстановления у испытуемых с этим типом графиков составила 10 минут 30 секунд  $[6:30; 20:00]$ .

Графики T3 можно рассматривать как комбинации графиков T2 и T4, т.е. первое время после нагрузки поддерживается усиленный кровоток в нагруженных мышцах, который постепенно уменьшается, и начинается процесс восстановления исходного состояния. Медиана времени восстановления у испытуемых с этим типом графиков составила 15 минут 20 секунд  $[12:40; 23:20]$ . График типа T3 соответствует ожидаемому графику пострагрузочного изменения сопротивления при тренирующей нагрузке.

Из 52 испытуемых тест с 15-ю подъемами на носке одной ноги оказался адекватной нагрузкой только для 11 школьников.

**4. Заключение.** Результаты проведённого исследования свидетельствуют о возможности оценивать влияние нагрузок на перераспределение жидкости в организме с помощью измерения электрического сопротивления участков тела. Объёмы перераспределяющихся жидкостей могут быть оценены количественно с помощью измерения электрического сопротивления тела и составляют до 1,94% после 15 упражнений «подъем на носке». Таким образом, через перераспределение жидкостей и изменение электрического сопротивления тканей можно отслеживать скорость восстановления отдельных мышц конкретного испытуемого после нагрузки. Время восстановления после 15 упражнений «подъем на носке» у испытуемых подростков зависело от типа наблюдаемого графика разницы относительных изменений нагруженной и ненагруженной ноги и составляло от 6 минут 10 секунд до 26 минут 40 секунд с медианой, равной 13 минутам 20 секундам  $[8:40; 21:40]$  для тех испытуемых, для которых использованная нагрузка оказалось адекватной их физической подготовке, т.е. у которых во время 20-минутного мониторинга были зарегистрированы восстановительные изменения. Настоящий подход может быть использован для подбора адекватных тренирующих нагрузок в спорте и фитнесе.

**Список литературы**

1. Холодов Ж. К., Кузнецов В. С. Теория и методика физического воспитания: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений //М.: Академия. – 2000.
2. Сарайкин Д. А. и др. Динамика функционального состояния сердечно-сосудистой системы юных тхэквондистов в тренировочном процессе //Человек. Спорт. Медицина. – 2012. – №. 28.
3. Грязных А. В. Биохимический гомеостаз у спортсменов в условиях восстановления после мышечного напряжения //Вестник МАНЭБ. – 2009. – Т. 14. – №. 2. – С. 39-44.
4. Капилевич Л. В., Дьякова Е. Ю., Кабачкова А. В. Спортивная биохимия с основами спортивной фармакологии //учеб. пособие/ЛВ Капилевич, ЕЮ Дьякова, АВ Кабачкова. – 2011.
5. Володин Р. Н., Скуднов В. М. Биохимический контроль в спорте //Actualscience. – 2016. – Т. 2. – №. 2. – С. 14-16.
6. Чинкин А., Назаренко А. Физиология спорта. Учебное пособие. – Litres, 2017.
7. Руднев С.Г., Соболева Н.П., Стерликов С.А., Николаев Д.В., Старунова О.А., Черных С.П., Ерюкова Т.А., Колесников В.А., Мельниченко О.А., Пономарёва Е.Г. Биоимпедансное исследование состава тела населения России. // М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2014. 493 с.
8. Мельников А.А., Попов С.Г., Николаев Д.В. Восстановление реакции кардиогемодинамических показателей на пассивный ортостатический тест после аэробной велоэргометрической нагрузки/В сборнике:Материалы Девятой международной научной школы «Наука и инновации — 2014» ISS «SI-2014» С. 237-241.
9. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. М.: Наука, 2009. 392 с. ISBN 978-5-02-036696-1
10. Науменко А.И., Скотников В.В. Основы электроплетизмографии. М. Медицина, 1975, 216 с.
11. Кедров А.А. Попытка количественной оценки центрального и периферического кровообращения электрометрическим путем. – Клин.мед., 1948, №5, с. 32-51.
12. Nyboer J. Electrical impedance plethysmography. Springfield, 1959.

УДК: 612.087, 615.874

## СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ ДЛЯ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ И БИОИМПЕДАНСНЫХ РАСЧЕТОВ ЗНАЧЕНИЙ ОСНОВНОГО ОБМЕНА

С.П. Щелькалина<sup>1</sup>, Д.В. Николаев<sup>2</sup>, В.А. Колесников<sup>2</sup>, С.А. Туйкин<sup>2</sup>, О.А. Старунова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России,

<sup>2</sup>«НТЦ «МЕДАСС», <sup>3</sup>ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России

В практическом здравоохранении подавляющее большинство расчетов значений основного обмена осуществляется на основе антропометрических формул Харриса-Бенедикта и реже – Скофилда. Эти формулы не учитывают количественный состав тела, хотя известно, что жировая ткань почти в 3 раза менее метаболически активна, чем мышечная ткань в покое.

**Цель:** получение сравнительных количественных оценок достоверности расчетов основного обмена по чисто антропометрическим формулам Харриса-Бенедикта и Скофилда, относительно биоимпедансных оценок, использующих отечественную формулу, на данных популяционных исследований, проведенных в 2009-2015 гг. федеральными центрами здоровья.

**Материалы и методы.** Использованы данные измерений массы и длины тела и параметров биоимпедансного анализа состава тела, оценки основного обмена по формулам Скофилда, Харриса-Бенедикта и отечественной биоимпедансной формуле у 1 637 624 пациентов 5-85 лет, посетивших центры здоровья России в 2009-2015 гг. Оценивали медианы, коэффициенты корреляции Спирмена и коэффициенты детерминации оценок основного обмена, полученные по формулам Скофилда, Харриса-Бенедикта, в сравнении с отечественной биоимпедансной формулой. Проводился анализ Бланда-Альтмана. Расчеты проводились с помощью статистического программирования в среде R Studio.

**Результаты.** Оценено влияние пола, возраста, ИМТ, %ЖМТ, %СММ на согласованность антропометрических формул и отечественной биоимпедансной формулы. Рассмотрены относительные и абсолютные значения отклонения антропометрических оценок значений основного обмена от биоимпедансных.

**Выводы:** 1. Рассмотрение степени согласованности оценок основного обмена, показывает, что оценки по формуле Скофилда значительно ближе к биоимпедансным, чем по формуле Харриса-Бенедикта. 2. Для контингента с повышенными (более 30%) значениями %ЖМТ, и пониженными (менее 50%) значениями %СММ, антропометрические формулы Скофилда и Харриса-Бенедикта имеют высокую степень согласованности с биоимпедансными оценками. 3. Обе антропометрические формулы у мужчин до 50 лет более чем в половине случаев завышают значения основного обмена на 5% и более. У женщин после 40 лет и мужчин после 50 лет формулы занижают оценки, причем формула Харриса-Бенедикта занижает сильнее.

**Ключевые слова:** Основной обмен, биоимпедансный анализ, антропометрия, формула Скофилда, формула Харриса-Бенедикта.

In practical health care, most calculations of basal metabolic rate are carried out on the basis of the anthropometric formula of Harris-Benedict and less often – formula of Schofield. These formulas do not include body composition, although it is known that fatty tissue is much less metabolically active than other tissues.

**Purpose:** to obtain comparative quantitative estimates of the reliability of basal metabolic rate estimates for the Harris-Benedict's and Schofield's anthropometric formulas, with respect to bioimpedance estimates using the national formula, on population studies in federal health centers in 2009-2015.

**Materials and methods.** The data of measurements of body weight, height and parameters of bioimpedance analysis of body composition, estimation of basal metabolic rate using Schofield's formulas, Harris-Benedict's formulas and the national bioimpedance formula were used in 1 637 624 patients aged 5-85 years who visited the Russian health centers in 2009-2015. The medians, Spearman correlation coefficients, and the determination coefficients of the basal metabolic rate estimates by the Schofield's and Harris-Benedict's formulas were compared with the national bioimpedance formula. Bland-Altman analysis was used. Calculations were carried out using statistical programming in the R Studio environment.

**Results.** The effect of sex, age, BMI, %FM, %SMM on the coherence of anthropometric formulas and the national bioimpedance formula was estimated. Relative and absolute deviation values of anthropometric estimates of the values of basal metabolic rate from bioimpedance are considered.

**Conclusions:** 1. An examination of the degree of consistency in the basal metabolic rate estimates shows that Schofield's formula are significantly closer to bioimpedance than the Harris-Benedict's formula. 2. For the contingent with elevated (more than 30%) %FM values, and lowered (less than 50%) %SMM values, Schofield's and Harris-Benedict's anthropometric formulas have a high degree of consistency with bioimpedance estimates. 3. Both anthropometric formulas in men under 50 years overestimate the values of basic metabolic rate by 5% or more in more than half of cases. In women after 40 years and men after 50 years, the formulas underestimate the estimates, and Harris-Benedict's formula understates more.

**Keywords:** basal metabolic rate, bioimpedance body composition analysis, anthropometry, Schofield's formula, Harris-Benedict formula.

**1. Введение.** Каждый новый этап эволюции медицинских диагностических методов может основываться лишь на характерном для данного момента времени наборе технических и медицинских технологий. Длительный этап, когда практически единственными доступными параметрами были антропометрические, породил соответствующий ряд способов оценки интенсивности метаболических процессов в организме. В начале 20-го века, несмотря на то, что уже были разработаны методы, основанные на регистрации теплового потока от организма, на анализе вдыхаемых и выдыхаемых газов, технологии, основанные исключительно на антропометрических измерениях оставались востребованными, ввиду широкой доступности необходимых для исследования инструментов. Только с появлением биоимпедансного анализа состава тела, также имеющего средства оценки скорости метаболических процессов, положение изменилось: по комплексу требований к доступности, точности, стоимости и комфортности биоимпедансные исследования оказались предпочтительнее чисто антропометрических.

Общепринятой мерой количественной оценки интенсивности метаболических процессов в организме человека является основной обмен, рассчитываемый в килокалориях за сутки. В практическом здравоохранении подавляющее большинство расчетов значений основного обмена осуществляется на основе формул Харриса-Бенедикта (Harris J.A., Benedict F.G., 1919) [1]:

$$OO_{\text{Harris-Benedict}} = a \times \text{Масса тела} + b \times \text{Рост} + c \times \text{Возраст},$$

где  $a$  и  $b$  – числовые коэффициенты, различные для мужчин и женщин. Т.о

$$OO_{\text{Harris-Benedict}} = f(\text{Пол, Возраст, Масса тела, Рост})$$

Значительно менее распространены расчеты по формулам Скофилда (Schofield W.N. 1985), разработанным в конце 20-го столетия [2]:

$$OO_{\text{Schofield}} = a \times \text{Масса тела} + b,$$

где  $a$  и  $b$  – числовые коэффициенты, различные для мужчин и женщин в возрасте до 3 лет, 3-10, 10-18, 18-30, 30-60 и старше 60 лет. Т.о

$$OO_{\text{Schofield}} = f(\text{Пол, Возраст, Масса тела})$$

В ряде медицинских организаций пользуются аппаратным способом оценки основного обмена: метабологами, в основном, иностранного производства и биоимпедансными анализаторами, в основном, отечественного производства.

Биоимпедансная формула [3, 4, 5] выглядит следующим образом:

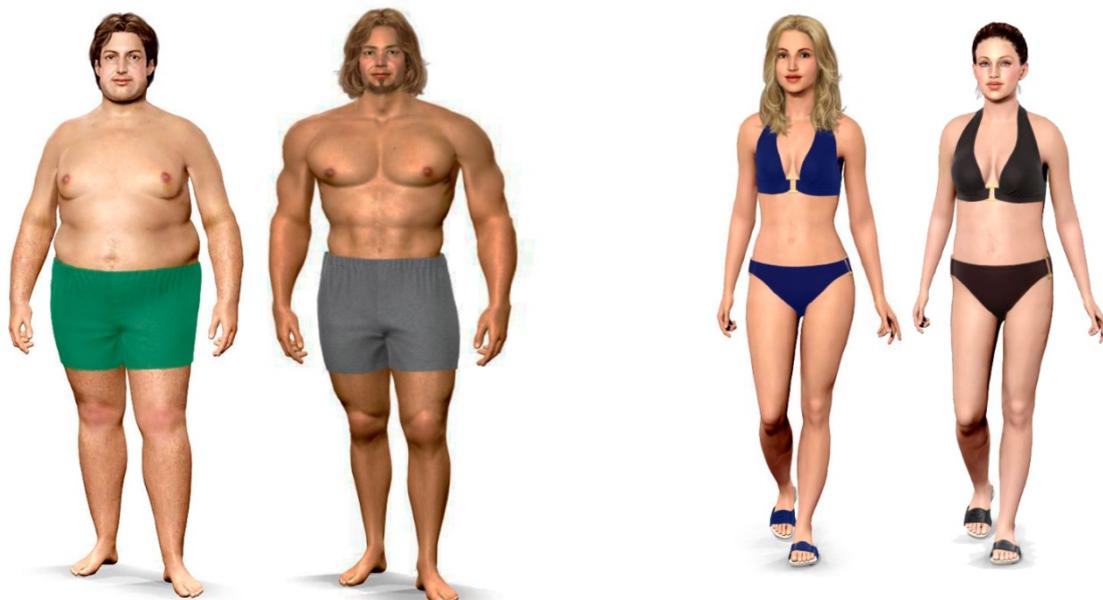
$$OO_{\text{БИА}} = a \times \text{АКМ} + b,$$

где  $a$  и  $b$  – числовые коэффициенты, не зависящие от пола, а АКМ – активная клеточная масса, вычисление которой включает пол, возраст, массу тела, рост и показатели электрического сопротивления, т.е.

$$OO_{\text{БИА}} = f(\text{Рост}^2, \text{Масса тела, Возраст, Пол, } R_{50}, X_{c50}).$$

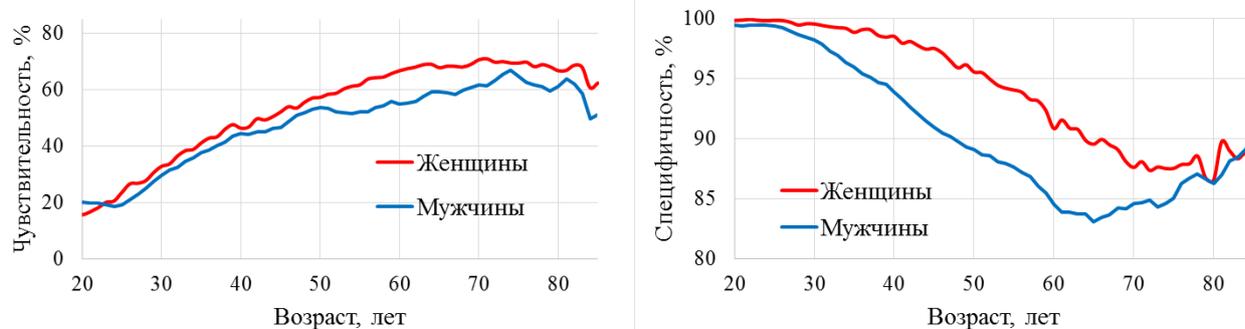
Результаты верификации отечественной биоимпедансной формулы показаны в [6], значения коэффициентов детерминации по сравнению с метабологом в отечественном исследовании, проведенном НИИ питания РАМН в 2008 г., составили 0,82, по данным зарубежных исследований для аналогичных иностранных формул – от 0,59 до 0,81 [5,7-10].

В ряде работ показано, что индивидуальные оценки жировоголожения, рассчитанные на основе критериев ВОЗ [11] по индексу массы тела (ИМТ) не всегда верны [12, 13]. Показано, что при высоких значениях ИМТ у людей с высокими значениями мышечной массы (см. рис. 1 слева, правая фигура) использование критерия ВОЗ ведет к ложному диагнозу ожирения. Для людей с субтильным телосложением даже незначительные объемы жировоголожения приводят к противоречиям здравого смысла и критерия ожирения ВОЗ: на рис. 1 справа, у девушки, изображенной справа, значение ИМТ находится в пределах нормы, а процент жира – свидетельствует о наличии ожирения.



**Рис. 1.** Слева – изображения двух мужчин с одинаковыми значениями роста и веса. ИМТ равен  $31 \text{ кг/м}^2$ , соответствует диагнозу «ожирение». Справа – изображения двух женщин с одинаковыми нормальными значениями роста и веса, одна из которых имеет нормальный процент жировой массы, другая – соответствующий диагнозу «ожирение» (Изображения сконструированы с использованием средств портала <http://modelmydiet.com/>)

На рис. 2. изображены графики диагностической чувствительности (слева) и специфичности (справа) пороговых значений ИМТ, используемых ВОЗ для диагностики ожирения, относительно пороговых значений доли жировой массы тела (%ЖМТ) по биоимпедансным измерениям [12]. Из них видно, что в ряде случаев использование антропометрических критериев может привести к сомнительным результатам.



**Рис. 2.** Графики диагностической чувствительности (слева) и специфичности (справа) пороговых значений ИМТ, используемых ВОЗ для диагностики ожирения

Таким образом, основанные на чисто антропометрических измерениях оценки жировотложения являются в некоторой степени ущербными, что дает повод усомниться в достоверности чисто антропометрически полученных оценок основного обмена. Действительно, метаболическая активность жировой массы в 2,9 раза ниже, чем у мышечной массы, и в 2,7 раз ниже, чем у костей, кожи, желез и кишечника в покое [14], и исследуемые с более высоким процентом жировой массы, при одинаковых значениях массы тела должны иметь более низкие значения основного обмена. На рис. 1. Это касается левой фигурки юношей и правой фигурки девушек.

**Цель настоящей работы** – получение сравнительных количественных оценок достоверности расчетов основного обмена по чисто антропометрическим формулам Харриса-Бенедикта и Скофилда, относительно биоимпедансных оценок, использующих отечественную формулу, на данных популяционных исследований, проведенных в 2009-2015 гг. федеральными центрами здоровья.

**2. Материал и методы.** В настоящем исследовании использованы данные 1 637 624 пациентов в возрасте от 5 до 85 лет, посетивших центры здоровья России в 2009-2015 гг. Анализировались данные измерений массы и длины тела, параметров биоимпедансного анализа состава тела, а также рассчитанные на основании этих данных оценки основного обмена по формулам Скофилда, Харриса-Бенедикта и отечественной биоимпедансной формуле. Описательная статистика данных представлена в форме медиан и интерквартильного размаха в табл. 1.

Анализ проводился с помощью статистического программирования в среде R Studio. Оценивали медианы, коэффициенты корреляции Спирмена и коэффициенты детерминации, визуализированные в форме 3D-поверхностей в координатах «коэффициент детерминации», «возраст» и «ИМТ» или «%ЖМТ», «%СММ» (доля скелетно-мышечной массы в тощей массе тела) по опорным точкам с шагом по возрасту 5 лет для взрослых и 1 год для детей. Шаг по координатам для расчёта коэффициентов детерминации выбирался так, чтобы на каждую точку приходилось не менее 100 пациентов. Рассматривали коэффициенты детерминации оценок основного обмена по формулам Скофилда, Харриса-Бенедикта в сравнении с отечественной биоимпедансной формулой. Проводился анализ Бланда-Альтмана.

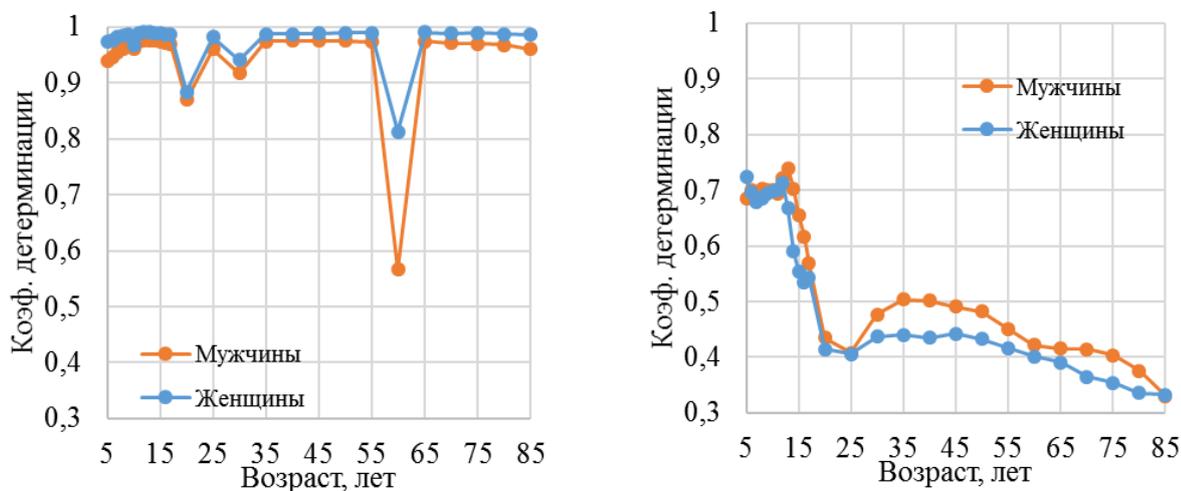
**Таблица 1.**

Медианные и квартильные значения основных используемых параметров

| Пол  | Всего                |                      | Дети                 |                      | Взрослые             |                      |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|  | М                    | Ж                    | М                    | Ж                    | М                    | Ж                    |
| <b>N, человек</b>  | 549 216              | 1 088 408            | 239 456              | 223 553              | 309 760              | 864 855              |
| <b>Возраст, лет</b>                                      | 20,7<br>[13,2; 45,5] | 42,5<br>[20,6; 57,3] | 12,2<br>[9,2; 15,1]  | 12,3<br>[9,2; 15,2]  | 41,8<br>[27; 56,1]   | 49,9<br>[34,5; 60,0] |
| <b>Рост, см</b>  | 170<br>[157; 177]    | 161<br>[156; 166]    | 152<br>[136; 170]    | 153<br>[135; 162]    | 174<br>[170; 179]    | 162<br>[158; 166]    |
| <b>Масса тела, кг</b>                                    | 68,2<br>[50,0; 80,0] | 66,0<br>[55,0; 78,0] | 46,0<br>[32,0; 60,2] | 45,0<br>[31,0; 55,0] | 77,0<br>[69,5; 87,8] | 70,0<br>[61,0; 80,0] |
| <b>ИМТ, кг/м<sup>2</sup></b>                             | 23,0<br>[19,3; 26,7] | 25,0<br>[21,1; 29,9] | 19,0<br>[16,6; 21,8] | 18,8<br>[16,4; 21,5] | 25,5<br>[23,0; 28,7] | 26,6<br>[22,9; 31,2] |
| <b>ИТМ, кг/м<sup>2</sup></b>                             | 17,9<br>[15,5; 20]   | 17,0<br>[15,4; 18,7] | 15,2<br>[13,7; 16,9] | 14,2<br>[13; 15,6]   | 19,4<br>[18; 21,2]   | 17,6<br>[16,2; 19,1] |
| <b>ЖМТ, %</b>  | 22,0<br>[16,2; 28,1] | 32,3<br>[25,3; 38,8] | 19,2<br>[14,5; 25,4] | 24,3<br>[18,7; 29,9] | 24,1<br>[18,4; 29,3] | 34,4<br>[27,9; 40,1] |
| <b>СММ, %</b>  | 51,6<br>[48,3; 55,4] | 44,2<br>[40,4; 47,6] | 54,9<br>[48,5; 58,6] | 45,1<br>[35,6; 49,2] | 50,5<br>[48,3; 53]   | 44,1<br>[40,9; 47,2] |
| <b>Основной обмен, биоимпедансная формула, ккал/сут.</b> | 1568<br>[1283; 1740] | 1396<br>[1307; 1486] | 1218<br>[1047; 1467] | 1188<br>[1024; 1321] | 1692<br>[1575; 1830] | 1423<br>[1352; 1507] |
| <b>Основной обмен, ф. Скофилда, ккал/сут.</b>            | 1686<br>[1466; 1837] | 1382<br>[1294; 1479] | 1472<br>[1224; 1737] | 1295<br>[1112; 1429] | 1756<br>[1642; 1883] | 1398<br>[1317; 1488] |
| <b>Основной обмен, ф. Харриса-Бенедикта, ккал/сут.</b>   | 1636<br>[1392; 1805] | 1389<br>[1301; 1478] | 1378<br>[1123; 1648] | 1305<br>[1158; 1410] | 1728<br>[1599; 1872] | 1404<br>[1326; 1492] |

**2. Результаты и их обсуждение.** Результаты обработки данных представлены в виде 2D и 3D графиков. На рис. 3 изображены половозрастные зависимости коэффициента детерминации формул основного обмена Харриса-Бенедикта и Скофилда в сравнении с отечественной биоимпедансной формулой. Поскольку формула Скофилда кусочно-заданная, изменяющаяся в возрасте 10, 18, 30 и 60 лет, значения базового уровня обменных процессов, рассчитанные для пациентов в возрастах, близких справа и слева к этим переходным точкам, отличаются скачкообразно. Поэтому оценки коэффициентов детерминации в переходных точках при неудачно выбранном методе формирования возрастных групп могут быть сильно занижены (см. рис. 3 слева). Объем данных, представленный более, чем 1000 наблюдений на однолетний возрастной интервал, позволяет добавить в рассмотрение ещё один дополнительный фактор, имеющий физиологически обусловленное влияние на значение уровня основного обмена. В

настоящей работе в качестве такого дополнительного фактора были рассмотрены ИМТ, %ЖМТ, СММ.



**Рис. 3.** Значение коэффициента детерминации значений основного обмена в зависимости от возраста у мужчин и женщин. Для расчёта использовались отечественная биоимпедансная формула и формулы Скофилда (слева) и Харриса-Бенедикта (справа).

На рис. 4 изображены поверхности значений коэффициента детерминации в зависимости от ИМТ и возраста для формул Скофилда и Харриса-Бенедикта. Легко заметить, что значительно более высокие значения коэффициента детерминации наблюдаются у формулы Скофилда, а не у формулы Харриса-Бенедикта при любом сочетании возраста и ИМТ. Видно, что значения коэффициентов детерминация по формуле Харриса-Бенедикта для детского контингента значений, существенно отличаются от значений, характерных для взрослого контингента. Вероятно, одна из причин этого явления состоит в том, что со времени построения формулы стиль жизни и физическая активность взрослых существенно изменилась, это привело к количественным изменениям состава тела и, следовательно, неадекватности антропометрических формул. Из рис. 5 и 6 видно, что наилучшую согласованность с отечественной биоимпедансной формулой у мужчин обе антропометрические формулы показывают при более высоких значениях доли жировой массы.

При этом формула Харриса-Бенедикта по-прежнему оказывается менее согласованной и имеет больший диапазон значений коэффициента детерминации в зависимости от возраста и %ЖМТ по сравнению с формулой Скофилда: от 0,45 до 0,89 против 0,93-0,99. У женщин до 50 лет влияние %ЖМТ на значения коэффициентов детерминации не выражено, а в возрастах старше 50 лет формула Харриса-Бенедикта оказывается более согласованной при меньших значениях %ЖМТ, по-прежнему сильно уступая формуле Скофилда на всем диапазоне значений возрастов и %ЖМТ. Наблюдаемая картина вполне объяснима, т.к. повышенный %ЖМТ почти всегда отражается в избыточной массе тела, которая включена как предиктор в формулу Харриса-Бенедикта, хотя потребности самой жировой ткани в энергии не меньше чем в 2,7 раза ниже, чем потребности мышечной, костной тканей, кишечника, желез и кожи, и в 89 раз ниже, чем потребности сердца и почек [14]. В тоже время избыточная масса тела представляет собой дополнительную нагрузку на костно-мышечный аппарат, что при прочих равных может приводить к увеличению мышечной массы и, как следствие, несколько увеличенной потребности в энергии. При этом формула Харриса-Бенедикта была разработана около 100 лет назад при серьёзно отличающихся уровнях физической нагрузки и питания, проводящих, по-видимому, к более низкому содержанию жировой ткани и более высокому содержанию мышечной ткани при тех же значениях массы тела и роста.

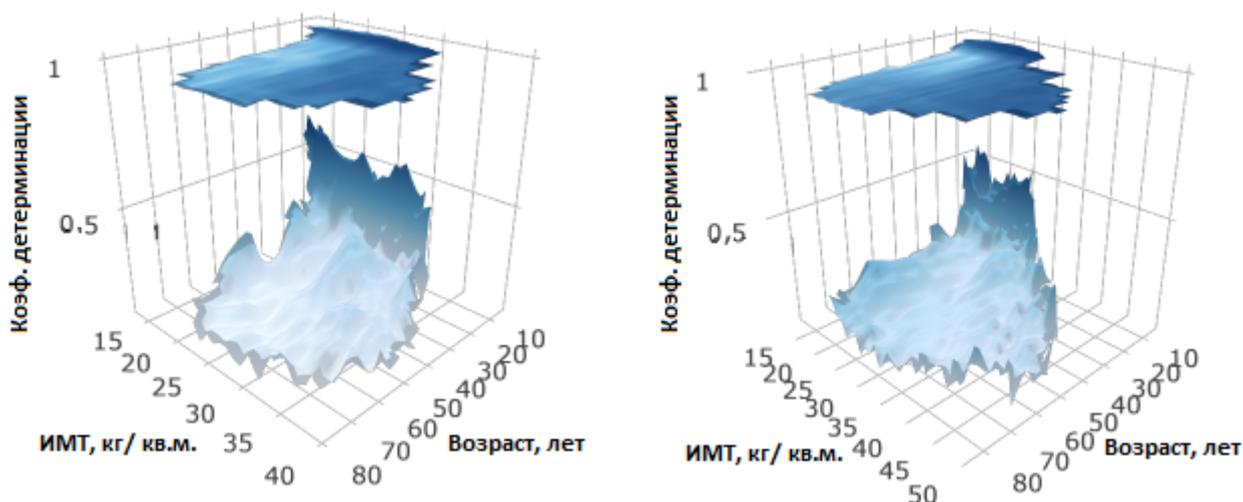


Рис. 4. Сравнение значений коэффициента детерминации основного обмена, рассчитанного по биоимпедансной формуле, с рассчитанными по формулам Скофилда и Харриса-Бенедикта, в зависимости от возраста и индекса массы тела: слева данные мужчин, справа – женщин.

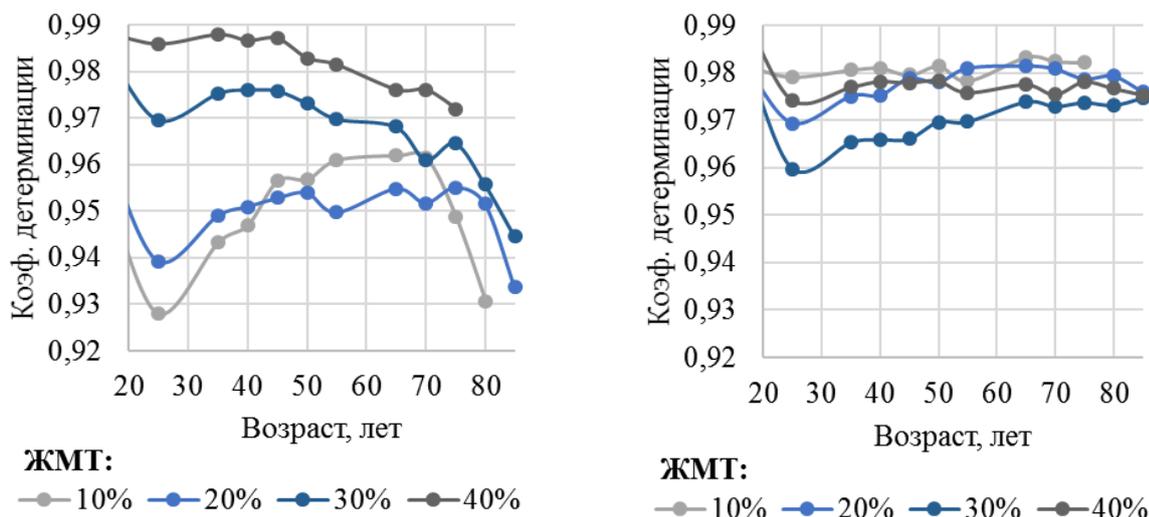


Рис. 5. Зависимость коэффициента детерминации между значениями основного обмена, рассчитанными по формуле Скофилда и отечественной биоимпедансной формуле, от возраста и доли жировой массы тела. Слева данные мужчин, справа – женщин.

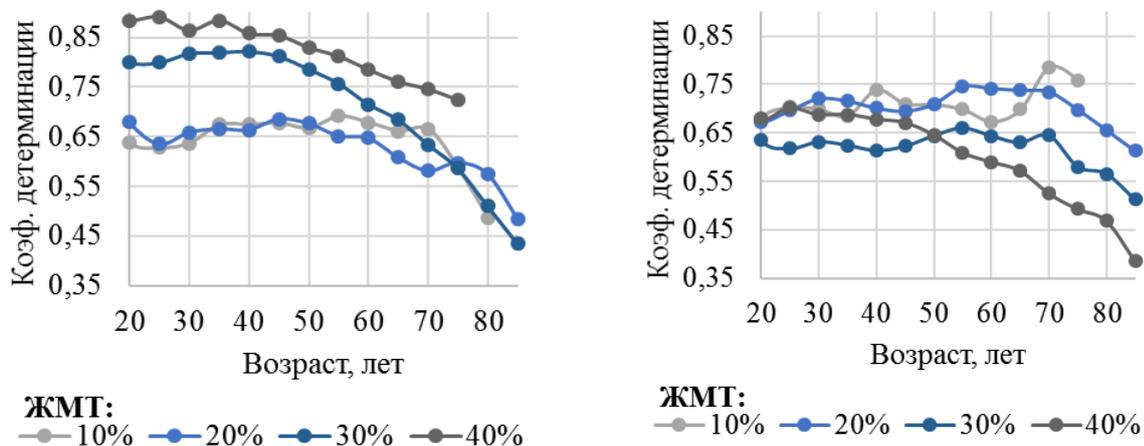
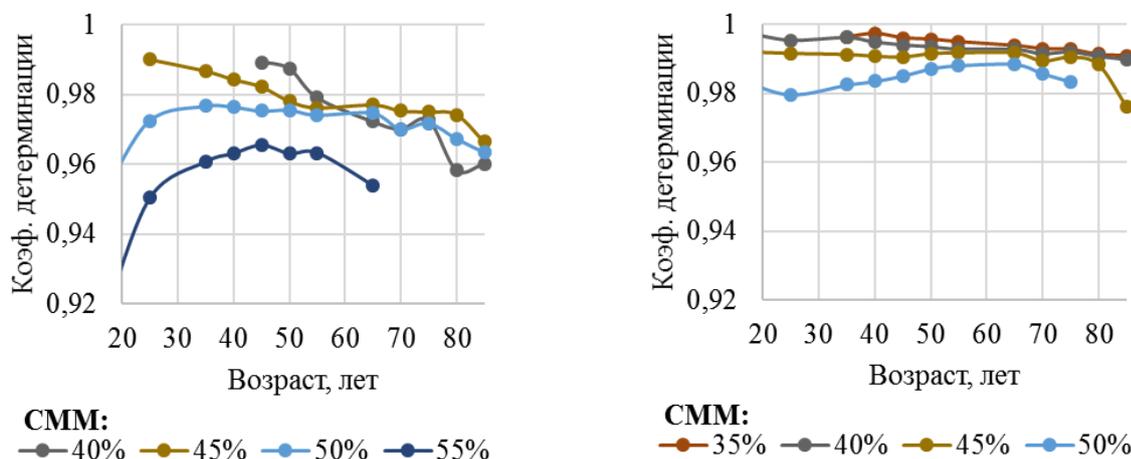


Рис. 6. Зависимость коэффициента детерминации между значениями основного обмена, рассчитанными по формуле Харриса-Бенедикта и отечественной биоимпедансной формуле, от возраста и доли жировой массы те-

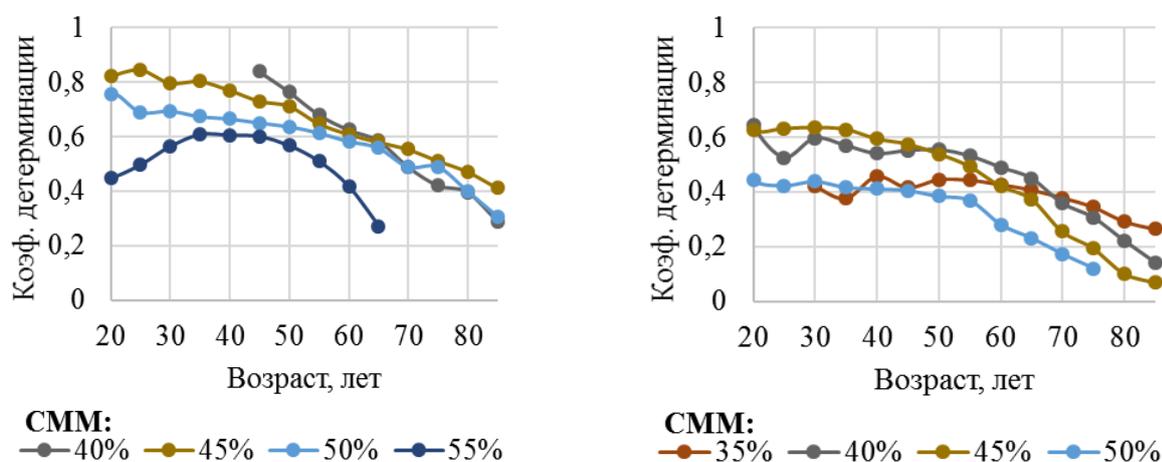
ла. Слева данные мужчин, справа – женщин.

При увеличении %СММ в тощей массе у мужчин согласованность антропометрических формул падает (рис. 7, 8), причем особенно это выражено в молодом возрасте и в значительной большей степени у формулы Харриса-Бенедикта. У женщин наблюдается та же тенденция, но менее выраженная, с диапазоном колебаний шириной 0,2 против ширины 0,4 у мужчин. Интересен также тот факт, что формула Харриса-Бенедикта лучше согласуется с биоимпедансной формулой у мужчин, а формула Скофилда у женщин.

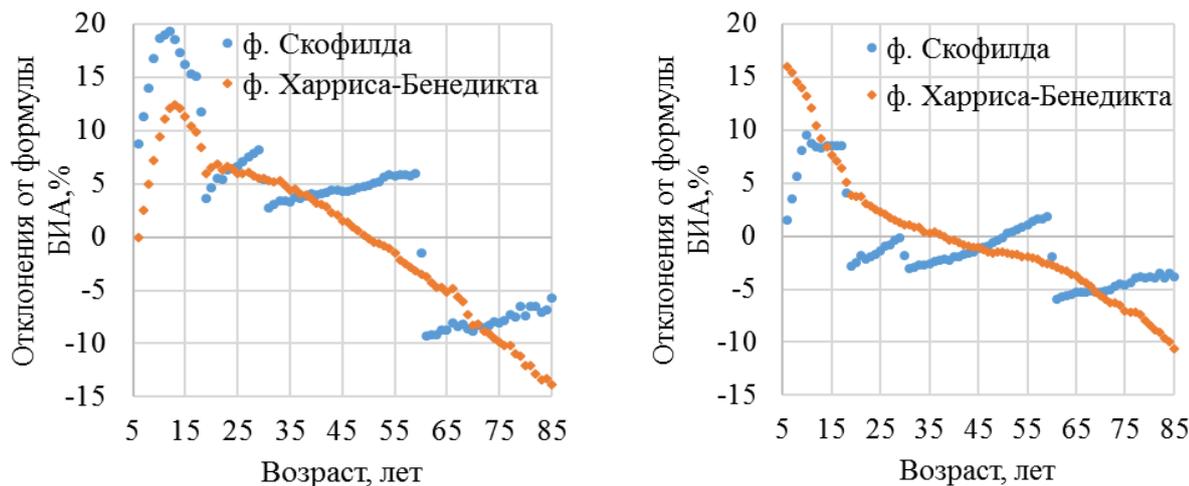


**Рис. 7.** Зависимость коэффициента детерминации значений основного обмена, рассчитанного по формулам Скофилда и отечественной биоимпедансной формуле, от возраста и доли скелетно-мышечной массы: Слева данные мужчин, справа – женщин.

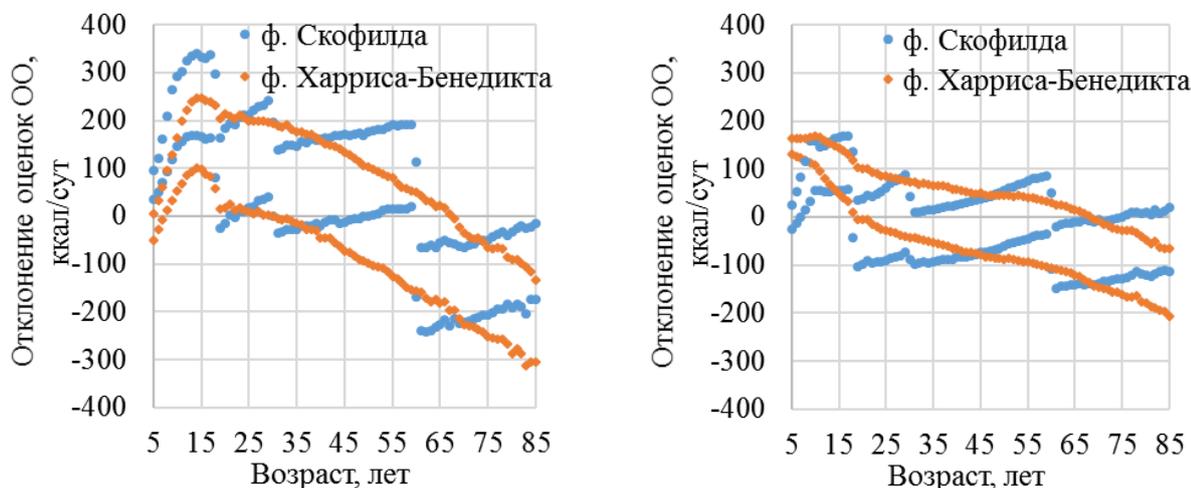
Расхождение оценок основного обмена по антропометрическим формулам в сравнении с биоимпедансной формулой наибольшее в детском и старческом возрасте (рис. 9). При этом медианные значения относительных отклонений формул Скофилда и Харриса-Бенедикта в целом сопоставимы. Наименьшие медианные отклонения наблюдаются в возрасте 30-60 лет, причем у женщин эти отклонения минимальны: у женщин -3,0-1,9% для формулы Скофилда и -3,1-1,0% для формулы Харриса-Бенедикта, у мужчин 2,7-6,0% для формулы Скофилда и -3,5-5,3% для формулы Харриса-Бенедикта. В абсолютных числах квартильные значения отклонения оценок основного обмена по формулам Скофилда и Харриса-Бенедикта образуют коридоры шириной около 200 ккал/сутки для взрослых мужчин и около 150 ккал/сутки для женщин (рис. 10).



**Рис. 8.** Зависимость коэффициента детерминации значений основного обмена, рассчитанных по формулам Харриса-Бенедикта и отечественной биоимпедансной формуле, от возраста и доли скелетно-мышечной массы: Слева данные мужчин, справа – женщин.



**Рис. 9.** Графики медианного относительного отклонения значений основного обмена, рассчитанного по формулам Скофилда и Харриса-Бенедикта, относительно значений, рассчитанных по биоимпедансной формуле в зависимости от возраста: слева данные мужчин, справа – женщин.



**Рис. 10.** Квартильные значения отклонений оценок основного обмена по формулам Скофилда и Харриса-Бенедикта по сравнению с отечественной биоимпедансной формулой: слева данные мужчин, справа – женщин.

В детском возрасте межквартильный коридор уже, с тенденцией к расширению от 50 ккал/сутки в возрасте 5 лет до 100-150 ккал/сутки в возрасте 15 лет. Причем у женщин 5-15 лет коридор для формулы Скофилда и у мужчин 5-15 лет коридоры для обеих формул имеют восходящее направление, т.е. чем старше ребенок, тем больше отклонение антропометрической оценки основного обмена от биоимпедансной. Во взрослом возрасте межквартильный коридор отклонений формулы Харриса-Бенедикта имеет нисходящее направление и после 65 лет полностью располагается в отрицательной области, т.е. более 75% всех оценок основного обмена в старших возрастах занижено. В соответствии со ступенчатой формулой Скофилда межквартильный коридор отклонений имеет скачкообразные снижения в 18, 30 и 60 лет, а внутри возрастных интервалов наблюдается тенденция к возрастанию отклонения с возрастом. В целом, отклонения оценок основного обмена по формулам Скофилда и Харриса-Бенедикта сопоставимы между собой, хотя можно выделить узкие возрастные диапазоны, в которых лучше работает одна из формул. У мужчин и женщин 70-85 лет и женщин 5-10 лет формула Скофилда даёт меньшее отклонение от биоимпедансной оценки, а у мужчин 5-18 и 40-55 лет и у женщин 60-70 лет меньшее отклонение дает формула Харриса-Бенедикта.

Анализ Бланда-Альтмана не выявил выраженной связи усредненной оценки основного обмена и отклонения оценок основного обмена по формулам Скофилда и Харриса-Бенедикта

от биоимпедансной оценки (рис. 11, 12). При меньших значениях оценок основного обмена отклонения имеют меньшую амплитуду. В детском возрасте (синие точки) эта тенденция особенно заметна, хотя среднее значение отклонения от биоимпедансной формулы и выше, чем во взрослом возрасте, но рассеяние точек меньше. Таким образом, наибольшей надёжностью антропометрические формулы оценки основного обмена обладают для основного обмена на уровне 750-1250 ккал/сутки, чаще встречающиеся в детском возрасте.

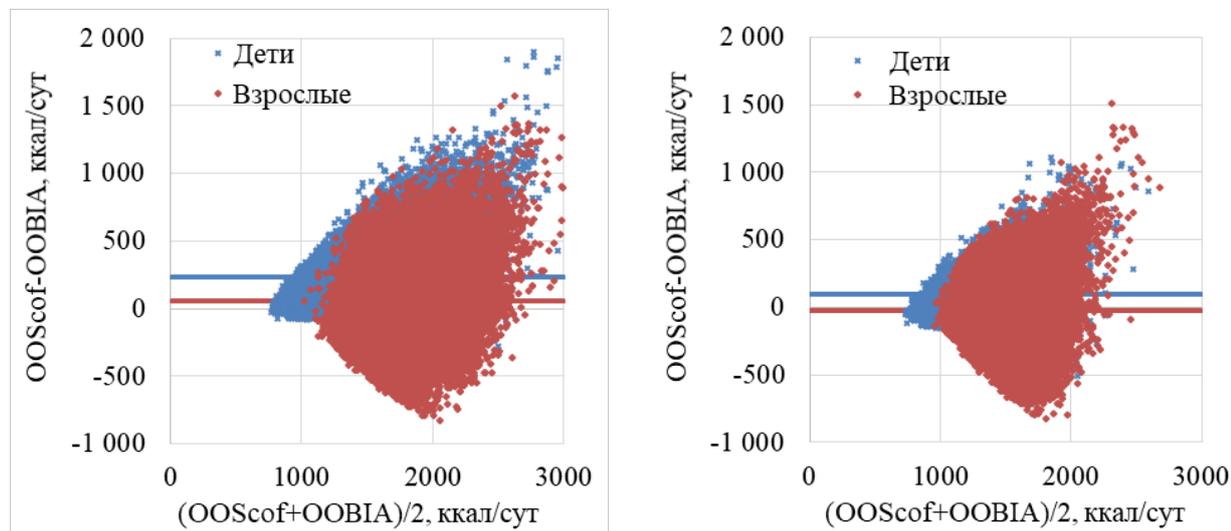


Рис. 11. Диаграмма Бланда-Альтмана оценок основного обмена по формуле Скофилда и отечественной биоимпедансной формуле: слева данные мужчин, справа – женщин.

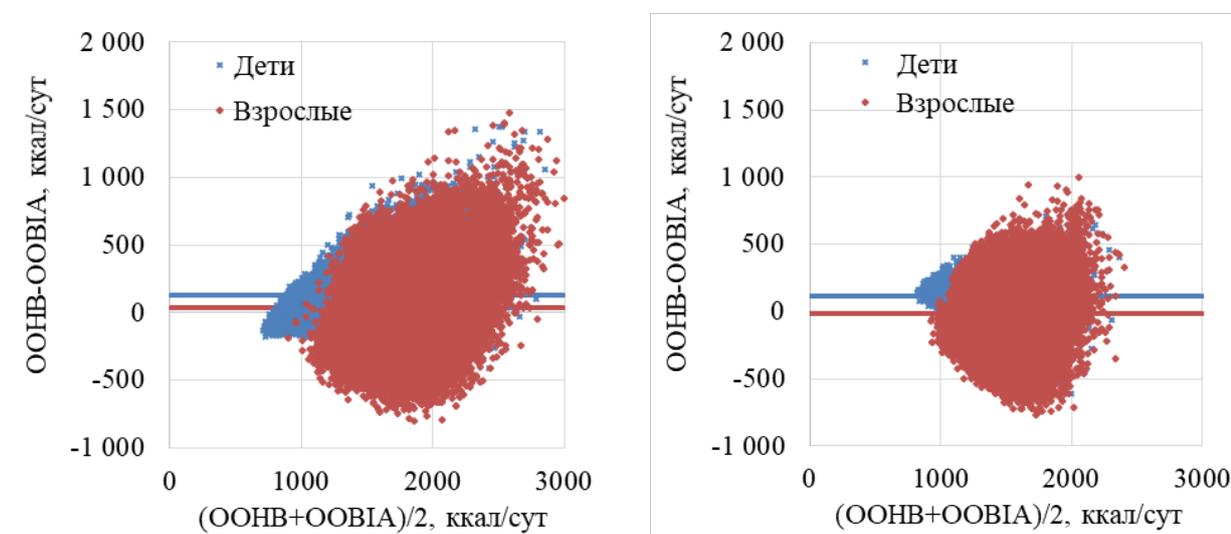


Рис. 12. Диаграмма Бланда-Альтмана оценок основного обмена по формуле Харриса-Бенедикта и отечественной биоимпедансной формуле: слева данные мужчин, справа – женщин.

## Выводы

1. Рассмотрение степени согласованности оценок основного обмена, показывает, что оценки по формуле Скофилда значительно ближе к биоимпедансным, чем по формуле Харриса-Бенедикта.
2. Для контингента с повышенными (более 30%) значениями %ЖМТ, и пониженными (менее 50%) значениями %СММ, антропометрические формулы Скофилда и Харриса-Бенедикта имеют высокую степень согласованности с биоимпедансными оценками.
3. Обе антропометрические формулы у мужчин до 50 лет более чем в половине случаев завышают значения основного обмена на 5% и более. У женщин после 40 лет и мужчин после 50 лет формулы занижают оценки, причем формула Харриса-Бенедикта занижает сильнее.

**Благодарности**

Работа частично поддержана грантом № РФФ № 14-15-01085 (рук. В.И. Стародубов, ЦНИИ ОИЗ).

**Список литературы**

1. Frankenfield D. C., Muth E. R., Rowe W. A. The Harris-Benedict studies of human basal metabolism: history and limitations //Journal of the American Dietetic Association. – 1998. – Т. 98. – №. 4. – С. 439-445.
2. Schofield W. N. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work //Human nutrition. Clinical nutrition. – 1985. – Т. 39. – С. 5-41.
3. Руднев С.Г., Биоимпедансное исследование состава тела населения России. / С.Г. Руднев, Н.П. Соболева, С.А. Стерликов и соавт. / М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2014. – 493 с.
4. Хрущева Ю.В., Зубенко А.Д., Чедия Е.С., Старунова О.А., Ерюкова Т.А., Николаев Д.В., Руднев С.Г. (2009) Верификация и описание возрастной изменчивости биоимпедансных оценок основного обмена // Материалы 11-й научно-практической конференции “Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы” (Москва, Главный клинический госпиталь МВД России, 25 марта 2009г.). Москва, 2009. С.353-357.
5. Marra M. et al. The prediction of basal metabolic rate in young adult, severely obese patients using single-frequency bioimpedance analysis //Acta diabetologica. – 2003. – Т. 40. – №. 1. – С. s139-s141.
6. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. М.: Наука, 2009. 392 с.
7. Marra M. et al. Phase angle is a predictor of basal metabolic rate in female patients with anorexia nervosa //Physiological measurement. – 2005. – Т. 26. – №. 2. – С. S145.
8. Marra M. et al. Single-frequency BIA in young-adult severely obese patients //Proc. of the XII Intern. conf. on electrical bioimpedance & V conf. on electrical impedance tomography. Gdansk. – 2004. – С. 267.
9. Lazzer S. et al. Relationship between basal metabolic rate, gender, age, and body composition in 8,780 white obese subjects //Obesity. – 2010. – Т. 18. – №. 1. – С. 71-78.
10. Pichard C. et al. Energy expenditure in anorexia nervosa: can fat-free mass measured by bioelectrical impedance predict energy expenditure in hospitalized patients? //Clinical Nutrition. – 1996. – Т. 15. – №. 3. – С. 109-114.
11. Информационный бюллетень ВОЗ № 311, Январь 2015 г. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/ru/> [дата обращения 15.08.2015]
12. Щелькалина С.П., Николаев Д.В., Руднев С.Г., Ерюкова Т.А. Особенности диагностики избыточного веса и ожирения с использованием индекса массы тела. / Материалы Десятой международной научной школы «Наука и инновации – 2015» ISSN «SI-2015» / Редакционная коллегия: И. И. Попов, В. А. Козлов, В. В. Самарцев. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. –с. 275-280
13. Meeuwssen S., Horgan G. W., Elia M. The relationship between BMI and percent body fat, measured by bioelectrical impedance, in a large adult sample is curvilinear and influenced by age and sex //Clinical nutrition. – 2010. – Т. 29. – №. 5. – С. 560-566.
14. McClave S. A., Snider H. L. Dissecting the energy needs of the body //Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care. – 2001. – Т. 4. – №. 2. – С. 143-147.
15. Соболева Н. П. и др. Биоимпедансный скрининг населения России в центрах здоровья: распространённость избыточной массы тела и ожирения //Российский медицинский журнал. – 2014. – №. 4. – С. 4-13.
16. Анищенко А. П. и др. Сопоставимость антропометрических измерений и результатов биоимпедансного анализа //Вестник новых медицинских технологий. – 2016. – Т. 23. – №. 1. – С. 138-141.

## ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ИННОВАЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ

## АБДОМИНАЛЬНЫЙ КОМПАРТМЕНТ СИНДРОМ

С.В. Волков, В.Е. Волков

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары

В работе дана клиническая оценка абдоминального компартмент синдрома у хирургических больных. Большое внимание уделено методам нормализации внутрибрюшного давления, включая лапаростомию, тотальную интубацию тонкой кишки. Дан анализ результатов декомпрессии кишечника у 220 больных гнойным перитонитом.

**Ключевые слова:** абдоминальный компартмент синдром, внутрибрюшное давление, внутрикишечная декомпрессия, осложнения.

The paper presents a clinical assessment of abdominal compartment syndrome in surgical patients. Much attention is paid to the methods of normalization of intra-abdominal pressure, including laparotomy, total intubation of the small intestine. An analysis of the results of the decompression of the intestine in 220 patients with purulent peritonitis.

**Key words:** abdominal compartment syndrome, intra-abdominal pressure, intracranial decompression, complications.

**1. Введение.** Абдоминальный компартмент синдром (АКС) – критическое состояние, обусловленное повышением внутрибрюшного давления выше 20 мм рт. ст. с развитием дисфункции/недостаточности органов и систем. Термин «внутрибрюшная гипертензия» (ВБГ) означает повышение внутрибрюшного давления до 12 мм рт. ст. и более. Термин ВБГ введен в 1911 г Н. Emerson [3], а термин АКС – в 1984 г I.L. Kron с соавт., которые опубликовали свои наблюдения за послеоперационными пациентами, у которых они измеряли показатели внутрибрюшного давления и констатировали их повышение.

Проблема компартмент синдрома освящена в современной литературе крайне недостаточно и требует дальнейших клинических и экспериментальных исследований в связи с высокой летальностью, достигающей 50% и более [1,5,8,9].

**Цель** исследования – уточнить роль лапаростомии и внутриклеточной декомпрессии с помощью ретроградной тотальной интубации тонкой кишки специальным зондом в сочетании с электростимуляцией кишечника у больных с абдоминальным компартмент синдромом.

**2. Материал и методы исследования.** В работе обобщены результаты тотальной декомпрессии у 220 больных с выраженными клиническими признаками абдоминального компартмент синдрома, причиной развития которого явился разлитой гнойный перитонит вследствие прободной язвы желудка и двенадцатиперстной кишки, перфорации острых стресс-язв желудка и тонкой кишки, острой кишечной непроходимости, остро некротического панкреатита, травматических повреждений органов брюшной полости. У всех больных оперативное вмешательство завершалось широким дренированием брюшной полости в правом и левом подреберье, подвздошных областях. У наблюдаемых нами больных токсическая стадия перитонита отмечена у 148, терминальная – у 72 больных. Мужчин было 136, женщин – 84. Для интубации тонкой кишки использовался многодырчатый, полихлорвиниловый зонд, который вводился в тонкую кишку ретроградно до дистального отдела двенадцатиперстной кишки. Предпочтение отдавалось цеко- и аппендикостомии, а при невозможности использования их с этой целью производили декомпрессию через подвздошную кишку в 10-15 см от илеоцекального угла. С помощью шприца Жанэ проводили отсасывание, промывание тонкой кишки 250-300 мл теплого раствора фурацилина или физиологического раствора. Эта процедура проводилась во время операции и после окончания операции в течение 7-10 дней. Со второго дня после операции проводили электростимуляцию кишечника с помощью «Тонус-2» 1-2 раза в сутки. Критериями восстановления моторики кишечника служили как клинические, так и показатели электроэнтерограмм, запись которых проводили с помощью аппарата ЭГС-4. Положительный лечебный эффект с нормализацией моторно-эвакуаторной функции

кишечника с одновременным устранением внутрикишечного давления отмечен в 78,1% случаев, слабо выраженный эффект – в 6,4%, отсутствие эффекта в 20,5% случаев. Метод декомпрессии внутрижелудочного и внутрикишечного давления сочетался также с полной эвакуацией внутрибрюшных жидкостных скоплений, позволяющих устранить отрицательные эффекты повышенного интраабдоминального давления. Общая летальность больных с гнойным перитонитом при использовании с целью устранения внутрибрюшного давления тотальной интубации тонкой кишки составила в среднем 21,4%. Причиной летального исхода явились возникшие на фоне распространенного гнойного перитонита абдоминальный сепсис, а также абдоминальный компартмент синдром и его отрицательные последствия (фатальная острая полиорганная недостаточность), часто проявляющихся на фоне тяжелых сопутствующих заболеваний пациента.

**3. Результаты исследований и обсуждения.** В последние годы методы определения внутрибрюшной гипертензии (ВБГ) и АКС были стандартизованы [5]. С учетом этих данных в настоящее время принято различать следующие варианты АКС.

*Первичный АКС* обусловлен внутрибрюшной гипертензией в брюшно-тазовой области.

*Вторичный АКС* никак изначально не связан с патологией брюшной полости. Этот вариант АКС обычно возникает при сепсисе и повышении капиллярной проницаемости, ожогах и других патологиях, требующих массивной инфузионной терапии.

*Рецидивирующий АКС* обычно возникает повторно после лечения первичного или повторного АКС.

*Этиология и патогенез АКС.* Уровень внутрибрюшного давления является результатом отношения между объемом брюшной полости и податливостью (комплаинсом) брюшной стенки и оказывает непосредственно прямое воздействие на уровень внутригрудного давления. Отношение между уровнем давления в брюшной полости и ее объемом не является линейным. Комплаинс брюшной стенки в значительной степени зависит от скорости увеличения объема брюшной полости, о чем свидетельствуют незначительные изменения внутрибрюшного давления при беременности. Уровень внутрибрюшного давления в норме составляет в среднем 6 мм рт. ст. Хроническая форма внутрибрюшной гипертензии может наблюдаться у пациентов, например, страдающих ожирением или имеющих выраженный асцит.

Причины возникновения внезапного повышения внутрибрюшного давления могут быть разнообразны. Среди наиболее частых причин развития ВБД можно выделить следующие:

1. Перитонит.
2. Острая кишечная непроходимость.
3. Острый некротический панкреатит.
4. Травма живота с внутрибрюшным и забрюшинным кровотечением.
5. Внутрибрюшные оперативные вмешательства, осложненные в послеоперационном периоде парезом и параличом желудочно-кишечного тракта.
6. Массивная инфузионная терапия (более 5 л за 24 ч).

Незначительные колебания уровня внутрибрюшного давления обычно не вызывают каких-либо серьезных функциональных расстройств и сравнительно легко переносятся. Однако при быстром прогрессирующем нарастании уровня ВБД начинают возникать тяжелые нарушения в органном кровотоке, что приводит к ухудшению тканевой перфузии. Повышенное внутрибрюшное давление часто сочетается с системной воспалительной реакцией и сопровождается развитием полиорганной дисфункции/недостаточности. Следствием высокого уровня ВБД являются нарушения функции почек, сердечно-сосудистой и дыхательных систем, кишечника, центральной нервной и иммунной систем (рис. 1,2). Роль АКС в нарушении функции почек. Нарушение функции почек при АКС обусловлено увеличением почечного сосудистого сопротивления вследствие сдавления в некоторых случаях почечных вен. Другим причинным фактором может быть снижение сердечного выброса. Критические уровни внутрибрюшного давления, способные вызвать развитие почечной дисфункции не-

известны. При этом считается, что уровень ВБД выше 15 мм рт. ст. может вызвать те или иные нарушения этого органа. Уменьшение темпа диуреза отмечается у 65% пациентов с тяжелой травмой и уровнем ВБД более 25 мм рт. ст. и у 100% больных при уровне ВБД более 35 мм рт. ст. [6]. Сопутствующие заболевания почек увеличивают риск нарушений. Для предупреждения почечной дисфункции у больных с АКС наряду с контролем уровня ВБД является необходимым поддерживать уровень перфузионного давления в норме.

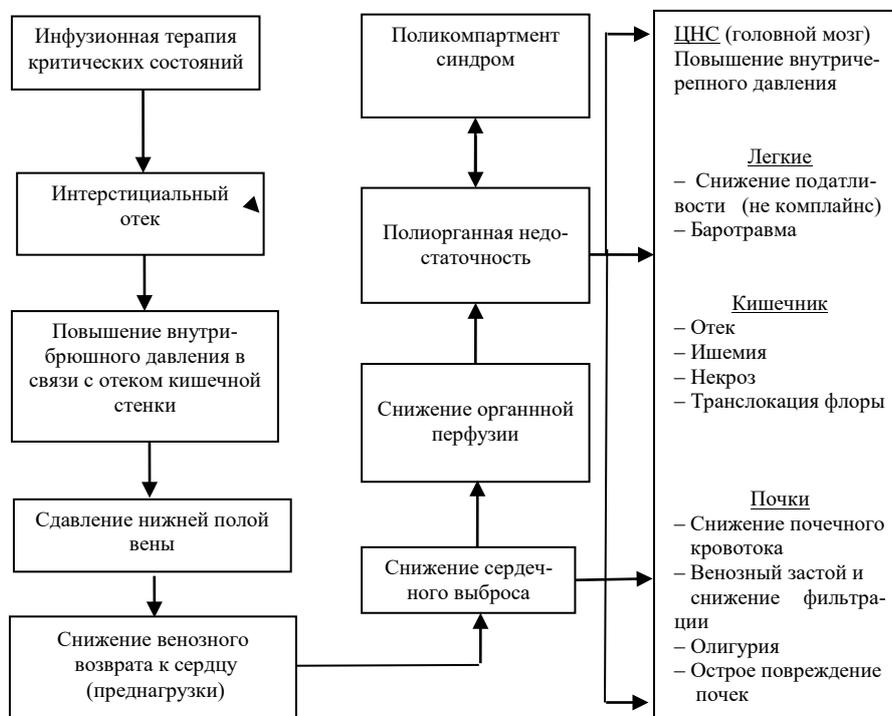


Рис. 1. Влияние внутрибрюшной гипертензии на органые функции (по данным У. Инглиш)

| Абдоминальное давление, мм рт. ст. | Отрицательные эффекты   |
|------------------------------------|---|
| > 15                               | Снижение сердечного выброса<br>Повышение давления в дыхательных путях<br>Уменьшение эластичности легочной ткани<br>Снижение кровотока в органах брюшной полости |
| > 30                               | Фатальная полиорганная недостаточность  |

Рис. 2. Отрицательные последствия повышения внутрибрюшного давления

*Роль АКС в нарушении функции сердечно-сосудистой системы.* Повышение уровня внутрибрюшного давления неизбежно сопровождается снижением сердечного выброса вследствие уменьшения преднагрузки (сдавление почечных вен и нижней полой вены), а также за счет уменьшения комплайенса левого желудочка в ответ на увеличение внутригрудного давления. Кроме того, увеличение внутригрудного давления приводит к повышению центрального венозного давления, давления в правом предсердии и давления заклинивания легочных капилляров.

*Роль АКС в нарушении дыхательной функции.* Влияние высокого уровня ВБД на дыхание в основном связано с механическим фактором, обусловленным высоким стоянием диафрагмы, что приводит к нарушению вентиляции из-за снижения дыхательного объема и комплайенса легких. Вследствие развития отека легочной ткани прогрессируют вентиляционно-перфузионное соответствие и гипоксемия. Если пациент дышит самостоятельно, дыхание быстро становится поверхностным. У пациентов, у которых проводится

ИВЛ, возникают трудности с выбором ее параметров, что приводит в ряде случаев к усугублению тяжести гипоксии с гиперкапнией.

*Роль АКС в нарушении функции кишечника и других органов.* Высокий уровень внутрибрюшного давления приводит к нарастанию пареза и паралича кишечника из-за нарастания отека и ишемии, значительному ухудшению висцеральной перфузии с вторичной транслокацией бактериальной микрофлоры, замедлению заживления лапаротомной раны, усугублению тяжести внутричерепной гипертензии у больных с травмой и усилению выброса цитокинов [7].

*Клиника и диагностика абдоминального компартмент-синдрома.* Для своевременного выявления АКС недостаточно стандартного клинического исследования. Ранняя диагностика у пациентов с имеющимся риском требует измерения уровня внутрибрюшного давления. Показаниями к проведению мониторинга ВБД следующие:

1. Парез и паралич желудочно-кишечного тракта с уменьшением показателей диуреза (в норме 0,5 мл/кг/ч), снижением уровня АД и нарушениями вентиляции.
2. Открытая или закрытая травма живота.
3. Тяжелая степень ожога.
4. Массивная инфузионная терапия.

Для измерения показателей внутрибрюшного давления используется мочевого катетер Фолея. В мочевой пузырь вводят 25-50 мл изотонического раствора поваренной соли, после чего в положении пациента на спине оценивают внутрипузырное давление путем измерения высоты столба жидкости в вертикально поднятой стеклянной трубке (например, стеклянная трубка аппарата Вальдмана для измерения венозного давления), соединенной с катетером Фолея. Также после введения раствора в мочевой пузырь можно зажать соединительную часть под стеклянной трубкой, а внутрипузырное давление измерить с помощью иглы проксимальнее зажима и соединенной с манометром или трансдюсером давления. В случае с обоими методами равным нулю принимается уровень лобкового симфиза (или уровень средней подмышечной линии).

*Терапия абдоминального компартмент-синдрома.* Терапия АКС заключается в проведении комплекса лечебных мероприятий, направленных прежде всего на снижение уровня ВБД. При этом консервативная интенсивная терапия имеет решающее положительное значение для профилактики осложнений АКС. Интенсивная терапия включает в себя своевременную коррекцию нарушений сердечно-сосудистой и дыхательной систем, поддержание внутрисосудистого объема, отказ от агрессивной инфузионной терапии и, при возможности, использование заместительной почечной терапии.

Следует учитывать, что вторичный АКС нередко возникает на фоне гипергидратации и является ведущим фактором в развитии так называемого *синдрома поликомпартмента*, когда наблюдается одновременный рост внутриполостных давлений в различных участках тела пациента. Если хирургическая декомпрессия брюшной стенки не может быть выполнена, требуется проведение ИВЛ с глубокой седацией и миорелаксацией. Не следует забывать и о таких простых способах снижения ВБД, как назогастральное зондирование и ретроградная санация кишечника. В ряде случаев возможно применение чрескожных методов дренирования. До настоящего времени отсутствует единое мнение относительно точных показаний и сроков хирургической декомпрессии у больных с АКС. Более важной является коррекция патофизиологических нарушений, чем ожидание, когда уровень ВБД достигает предельных значений (Surgne M., 2005). Поскольку до сих пор не существует четких показаний к выполнению хирургической декомпрессии, то у всех пациентов с повышенным ВБД и ухудшением функциональных показателей органов необходимо прибегнуть к выполнению неотложной декомпрессивной лапаростомии. В настоящее время для этой цели все шире используется методика лапароскопической фасциотомии по белой линии. Своевременно выполненная операция восстанавливает функцию органов в среднем у 80% больных, но несмотря на это,

выживаемость не превышает 53% [2,8,9]. Считается, что хирургическая декомпрессия оказывает положительный результат, выражающийся в восстановлении функции поврежденных органов. Вместе с тем, рандомизированных исследований, подтверждающих значимость данной лечебной тактики, до сих пор нет. В комплексной терапии АКС наряду с декомпрессивной лапаротомией является целесообразным, по нашему мнению, использовать во время лапаротомии в показанных случаях метод тотальной интубации тонкой кишки с помощью специального многодырчатого зонда, позволяющего предельно уменьшить внутрикишечное давление за счет разгрузки тонкой кишки от кишечного содержимого и газов, что способствует восстановлению кровотока в кишке, устранению отека стенки кишки и восстановлению ее перистальтики. При наличии резко раздутого газами толстого кишечника во время лапаротомии возможна также декомпрессия этой кишки с помощью введения многодырчатого зонда через прямую кишку. Указанные дополнения к хирургической декомпрессивной лапаротомии создают необходимые условия для ушивания раны брюшной стенки. Проведение анестезии у пациентов с АКС всегда связано с высоким риском. При транспортировке больного в операционную нередко сложно обеспечить адекватную вентиляцию. При выполнении декомпрессии брюшной полости часто отмечается внезапное снижение АД, вплоть до развития коллапса. При этом требуется быстрое внутривенное введение жидкости и вазопрессоров, а также глюкокортикоидных гормонов. Быстрый рост комплайнса легких может привести к гипервентиляции, в связи с чем крайне желательно обеспечить мониторинг газового состава крови.

В заключение следует указать, что абдоминальный компартмент-синдром является тяжелой патологией с высокой частотой осложнений и летальностью. Мониторинг показателей внутрибрюшного давления должен осуществляться у всех пациентов с риском его повышения, используя для этой цели метод катетеризации мочевого пузыря. Абдоминальный компартмент-синдром требует проведения комплекса лечебных мероприятий, включая декомпрессивную лапаротомию, введение жидкостей, вазопрессоров, кортикостероидов, сердечных средств и других лечебных препаратов. Приведенные выше данные убеждают в необходимости дальнейших исследований в изучении проблемы АКС-синдрома.

### Список литературы

1. Волков В.Е., Волков С.В. Диагностика и лечение травматических повреждений органов брюшной полости и груди // Чебоксары: Изд-во Чуваш. Ун-та, 2011. – 100 с.
2. Cheatham M.L., Safcsak K. Is the evolving management of intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome improving survival? // Crit. Care Med., 2010; 38:402-407.
3. Emerson H. Intra-abdominal pressures // Arch. Intern. Med., 1911; 7:754-758.
4. Kron I.L., Harman P.K., Nolan S.P. Measurement of intra-abdominal pressure as a criterion for abdominal re-exploration // Ann. Surg., 1984; 199:28-30.
5. Malbran M.L., Cheatham M.L., Kirkpatrick A. et al. Results from the international conference of experts on ontra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome I. Dehinitions. // Intensive Care Med., 2006; 32:1722-1732.
6. Meldrum D.R., Noore E.E., Francoise E.J. et al. Prospective characterization and selective management of the abdominal compartment syndrome // Am. J. Surg., 1997; 174:662-673.
7. Rezende-Neto J.B., Moore E.E., Meio de Andrasie M.V. et al. Systemic inflammatory response secondary to abdominal compartment syndrome stage to multipie organ failure // J. Trauma, 2002; 53:1121-1128.
8. Surgue M. Abdominal compartment syndrome // Cart. Opin. Crit Care. 2005; 13:333-338.
9. Surgue M., D'Amour S. Renew of publications identyfng outcomes after decompression in patients with ACS // J. Trauma, 2001; 51:479.

УДК 616.03-089.168.1-06

## ОСЛОЖНЕНИЯ ОСТРЫХ СТРЕСС-ЯЗВ ЖЕЛУДКА И КИШЕЧНИКА

В.Е. Волков, С.В. Волков

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет  
имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары  
sveklavna@mail.ru

Представлены результаты лечения 47 больных с острыми стресс-язвами желудка и кишечника, осложненными кровотечением и перфорацией. Больные были в возрасте от 16 до 93 лет. Из 12 больных с массивным кровотечением из стресс-язв умерло 5 (41,7%). Общая летальность больных с осложнениями стресс-язв составила 66%. Приведены рекомендации о показаниях к оперативному и консервативному лечению кровотечений стрессового генеза.

**Ключевые слова:** перфорация, кровотечения из острых стресс-язв желудка и кишечника, лечение.

Treatment of 47 patients with acute stress ulcers of the stomach and intestines complicated by bleeding and perforation the results are presented. The patients were aged 16 to 93 yo. Of the 12 patients with massive bleeding from stress ulcers, 5 died (41.7%). Patients overall mortality was 66% with complications of stress ulcers. Provides guidance on the indications for surgical and conservative treatment of bleeding of stress origin.

**Key words:** perforation and bleeding from gastric and intestinal acute stress ulcers, treatment

**1. Введение.** Среди заболеваний органов пищеварительного тракта весьма значительное место занимают эрозивно-язвенные поражения желудка и кишечника. Считается, что 2-5% взрослого населения страдает язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки. Распространенность эрозивно-язвенных поражений, связанных с воздействием стрессовых факторов, значительно превышает таковые при классической язвенной болезни: патология стресс-язв и эрозивных поражений желудка и кишечника встречается практически у 100% лиц, перенесших стрессовое воздействие [1, 2].

Острые стресс-язвы и эрозивные поражения желудка и кишечника возникают на фоне многих патологических процессов, связанных как с физическими, так и эмоциональными факторами. В последние годы в медицинской практике все чаще стали встречаться острые стресс-язвы и эрозии слизистой желудка и кишечника, возникающие после различных хирургических операций, массивной кровопотери, термических ожогов, шоке, критических состояниях, при длительном применении больными глюкокортикоидных гормонов [1, 3].

Возникшие острые стресс-язвы желудка и двенадцатиперстной кишки в 15-30% случаев осложняются кровотечением или перфорацией, реже – сочетанием обоих осложнений. Кровотечения из стресс-язв желудка и двенадцатиперстной кишки часто бывают профузными. Это осложнение приводит к смерти более 90% больных [1, 2]. Описание случаев острых язв и эрозивных повреждений слизистой тонкой кишки в современной литературе представлено единичными наблюдениями, что обусловлено чрезвычайной трудностью своевременной диагностики данной патологии. Следует учитывать, что стресс-язвы и стероидные язвы в желудке и тонком кишечнике в большинстве случаев бывают множественными, исчисляясь десятками и даже сотнями. Острые стресс-язвы, осложненные перфорацией или желудочно-кишечным кровотечением, приводят к смерти 60- 90% больных [1, 2]. Доказательством коварства острых язв тонкой кишки, осложнившихся перфорацией или кровотечением, нередко служит факт диагностирования их только на вскрытии, что подтверждает необходимость ранней диагностики этих тяжелых и опасных для жизни осложнений.

**Цель исследования** – провести анализ результатов консервативного и оперативного лечения осложненных перфорацией или кровотечением острых стресс-язв желудочно-кишечного тракта и уточнить показания к оперативному лечению.

**2. Материал и методы.** За период с 1972 по 2017 г мы наблюдали 47 больных с острыми стресс-язвами, осложненными кровотечением и перфорацией или сочетанием обоих этих осложнений. Больные были в возрасте от 16 до 93 лет. Мужчин было 38, женщин – 9. При-

чиной острых стресс-язв и их осложнений явились тяжелые оперативные вмешательства, шок, травмы с массивными кровотечениями, гнойный перитонит, применение некоторых лекарственных препаратов (аспирин и др.), особенно длительное применение глюкокортикоидных гормонов (преднизолон и др.). У 35 больных наступила перфорация острых стресс-язв желудка и тонкой кишки, а у 12 больных острые язвы осложнились массивным кровотечением, причем у одного из этих больных кровотечение сочеталось с перфорацией язвы двенадцатиперстной кишки. Диагностика источника кровотечения осуществлялась с помощью гастродуоденоскопического исследования. Интенсивность кровотечения оценивали по шкале Forrest (1974), что явилось достаточным для определения необходимых лечебно-диагностических мероприятий. У двух больных, перенесших операцию ушивания по поводу перфорации хронической язвы двенадцатиперстной кишки, отмечена во время релапаротомии одновременная перфорация 4 острых стресс-язв тонкой кишки. После ушивания язв у одного из них спустя 3 дня после релапаротомии наступила перфорация еще одной стресс-язвы, т.е. пятой язвы. У обоих больных наступил летальный исход вследствие гнойного перитонита. Наряду с указанными двумя больными с перфорацией множественных язв от этого осложнения наступил летальный исход еще у 24 оперированных больных по поводу перфорации стресс-язв, т.е. общая летальность от данного осложнения составила 74,3%. Из 12-ти больных со стресс-язвами, осложненными массивным кровотечением, оперировано 2 чел. и у 10 пациентов проведено консервативное лечение. Из группы пациентов с кровотечением из стресс-язв умерло 5 (41,7%) чел. Таким образом, общая летальность больных от осложненных острых стресс-язв составила в среднем 66%.

**3. Результаты и их обсуждение.** Патоморфологически стресс-язвы весьма отличаются от хронических язв. При эрозиях некротический процесс и воспалительная инфильтрация не ограничиваются пределами слизистой и подслизистой слоев, а острые стресс-язвы представляют более глубокие дефекты, иногда проникающие на всю глубину стенки желудка или тонкой кишки, вызывая пенетрацию и перфорацию язвы. Развитие кровотечения из стресс-язвы часто обусловлено повреждением целостности сосудистой сети подслизистого слоя желудка или кишечника. Острые стресс-язвы по своим размерам колеблются в пределах 3-15 мм, реже достигают 2 см и более в диаметре. Острые изъязвления диаметром 3 мм и меньше относят к эрозиям. Они всегда множественны, иногда густо усеивают слизистую оболочку желудка и двенадцатиперстной кишки. Эрозии могут эпителизироваться и заживать в течение нескольких дней или за короткий промежуток времени переходить в язву, которая может осложниться кровотечением или перфорацией. Изъязвления возникают, как правило, на ближайших сроках после воздействия стресса, иногда приобретая интенсивный и распространенный характер, поражая гнездно или диффузно желудок и тонкую кишку [3]. При тяжелых и длительных стрессорных воздействиях острые язвы желудка, двенадцатиперстной кишки и других отделов тонкой кишки не заживают в течение длительного времени – 3 мес. и более [1].

Следует учитывать, что при перфорации стрессовых язв отсутствуют типичные «кинжальные» боли в животе, характерные для перфорации хронических язв. У большинства больных не наблюдается также и «доскообразного» напряжения мышц передней брюшной стенки живота. Симптом Щеткина – Блюмберга слабо выражен или же часто бывает отрицательным. Как показывают клинические наблюдения, брюшная стенка при перфорации острых пептических язв обычно мягкая, поверхностная пальпация живота безболезненна. У некоторых больных даже глубокая пальпация не сопровождается болевыми ощущениями. Лейкоцитоз в ряде случаев оказывается нормальным или слегка повышенным. Диагностике перфорации острых стресс-язв желудочно-кишечного тракта в некоторых случаях могут помочь рентгеноскопия брюшной полости или УЗИ, позволяющие выявить скопление газа между печенью и диафрагмой в виде серповидного просветления. Наши клинические наблюдения показали, что в период стресса ульцерогенный эффект кортикостероидов может усиливаться. В условиях хирургического стресса даже кратковременное применение кортикостероидов может таить опасность развития острых язв. Следует учитывать, что кортикостероиды обладают анальгезирующим эффектом. Не удивительно поэтому, что при применении кортикостероидов на фоне стресса и некоторых послеоперационных осложнений (парез желудочно-

кишечного тракта, сердечная слабость, дыхательная недостаточность и др.) момент перфорации язв остается незамеченным. Поэтому при назначении кортикостероидных гормонов, в особенности в послеоперационном периоде, должен быть установлен строгий контроль за общим состоянием больного. Малейшее ухудшение состояния (появление болей в животе, вздутие живота, слабость, коллапс, учащение пульса, изменение со стороны формулы крови и т.д.) всегда должно настораживать в отношении возможности развития осложнений, в частности перфорации язвы. По-видимому, только при соблюдении этих условий возможна ранняя диагностика этого тяжелого осложнения.

Перфорация стресс-язв требует срочного оперативного лечения. Поскольку у большинства больных перфорация стресс-язв редко своевременно распознается, то хирургу часто приходится иметь дело с наличием разлитого гнойного перитонита. В связи с этим основная цель операции при перфорации стресс-язв должна сводиться к минимальному вмешательству, которое должно быть направлено прежде всего на спасание жизни больного. Методом выбора при перфорации стресс-язв и стероидных язв следует считать ушивание язвы с оментопластикой.

Для лечения кровоточащих стресс-язв целесообразно использовать консервативный и оперативный методы лечения. Однако мнения большинства авторов в отношении показаний к консервативному методу лечения разноречивы. Отдавая предпочтение консервативному методу лечения этого осложнения, оперативное вмешательство должно проводиться только при «неконтролируемом» массивном кровотечении. К таким кровотечениям следует отнести следующие: 1) массивное кровотечение, которое не останавливается после переливания компонентов крови; 2) острое кровотечение, при котором у больных не удастся восстановить нормальную величину гематокрита; 3) умеренное кровотечение, продолжающееся более 48 ч. Неэффективность консервативного лечения, особенно при наличии у больного массивного кровотечения, должно являться показанием к срочному оперативному лечению, несмотря на чрезмерно большой риск. Только оперативное вмешательство в этой тяжелой ситуации может спасти жизнь больного.

Следует учитывать, что у ряда больных кровотечение из стресс-язв может останавливаться спонтанно или с помощью консервативной терапии, включая гемотрансфузии и метод эндоскопического гемостаза. У 4 наблюдаемых нами больных отмечен положительный эффект от перорального приема бариевой взвеси (100 г сульфата бария в 100 мл воды), которая покрывает язвенные дефекты на слизистой и тем самым приостанавливает процесс геморрагии. Однако эти предварительные результаты требуют уточнения путем проведения дальнейших наблюдений для окончательной оценки данного метода. Что касается эффективности использования в комплексной терапии геморрагий из острых стресс-язв  $H_2$ -рецепторов гистамина и ингибиторов протонной помпы, то клинический опыт использования указанных лечебных средств мал, ограничивается при данной патологии лишь единичными наблюдениями. Большим недостатком следует считать отсутствие до настоящего времени разработанного эффективного метода профилактики образования стресс-язв при различных стрессовых ситуациях в хирургии.

### Список литературы

1. Волков В.Е. Хирургический стресс и его осложнения // Чебоксары: Чувашкнигоиздат, 1976. 270 с.
2. Волков В.Е. Неспецифические осложнения стресс-реакции в раннем послеоперационном периоде у хирургических больных / Актуальные проблемы клинической медицины: матер. регион. науч.-прак. Конференции. // Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2016. С. 39-44.
3. Гельфанд Б.Р., Филимонов М.И., Мамонтова О.А. и др. Профилактика стресс-повреждений верхнего отдела желудочно-кишечного тракта у больных в критических состояниях: методические рекомендации // М., 2009. 28 с.

УДК 616.37-002.1

**РОЛЬ ГЛЮКОКОРТИКОИДНЫХ ГОРМОНОВ В КОМПЛЕКСНОЙ ТЕРАПИИ  
БОЛЬНЫХ ОСТРЫМ НЕКРОТИЧЕСКИМ ПАНКРЕАТИТОМ****В.Е. Волков, С.В. Волков, Н.Н. Чеснокова**ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет  
имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары  
sveklavna@mail.ru

В статье дан анализ результатов лечения 897 больных острым панкреатитом за период с 2005 по 2017 г. В комплексной терапии острого некротического панкреатита глюкокортикоидные гормоны были использованы у 93 (10,37%) больных. Показанием к гормональной терапии являлись панкреатогенный шок, острая почечная и корковонадпочечниковая недостаточность. Длительность курса глюкокортикоидной терапии составляла 2-3 дня, реже – 5 дней. Отмечен широкий спектр лечебного действия глюкокортикоидных гормонов на локальные и системные осложнения острого некротического панкреатита. Каких-либо побочных действий и осложнений после применения глюкокортикоидов не отмечено.

**Ключевые слова:** острый некротический панкреатит, глюкокортикоидные гормоны.

The article analyzes the results of 897 patients treatment with acute pancreatitis for the period from 2005 to 2017. In the complex therapy of acute necrotic pancreatitis glucocorticoid hormones were used in 93 (10.37%) patients. There were pancreatogenic shock, acute renal and cortical renal failure it is indications for hormonal therapy. The duration of the glucocorticoid therapy course was 2-3 days, less often – 5 days. On local and systemic complications of acute necrotic pancreatitis a wide range was noted of glucocorticoid hormones therapeutic effects. There were no side effects and complications after the use of glucocorticoids.

**Key words:** acute necrotic pancreatitis, glucocorticoid hormones.

**1. Введение.** Современный этап клинической практики характеризуется заметным ростом числа случаев острого панкреатита и осложненных его форм. В последние годы для лечения этого заболевания предложены различные типы стандартов, позволяющие в доинфекционную и инфекционную фазу развития острого некротического панкреатита использовать тот или иной комплекс терапевтических и хирургических мероприятий. К сожалению, даже широкое использование стандартов лечения не решило проблему лечения тяжелых некротических форм острого панкреатита. Это подтверждается сохранением высокой летальности при остром некротическом панкреатите, достигающей 30-50% [1,2]. Неудивительно, что поиск эффективных средств для лечения острого панкреатита почти не прекращался на протяжении последних нескольких десятилетий. В последнее десятилетие в клинической практике вновь возрос интерес к использованию в комплексной терапии острого панкреатита глюкокортикоидных гормонов [4]. Несмотря на многочисленные исследования, вопрос о показаниях к применению глюкокортикоидов у больных острым панкреатитом до настоящего времени остается нерешенным.

**Цель исследования** – уточнить показания к использованию глюкокортикоидных гормонов у больных острым панкреатитом.

**2. Материал и методы.** В работе дан анализ результатов лечения 897 больных острым панкреатитом, находящихся на стационарном лечении в хирургическом отделении за период с 2005 г по 2017 г. Мужчин было 710 (79,15%), женщин – 187 (20,85%). Больные были в возрасте от 27 до 85 лет. Из 897 больных были оперированы по поводу острого панкреатита 211 (23,52%) пациентов, не оперированы – 686 (77,48%) чел. Из числа оперированных умерли 44 (20,85%) пациентов, из числа не оперированных – 9 (13,12%). Некротическая форма панкреатита отмечена у 211 (23,52%) больных, у остальных 686 (77,48%) пациентов диагностирована отечная (интерстициальная) форма острого панкреатита.

Диагностика острого панкреатита у больных осуществлялась на основании клинической картины заболевания, данных лабораторных исследований, УЗИ, КТ и МРТ.

В комплексной терапии острого некротического панкреатита глюкокортикоидные гормоны были использованы с лечебной целью у 93 (10,37%) больных. Из группы глюкокортикоидов были использованы гидрокортизон, преднизолон и дексаметазон, которые применялись внутривенно и в виде инфузий раствором гидрокортизона ткани поджелудочной железы. Доза гидрокортизона составляла от 125 до 250 мг, суточная доза от 250 до 500 мг. Доза преднизолона составляла от 30 до 60 мг, суточная доза от 60 до 120 мг. Доза дексаметазона составляла от 4 до 8 мг, суточная доза от 8 до 12 мг. Курс гормональной терапии у всех больных был кратковременный – 2-3 дня, реже – 5 дней. Положительный лечебный эффект при использовании глюкокортикоидной терапии отмечен у 84 (90,3%) больных. У остальных 9 (9,7%) острый некротический процесс поджелудочной железы осложнился развитием острой полиорганной недостаточностью, явившейся причиной летального исхода этих пациентов.

**3. Результаты исследования.** Широкий спектр лечебного действия и высокая эффективность, казалась бы, полностью оправдывают назначение глюкокортикоидных гормонов каждому больному острым панкреатитом. Однако наши исследования показали, что глюкокортикоидные гормоны должны назначаться с большой осторожностью, кратковременно и в показанных случаях, а именно: 1) при остром панкреатите, осложненном шоком; 2) острым некротическом панкреатите, осложненном острой печеночной или корковонадпочечниковой недостаточностью. Было установлено, что глюкокортикоидные гормоны обладают широким спектром лечебного действия на локальные и системные осложнения острого некротического панкреатита. Лечение отечных (интерстициальных) форм острого панкреатита должно проводиться без использования глюкокортикоидов – согласно рекомендуемого стандарта лечения. Противопоказанием к применению глюкокортикоидов у больных острым панкреатитом являются:

- инфекционная фаза острого некротического панкреатита;
- локальные и системные гнойно-септические осложнения (перипанкреатический абсцесс или абсцесс другой локализации, забрюшинная флегмона и др.), поскольку глюкокортикоиды могут способствовать генерализации инфекции.

Каких-либо побочных действий и осложнений после применения глюкокортикоидов нами не было отмечено.

### Список литературы

1. Волков В.Е. Острый некротический панкреатит / В.Е. Волков, С.В. Волков // Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2009. – 240 с.
2. Савельев В.С. Панкреонекрозы / В.С. Савельев, М.И. Филимонов, С.З. Бурневич // М.: Мед. информ. агенство, 2008. – 264 с.
3. Banks P.A. Classification of acute pancreatitis – 2012 : revision of the Atlanta classification and definitions by international consensus / P.A. Banks, T.L. Bollen, Ch. Dervenis // Gut. 2013. – 62 – P. 102-111.
4. Yu M. Efficacy of glucocorticoids in rodents of severe acute pancreatitis : a meta-analysis / M. Yu, Y. Yang, Y. Zhu, N. Lu // J. Clin. Exp. Pathol., 2014; 7(7) : 3647-3661.

МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУР МОЗГА ПТИЦ  
СВЯЗАННЫХ С ПЕРЕЛЁТАМИ

Л.Н. Воронов, В.А. Козлов

ФБГОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»

В статье, при помощи факторного анализа, рассмотрены закономерности изменчивости в конечном мозге таких структурных компонентов как глия, нейроны и нейроглиальные комплексы у перелётных и осёдлых птиц. В группу осёдлых были отобраны по 5 экземпляров птиц с высоко-, средне- и низкоразвитой рассудочной деятельностью: ворона серая (*Corvus cornix*), галка (*Corvus monedula*), синица большая (*Parus major*), голубь сизый (*Columba Livia*). В группу перелётных птиц попали по 5 экземпляров: Грач (*Corvus frugilegus*); кряква (*Anas platyrhynchos*), перепел (*Coturnix coturnix*) зяблик (*Fringilla coelebs*). Оказалось, что основное значение при ориентации птиц в пространстве имеют нейроны в эволюционно старом поле StL и промежуточном поле N. Во вторую очередь у перелётных птиц лучше функционируют комплексы в полях На, N и StL, а также нейроны перелётных птиц в поле На. Глиальные клетки в перелётах, по видимому, задействованы менее всего. Вероятно, осёдлость оказывается больше связана с развитием рассудочной деятельности птиц, так как комплексы в эволюционно молодых полях отвечают за эту функцию, а перелёты птиц осуществляются за счёт нейронов в промежуточных и старых полях мозга.

**Ключевые слова:** рассудочная деятельность, ворона серая (*Corvus cornix*), галка (*Corvus monedula*), синица большая (*Parus major*), голубь сизый (*Columba Livia*), грач (*Corvus frugilegus*); кряква (*Anas platyrhynchos*), перепел (*Coturnix coturnix*) зяблик (*Fringilla coelebs*), глия, нейроны, нейроглиальный комплекс

In the article, with the help of factor analysis, the regularities of variability in the final brain of such structural components as glia, neurons and neuroglial complexes in migratory and sedentary birds are considered. In the group of sedentary birds were selected 5 specimens of birds with high -, medium-and low-developed mental activity: crow gray (*Corvus cornix*), jackdaw (*Corvus monedula*), great tit (*Parus major*), blue dove (*Columba Livia*). In the group of migratory birds have got 5 copies: rook (*Corvus frugilegus*); Mallard (*Anas platyrhynchos*), quail (*Coturnix coturnix*) Chaffinch (*Fringilla coelebs*). It was found that neurons in the evolutionary old StL field and intermediate n field are of primary importance in the orientation of birds in space. secondly, migratory birds have better functioning complexes in the fields On, N and StL, as well as neurons of migratory birds in the field On. Glial cells in flights, apparently, are involved least of all. It is believed that settling is more related to the development of mental activity of birds, as the complexes in the evolutionary young fields are responsible for this function, and the flights of birds are carried out at the expense of neurons in the intermediate and old fields of the brain.

**Key words:** rational activity, grey crow (*Corvus cornix*), jackdaw (*Corvus monedula*), great tit (*Parus major*), the dove (*Columba Livia*), rook (*Corvus frugilegus*); Mallard (*Anas platyrhynchos*), PE-repel (*Coturnix coturnix*) Chaffinch (*Fringilla coelebs*), glia, neurons, neuroglial complex

**1. Введение.** Способность птиц преодолевать большие расстояния, открытый образ жизни, развитые сигнализация и общение требуют совершенных ориентационных способностей. Воспринимая предметы и явления окружающего мира, оценивая их биологическое значение, птицы определяют свое местоположение в пространстве. При этом одни ориентиры они воспринимают собственными органами чувств, а информацию о других получают от популяционных и биоценологических партнеров при помощи общения. В течение жизни особи ее ориентационные способности совершенствуются в процессе общения с более старшими и опытными членами группы. Благодаря общению особей между собой, ориентационные возможности группы выше, чем каждой отдельной особи, входящей в ее состав.

Ориентация обслуживает важнейшие жизненные ситуации, в особенности те, которые связаны с длительными пространственными перемещениями, обеспечивает поиск и добывание пищи, позволяет своевременно обнаруживать врагов. С ориентацией тесно связаны такие важные периоды в жизни птицы, как поиск брачного партнера и брачные церемонии, выбор места для гнезда и его строительство, выкармливание птенцов и их обучение. Как и у любого другого животного, ориентация является жизненно важной функцией, обеспечивающей информационный контакт со средой, в которой они обитают, однако для птиц, в силу их биологических особенностей, эта функция является особенно важной.

В настоящее время считается, что все многообразные формы ориентации строятся из трех основных взаимодействующих в едином процессе компонентов: природных ориентиров, анализаторов, воспринимающих природные ориентиры, и ориентационного поведения.

Способность воспринимать те или иные ориентиры и их параметры как бы очерчивает для птицы воспринимаемую ею окружающую среду. Из воспринимаемой среды она черпает сведения о своем местоположении в пространстве, и воспринимаемая среда поставляет ей ориентиры. Информация о среде поступает по каналам различной модальности – акустическому, оптическому, запаховому, вкусовому и др. Одни ориентиры птица знает от рождения – это знание заложено в ней наследственностью — например голоса своих видовых партнеров. Биологическое значение других ориентиров она узнает в результате личного опыта, приобретаемого в процессе жизни. Знание третьих птица приобретает благодаря общению с более опытными партнерами. Воспринимаемая среда птенца мала по сравнению со средой слетка и тем более со средой взрослой птицы, однако она уже обеспечивает все необходимые птенцу контакты с внешним миром – анализаторы птенца первое время способны выполнять лишь часть функций, однако позднее они развиваются, и их возможности существенно расширяются [3].

В обзоре Д.А. Кишкинёва и Н.С. Чернецова [4] сообщается, что в настоящее время существуют две независимые системы магниторецепции основанные на различных биофизических принципах, расположенных в разных частях тела, и имеющих различную иннервацию. Одна система магниторецепции находится в сетчатке и может быть основана на фотоиндуцированных бирадикальных химических реакциях, на основе криптохрома. Информация от этих рецепторов обрабатывается в специализированной части визуального Wulst – так называемый кластер N.

Вторая система магниторецепторов, вероятно, действует на основе железа (биогенных магнетит) и находится где-то в верхней части клюва (его точное местоположение и ультраструктура рецепторов остаются неизвестными). Она иннервируется глазной ветвью тройничного нерва. Видимо эта система участвует в пространственном ориентировании и способствует формированию либо вида карты, либо более примитивных ориентиров, на основе регулярной пространственной вариации геомагнитного поля. Магнитная карта, вероятно, управляет навигацией перелетных птиц на сотни и тысячи километров. Помимо этих двух систем, анализируются данные о существовании магниторецепторов на основе вестибулярной системы.

Существует гипотеза, что палеостриатум также играет роль в пространственной ориентации, например, визуальной [7] и тактильной [6]. Недавно Cohen и Knudsen [5] нашли пространственно-специфичные слуховые единицы в палеостриатуме и предположили, что они играют роль в «пространственно управляемом поведении». В дальнейших исследованиях необходимо в первую очередь обращать внимание на особенности структуры корковых формаций, которые отвечают за хранение памяти и мозжечка ответственного за координацию движения. В статье Л.Н. Воронова и др. [2] были проанализированы отдельные аспекты структуры отдельных компонентов конечного мозга птиц связанных с перелётами.

**Целью** исследования явилось выяснение роли структурных компонентов конечного мозга у птиц при перелётах

**2. Материал и методы исследования.** Для изучения конечного мозга в группу осёдлых были отобраны по 5 экземпляров птиц с высоко-, средне- и низкоразвитой рассудочной деятельностью: ворона серая (*Corvus cornix*), галка (*Corvus monedula*), синица большая (*Parus major*), голубь сизый (*Columba Livia*). В группу перелётных птиц попали по 5 экземпляров: Грач (*Corvus frugilegus*); крякva (*Anas platyrhynchos*), перепел (*Coturnix coturnix*) зяблик (*Fringilla coelebs*).

После декапитации мозг птиц извлекали из черепа и фиксировали в 70 %-ном этаноле с последующей обработкой по стандартной методике Ниссля: заливка в парафин и окраска

фронтальных срезов толщиной 20 мкм крезилловым фиолетовым. Для исследования цитоархитектоники брали каждый десятый срез. Микропрепараты фотографировали с помощью цифровой камеры «Canon Power Shot G5» с переходником «Carl Zeiss» и микроскопа «Микмед-2». Площадь контрольного поля равнялась  $4,41 \times 10^{-2}$  мм<sup>2</sup>.

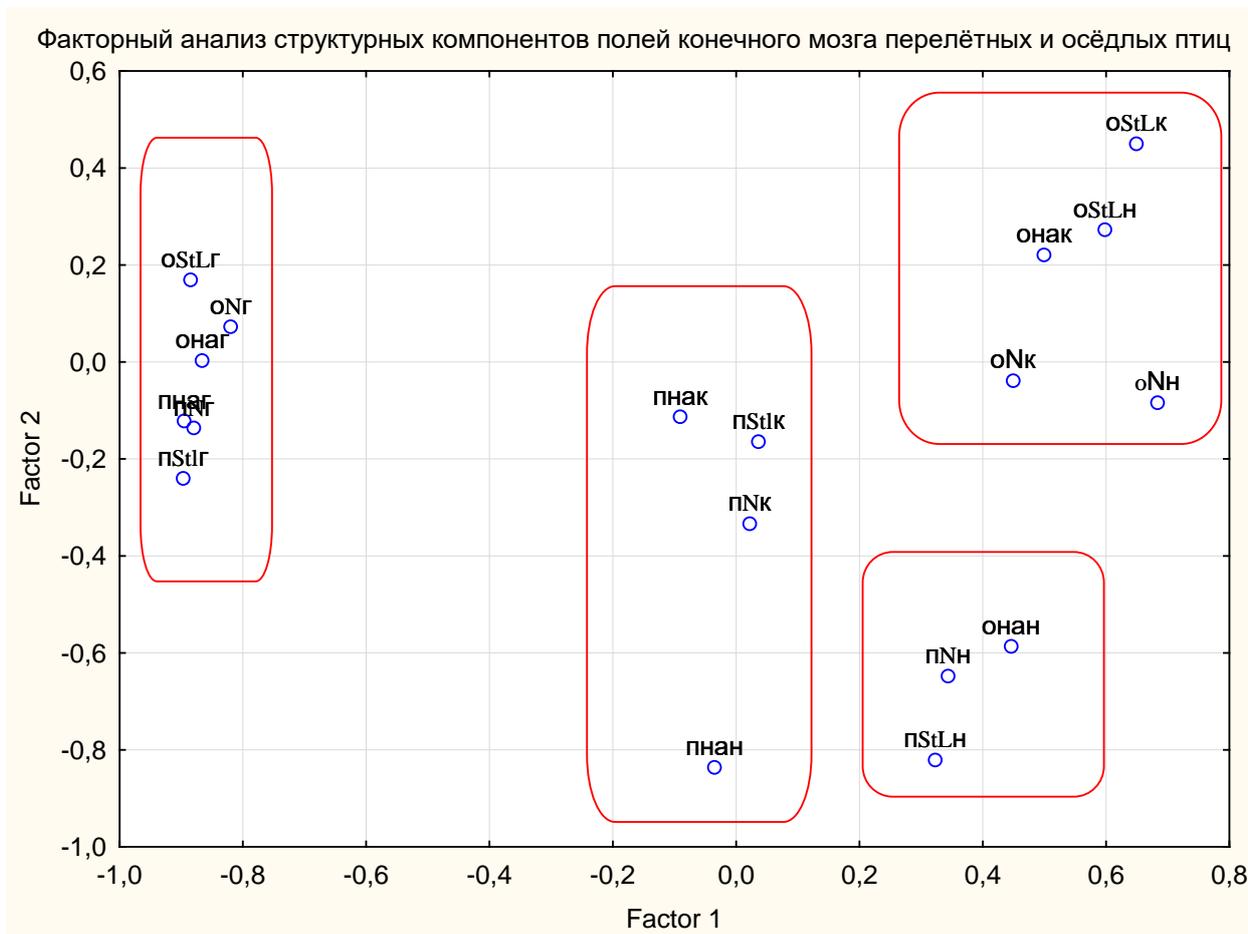
Вычисляли плотность и площадь профильного поля (ППП) структурных компонентов. Подсчет и измерение показателей клеток проводилось в 10 полях зрения для каждой из шести зон конечного мозга. Структурные компоненты конечного мозга классифицировались следующим образом: 1) одиночная глия; 2) одиночный нейрон; 3) нейроглиальные комплексы. Кроме этого отдельно вычисляли площадь профильного поля веретеновидных, пирамидных и звёздчатых клеток. На микропрепаратах конечного мозга птиц исследовалось 6 основных полей конечного мозга птиц: Hyperpallium apicale (Ha), Hyperpallium densocellulare (Hd), Mesopallium (M), Nidopallium (N), Striatum laterale (StL), Arcopallium (A). Следуя методике «динамической морфологии», описанной в работе (Воронов, 2003) были объединены в одну генеральную совокупность переменные глии, нейронов, комплексов, веретеновидных, пирамидных и звёздчатых нейронов осёдлых птиц (ворона серая, галка, синица большая, голубь сизый) и перелётных птиц (грач, кряква, перепел, зяблик) – с выборкой по 10 измерений с каждого поля у 5 экземпляров каждого вида. Полученный числовой материал обработан методами дескриптивной и вариационной статистики. Данные представлены в виде  $\bar{M} \pm \sigma$ , где  $\bar{M}$  – средняя,  $\sigma$  – стандартное отклонение. Различия выборок проверяли с помощью критерия F Фишера (критерия U Манна-Уитни, критерия  $\chi^2$ ). Различия относительных величин – z-теста. Различия частот встречаемости признака осуществляли с помощью критерия Колмогорова-Смирнова с поправкой Лиллиефорса. Применялся также факторный анализ – метод главных компонент.

Приводим также функциональное значение каждого поля (*Ha* – высшая нервная деятельность, бинокулярное зрение; *Hd* – высшая нервная деятельность, обзорное зрение, манипуляционные способности в кормовом поведении; *M* – зрительно-двигательная активность, птенцовый импринтинг, обоняние; *N* – слух (вторичные слуховые ядра), вокализация, тактильная информация из орального региона, поддержание пищевого поведения (контроль клевания), обработка третичной зрительной информации; *StL* – слух (первичные слуховые ядра), тактильная и пространственная ориентация, память, видоспецифическое поведение; *A* – агрессия, зрение, пение и дыхание) [1].

**2. Результаты исследований и их обсуждение.** В эволюционно молодом поле *Ha* у оседлых птиц достоверно больше площадь профильного поля (ППП) нейронов и комплексов, а в поле *Hd* только комплексов. В поле *M* у оседлых птиц значительно больше комплексов, но меньше нейронов, чем у перелётных птиц. В промежуточном поле *N*, как и в поле *Ha* у оседлых птиц больше нейронов и комплексов. В эволюционно старых полях *StL* и *A* наблюдается большее количество глиальных клеток в обеих группах птиц по сравнению с нейронами и комплексами. В поле *Ha* достоверно больше веретеновидных нейронов у перелётных птиц по сравнению с оседлыми. В полях *Hd* и *M* у оседлых птиц по сравнению с перелётными также больше пирамидных, но достоверно меньше звёздчатых нейронов. В поле *N* у перелётных птиц достоверно больше пирамидных нейронов, но меньше звёздчатых по сравнению с оседлыми птицами. В поле *StL* у перелётных птиц больше пирамидных и звёздчатых нейронов. В поле *A* достоверно больше звёздчатых нейронов, чем у оседлых птиц.

Был проведён факторный анализ структурных компонентов осёдлых и перелётных птиц в эволюционно молодом поле *Ha*, среднем – *N* и эволюционно старом – *StL* (Рис.). Оказалось, что только по фактору 1 наибольшие коэффициенты корреляции имеют параметры нейронов перелётных птиц в поле *N* и *StL*, а также близкие значения нейронов осёдлых птиц в поле *Ha*. По факторам 1 и 2 выделяются параметры нейроглиальных комплексов осёдлых птиц в полях – *StL*, *N* и *Ha*; нейронов в полях *StL* и *N*; слабо коррелирующие параметры по

фактору 1 включают – комплексы перелётных птиц в полях Ha, N и StL, а также нейроны перелётных птиц в поле Ha. В отрицательную корреляцию входят остальные параметры.



**Рис.** Условные обозначения: онаг – осёдлые птицы, поле Ha, площадь глиальных клеток; онан – осёдлые птицы, поле Ha, площадь нейронов; онак – осёдлые птицы, поле Ha, площадь комплексов; оNg – осёдлые птицы, поле N, площадь глиальных клеток; оNh – осёдлые птицы, поле N, площадь нейронов; оNг – осёдлые птицы, поле N, площадь комплексов; oStLg – осёдлые птицы, поле StL, площадь глиальных клеток; oStLh – осёдлые птицы, поле StL, площадь нейронов; oStLk – осёдлые птицы, поле StL, площадь комплексов; пнаг – перелётные птицы, поле Ha, площадь глиальных клеток; пнан – перелётные птицы, поле Ha, площадь нейронов; пнак – перелётные птицы, поле Ha, площадь комплексов; пNg – перелётные птицы, поле N, площадь глиальных клеток; пNh – перелётные птицы, поле N, площадь нейронов; пNг – перелётные птицы, поле N, площадь комплексов; пстлг – перелётные птицы, поле StL, площадь глиальных клеток; пстлн – перелётные птицы, поле StL, площадь нейронов; пстлк – перелётные птицы, поле StL, площадь комплексов.

### 3. Выводы:

1. Можно предположить, что основное значение при ориентации птиц в пространстве имеют нейроны в эволюционно старом поле StL и промежуточном поле N.
2. Во вторую очередь у перелётных птиц лучше функционируют комплексы перелётных птиц в полях Ha, N и StL, а также нейроны перелётных птиц в поле Ha.
3. Глиальные клетки в перелётах, по видимому, задействованы менее всего.
4. Таким образом, осёдлость оказывается больше связана с развитием рассудочной деятельности птиц, так как комплексы в эволюционно молодых полях отвечают за эту функцию, а перелёты птиц осуществляются за счёт нейронов в промежуточных и старых полях мозга.

## Список литературы

1. Воронов Л.Н. Морфофизиологические закономерности совершенствования головного мозга и других органов птиц. М.: Изд-во МГУ, 2003. –111 с.
2. Воронов Л.Н., Алексеев Ф.С., Константинов В.Ю. Особенности строения конечного мозга у перелётных и оседлых птиц. Русский орнитологический журнал. 2015, Том 24, Экспресс-выпуск 1203: 3745-3750.
3. Ильичёв В.Д., Карташёв Н.Н., Шилов И.А. Общая орнитология. Учебник для студ. Биол. спец. у-тов. -М.: Высшая школа, 1982. – 464 с.
4. Кишкинёв Д.А., Чернецов Н.С. Магниторецепторные системы у птиц: обзор современных исследований. Журн. общ. биол. Т. 75. № 2. 2014. С. 104-124.
5. Cohen, Y. E., Knudsen E. I. 1994. Auditory tuning for spatial cues in the barn owl basal ganglia. // J Neurophysiol. №72. P. 285–298.
6. Dubbeldam, J. L., Visser A. M. 1987. The organization of the nucleus basalis-neostriatum complex of the mallard (*Anas platyrhynchos* L.) and its connections with the archistriatum and the paleostriatum complex. // Neuroscience. №21. P. 487–517.
7. Reiner, A., Brauth S. E., Karten H. J. 1984. Evolution of the amniote basal ganglia. // Trends Neurosci. №7. P. 320–325.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «ИНТЕСТ» ДЛЯ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА  
ОНКОЗАБОЛЕВАНИЙ НА РАННЕЙ СТАДИИТ. Ю. Могильная<sup>1,2</sup>, А. Г. Ботиков<sup>2,3</sup>, А.А. Агибалов<sup>2</sup><sup>1</sup>105203 АО «Техноимпорт» Москва, ул. Первомайская, д. 126,<sup>2</sup>Закрытое акционерное общество «СЭРВЭТ» 123022, г. Москва, ул. Пресненский вал, д. 6, стр. 2, 3 - 3123098, Федеральное государственное бюджетное учреждение «ФНИЦЭМ им. Н.Ф. Гамалеи» Минздрава РФ. Москва, ул. Гамалеи, 16

В данной работе представлено исследование, показывающее принципиальную возможность применения технологии «Интест», разработанной ранее для диагностики инфекционных заболеваний к диагностике онкологических заболеваний на ранней стадии. Дано краткое описание технологии и приведены результаты предварительных экспериментов.

**Ключевые слова:** лазер, онкология, диагностика

In this paper, a study is presented showing the principal possibility of using the technology "Intest", developed earlier for the diagnosis of infectious diseases to diagnose cancer at an early stage. A brief description of the technology is given and the results of preliminary experiments are given.

**Keywords:** laser, oncology, diagnostics

**1 Введение.** ЗАО «СЭРВЭТ» является многопрофильным коммерческим предприятием, осуществляющим деятельность по разработке и производству новых видов технологий и оборудования, применяемых в сфере жилищно-коммунального хозяйства, охраны окружающей среды, природопользования и добычи полезных ископаемых, а также здравоохранения.

В течение ряда лет, одним из основных направлений деятельности являлось проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области разработки новых методов медицинской диагностики, а также производства новых видов медицинского оборудования, связанных с ранним и оперативным обнаружением инфекционных заболеваний человека, определением качественных и количественных характеристик инфекций в организме человека и различных средах (водные объекты, почва, помещения, продукты питания и т.д.).

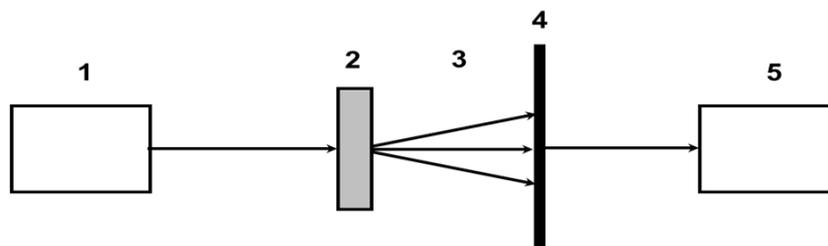
После завершения длительной научной работы, проводившейся на стыке наук: физики – с одной стороны, и микробиологии – с другой, сделан однозначный вывод: физико-химические свойства (характеристики) различных возбудителей (вирусов, бактерий и т.д.) являются сугубо индивидуальными на каждой стадии развития инфекции в организме или среде [1,2].

В настоящее время, на основе полученных результатов исследований, создан действующий образец компактного медицинского прибора для комплексной неинвазивной и неаликвотной экспресс-диагностики организма человека на наличие возбудителей инфекционных заболеваний, базирующейся на методе сравнения электромагнитного излучения человека с электронными аналогами возбудителей различных заболеваний (характеристиками вирусов и бактерий), записанными в базу данных прибора, который получил название диагностический комплекс «Интест» [2].

Принцип технологии, которая легла в основу создаваемого устройства, базируется на индивидуальности спектральных характеристик люминесценции возбудителей инфекционных заболеваний при их облучении источником когерентного излучения (лазером). Принцип работы комплекса: с помощью устройства для записи ВРМБ спектров [3,4] предварительно формируют базу данных возбудителей инфекционных заболеваний (рис. 1). В базовой версии медицинского комплекса диагностирование пациента осуществляется путем подсоединения к пациенту электродов медицинского комплекса, содержащего базу данных возбудителей, и пропускания слабого электрического тока, безопасного для человеческого орга-

низма (рис. 2) [1]. Возможно создания бесконтактного варианта прибора, в котором электроды заменяются лазером или когерентным светодиодом.

Возбужденное данным током электромагнитное излучение, в случае наличия возбудителя инфекционных заболеваний, имеет частотные характеристики, кратные записанным в базе данных комплекса. При наличии в организме возбудителя инфекционных заболеваний ток в цепи увеличивается за счет интерференции сигнала от человека и сигнала, возбужденного в базе данных комплекса. Информация об этом отображается на дисплее компьютера и показывает результат диагностики [3]



**Рис. 1.** Структурная схема записи и обработки информации существующего прибора «Интест-1»:

1 – лазерный излучатель, 2 – кювета с возбудителем, 3 – электромагнитное поле с характеристиками возбудителя, 4 – ячейка микросхемы для записи информации, 5 – блок обработки информации

Достоинством данного метода являются не только возможность экспресс анализа, но простота изготовления оборудования. Основными техническими характеристиками медицинского диагностического комплекса «Интест-1» и особенностями его работы являются: вес, включая стандартный персональный компьютер типа «Note-book», не более 2-х кг; питание – аккумуляторные батареи или сеть 220 в; пропускаемый через пациента ток – 1,5 мА (разрешено Минздравами России); специализированного обслуживания медицинского комплекса «Интест-1» не требуется; время обучения персонала работе – не более 2-х дней. Это позволяет информацию о состоянии пациента получать вне условий специальных лабораторий и передавать для анализа в любую точку и таким образом осуществлять удаленную диагностику.

К настоящему времени в направлении диагностики инфекционных заболеваний на существующие устройства получены патентов Российской Федерации №2190350 «Способ неинвазивной экспресс-диагностики», №2190349 «Устройство для неинвазивной экспресс-диагностики», №2238032 «Устройство для обнаружения биологических агентов и химических веществ» были изготовлены промышленные образцы базовой версии диагностического комплекса «Интест-1».

Получено регистрационное удостоверение на изделие медицинской техники Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения и социального развития № ФС 022а2005/2041-05 от 12.08.2005г. «Устройство регистрации и анализа инфекционных агентов для неинвазивной скрининговой экспресс-диагностики «Интест», проведены медицинские испытания диагностического комплекса «Интест-1» на базе Гематологического научного Центра Российской Академии медицинских наук, Российского государственного медицинского университета, наркологического диспансера и ряда больниц г. Москвы, в т. ч. детских, получены соответствующие положительные заключения, получено положительное токсикологическое заключение на диагностический комплекс «Интест-1» от Всероссийского научно-исследовательского и испытательного института медицинской техники МЗ РФ, проведены технические испытания диагностического комплекса «Интест-1» на базе Всероссийского научно-исследовательского и испытательного института медицинской техники Минздрава России [1].

**Целью** настоящей работы было рассмотреть возможность применения данного метода и устройства для диагностики онкозаболеваний на ранней стадии. Для доказательства воз-

возможности применения данного метода и прибора были проведены дополнительные исследования, которые показали, что онкологические клетки также дают уникальные спектры и тем самым доказали бы перспективность применения данного метода и прибора для определения наличия онкологических заболеваний на ранних стадиях

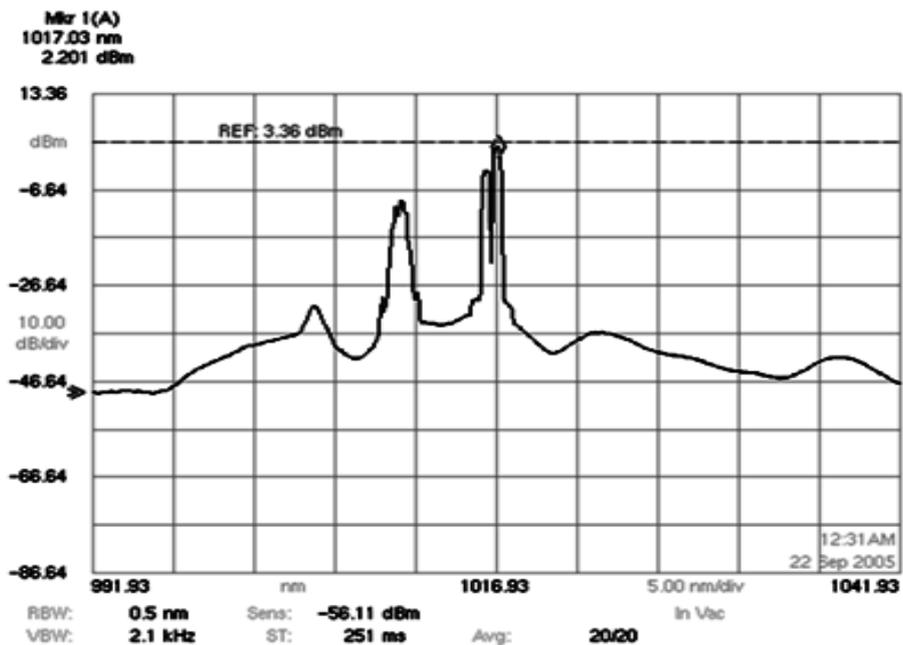
**2. Материал и методы.** Для исследования были выбраны следующие культуры клеток: 1) HT-29 (ATCC HTB-38) – культура клеток колоректальной аденокарциномы человека; клетки культивировали при 37° С в атмосфере CO<sub>2</sub> (4%) в 96 – луночных пластиковых культуральных панелях фирмы «GreinerBio-one». Состав питательной среды: среда DMEM (Панеко) с добавлением 10% фетальной сыворотки телят (Gibco), 10 Мг глутамин и антибиотиков фирмы Панеко (100 ЕД/мл пенициллина и стрептомицина). При конфлюэнтности клеточного монослоя не менее 90%, питательную среду удаляли из флакона и трижды промывали клетки раствором Хэнкса (Панэко), затем, для получения суспензии клеток, монослой обрабатывали 0,25% р-ром трипсина (Панэко). После проведения подсчета живых клеток на автоматическом цитометре (Countess Invitrogen) готовили клеточную суспензию с плотностью 1x10<sup>5</sup> кл/мл и 1x10<sup>6</sup> кл/мл;

2) HeLa (ATCC CCL-2) – линия клеток цервикальной аденокарциномы человека. Клеточную культуру культивировали при 37° С в атмосфере CO<sub>2</sub> (4%) в культуральных флаконах «GreinerBio-one». Состав питательной среды: среда ИглаМЕМ (Панеко) с добавлением 10% фетальной сыворотки телят (Gibco), 10 мМ глутамин и 100 ЕД/мл пенициллина и стрептомицина (Панеко). При конфлюэнтности клеточного монослоя не менее 90%, питательную среду удаляли из флакона и трижды промывали клетки раствором Хэнкса (Панэко), затем, для получения суспензии клеток, монослой обрабатывали 0,25% р-ром трипсина (Панэко). После проведения подсчета живых клеток на автоматическом цитометре (Countess Invitrogen) готовили клеточную суспензию с плотностью 1x10<sup>5</sup> кл/мл и 1x10<sup>6</sup> кл/мл.

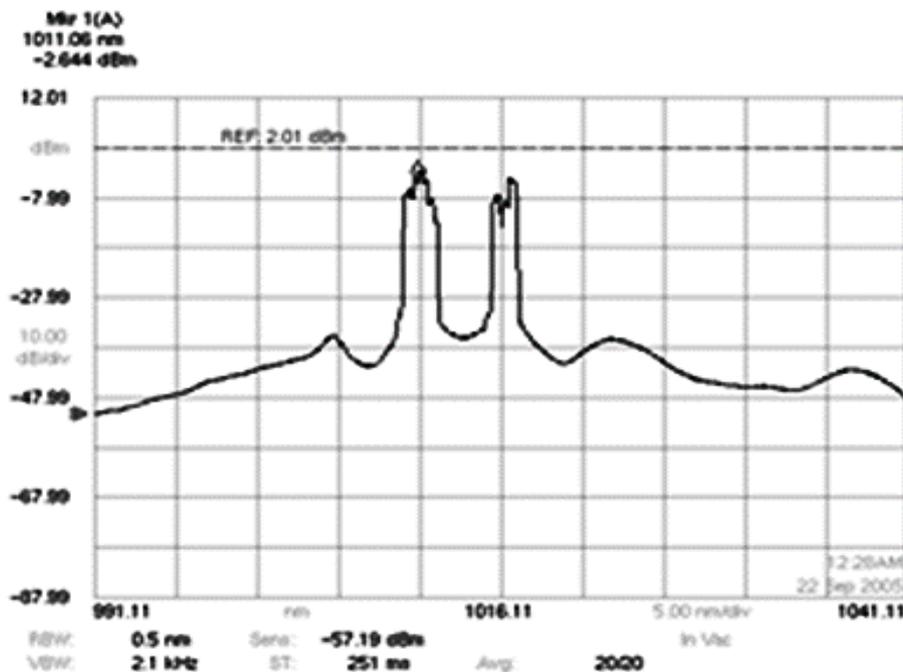
Запись информации осуществлялась следующим образом (рис. 1): Излучение от лазера (1), через (2) кювету с возбудителем (растворы культур клеток различной концентрации), по (3) проводнику поступает в (4) ячейку микросхемы для записи информации, а затем в (5) блок обработки информации и записывается в базу данных. После этого микросхема с базой данных переносится в прибор и подключается к компьютеру. Параллельно записи производится измерение ВРМБ спектров как это описано в работах [3, 4].

**3. Результаты исследования и их обсуждение.** Примеры спектров для длины возбуждения 1.017 км излучения различных клеток HT-29 и HeLa приведены на рис. 2 (а, б) Хорошо видно, что характеристики спектров, а следовательно и характеристики электромагнитного поля [5, б] двух типов онкологических заболеваний существенно отличаются. Анализ спектральных характеристик показал, что стоксовая составляющая спектра прямого рассеивания объекта растет с увеличением с увеличением раковых клеток. При этом разность частот максимума лазерной моды и максимума стоксовой составляющей является характеристикой объекта и не зависит от концентрации клеток.

На рис. 3 представлен внешний вид диагностического комплекса и процесс измерения, на рис 4 (а, б, в) приведены результаты измерений и сравнения показаний этого комплекса для различных стадий заболевания, А – здоровый, Б – прошедший лечение, В – больной. Первый всплеск показывает величину тока при измерении без подключения к ячейке, второй при подключении к ячейке с соответствующей заболеванию записью эталонного поля. Отношение величин тока показывает, как наличие заболевания, так и качественно степень заболевания. Для повышения вероятности распознавания результаты проводятся по трем записям, сделанным для различных длин волн возбуждающего излучения. Однако для создания базы данных и разработки прибора количество экспериментов должно быть расширено. При этом на основе статистических исследований необходимо разработать методику качественного распознавания степени заболевания.



а-НТ-29 (АТСС НТВ-38)



б- HeLa (АТСС ССL-2)

Рис. 2. Спектры для длины возбуждения 1.017 км излучения различных клеток НТ-29 и HeLa



Рис. 3. Внешний вид диагностического комплекса

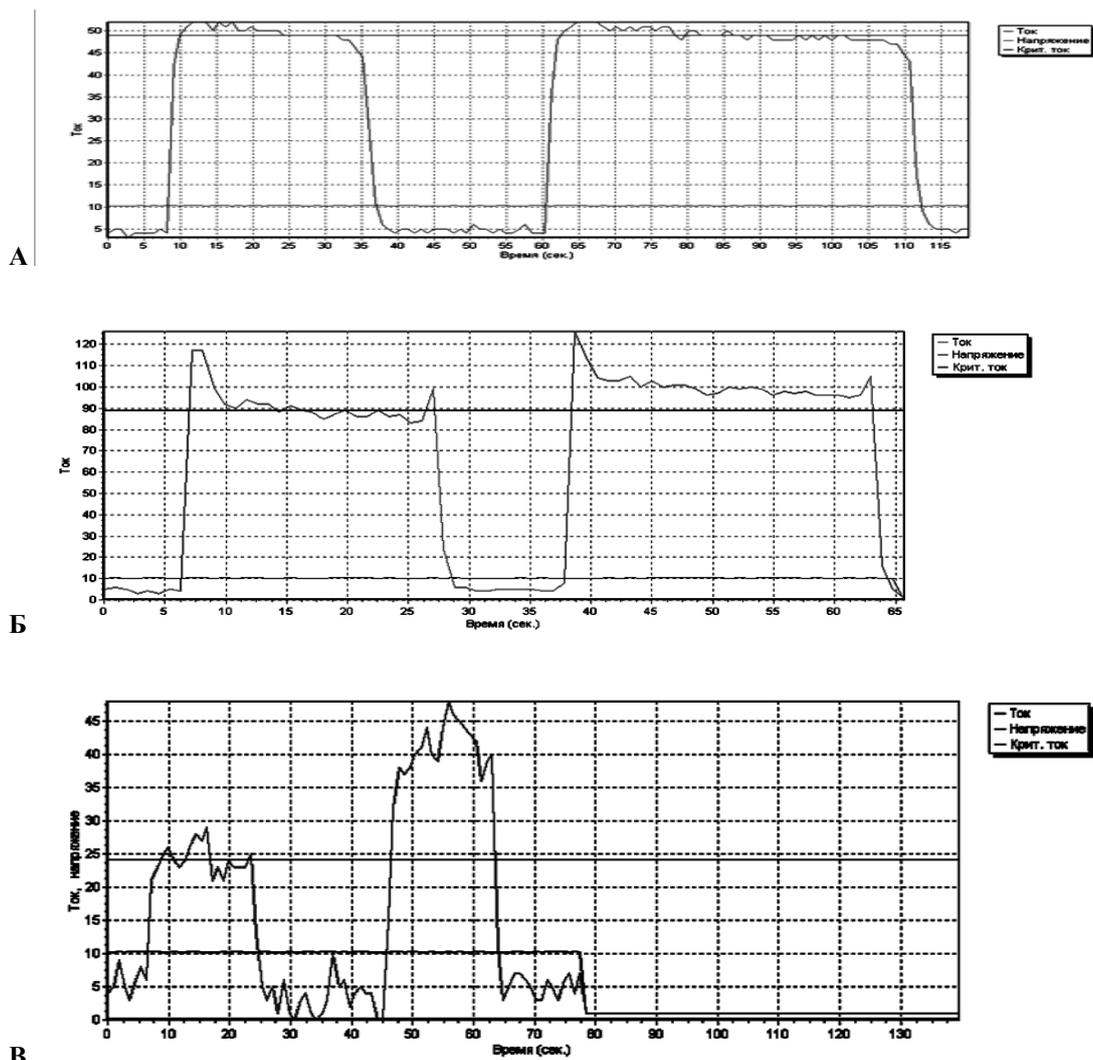


Рис. 4. Результаты измерений и сравнения показаний этого комплекса для различных стадий заболевания, А – здоровый, Б – прошедший лечение, В – больной.

**5. Выводы:** Основные преимущества применения в широкой практике диагностического комплекса «Интест-1», а именно: неинвазивность и неаликвотность, высокая оперативность диагностики, простота, портативность и автономность в использовании, отсутствие необходимости в специализированной подготовке пациента и в специализированной лаборатории для проведения анализов, возможность проведения массовой оперативной диагностики и/или экспресс-анализов в обычных клинических условиях, делают перспективным его применение для контроля онкозаболеваний на ранней стадии.

В данной работе проведены исследования, которые показали принципиально возможность применения технологии «Интест» для диагностики «Интест», однако для разработки прибора необходимо провести серию исследований экспериментов для создания базы данных различного типа онкологических заболеваний.

### Список литературы

- [1] Диагностический комплекс «Интест» // [Электронный ресурс]  
[http://servet.ru/index.php?id=2&Itemid=2&option=com\\_content&view=article](http://servet.ru/index.php?id=2&Itemid=2&option=com_content&view=article)
- [2] Moguilnaia T.Yu., Andreev G.I., Agibalov A.A., Botikov, E.V., Kosenkov A.G., Saguitova E.A. Instrumentation for noninvasive express-diagnostics bacteriophages and viruses by optical method // Proceeding of Spie 28-29 october, Providance Rhode island, USA. 2003. V. 5621. P. 18-29.
- [3] Moguilnaya T., Serychev A., «Optical Express Methods of Monitoring of Pathogens in Drinking Water and Water-Based Solutions» //Poisoning From Specific Toxic Agents to Novel Rapid and Simplified Techniques for Analysis // INTECH. 2017. P.173-192.
- [4] Могильная Т.Ю., Ботиков А.Г., Применение метода когерентной спектроскопии к диагностике онкозаболеваний на ранних стадиях // Известия РАН серия физическая. 2018. Т. 82. С. 154-158.
- [5] Могильная Т.Ю., Томилин В.И., Кононенко А.Б. Исследование динамики обнаружения сигнала лазерного прибора при контроле патогенных микроорганизмов ВРМБ-методом // Экологические системы и приборы. 2014. № 12. С. 5-12.
- [6] Moguilnaya T., Voloshin A., Sheryshev A., Investigation of the lamb dip in the near IR spectra of water containing DNA // Biomed. J. Scientific & Technical Res. 2018. Vol. 7, Iss. 4. P. 1-5.  
DOI: 10.26717/BJSTR.2018.07.001525

УДК 611.211

**ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ НЕЙРОЭНДОКРИННЫХ КЛЕТОК  
В КОЖЕ И В СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКЕ ОКОЛОНОСОВЫХ ПАЗУХ ПРИ  
ПОЛИПОЗНОМ РИНОСИНСИТЕ****О.А. Ефремова, Е.М. Лузикова, Л.А. Любовцева***ФГОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары*

Проведено сравнительное гистологическое и иммуногистохимическое исследование кожи человека и слизистой оболочки околоносовых пазух людей. В коже клетки, экспрессирующие нейронспецифическую эналазу (NSE), были выявлены в области потовых желёз, волосяных фолликулов и в базальном слое эпидермиса. В слизистой оболочке околоносовых пазух NSE клетки располагались в многорядном эпителии и эпителии боуменовых желёз.

**Ключевые слова:** нейроэндокринные клетки, слизистая оболочка околоносовых пазух, кожа.

A comparative histological and immunohistochemical study of human skin and the mucous membrane of the paranasal sinuses was carried out. In the skin, cells expressing neuronspecific enolase (NSE) were detected in the area of sweat glands, hair follicles and in the basal layer of the epidermis. In the mucous membrane of the paranasal sinuses, NSE cells were located in the multi-row epithelium and epithelium of the Bowman glands.

**Key words:** neuroendocrine cells, mucous membrane of the paranasal sinuses, skin.

**1. Введение.** В настоящее время известно, что в коже и слизистой оболочке околоносовых пазух имеются клетки, происходящие из нервного гребня, которые относятся к диффузной нейроэндокринной системе. Эти клетки содержат широкий спектр пептидных гормонов, нейромедиаторов, обладают скрытой метахромазией [1, 2, 4]. Клетки этого типа выявляются специфическими иммуногистохимическими методами окраски: на нейронспецифическую эналазу, синаптофизин и белок S-100 [1, 3, 4]. Нарушения в дифференцировке и функционировании нейроэндокринных клеток может привести к аллергическим заболеваниям (бронхиальной астме), аутоиммунным заболеваниям (псориазу) инфекционным заболеваниям и др. патологии. Вследствие чего необходимо знать особенности локализации нейроэндокринных клеток в коже человека и в слизистой оболочке околоносовых пазух, которые изучены недостаточно.

**Цель** нашего исследования – выявить NSE-положительные клетки в коже и в слизистой оболочке околоносовых пазух.

**2. Материал и методика исследований.** Материалом служила кожа 12 женщин, в возрасте 45-50 лет, взятая во время круговой подтяжки лица (после предварительного согласия пациенток). Слизистая оболочка околоносовых пазух была взята от 12 трупов людей сразу после констатации смерти, погибших в результате травмы и не страдавших при жизни заболеваниями полости носа.

Срезы исследуемых тканей толщиной 5 мкм после депарафинирования и регидратации в этаноле нисходящей концентрации погружали в восстанавливающий цитратный буфер (Ph 6,0), затем проводили высокотемпературную обработку прогреванием на водяной бане при 90-95<sup>0</sup>C в течение 30 мин с целью демаскировки искомым антигенов в тканях. Иммуногистохимическую реакцию проводили методом трехэтапного непрямого иммуноферментного анализа с использованием первичных моноклональных антител (МКАТ) к маркеру нейроэндокринных клеток NSE в разведении 1:100 согласно рекомендациям фирмы-изготовителя (Дакон, Дания). Для каждой иммуногистохимической реакции выполняли негативное контрольное исследование – один из двух серийных срезов, помещенных на предметное стекло, вместо первичных антител обрабатывали контрольными антителами. Визуализацию связавшихся первичных МКАТ проводили, используя набор

LSAB-2 (Labeled Streptavidin Biotin) System Peroxidase. Для этого срезы тканей сначала инкубировали в растворе сыворотки, содержащей вторичные антивидовые антииммуноглобулиновые биотинилированные антитела. Затем с целью выявления биотиновой метки срезы обрабатывали раствором селективного связывающегося с биотином стрептавидина, конъюгированного с пероксидазой хрена. Для гистохимического выявления пероксидазной активности использовали хромоген-субстратную смесь на основе 3-амино-9-этилкарбазола. Специфичность экспрессии искомого антигена в опытных образцах тканей также подтверждалась отсутствием ее в контрольных срезах, не обработанных первичными МКАТ. Визуальную оценку экспрессии исследуемых антигенных маркеров в коже осуществляли с помощью светового микроскопа «Альтами-био» с приставкой «CANON». Статистическую значимость полученных данных оценивали по t-критерию Стьюдента. Представление о количественном распределении окрашенных клеток получали методом их подсчета в 10 полях зрения микроскопа при об. 40, ок. 10 с последующим вычислением для каждого случая среднего арифметического значения.

**3. Результаты исследований и их обсуждение.** При изучении срезов кожи человека, окрашенных с помощью МКАТ к NSE, в эпидермисе были выявлены иммунопозитивные кератиноциты. Экспрессия вышеназванного маркера проявляется не на всех участках эпидермиса одинаково. Число NSE-экспрессирующих кератиноцитов, расположенных подряд, составляет от 3 до 30 клеток в группе. В некоторых участках эпидермиса наблюдали иммунопозитивное окрашивание на NSE не только в базальном, но и в шиповатом слое эпидермиса.

Экспрессия NSE проявляется на фоне неокрашенных структур, окружающих волосяной фолликул. NSE-положительные клетки характеризуются более крупными размерами, имеют полигональную неправильную или вытянутую форму и красновато-коричневые глыбовидные разнородные гранулы в цитоплазме. NSE-позитивные клетки местами контактируют с нервными волокнами, окружающие волосяную сумку.

Распределение NSE-позитивных клеток около волосяных фолликулов не имеет определенной закономерности. Так, в заушной области, где число волосяных фолликулов достоверно выше, чем в других исследованных точках, число фолликулов, около которых встречается NSE-экспрессирующие клетки, составляет 1-2 на одно поле зрения (табл.). Можно предположить, что здесь эти клетки оказывают влияние на рост и дифференцировку клеток волосяного фолликула. Вполне возможно, что число этих клеток зависит от фазы роста самого волоса. В то же время встречаются единичные волосяные фолликулы, около которых иммунопозитивные клетки образуют непрерывный слой, лежащий снаружи от соединительнотканной сумки. Кроме того, отдельные иммунопозитивные гранулы были замечены в мышце, поднимающей волос. В секреторных клетках концевых отделов потовых желез можно выделить две группы NSE-экспрессирующих клеток. Одни клетки содержат следы исследуемого вещества, что проявлялось светло-коричневым мелкодисперсным окрашиванием цитоплазмы, а в других – цитоплазма окрашивалась в темно-коричневый цвет. Как темные, так и светлые клетки потовых желез давали положительную реакцию на NSE. Также NSE-иммунопозитивные клетки местами определялись между миоэпителиальными клетками. Их цитоплазма также содержала равномерно распределенные, окрашенные в красно-коричневый цвет характерные гранулы. Число гранул в клетке составляло 8-16. По описанию такие клетки выявляются в области концевых секреторных отделов потовых желез люминесцентно-гистохимическими методами [5]. Около одной из петель концевого секреторного отдела содержится 5-7 NSE-экспрессирующих клеток (табл.).

Таблица

Содержание NSE- содержащих клеток в коже и в слизистой оболочке околоносовых пазух при окраске на нейронспецифическую энолазу

| Исследуемые структуры                    | Окраска на NSE |             |
|--|----------------|-------------|
|  | Кожа           | Слизистая   |
| Эпителий                                 | 5,9±0,04*      | 3,7±0,001** |
| Собственная пластинка слизистой оболочки | –              | –           |
| Боуменовы железы                         | 0,5±0,01*      | 7,8±0,02*   |
| Потовые железы                           | 7,2±0,005*     | –           |
| Волосяные фолликулы                      | 15,1±0,4*      | –           |

Примечание: \*\* P ≤ 0,001; \* P ≤ 0,05.

При изучении срезов слизистой оболочки околоносовых пазух человека, окрашенных с помощью МКАТ к NSE, в эпителии были выявлены иммунопозитивные эпителиоциты. NSE-экспрессирующие клетки выявлялись только на некоторых участках в эпителии. Их число расположенных подряд, составляло от 7 до 12 клеток в группе (табл.). Реже встречались единично расположенные NSE-позитивные эпителиоциты. NSE-положительные клетки имели высокую призматическую форму, ортохромные овальные ядра и слабоокрашенную в красно-коричневый цвет цитоплазму. Ядра этих клеток составляли самый верхний ряд в эпителии. На апикальной поверхности клеток располагались неокрашенные цитоплазматические выросты. На некоторых участках эпителия среди неокрашенных базальных эпителиоцитов располагались интенсивно, NSE-экспрессирующие клетки, видимо мигрировавшие сюда из собственной пластинки слизистой оболочки. Клетки характеризовались крупными размерами, неправильной формой ядер и интенсивно окрашенной в красно-коричневой цвет цитоплазмой.

В собственной пластинке слизистой оболочки располагались слизисто-белковые железы. Их эпителий содержал NSE-позитивные клетки. Экспрессия вышеназванного маркера проявлялась во всех эпителиоцитах. Такие клетки имели округлые базофильные ядра и слабо окрашенную в красно-коричневый цвет цитоплазму.

**4. Результаты и их обсуждение.** Ранее в коже и в слизистой оболочке околоносовых пазух люминесцентно-гистохимическими методами были обнаружены гранулярные люминесцирующие клетки (ГЛК), содержащие биогенные амины – катехоламины, серотонин, гистамин [2]. В проведенной работе показано, что клетки потовых желез, дающие положительную реакцию на нейронспецифическую энолазу, совпадали по локализации с ГЛК кожи. Нами в области потовых желез кожи человека выявлено два типа NSE-иммунопозитивных клеток. Первый тип составляют секреторные клетки потовых желез, которые экспрессируют NSE в разной степени. Второй тип NSE-позитивных клеток представлен клетками, содержащими крупные гранулы и лежащими с наружной стороны соединительнотканной оболочки потовых желёз. Можно предположить, что клетки первого типа способствуют выделению секрета, а второго – участвуют в регуляции сокращения миоэпителиальных клеток, влияя, таким образом, на влажность кожи и электропроводность [5]. Иммунопозитивные клетки выявляются также около волосяных фолликулов в тесной связи с нервными волокнами, и в базальном слое эпидермиса, куда подходят свободные нервные окончания.

Нами в слизистой оболочке околоносовых пазух выявлено два вида NSE позитивных клеток. К первому типу относятся клетки многорядного эпителия и желёз. Ко второму типу – клетки собственной пластинки слизистой оболочки, мигрировавшие в эпителий. Видимо, располагаясь между эпителиоцитами, они защищают слизистую оболочку от проникновения антигенов.

Возможно, взаимодействуя с нервными терминалями, и являясь продуцентами разнообразных биологически активных веществ, нейроэндокринные клетки служат звеном в регуляции нейроиммуноэндокринных взаимоотношений в области кожи и слизистой и могут вы-

ступать в качестве координаторов местных иммунных, нервных и эндокринных механизмов в норме и при возникновении патологии. Эта регуляция может осуществляться в результате контроля тканевых концентраций биогенных аминов [4].

## 5. Выводы:

1. В коже человека NSE активно экспрессируется некоторыми кератиноцитами базального слоя, в области мышцы, поднимающей волос, в области ряда волосяных фолликулов, секреторными эпителиоцитами потовых желез.
2. В слизистой оболочке околоносовых пазух NSE экспрессируется в различной степени клетками многоядного эпителия и эпителия желез.

## Список литературы

1. Ефремова О.А. Сравнительный анализ нейроэндокринных клеток кожи и слизистой оболочки околоносовых пазух в норме и при полипозных риносинуситах / О.А. Ефремова, Л.А. Любовцева, Е.А. Гурьянова, Л.К. Леонова // Морфологические ведомости. 2011. № 3. С. 32–35.
2. Ефремова О.А., Изучение состояния слизистой оболочки околоносовых пазух при люминисцентно-гистохимическом исследовании / О.А. Ефремова, Л.А. Любовцева // Журнал теоретической и практической медицины. М., 2010. Т. 8. Специальный выпуск. С. 110–111.
3. Ефремова О.А. Иммунопозитивные клетки в слизистой оболочке носовой полости в здоровых тканях и при патологии / О.А. Смирнова. Морфология в теории и практике: сб. материалов и тезисов. (к 90-летию со дня рождения Д.С. Гордон). Чебоксары: Изд-во Чуваш. унта, 2012. С. 192–194.
4. Козлов В.А. Локализация и состояние тканевых транмиттерных систем в норме и эксперименте. Монография. Москва, 2006. 124 с.
5. Смирнова И.О. Нейроэндокринология кожи и молекулярные маркеры ее старения / И.О. Смирнова, И.М. Кветной, И.В. Князькин. СПб.: ДЕАН, 2005. 210 с.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОАМИНОВ В БИОАМИНСОДЕРЖАЩИХ СТРУКТУРАХ  
ПРИ ТУБЕРКУЛЕЗЕ ЛЕГКИХ

Е.В. Любовцева, Л.А. Любовцева, С.В. Плюхин, А.В. Сергеев

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»  
г. Чебоксары, Московский проспект, 45

С помощью люминесцентно-гистохимических методов исследования выявлено содержание биологически активных веществ в биоаминсодержащих структурах легких человека на разных стадиях заболевания туберкулезом. Найдено, что при заболевании туберкулезом на ранних стадиях его проявления, наблюдается увеличение всех нейроаминов, а далее происходит отторжение ткани легких с резким снижением всех нейроаминов как в пораженных, так и непораженных участках этого органа. При анализе результатов исследования и сравнении их с данными литературы отмечено, что в данном случае заболевание проходит по типу реакции замедленного типа. **Ключевые слова:** ГЛК – гранулярные люминесцирующие клетки, КА – катехоламины, МБК – микобактерии, СТ – серотонин, ТК – тучные клетки, у.е. – условные единицы, ВНС – вегетативная нервная система

The content of biologically active substances in bioamine-containing structures of human lungs at different stages of tubercle-ZOM disease was revealed using luminescent-histochemical methods. Found that if you have TB disease in its early stages of its manifestation, there is an increase in all neuroamine, and then the tearing of lung tissue with a sharp decline in all neuroamine in affected and unaffected areas of the body. When analyzing the results of the study and comparing them with the literature data, it was noted that in this case the disease passes by the type of delayed reaction. **Key words:** non-granular luminescent cells, KA-catecholamines, MBK-mycobacteria, ST – serotonin, TK – mast cells, u.e. - conventional units, ANS-autonomic nervous system

**1. Введение.** Большинство заболеваний связано с воздействием микроорганизмов воздействовать на иммунную систему организма [13, 15]. Легкие являются органом, через которые осуществляется воздействие окружающей среды на внутренние механизмы обмена веществ через нейроамины [1-3]. Между структурами легких имеется тесная взаимосвязь не только через адренергические нервные волокна симпатического звена ВНС, но и через гуморальные нейромедиаторные взаимодействия на клеточном уровне [15]. Данные литературы свидетельствуют о значительном влиянии болезнетворных микроорганизмов на организм человека [14]. Особенно сильное влияние оказывают микобактерии, которые очень сильно поражают системы органов человека, влияя, в первую очередь, на все функции легочной системы. Несомненно, при этом в легких происходит изменение регуляции, осуществляющиеся вначале на местном уровне, а далее распространяются и на другие системы органов. Известно, что биологически активные вещества, такие как нейроамины, способны регулировать на местном уровне процессы, осуществляющиеся в отдельно взятом органе [4-10]. В связи с чем, целью данного исследования является выявление особенностей вариаций локализации нейроаминов при патологии легочной системы человека.

**2. Материал и методы исследования.** Материал был взят при проведении комплексного клиничко-рентгенологического, биохимического, бактериологического и иммунологического исследования. У 100 человек кусочки легких, с впервые выявленным туберкулезом легких, преимущественно инфильтративной и диссеминированными формами, резецировали из двух мест: 1) области туберкулезной гранулемы и 2) непораженной части легких. Деструктивные изменения диагностировали у 74 больных. Контролем служил обезличенный аутопсийный материал 25 человек не имевших какой-либо патологии, погибшие во время аварии, который был предоставлен БУ «Бюро судебно-медицинской экспертизы» Минздрава Чувашской Республики. Микобактерии выявлялись в 100% случаев с помощью бактериологических способов исследования. В зависимости от степени выраженности туберкулезного процесса больных разделили на 5 групп: 1) скудное бактериовыделение – в дозированном мазке обнаруживается 1-9 микобактерий в 100 полях зрения; 2) среднее – от 10 до 49; 3) обильное – от 50 до 100 микобактерий в 100 полях зрения; 4) появление в макрофагах большого числа клеточных «обломков»; 5) появление каверн.

1. Бактериологический метод выявления микобактерий. Для исследования 10-15 мл мокроты переливают в бутылку вместимостью 250 мл и добавляют равное количество 0,5% раствора едкого натра или едкого кали с целью гомогенизации. Через 5-10 мин. тщательного встряхивания к гомогенизированной мокроте добавляют 100 мл дистиллированной воды и 0,5 мл любого углеводорода. После повторного встряхивания в течение 5-10 мин. бутылку доливают до горлышка дистиллированной водой. Через 30 мин. после добавления воды на поверхности образуется сливкообразное кольцо, состоящее из капелек углеводорода и микобактерий туберкулеза. Препараты для бактериоскопии готовят из флотационного кольца. На предметные стекла пастеровской пипеткой наносят несколько капель содержимого флотационного кольца, занимая 1/3 площади. После подсыхания мазка вновь той же пипеткой наносят капли флотационного кольца. Такое наслаивание производят 3-4 раза, предварительно высушивая предыдущую каплю. Затем высушенные мазки фиксируют в пламени горелки и окрашивают.

2. Общая окраска гематоксилин эозином осуществлялась для выявления общих изменений в ткани легких.

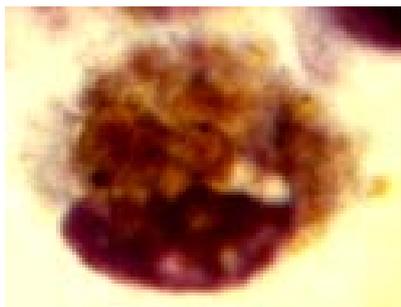
3. Для выявления катехоламинов (КА) и серотонина (СТ) применялся люминесцентно-гистохимический метод Фалька-Хилларпа [12].

4. С целью идентификации гистаминсодержащих структур легких свежемороженые криостатные срезы обрабатывались люминесцентно-гистохимическим методом Кросса и др. (1971) [11].

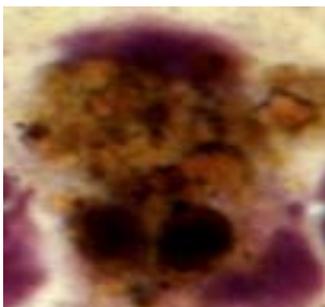
5. Количественно концентрации КА, СТ и гистамина в аминсодержащих структурах легких оценивались с помощью цитоспектрофлуориметрии (Юденфренд С., 1965; Карнаухов В.Н., 1978; Калмыков В.Л., 1982). Для удобства при подсчете цифровые значения умножали на 100.

Численные данные обработаны статистически с использованием критерия t Стьюдента.

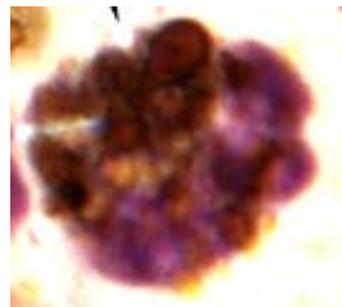
**3. Результаты исследования и их обсуждение. Общая морфологическая картина туберкулеза легких.** При туберкулезе легких при окраске на гематоксилин эозин в ткани легких выявляются внутри альвеол, наряду с альвеолоцитами 1 и 2-го порядка, истинные внутриальвеолярные макрофаги, нейтрофилы, заполненные обломками клеток и особые гранулированные клетки, являющиеся структурами АПУД-системы. Между альвеолами определяются интерстициальные макрофаги (Рис. 1) [1, 2, 7]. При общих окрасках препаратов от больных туберкулезом, можно видеть резкое увеличение числа как внутриальвеолярных, так и интерстициальных макрофагов, заполненных обломками клеток. Увеличивается контактность между макрофагами и эозинофилами, макрофагами и нейтрофилами, макрофагами и лимфоцитами. Кроме того, образуются контакты между лимфоцитами и нейтрофилами (Рис. 2). Гранулярные клетки, которые при люминесцентно-гистохимических окрасках имеют такую же морфологию, относятся к АПУД-серии (Рис. 3). При туберкулезе легких, начиная со 2-й стадии, они также заполняются обломками клеток. Это может говорить о том, что все клетки, проявляющие даже небольшие макрофагальные свойства, выполняют в данном случае фагоцитарные качества. При начальной стадии заболевания происходит увеличение числа клеток воспаления: лимфоцитов, нейтрофилов, макрофагов, плазмоцитов. Число эпителиоидных клеток небольшое в туберкулезной грануле, однако, казиозис уже образуется, но еще имеет не очень большие размеры (Рис. 1-3, 6, 7, 8). Со 2-й стадии заболевания образуется стандартная туберкулезная гранулема, где уже имеются фибробласты, эпителиоидные клетки, гигантские клетки Лангханса, казеозис и слой лимфоцитов (Рис. 9). Иногда в одном месте формируется несколько туберкулезных гранул (Рис. 10). При исследовании локализация КА и СТ мы наблюдали, что микобактерии люминесцируют и их можно определить с помощью люминесцентных методов исследования (Рис. 11). Содержание КА и СТ в ткани легких при туберкулезе распределено неравномерно. Пораженные и непораженные участки легких содержат разное количество моноаминов. На ранних этапах заболевания в местах поражения микобактериями резко увеличивается число макрофагов и тучных клеток с увеличением содержания в них практически всех нейромедиаторов. В зависимости от степени выраженности специфического воспаления и числа микобактерий в 5 полях зрения больные были разделены на 5 групп.



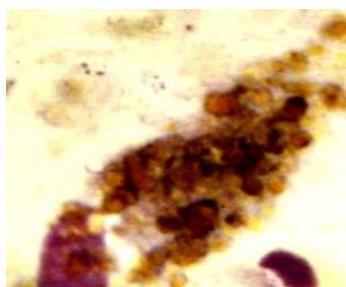
**Рис. 1.** Внутриальвеолярный банальный макрофаг. Туберкулез 2-я стадия. Окраска гематоксилин эозин. Ув. Имм. Микроскоп Микмед-5



**Рис. 2.** Контакт внутриальвеолярного банального макрофага и эозинофила. Туберкулез 2-я стадия. Окраска гематоксилин эозин. Ув. Имм. Микроскоп Микмед-5



**Рис. 3.** Интерстициальная гранулярная клетка, принадлежащая АПУД-системе. Туберкулез 2-я стадия. Окраска гематоксилин эозин. Ув. Имм. Микроскоп Микмед-5



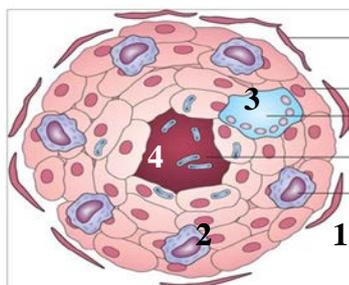
**Рис. 4.** Гранулярная клетка 4-я стадия туберкулеза. Окраска гематоксилин эозин. Ув. Имм. Микроскоп Микмед-5



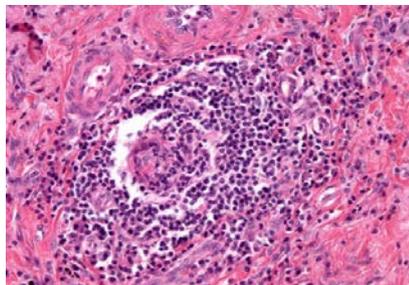
**Рис. 5.** Эпителиоидная клетка Окраска гематоксилин эозин. Ув. Имм. Микроскоп Микмед-5



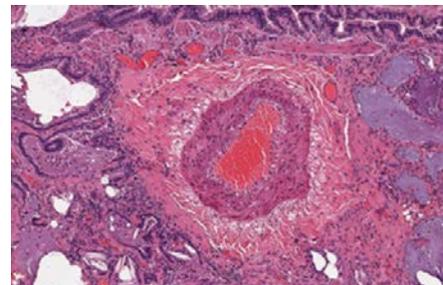
**Рис. 6.** Плазматические клетки Окраска гематоксилин эозин. Ув. Имм. Микроскоп Микмед-5



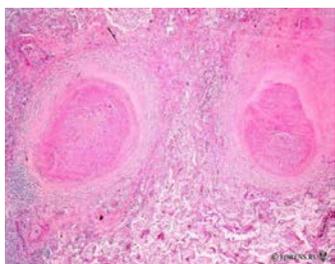
**Рис. 7.** Схема. Структура туберкулезной гранулемы. 1. Фибробласты. 2. Эпителиоидные клетки. 3. Гигантские клетки Лангханса. 4. Казеозис.



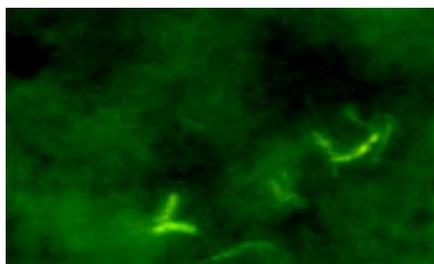
**Рис. 8.** Туберкулезная гранулема в начальной стадии развития. Окраска гематоксилин эозин. Ув. Имм. Микроскоп Микмед-5



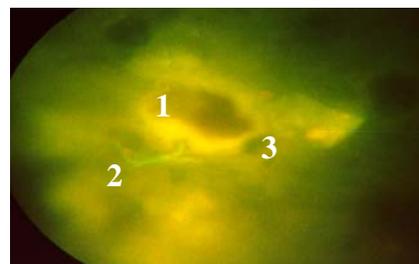
**Рис. 9.** Сформировавшаяся туберкулезная гранулема. Окраска гематоксилин эозин. Ув. 400. Микроскоп Микмед-5



**Рис. 10.** Двойная туберкулезная гранулема на 3-й стадии развития. Окраска гематоксилин эозин. Ув. 400. Микроскоп Микмед-5.

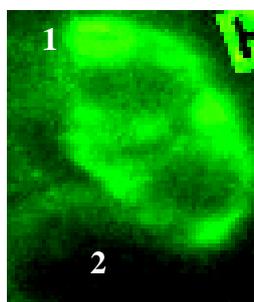


**Рис. 11.** Группа микобактерии около альвеол легких. Метод Фалька с соавт. Микроскоп: Люмам 6. Ув. имм.

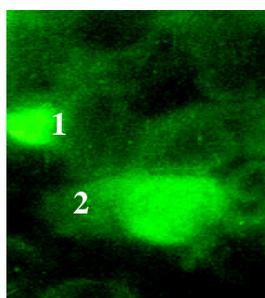


**Рис. 12.** Наличие моноаминов в структурах легких. 1. Бронх. 2. Нервное волокно. 3. Макрофаг. Метод Фалька с соавт. Микроскоп: Люмам 6. Ув. 100.

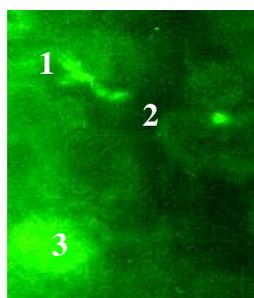
По содержанию КА и СТ в биоаминсодержащих структурах легких с диагнозом туберкулез, в **1 группе пациентов ТК** было не много, их число варьировало от 8 до 12 на поле зрения, и их было меньше в сравнении с числом ГЛК, которые располагались по одиночке как внутри альвеол, так и группами в межальвеолярных промежутках. Содержание КА в них было наибольшие шим по сравнению с остальными нейроаминсодержащими структурами. Тучные клетки в основном были цельными, однако в местах поражения становились дегранулированными, и около них определялось диффузное люминесцирующее пространство. В биоптатах контрольной части этого же легкого содержание КА и СТ было несколько ниже, чем у здоровых лиц. У больных с минимальной активностью туберкулезного процесса **второй группы** содержание КА во всех структурах резецированного легкого как в условно здоровом, так и в туберкулезном очаге заметно нарастало. Наиболее значительные изменения содержания КА и СТ были отмечены во внутриальвеолярных макрофагах. В интерстициальных макрофагах содержание моноаминов также нарастало (Таблица 1). В контрольной части легкого в разбираемой **третьей группе** туберкулезных больных отмечалась инфильтративная люминесцирующая дорожка из лимфоцитов, что по данным литературы говорит об активации туберкулезного процесса. В целом специфический процесс в этой группе аналогичен таковому предыдущей группы, но отличается количественно. Наиболее отчетливые сдвиги в содержании КА во всех структурах легкого, по данным наших исследований, наблюдались в этой группе, то есть в группе, где нарастала и не вызывала сомнений активность туберкулезного процесса. При этом наибольшее насыщение КА выявлялось в волокнистых структурах легкого. Число межальвеолярных и внутриальвеолярных макрофагов было снижено, они были единичны. Определись клетки, в которых люминесцировали единичные гранулы, поэтому эти структуры выглядели раздробленными. Однако, в области гранулем содержание КА и СТ было несколько повышено (Таблица 1). Резко увеличилось число тучных клеток. Появились клетки, которые содержали в себе мелкие гранулы с большим содержанием КА. Наряду с цельными клетками было очень много дегранулированных форм. Из полученных данных можно заключить, что деятельность микобактерий было направлено на разрушение клеток продуцентов нейроаминов – на ГЛК и тучные клетки. В **четвертой группе** пациентов наблюдалось специфичное воспаление, и оно было более выражено, чем в предыдущих группах. Тканевая концентрация КА СТ во всех структурах как в контроле, так и в пораженном легком отличалась наиболее низкими показателями. В макрофагах содержание КА оказалось наименьшими по сравнению с другими группами больных (Таблица 1). При люминесцентном исследовании они выглядели раздробленно, т.е. некоторые гранулы в клетки не содержали моноаминов. Образовывались контакты между отдельными видами макрофагов (Рисунок 13, 14, 15,16).



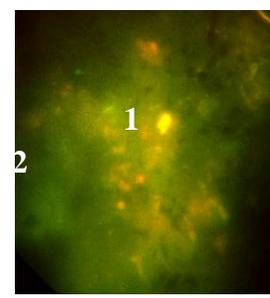
**Рис. 13.** Межальвеолярное пространство. ГЛК (АПУД – клетка) на 4-й стадии туберкулеза легких, содержащий КА и СТ. 2. Альвеола Метод Фалька с соав. Микроскоп: Люмам 6. Ув. Имм.



**Рис. 14.** Межальвеолярное пространство. 1. Лимфоцит и 2. Дегранулирующая ТК, содержащая КА и СТ. на 4-й стадии туберкулеза, Метод Фалька. Микроскоп: Люмам 6. Ув. имм.



**Рис. 15.** Межальвеолярное пространство у больного с 4-й стадией туберкулеза легких. 1. Скопление микобактерий. 2. Тромбоцит. 3. Лимфоцит Метод Кросса. Микроскоп: Люмам 6. Ув. имм.



**Рис. 16.** Наличие КА и СТ в структурах легких. 1. ТК. 2. Макрофаги (оранжевые россыпью). Метод Фалька. Микроскоп: Люмам 6. Ув. 100

Наблюдалась тотальная дегрануляция тучных клеток и происходил распад незрелых тучных клеток (в сравнении с окраской по Унна на гепарин). На все поле зрения насчитывалось не более 1 – 2 цельных, не дегранулированных клеток. В пораженных участках увеличено диффузное свечение межальвеолярных пространств, очевидно, происходит выход нейтрофилов в межальвеолярное пространство. Нервные волокна в местах поражения микобактериями не имеют четкого свечения, нет варикозных расширений, волокна выглядят «оплывшими».

Таблица 1

## Содержание нейтрофилов в структурах легких при туберкулезе

| Группы | Структуры | Содержание нейтрофилов в структурах легких при туберкулезе, в условных единицах |                  |                |                  |               |                  |
|--------|-----------|---|------------------|----------------|------------------|---------------|------------------|
|        |           | КА<br>Контроль  | КА               | СТ<br>Контроль | СТ               | Г<br>Контроль | Г                |
| 1      | АМ        | 14,0±0,05   | <b>20,7±0,06</b> | 22,2±0,05      | <b>23,4±0,05</b> | 16,1±0,05     | <b>18,7±0,05</b> |
|        | ИМ        | 15,4±0,05   | <b>21,6±0,06</b> | 25,5±0,05      | <b>27,8±0,05</b> | 22,3±0,05     | <b>24,1±0,05</b> |
|        | ТК        | 13,7±0,05   | <b>15,2±0,05</b> | 25,6±0,05      | <b>29,7±0,05</b> | 27,2±0,05     | <b>17,3±0,05</b> |
|        | Фон       | 19,4±0,06   | 19,2±0,06        | 11±0,05        | <b>13±0,05</b>   | 9,1±0,05      | <b>11,9±0,05</b> |
|        | МА        | 20,0±0,06   | 20,3±0,06        | 24,1±0,05      | <b>25,5±0,05</b> | 21,4±0,05     | <b>22,6±0,05</b> |
| 2      | АМ        | 25,3±0,1  | <b>30,7±0,1</b>  | 26,2±0,05      | <b>27,3±0,05</b> | 19,7±0,05     | <b>23,6±0,05</b> |
|        | ИМ        | 26,5±0,1  | <b>31,2±0,1</b>  | 23,5±0,05      | <b>28,7±0,05</b> | 22,0±0,05     | <b>26,0±0,05</b> |
|        | ТК        | 28,4±0,05   | <b>8,9±0,05</b>  | 32,9±0,05      | 31,2±0,05        | 21,9±0,05     | <b>28,1±0,05</b> |
|        | Фон       | 23,3±0,05   | <b>27,9±0,06</b> | 12±0,05        | <b>13,6±0,05</b> | 11,7±0,05     | <b>13,4±0,05</b> |
|        | МА        | 22,6±0,05   | <b>26,0±0,06</b> | 27,1±0,05      | <b>27,5±0,05</b> | 21,9±0,05     | <b>22,4±0,05</b> |
| 3      | АМ        | 33,7±0,05   | <b>46,8±0,05</b> | 27,2±0,05      | <b>56,2±0,05</b> | 17,1±0,05     | <b>31,6±0,05</b> |
|        | ИМ        | 34,5±0,05   | <b>47,4±0,05</b> | 27,5±0,05      | <b>55,2±0,05</b> | 20,6±0,05     | <b>32,6±0,05</b> |
|        | ТК        | 27,8±0,05   | <i>Нет</i>       | 29,5           | <b>49,7±0,05</b> | 19,1±0,05     | <b>32,8±0,05</b> |
|        | Фон       | 55,3±0,05   | <b>51,3±0,05</b> | 17,1±0,05      | <b>15±0,05</b>   | 7,1±0,05      | <b>17,3±0,05</b> |
|        | МА        | 46,7±0,14   | <b>56,9±0,12</b> | 28,3±0,05      | <b>51,2±0,05</b> | 19,8±0,05     | <b>32,2±0,05</b> |
| 4      | АМ        | 10,3±0,05   | 10,6±0,03        | 26,2±0,05      | <b>22,2±0,05</b> | 17,1±0,05     | <b>19,2±0,05</b> |
|        | ИМ        | 9,8±0,05  | <b>11,2±0,03</b> | 27,5±0,05      | <b>25,5±0,05</b> | 20,6±0,05     | <b>16,4±0,05</b> |
|        | ТК        | 36,8±0,05   | <b>56,7±0,05</b> | 35,6±0,05      | <b>25,6±0,05</b> | 19,1±0,05     | <i>Дегр</i>      |
|        | Фон       | 9,0±0,05  | 9,3±0,05         | 17,1±0,05      | <b>11±0,05</b>   | 7,1±0,05      | <b>17,3±0,05</b> |
|        | Ма        | 9,1±0,05  | 9,6±0,05         | 32,3±0,05      | <b>24,1±0,05</b> | 19,8±0,05     | <b>12,4±0,05</b> |
| 5      | АМ        | 16,8±0,05   | <b>23,7±0,05</b> | 21,2±0,05      | <b>9,2±0,05</b>  | 17,1±0,05     | <b>9,2±0,05</b>  |
|        | ИМ        | 17,1±0,05   | <b>24,1±0,05</b> | 15,5±0,05      | <b>3,2±0,05</b>  | 20,6±0,05     | <b>6,4±0,05</b>  |
|        | ТК        | 15,4±0,05   | <b>54,8±0,05</b> | 13,6±0,05      | <i>Дегран</i>    | 19,1±0,05     | <i>Дегр</i>      |
|        | Фон       | 23,8±0,05   | 22,5±0,05        | 8,1±0,05       | <b>1,9±0,05</b>  | 7,1±0,05      | 7,3±0,05         |
|        | Ма        | 22,4±0,05   | 21,7±0,05        | 13,1±0,05      | <b>12,5±0,05</b> | 19,8±0,05     | <b>6,1±0,05</b>  |

Примечание: контролем служила ткань этих же легких, но не пораженных микобактериями. АМ – альвеолярный макрофаг. ИМ – интерстициальный макрофаг. ТК – тучные клетки. Жирным шрифтом отмечено увеличение, жирным курсивом – понижение содержания нейтрофилов.

В пятой группе выраженность туберкулезного воспаления оказалось наибольшей по сравнению с больными остальных групп. Содержание КА во всех 3-х структурах резецированного легкого как в условном контроле, так и в пораженных местах было практически одинаково сниженным (в 2 раза) по сравнению с их уровнем у больных III группы. Практически цельные макрофаги не определялись, также, как и тучные клетки. Число ГЛК было резко снижено, особенно было мало межальвеолярных макрофагов. В ГЛК часть гранул перестали люминесцировать, т.е. не содержали свободных моноаминов. Усиленно люминесцируют единичные ТК и лимфоциты. Эластические волокна имели очень сильную диффузную люминесценцию, очевидно, они адсорбируют на себя нейтрофины. В ткани легких появляются адипоциты. В местах поражения во множестве определяются лимфоциты с люминесцирующими и нелюминесцирующими ядрами, что по данным литературы свидетельствует о том, что здесь имеются разно функциональные клетки: как Т-, так и В-лимфоциты (Любовцева Л.А., 1993). Кроме того, в большом числе определяются нейтрофилы, также с люминесцирующими и нелюминесцирующими ядрами. Банальные макрофаги внутри цитоплазмы со-

держат люминесцирующие желтым цветом частицы (Рисунок 15, 16). Можно предположить, что это микобактерии. При исследовании на гистамин число макрофагов в отдельных участках повышено, в других резко снижено, иногда они образуют конгломераты. Вначале болезни происходит группирование ГЛК, в дальнейшем часть гранул в макрофагах (ГЛК) не люминесцируют, т.е. из них нейроамины выходят, а в оставшихся люминесцирующих гранулах содержание гистамина повышено (Рисунок 13-16, таблица 1). В пятой группе люминесцирующие макрофаги и ТК определяются в минимальном числе по 1-2 клеткам на весь препарат. Определяются люминесцирующие лимфоциты, у которых светится только цитоплазма

Итак, при усугублении тяжести туберкулезного процесса в начале увеличивается число продуцентов и поглотителей нейроаминов, а далее начинается разрушение этих структур. В этом случае микобактерии действуют как корпускулярный антиген. Их действие направлено на уничтожение клеток продуцентов нейроаминов – АПУД-клеток. Такая картина, по данным литературы [3, 7], наблюдалась при введении корпускулярного антигена. В данном случае также происходит разрушение нейроаминпродуцирующих и нейроаминдепонирующих структур микобактериями. Можно предположить, что такой процесс приводит к полному нарушению восстанавливающей функции легких: к деградации аминокислотпродуцирующих клеток в легочных ацинусах, и резкому снижению числа альвеолоцитов в легких.

### Список литературы

1. Бережная Н.М. Тучные клетки и гистамин: физиологическая роль / Н.М. Бережная, Р.И. Сепиашвили // Аллергология и иммунология. 2003. Т. 4, № 3. С. 29–38.
2. Быков В.Л. Секреторные механизмы и секреторные продукты тучных клеток. / В.Л. Быков // Морфология. 1999. Т. 115, Вып. 2. С. 64–72
3. Воробьева О.В., Любовцева Е.В., Любовцева Л.А. Влияние различных видов пересадок костного мозга на иммунные и биоаминные перестройки некоторых органов. Монография. Изд-во ЧГУ. Чебоксары. 2016. 169 с.
4. Козлов В.А. Локализация и состояние тканевых транзиттерных систем в норме и эксперименте. Монография. Москва, 2006. 124 с.
5. Козлов В.А., Бусова О.С. Тучноклеточная популяция почки и почечной капсулы. Монография. Москва, 2009. 104 с.
6. Козлов В.А., Бусова О.С. Миграция тучных клеток в почке // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. 2010. № 1 (65). С. 40-45.
7. Любовцева Л.А. Люминесцентно гистохимическое исследование аминокислотсодержащих структур костного мозга, тимуса и крови при действии нейромедиаторов и антигенов. Чебоксары, ЧГУ. 1993. 100 с.
8. Любовцева Л.А., Голубцова Н.Н., Гурьянова Е.А., Любовцева Е.В. Количественный анализ гранулярных люминесцирующих и тучных клеток в органах иммунной и неиммунной систем // Международный журнал по иммунореабилитации. 2000. Т. 2, № 2. С. 53.
9. Любовцева Е.В. Морфофункциональная характеристика нейроаминных структур животных и человека при действии акупунктуры // Автореф. дисс. ... д.м.н. Саранск. 2012. 28 с.
10. Оттен Т.Ф., Васильев А.В. Микобактериоз. СПб: Медицинская пресса, 2005. 24 с.
11. Репина В.П. Механизмы влияния катехоламинов на регуляцию иммунного гомеостаза // Автореф. дисс. ... к.м.н. Архангельск. 2008. 18 с.
12. Cross S.A., Ewen S.W., Rost F.W. A study of methods available for cytochemical localization of histamine by fluorescence induced with o phthaldehyde or acetaldehyde // J. Histochem. 1971. V.3. № 6. P. 471–476.
13. Falk B., Hillarp N.A., Thieme G., Torp A. Fluorescence of catecholamines and related compounds condensed with formaldehyde // J. Histochem. Cytochem. 1962. –V.10 P. 348–354.
14. Iseman M.D., Marras T.K. The importance of nontuberculous mycobacterial lung disease // Am. J. Respir. Crit. Care Med. 2008. Vol. 178. P. 999–1000.
15. Marras T.K., Daley C.L. Epidemiology of human pulmonary infection with nontuberculous mycobacteria // Clin. Chest. Med. 2002. Vol. 23. P. 553–567.

**ВАРИАНТЫ ИЗМЕНЕНИЙ ТКАНИ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ  
ПРИ ЕЕ ГИПЕРПЛАЗИИ****Любовцева Л.А., Любовцева Е.В., Плюхин С.В., Воробьева О.В.,  
Михайлова Е.В., Романов В.О.**ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»  
г. Чебоксары, Московский проспект, 45

Сравнивая срезы биопсийного материала пациентов с диагнозом «Гиперплазия предстательной железы», нами была выявлена разная морфологическая картина всех структур этого органа, в связи с чем, при постановке данного диагноза необходимо учитывать все варианты изменений этого органа и правильно их оценивать

**Ключевые слова:** гиперплазия, предстательная железа, тучные клетки

Comparing the sections of the biopsy material of patients with the diagnosis of "prostatic Hyperplasia", we revealed a different morphological picture of all structures of this organ, and therefore, when making this diagnosis, it is necessary to take into account all variants of changes in this organ and to evaluate them correctly

**Key words:** hyperplasia, prostate, mast cells

**1. Введение.** При изучении биопсийного материала у пациентов с одинаковым диагнозом «Гиперплазия предстательной железы» при общих гистологических окрасках нами были обнаружены некоторые расхождения морфологической картины, выявленные на препаратах. В связи со сказанным, было решено исследовать полученный биопсийный материал с использованием дополнительных окрасок.

**2. Цель:** изучить варианты изменений ткани предстательной железы при ее гиперплазии при разных гистологических методах окраски.

**Задачи:** 1. Выявить варианты изменения структур предстательной железы с диагнозом «Гиперплазия предстательной железы» при окраске гематоксилин эозином

2. Определить варианты изменений структур предстательной железы с диагнозом ее гиперплазии при окраске на индолсодержащие вещества методом Массона-Фонтаны

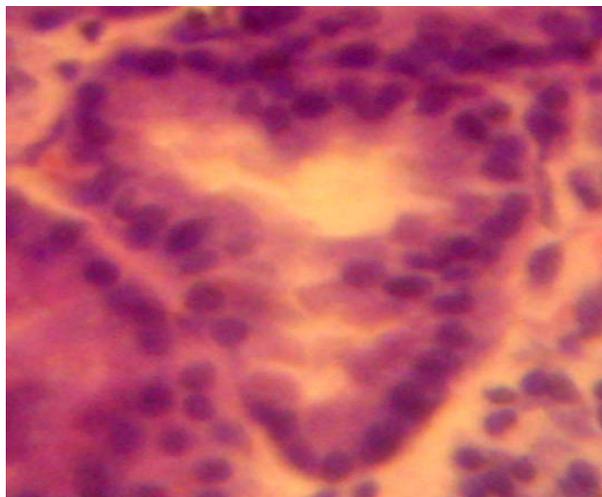
3. Охарактеризовать варианты изменения предстательной железы с диагнозом ее гиперплазии на гликозоаминогликаны и гепарин при окраске по методу А. Унна.

**Научная новизна.** Нами было выявлено, что при постановке одного и того же диагноза, имеется большое число патоморфологических изменений ткани предстательной железы при окраске различными методами.

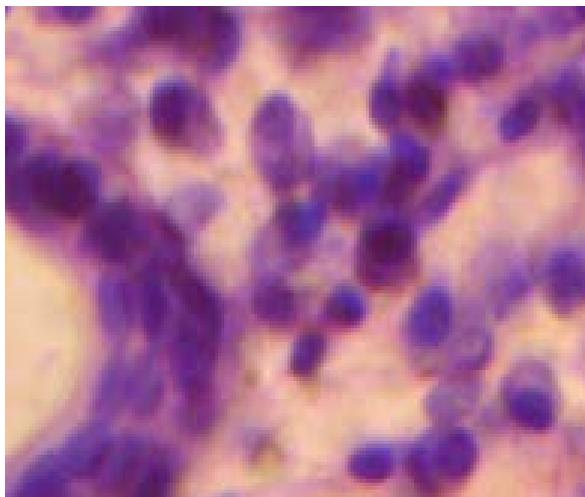
**3. Материал и методы.** с согласия пациентов проводилось исследование биопсийного материала у 25 мужчин в возрасте 59-63 года, взятых в ходе операции в БУ «ГКБ№1» г. Чебоксары. Для постановки диагноза препараты окрашивали гематоксилином-эозином. Для выявления гормоноподобных веществ исследовали индолсодержащие вещества с применением окраски по методу Массона-Фонтаны; 3.Окраску методом А. Унна применяли для выявления зрелости гепарина;

**4. Результаты и их обсуждение.** Нами обнаружено, что при постановке одного и того же диагноза «Гиперплазия предстательной железы», картина препаратов, в результате окрашивания разными методами, не всегда совпадают. Нами во всех препаратах выявлено, что при любых методах исследования эпителий уретры неравномерно утолщен, имеются участки как метаплазии эпителия, так и участки без эпителия. Однако, в половине случаев можно было видеть, что эпителий в железах имеет многорядность, с появлением на клетках ресничек. Просветы желез расширены на всех уровнях простаты. В концевых секреторных отделах желез эпителий также расположен неравномерно (Рис. 1). В ткани железы, как в соединительной ткани собственной пластинки *t. mucosae*, так и в гладкомышечных слоях *t. muscularis* ткань инфильтрирована зрелыми клетками крови: нейтрофилами, макрофагами, лимфоцитами. Особо следует отметить наличие большого числа лимфоцитов. У 25 % пациентов мы об-

наружили в *t. mucosae* предстательной железы, кроме лимфоцитов, еще эозинофилы и плазматические клетки (Рис. 2). Наличие плазматических клеток свидетельствуют о том, что очевидно идет бласттрансформация В-лимфоцитов в плазмоциты. В этом случае можно думать, образование плазмоцитов происходит в ответ на образование эндотоксинов.



**Рис. 1.** Изменение высоты эпителия в концевых секреторных отделах желез. Окраска гематоксилин эозином. Микроскоп Биолам. Ув. 400.



**Рис. 2.** Появление групп: 1. Плазматических и 2. Тучных клеток между секреторными отделами желез. Окраска гематоксилин эозином. Микроскоп Биолам. Ув. 400.

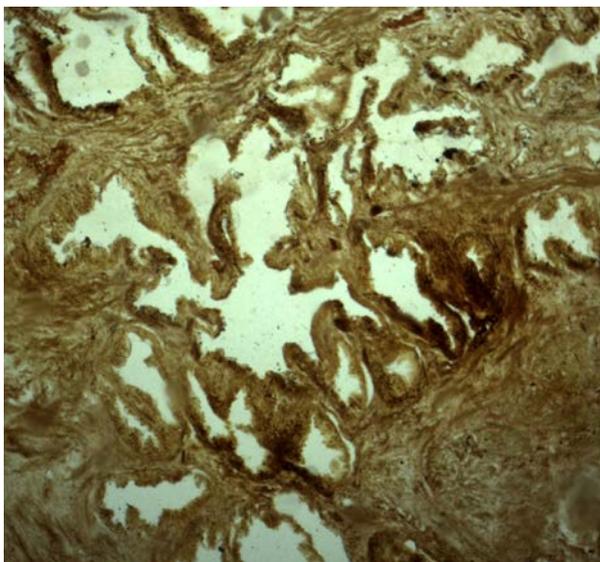
У большинства пациентов инфильтрирована лимфоцитами и нейтрофилами соединительная ткань около главных желез. В этом случае, очевидно, идет гнойный процесс в более глубоких слоях предстательной железы. В главных железах обнаруживаются эпителиальные клетки, с признаками слабо выраженной дисплазии, которые у разных пациентов расположены по-разному: у одних они расположены группами, у других – единично.

При окраске методом Массона-Фонтаны на индолсодержащие вещества в эпителии подслизистых желез определяются клетки, которые импрегнируются на +5. По условиям метода, усиленная импрегнация структур говорит о наличии повышенного содержания несвободного серотонина, который влияет на усиленное созревание и дифференцировку исследуемых клеток (Любовцева Л.А. и др. 2016). Кроме того, клетки, дающие реакции по этому методу, по аналогии с кишечником, можно отнести к клеткам АПУД-системы, т.е. к ЕС – клеткам (Елисеева Л.С., 1982).

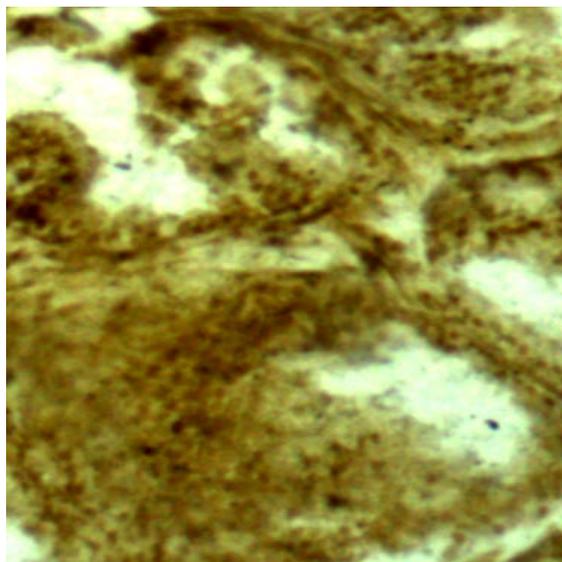
У большинства пациентов мы наблюдали повышенное содержание в ткани железы лимфоидных скоплений, в которых плазматические клетки не были обнаружены. Можем предположить, что здесь находятся Т-лимфоциты. В соединительной ткани предстательной железы у всех пациентов имеется повышенное число тучных клеток, которые при импрегнации серебром имеют реакцию на +5. Среди них половина клеток дегранулированы. Хочется отметить, что общее содержание связанного серотонина в ткани железы резко снижено, в то время как, у здоровых пациентов этого не наблюдается.

Между секреторными отделами главных желез имеются образования, похожие на кисты с утолщенными стенками (Рис. 4), у некоторых пациентов они заполнены гомогенным содержимым (Рис. 6). Там же определяются положительные на этот метод нейтрофилы и лимфоциты. Сосуды расширены и кровенаполнены. При рассмотрении препаратов на гликозаминогликаны и гепарин мы заметили, что эпителий уретры и желез окрашен ортохромно, неравномерно утолщен. В базальной части эпителия определяются темные базофильно окрашенные клетки. При окраске данным методом обращает внимание наличие большого числа бета-метахроматичных тучных клеток, в то время как у здоровых пациентов тучные

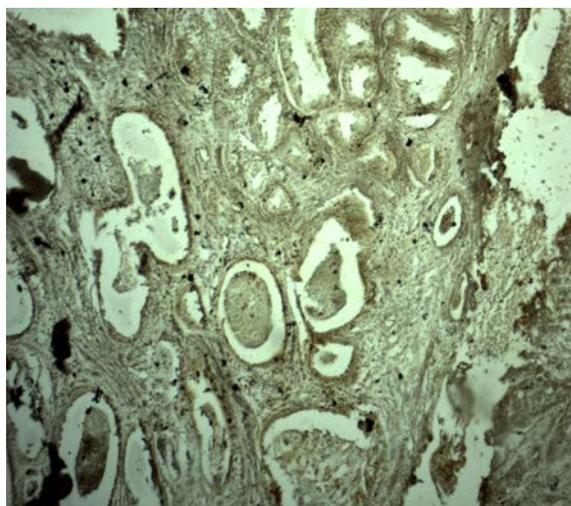
клетки гамма-метахроматичные, что говорит о том, что гепарин в имеющихся тучных клетках не досульфатирован, что влечет за собой недостаточную инактивацию некоторых нейромедиаторов. В тоже время, бета-метахроматичные тучные клетки распадаются, образуя конгломераты из гранул. Это говорит о том, что вместе с дегрануляцией тучных клеток в окружающую ткань попадают свободные нейромедиаторы, изменяя концентрацию этих веществ в соединительной ткани, что может привести к изменению процесса митотического деления, появлению атипичных клеток.



**Рис. 3.** Изменение высоты эпителия в концевых секреторных отделах главных желез. Окраска по методу Массона-Фонтаны. Микроскоп Биолам. Ув. 400.



**Рис. 4.** Отсутствие эпителия на стенках желез. Окраска по методу Массона-Фонтаны. Микроскоп Биолам. Ув. 400.



**Рис. 5.** Фибриноид. Окраска по методу Массона-Фонтаны. Микроскоп Биолам. Ув. 400.

**Рис. 6.** Кисты с гомогенным содержимым. Окраска по методу Массона-Фонтаны. Микроскоп Биолам. Ув. 400.

В 13 % случаев, при окрашивании методом по А. Унна нами были обнаружены ортохромные гомогенные окрашенные склерозированные образования в ткани предстательной железы. В 25 % случаев в соединительной ткани железы имеются образования по типу фибриноида. Очевидно, идет патологическое перерождение ткани предстательной железы. При окраске методом А.Унна, у здоровых пациентов соединительная ткань окрашивается орто-

хромно с легкой метахромазией. В данном случае ткань окрашивается оксифильно, что по условиям метода указывает на то, что в большом количестве присутствует белковый компонент. При этом, в этих образованиях структура ткани не сохранена.

## 5. Выводы:

1. В большинстве изучаемых нами случаях в эпителии простаты в 68% случаев определяются мелкие клетки с признаками слабовыраженной дисплазии.
2. У всех пациентов при диагнозе «Гиперплазии предстательной железы» ткань железы импрегнируется очень слабо, в ней недостаточное количество несвободного серотонина (индолсодержащих веществ);
3. Тучные и плазматические клетки, лимфоциты содержат индолсодержащие вещества в повышенной концентрации
4. При окраске методом А.Унна выявлено недостаточное содержание в ткани гепарина, и резкое увеличение числа недосульфатированных бета- метахроматичных тучных клеток, половина из которых дегранулируют.
5. В некоторых случаях в тканях железы образуется фибриноид.
6. Сравнивая срезы биопсийного материала пациентов с диагнозом «Гиперплазия предстательной железы», нами была выявлена разная морфологическая картина всех структур этого органа, в связи с чем, при постановке данного диагноза необходимо учитывать все варианты изменений этого органа и правильно их оценивая.

## Список литературы

1. Елисева Л.С. Специфическое связывание серотонина клетками интактных и иммунизированных мышей / Л.С. Елисева, Л.Е. Стефанович, В.С. Панова // Регуляция иммунного гомеостаза. Л.: Изд-во НИИ эксперимент. мед., 1982. С. 139-140.
2. Любовцева Е.В., Воробьева О.В., Плюхин С.В., Любовцева Л.А., Сравнительный анализ влияния ауто- и аллогенной трансплантации костного мозга на структуры костного мозга. Морфология. XIII Конгрессе международной ассоциации морфологов. 2016. Т. 149, №3. С. 127-128.

## ГИПОТЕТИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТОЧЕК АКУПУНКТУРЫ

Е.В. Любовцева<sup>1</sup>, Л.А. Любовцева<sup>1</sup>, В.Б. Любовцев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»

г. Чебоксары, Московский проспект, 45

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Московский педагогический государственный университет,

г. Москва, Малая Пироговская ул., 1, Москва

Точки акупунктуры регулируют все адаптивные процессы в организме (E.V. Lubovceva; V.B. Lubovcev, 2006), очень четко реагируют на каждое, даже небольшое изменение во внешней среде путем изменения синтеза нейромедиатора и энергетических веществ. С помощью правильного подбора точек можно корректировать их работу в случае сбоя функционирования данного механизма при заболеваниях или аномалиях развития организма. В ТА особенно хорошо развиты адренергические нервные волокна, которых по числу в разы больше, чем вне точки. Система ТА очень тесно связана с трансмиссивной системой в виде ТА и ГЛК, нервной системой и работает с ними в тандеме. Можно даже предположить, что именно акупунктурная система руководит эндокринной и нервной системами. Но это всего лишь смелое предположение, так как центральной акупунктурной системы мы не знаем.

**Ключевые слова:** ТА – точки акупунктуры, ТК – тучные клетки, ГЛК – гранулярные люминесцирующие клетки, БА – биогенные амины

Acupuncture points regulate all adaptive processes in the body (E. V. Lubovceva; V. B. Lubovcev, 2006), very clearly react to each, even a small change in the environment by changing the synthesis of neuroamine and energy substances. With the help of the correct selection of points, you can adjust their work in case of failure of this mechanism in diseases or abnormalities of the body. In THAT particularly well-developed adrenergic nerve fibers, which in the number of times more than outside the point. The TA system is very closely connected with the transmitter system in the form of TA and GLK, the nervous system and works with them in tandem. We can even assume that it is the acupuncture system that controls the endocrine and nervous systems. But this is only a bold assumption, since we do not know the Central acupuncture system.

**Key words:** TA-acupuncture points, TC-mast cells, GLC-granular luminescent cells, BA-biogenic amines

О наличии точек акупунктуры (ТА) на теле человека, по данным литературы, было известно еще 3,5 тыс. лет тому назад, также, как и о существовании каналов, отвечающих за определенные функциональные особенности органов. Известно физиологическое действие точек, а вот их строение не известно до сих пор. В последнее время все большее число лечащих врачей и ученых во всем мире пытаются понять строение точек и каналов.

Известно (1), что у человека ТА содержат биоаминпродуцирующие клетки, в которых синтезируются нейромедиаторы. К таким клеткам относятся тучные, ГЛК или аминоциты, пигментные клетки, которые располагаются в эпителии, под эпителием, в дерме и гиподерме, около потовых и сальных желез, волосяных луковиц. В зависимости от локализации ТА соотношение этих клеток разное. Разное в них расположение и адренергических нервных волокон. Тучные и ГЛК содержат в себе биогенные амины, нейроспецифическую эстеразу, синаптофизин, соматостатин, вещество РР и многие другие биологически активные вещества, в связи с чем, их относят к нейроэндокринной системе (5,6, 2,3). Что удивительно, что кожа вне точки имеет все те же элементы, но число соответствующих клеток и содержание в них нейромедиаторов на порядок меньше. По данным (1) биоаминсодержащие клетки очень плотно располагаются около потовых и сальных желез, около сосудов и образуют визуальные контакты с адренергическими нервными волокнами. Большое значение для понимания механизма действия акупунктуры имеют знания функциональной значимости нейромедиаторов, имеющих, на клеточном уровне, очень широкий спектр воздействия. Одной из известных функций нейромедиаторов является их трансмиссивная функция. Известно, что на большинстве кровеносных клеток имеются к ним рецепторы. Это говорит о том, что клетка воспринимает нейромедиаторные вещества, а возможно и контролируется ими.

Считаем, что механизм действия ТА следующий. Точки акупунктуры (ТА) имеют четкий циркадный ритм (4). Днем через эпителий кожи поступают кванты света, которые спо-

способствуют синтезу биоактивных веществ, в том числе и нейроаминов из веществ, поступающих из крови. В дневное время синтезируется дозированное количество нейроаминов (трансммиттеров), которое, очевидно, зависит с одной стороны от нужд самого организма и с другой стороны соответствует состоянию внешней среды на данный момент, т.е. количество нейроаминов адаптивно приспособливает организм к внешней среде. Кроме квантов света, энергия на синтез нейроаминов поступает, очевидно, и от электромагнитных колебаний Земли. Ночью клетки начинают отдавать насинтезированные вещества, происходит их поступление в кровь, и дистантно эти вещества поступают в места их потребления. Кроме того, часть нейроаминов могут адсорбироваться на гликокаликсе некоторых элементов крови, таких как эритроциты и перенос осуществляется не только гуморально через плазму, но и через эти клетки. Тромбоциты также содержат некоторые биологически активные вещества. Переход трансмиттеров во внутреннюю среду организма (межтканевую жидкость, а оттуда в кровь) происходит в 3 часа ночи из тучных клеток и ГЛК дермы и гиподермы, а возможно и из эндокриноподобных клеток, расположенных около потовых и сальных желез (4). Захват нейроаминов клетками переносчиками и поступление этих веществ осуществляется в первую очередь в центральные и периферические органы иммунитета: гипоталамус, костный мозг, тимус и т.д., а также в сенсорные органы. Такой перенос приводит к постепенному снижению нейроаминов в местах их синтеза. В течение ночного времени суток нейроамины используются на синтез соответствующих нейротрансммиттеров центральными и периферическими органами иммунной системы и сенсорными органами в связи с потребностями организма, т.е. адаптивно. Далее продукты жизнедеятельности от названных структур захватываются макрофагами и переносятся с кровью в кожу.

В дневное время вновь начинается синтез нейроаминов в биоаминсодержащих структурах кожи в ТА. Биоаминсодержащие структуры кожи имеются во всех слоях и на всем протяжении, и все они в целом могут производить синтез нейроаминов. Но кожа выполняет множество функций. В ней очень активно происходит размножение и пролиферация многих клеток. Поэтому биоаминсодержащие клетки располагаются также около сальных и потовых желез, где постоянно идут процессы пролиферации и восстановления. В связи с чем, исследуемый нами механизм функционирования системы биоактивных точек, их связь с остальными системами организма – гормональной, кроветворной, нервной, наиболее активно выполняется в особо отведенных участках кожи через ТА.

Эволюционно ТА дифференцировались по механизму действия. В некоторых из них происходит не только синтез нейроаминов, но и накопление энергии квантов света. В этом случае квант света способствует синтезу меланина в меланоцитах эпителия кожи. Каждая меланиновая гранула содержит, как трансформатор, большой объем энергетического материала. Это энергетические акупунктурные точки. Объем необходимых накопленных веществ приводит в возбуждение, так называемую, точку пособник. Точка пособник передает информацию об объеме накопленных веществ и энергии в тормозную точку. Тормозная точка, приходя в возбуждение, тормозит энергетическую точку. Синтез веществ и энергии в ней прекращается. Как только объем веществ и энергии уменьшается все приходит в движение, но уже в обратном направлении. Один канал содержит все виды точек по данному органу, а связь с другими каналами осуществляется через особые точки, названные ло-пунктами.

Существует строгая последовательность работы как точек в одном канале, так и функционирование каналов в целом, существует их ритм. Именно по строгому суточному и недельному ритму в здоровом организме работают и ТА (4). Кстати, остальные участки кожи вне точек, не подвержены данному ритму. Вполне возможно, что участки кожи вне точек также имеют свой ритм, но уже связан с абсолютно другими функциями кожи. Так свой ритм имеют потовые и сальные железы кожи, а также синтез липидов и накопление воды. В связи с чем даже проводимость, сопротивление кожи и электропотенциал разные в точке и вне ее (4).

Исходя из наших рассуждений, можно легко объяснить влияние различных методов воздействия на разные точки. Лазер, обладая большим энергетическим потенциалом, способствует быстрому накоплению энергетического материала и синтезу нейроаминов в неурочное для точки время. Лазер обладает еще одним хорошим качеством, он способствует сульфатированию (созреванию) гепарина, т.е. веществу, способного инактивировать (химически связывать) нейроамины, и таким способом убрать их излишки из тканей. Гепарин связывает на своей молекуле 200 молекул серотонина и столько же гистамина (Лукашин Б.П., 1976).

Иглокальвание воздействует механически на биоаминсодержащие структуры кожи в ТА и вызывает выход нейротрансмиттеров в кровь в необычное для организма время. Воздействуя на разные, по механизму действия, точки можно усилить работу или возбуждающей, или тормозной точек, способствовать перебросу энергии с одной точки на другую, с одного канала на другой. Но в этом случае необходимо знать очень четко сочетание этих точек, время лучшего воздействия и длительность процедуры.

В старинных трактатах все это описано. Возникает вопрос. Кто и когда занимался всем этим, откуда пришли к нам эти знания. Практически, именно ТА регулируют все адаптивные процессы в организме (7), очень точно реагирует на каждое, даже небольшое изменение во внешней среде путем изменения синтеза нейроамином и энергетических веществ. С помощью правильного подбора точек можно корректировать их работу в случае сбоя функционирования данного механизма при заболеваниях или аномалиях развития организма. Кроме того, в ТА особенно хорошо развиты нервные волокна, которых по числу значительно больше, чем вне точки. Таким образом, система ТА очень тесно связана с нервной системой и работает с ней в тандеме. Можно даже предположить, что именно акупунктурная система руководит эндокринной и нервной системами. Но это всего лишь смелое предположение, так как центральной акупунктурной системы мы не знаем.

**Вывод.** Акупунктура влияет на содержание биогенных аминов в структурах кожи через биоаминсодержащие клетки, на гемодинамику структурных элементов в ней в зависимости от локализации точки и времени экспозиции иглы в ней.

### Список литературы

1. Гурьянова Е.А., Любовцева Л.А. Сравнительная характеристика тучных клеток кожи крыс в области точек акупунктуры М. Ж. Морфология. 2006. №2. С. 34-38
2. Любовцева Л.А. Люминесцентно-гистохимическое исследование аминосодержащих структур костного мозга, тимуса и крови при действии нейромедиаторы и антигенов Чебоксары. ЧГУ, 1993, 100 с.
3. Любовцев В.Б. Разработка, создание и внедрение в медицинскую практику комплекса автоматизированной компьютерной рефлексотерапии. Москва. Автореф. ... дисс. д.м.н. 1997. 28 с.
4. Любовцева Е.В. Влияние антигенов на локализацию нейромедиаторов в нервные структуры костного мозга. Бабухинские чтения в Орле. Москва. 2005. С. 130-131.
5. Райхлин Н.Н., Махник Г. АРУД-система (диффузная эндокринная система): новые данные и направления исследований. //Успехи современной биологии. М.Наука. Вып. 2. 1989. С. 209-223.
6. Яглов В.В. Актуальные проблемы биологии диффузной эндокринной системы //Архив АГЭ. 1. 1989. С. 14-29.
7. Lubovceva E.V., Lubovcev V.B.. Dynamics of neyromediators bone marrov and skin structures of rats while acupuncture into the point of hipothalamus International / Congress of Medical Cosmetic Acupuncture Aurangabad India 24 November. 2006. S. 39.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВНУТРИКИШЕЧНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ В ЛЕЧЕНИИ ДЕМПИНГ-СИНДРОМА У БОЛЬНЫХ РАКОМ ЖЕЛУДКА ПОСЛЕ ГАСТРЭКТОМИИ

Ю.А. Игонин, Долгов О.Ю., О.В. Хаванева

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н.Ульянова», г. Чебоксары

Представлены данные, что воздействие лучей гелий-неонового лазера на слизистую анастомозируемых петель тощей кишки является эффективным методом лечения демпинг-синдрома различной степени тяжести у больных раком желудка после проведенной операции гастрэктомии. При модифицированном рентгеноконтрастном и пролонгированном фиброэндоскопическом методе исследования установлено, что степень тяжести клинических проявлений при демпинг-синдроме зависит от скорости эвакуации контрастного вещества из пищеводно-еюнального комплекса и количества забросов кишечного содержимого в пищевод. При этом было установлено, что клинические проявления демпинг-синдрома либо исчезают, либо их тяжесть и интенсивность резко снижаются. При легкой степени количество рефлюксов кишечного содержимого в пищевод составляло 2, 4±0, 24 (P<0, 001), при средней – 3, 1±0, 24 (P<0, 001), при тяжелой степени тяжести – 3, 4±0, 67 (P<0, 001). Экспозиция контрастного вещества в пищеводно-еюнальном комплексе сохранялась в пределах 60-90 минут.

**Ключевые слова:** гастрэктомия, болезнь оперированного желудка, демпинг-синдром, методы диагностики.

The data represented that the effect of helium-neon laser rays on the mucous membrane of anastomosed loops of the jejunum is an effective method of treatment of dumping syndrome of varying severity in patients with gastric cancer after gastrectomy. With a modified radiopaque and prolonged fibroakusticheskie research method installed that the severity of clinical manifestations when dumping syndrome depends on the speed of evacuation of contrast medium from the esophageal-oral complex and the number of casts of the intestinal contents into the esophagus. It was established that clinical manifestations of dumping syndrome either disappear or their severity and intensity decrease sharply. At a mild degree, the number of reflux of intestinal contents into the esophagus was 2.4±0.24 (P<0.001), at an average – 3.1±0.24 (P<0.001), at a severe severity – 3.4±0.67 (P<0.001). The exposition of the contrast medium in the esophageal-aynalem complex was maintained within 60-90 minutes.

**Keywords:** gastrectomy, complications following gastric surgery, dumping syndrome, diagnostic methods.

**1. Введение.** Исследования многих авторов, занимающихся изучением отдаленных последствий операций на желудке, показывают, что у значительного числа больных на различных сроках после хирургического вмешательства возникает ряд функциональных и органических синдромов, объединенных общим понятием «болезнь оперированного желудка». Демпинг-синдром после операции на желудке является одним из наиболее частых и тяжелых постгастрорезекционных и постгастрэктомических осложнений. Его частота после полного удаления желудка колеблется в широких пределах от 0, 8 до 88% [8, 5, 16, 18, 19].

Отсутствие желудка приводит к существенным нарушениям во вновь созданном анатомо-функциональном комплексе, а именно к ускоренному прохождению химуса по анастомозируемым петлям тонкого кишечника, снижению функции поджелудочной железы, дисбалансу гастроинтестинальных гормонов, морфологическим изменениям слизистой оболочки кишки [3, 1, 13, 17].

Считается, что главной причиной развития демпинг-синдрома является разрушение пилорического жома и исключение из акта пищеварения двенадцатиперстной кишки, а также имеет значение объем хирургического вмешательства и способ формирования пищеводно-еюнального соустья, что признается большинством специалистов, занимающихся хирургической гастроэнтерологией [10, 12, 15].

Вышеизложенные нарушения приводят к функциональным нарушениям, которые характеризуются большим разнообразием симптомов, трудно поддающимся систематизации. Японское общество хирургов-гастроэнтерологов подразделяет весь этот разнообразный спектр симптомов, развивающихся при демпинг-синдроме, на истинный демпинг-синдром, проявляющийся абдоминальными симптомами, и псевдо-демпинг-синдром, проявляющийся внеабдоминальными симптомами [20].

Таблица 1.

| Истинный демпинг-синдром<br>(абдоминальные симптомы)   | Псевдо-демпинг синдром<br>(внеабдоминальные системные симптомы)  |
|--|--|
| урчание в животе<br>боли в животе<br>диарея (исключая прием молока)<br>тошнота<br>рвота<br>метеоризм<br>абдоминальный дискомфорт | чувство слабости во время еды или спустя 15-30 минут после приема пищи<br>повышенное потоотделение<br>боли в области сердца<br>головокружение<br>шум в ушах<br>покраснение лица<br>чувство жара в теле<br>сухость во рту<br>сонливость<br>головная боль, дрожь в теле<br>сердцебиение<br>спутанное сознание, коллапс или шок |

Такое разделение клинических проявлений демпинг-синдрома имеет важное значение при выборе медикаментозной консервативной терапии, направленной на различные звенья патогенетического лечения данной патологии. Клинические признаки демпинг-синдрома, развивающегося после приема пищи, реализуются преимущественно по симпатoadреналовому типу, либо по ваготоническому [9, 11]. Для симпатoadреналового типа демпинг-синдрома характерны: бледность кожных покровов, возбуждение, тремор конечностей, озноб, тахикардия, повышение АД, вздутие живота, головная боль. При ваготоническом типе наблюдаются гиперемия кожи, усиление саливации, потоотделения, брадикардия, снижение АД, тошнота, схваткообразные боли в животе, понос, чувство нехватки воздуха. Кроме клинических признаков существует множество способов диагностики демпинг-синдрома. Среди них измерение артериального давления (АД), частоты пульса, минутного объема сердца и объема циркулирующей плазмы, периферического кровотока, изменения электрокардиограммы (ЭКГ), динамика изменений показателей гликемии, кардиоритмография, радиоизотопные исследования с использованием меченой  $^{99m}Tc$  для изучения моторно-эвакуаторной функции кишечника [2, 10, 21], а также рентгено-контрастные методы исследования и различные эндоскопические методы исследования, направленные на оценку перистальтической активности петель тощей кишки [4, 6]. Однако, принимая во внимание значительное разнообразие проявлений демпинг-синдрома после гастрэктомии, вышеизложенные методы диагностики не всегда способны в клинических условиях идентифицировать все особенности его течения, что свидетельствует о необходимости дальнейших поисков не только новых методов диагностики данного осложнения, но и патогенетических методов лечения, конечной целью которых является улучшение результатов лечения.

Цель исследования – оценка эффективности внутрикишечной лазерной терапии в лечении демпинг-синдрома различной степени тяжести у больных раком желудка после его полного удаления, направленная на значительное улучшение качества жизни больных данной патологией.

**2. Материал и методы.** В исследование включены 56 больных демпинг-синдромом после операции гастрэктомии. Легкая степень демпинг-синдрома была в 52,2% случаев, средней степени тяжести у 36,6% и тяжелая – в 11,2 % случаев. Характер функциональных изменений в пищеводно-еюнальном комплексе при демпинг-синдроме изучен у 26 больных с применением метода пролонгированного фиброэзофагоеноскопического исследования и у 30 больных с применением модифицированного рентгеноконтрастного метода исследования пассажа бария по пищеводно-еюнальному комплексу. Метод пролонгированного фиброэзофагоеноскопического исследования позволил оценить динамику движения кишечного содержимого, характер перистальтики анастомозируемых петель тощей кишки, состояние

межкишечного соустья и произвести точный подсчет количества забросов кишечного содержимого, определить их частоту и интенсивность.

Модифицированный рентгеноконтрастный метод исследования пассажа бария по пищеводно-еюнальному комплексу дал возможность определить скорость продвижения кишечного содержимого по анастомозируемым петлям тощей кишки в динамике и определить время его экспозиции. Для этого производились серийные снимки через определенные промежутки времени – 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150 и 180 минут [7, 14]. Что очень важно, полученные при этих методах исследования данные полностью коррелируют с клиническими проявлениями демпинг-синдрома различной степени тяжести. Для подтверждения этой точки зрения данной группе больных проведено лазерное воздействие на слизистую анастомозируемых петель тощей кишки. В качестве источника излучения для этого был использован гелий-неоновый лазер УЛФ-01, имеющий длину волны 0,6328 мкм, мощность излучения 25 мВт/см<sup>2</sup> и мощностью на выходе – 20-30 мВт.

**3. Результаты и их обсуждение.** Исследования показали, что примененные методы диагностики и лечения являются точными в определении степени тяжести клинического течения демпинг-синдрома и, что очень важно, эффективными в определении качества лечения данной патологии. Это позволило в отдельности определить значимость каждого элемента функциональной системы пищеводно-еюнального комплекса.

Особенность забросов кишечного содержимого в пищевод состояла в том, что они отличались быстротой и кратковременностью нахождения в анастомозируемых петлях, что было связано с повышенной активностью перистальтики анастомозируемых петель тонкой кишки. Кишечное содержимое в буквальном смысле проваливалось и его уровень нахождения в пищеводно-еюнальном комплексе не определялся. Это было характерно для легкой степени демпинг-синдрома. Напротив, демпинг-синдром средней и тяжелой степени характеризовался снижением двигательной активности петель тощей кишки. Анастомоз был малоподвижным. Петли тощей кишки были расширены, атоничны, содержали значительное количество кишечного содержимого. Межкишечное соустье было в виде ригидного зияющего кольца. Что касается забросов кишечного содержимого, их количество значительно возросло и они имели затяжной характер. Их особенностью было то, что они появлялись на фоне стаза кишечного содержимого, который после очередного всплеска оставался в пищеводно-еюнальном комплексе. При этом визуально был виден уровень стаза.

**Таблица 2**

Динамика колебаний количества забросов кишечного содержимого в пищеводно-еюнальном комплексе при демпинг-синдроме до и после лазерной терапии

| Виды клинического течения | Количество больных | Статистические показатели | Количество рефлюксов до лечения | Количество рефлюксов после лечения |
|---------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Легкая степень            | 8                  | M<br>m <sup>t</sup><br>P  | 7,6<br>0,49<br><0,001           | 2,4<br>0,24<br><0,001              |
| Средняя степень           | 8                  | M<br>m <sup>t</sup><br>P  | 13,5<br>0,69<br><0,001          | 3,1<br>0,24<br><0,001              |
| Тяжелая степень           | 8                  | M<br>m <sup>t</sup><br>P  | 13,4<br>0,8<br><0,001           | 3,4<br>0,67<br><0,001              |

Проведенная внутрикишечная лазеротерапия на область слизистой анастомоза и анастомозируемых петель тощей кишки выявила, что количество забросов кишечного содержимого при всех степенях тяжести демпинг-синдрома значительно снижалось. При легкой степени тяжести количество рефлюксов составляло в среднем 7,6±0,49 (P<0,001), при средней – 13,5±0, (P<0,001), при тяжелой – 13,4±0,8 (P<0,001). После лазерного воздействия на

слизистую пищеводно-еюнального комплекса при легкой степени количество рефлюксов в среднем составило  $2,4 \pm 0,24$  ( $P < 0,001$ ), при средней  $3,1 \pm 0,24$  ( $P < 0,001$ ), при тяжелой степени тяжести  $3,4 \pm 0,67$  ( $P < 0,001$ ). Это способствовало исчезновению, либо снижению интенсивности клинических проявлений демпинг-синдрома и значительно отражалось на качестве жизни пациентов.

Полученные данные выявили прямую зависимость проявлений клинических симптомов от количества рефлюксов кишечного содержимого. При легкой степени клинические симптомы полностью купировались. При средней и тяжелой степени их выраженность и интенсивность существенно снижались. Аналогичные результаты были получены при модифицированном рентгеноконтрастном методе исследования.

Было установлено, что при легкой степени демпинг-синдрома контрастная масса эвакуируется из пищеводно-еюнального комплекса уже через 15 мин. При средней и тяжелой степени – через 120-150 мин, что сопровождалось соответствующими клиническими проявлениями. После проведения внутрикишечной лазерной терапии при легкой степени демпинг-синдрома экспозиция контрастной массы с 15 мин увеличивалась до 90 мин. При средней и тяжелой степени демпинг-синдрома экспозиция контрастной массы со 120-150 мин уменьшалась до 90 мин. Этим было доказано, что оптимальной экспозицией контрастной массы в анастомозируемых петлях тощей кишки является время от 60 до 90 мин и что коррелировало с выраженностью клинических проявлений демпинг-синдрома. При легкой степени они исчезали полностью, при средней и тяжелой – значительно снижалась их интенсивность. В конечном итоге это приводило к улучшению качества жизни пациентов.

### **Выводы.**

Проведенное исследование подтвердило, что изменения, происходящие в пищеводно-еюнальном комплексе, к которым приводит операция гастрэктомии, являются непосредственной причиной в развитии клинических проявлений демпинг-синдрома той или иной степени тяжести.

Применение метода внутрикишечной лазерной терапии показало, что он является патогенетическим методом лечения данной патологии. Может быть использована в профилактических целях, а также как элемент комбинированного лечения в сочетании с другими методами в коррекции нарушений, связанных с полным удалением желудка.

### **Список литературы**

1. Акимов, В.П. Новый взгляд на патогенез демпинг-синдрома. / В.П. Акимов, Л.Г. Дваладзе, М.З. Чургулия // Клиническая больница. №2–3(05), 2013. – С. 12–15.
2. Антонян, В.П. Использование метода кардиоритмографии для определения типа демпинг-реакции при постгастрорезекционном демпинг-синдроме/ В.П. Антонян, С. В. Антонян // Вестник новых медицинских технологий. 2009. Т. XVI, – №4. – С. 188–190.
3. Барышев, А.Г. Новый способ еюногастропластики после гастрэктомии по поводу рака желудка / А.Г. Барышев, Н.В. Хачатурьян // Российский онкологический журнал. – 2013.– №3. – С. 38–41. Великолуг, К.А. Роль эндоскопических исследований в экспертно-реабилитационной диагностике больных и инвалидов с оперированным желудком / К.А.
4. Великолуг, Ж.М. Сизова, Е.К. Баранская // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии». – 2012. Т. 22. – №1. – С. 31–35.
5. Винник, Ю.А. Пути уменьшения частоты возникновения и тяжести алиментарно-энтерогенного вегетативного синдрома после гастрэктомии / Ю.А. Винник, В.В. Олексенко // Клінічна хірургія. – 2013. – №1. – С. 69–73.

6. Гибадулин, Н.В. Реконструкция пищеводно–кишечных и желудочно–кишечных анастомозов по Ру как метод хирургической коррекции постгастрорезекционных и постгастрэктомических синдромов / Н.В. Гибадулин, И.О. Гибадулина // Хирургия. Журнал им. И.Н.Пирогова. – 2011. – №11. – С. 32–36.
7. Жерлов, Г. К. Основы функциональной хирургической гастроэнтерологии / Г.К. Жерлов // Практическое руководство для врачей. – Томск: Изд-во Том. ун-та, – 2009. – 274 С.
8. Квашнин Ю.К. Последствия гастрэктомии./ Ю.К. Квашнин, Ю.М. Панцырев // М., Медицина, 1967. – 127 С.
9. Кузин, М.И. Патогенетические аспекты постгастрорезекционных синдромов / М.И. Кузин, М.А. Чистова // Хирургия им. Н.И.Пирогова. – 1976. – №2. – С. 78–83.
10. Олексеенко, В.В. Оценка эффективности создаваемого тонкокишечного резервуара после гастрэктомии / В.В. Олексеенко // Хирургия Украины. 2012. – №2 (42). – С. 041–049.
11. Самсонов, М.А. Постгастрорезекционные синдромы. (Патогенез, клиника, лечение) / М.А.Самсонов, Т. И. Лоранская, А.П. Нестерова // Монография. М. Медицина. – 1984. – 192 с.
12. Федоров, И.В. Поздние осложнения желудочной хирургии / И.В. Федоров // Московский хирургический журнал. 2015. – №3(43). – С. 27–32.
13. Худаеров, Н.В. Новое в хирургии рака желудка в Узбекистане / Н.В. Худаеров, С. Н. Наврузов, М.Д. Джураев, А.К. Этонов // Онкологический журнал. – 2012. – Т. 6. №1(21). – С. 75–78.
14. Черноусов, Ф.А. Сравнительная оценка способов формирования эзофагоюноанастомоза при гастрэктомии / Ф.А. Черноусов, Р.В. Гучаков // Восстановительные и органосберегающие технологии – главный путь развития хирургии XXI века: материалы конф. РНЦХ им. Б.В. Петровского РАМН. М., – 2004. – С. 131.
15. Chaves Destefani AC/ Pathophysiology of Dumping Syndrome and its relation to bariatric surgery. Ang. Bras Cir Dig/ Chaves Destefani AC// – 2016/ 29 Suppl 1(Suppl). – P. 116–119.
16. Patrick Berg. Dumping Syndrome: A Review of the Current Concepts of Pathophysiology, Diagnosis and Treatment / Patrick Berg, Richard McCallum // Digestive Diseases and Sciences/ January 2016. –Volume 61, issue 1. – P. 11–18.
17. Scholmerich, J. Postgastrectomy syndromes – diagnoses and treatment / J. Scholmerich // Res. Clin. Best Pract. Gastroenterol. – 2004. – Vol.18. №5. – P.917–933.
18. Shinji Mine, MD. Large–Scale Investigation into Dumping Syndrome after Gastrectomy for Gastric Cancer / Mine Shinji, MD; Sano Takeshi, MD; Tsutsumi Kenji, MD; Murakami Yoshitaka, PhD // Journal of the American College of Surgeons. – November, 2010. – Volume 211, Issue 5. – P. 628–636.
19. Tomita, R. Relationship between jejunal interdigestive migrating motor complex and quality of life total gastrectomy with Roux–en–Y reconstruction for early gastric cancer / R. Tomita, S. Fujisakis, K. Tanojoh, M. Fukuzawa // World J. Surgery. – 2003. – Vol.27. – P. 159–163.
20. Tomson, A.B.R. Dumping syndrome/ A.B.R. Tomson, S. Padda, F. Ramirez, T.Aguirre / Medicine Gastroenterology. 2010. 26. – P. 1–20.
21. Van Beek. Dumping syndrome after esophageal gastric or bariatric surgery: pathophysiology, diagnosis and management / Van Beek, M. Emous, M. Laville, J. Tack // Obesity reviews. – Volume 18, Issue 1. – 2017. – P. 68–85.

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЛУЧЕВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛЕГКИХ ПРИ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ РАКОМ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДИК ОБЛУЧЕНИЯ

Ю.А. Игонин, А.А. Свеклова

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н.Ульянова», Чебоксары

При лечении больных раком молочной железы наблюдаются лучевые повреждения легких, что значительно снижает качество жизни пациентов. В статье приведены данные о частоте лучевых повреждений у пациенток раком молочной железы в зависимости от вида лучевой терапии, дозы и зоны облучения, показателей DVH. Лучевые повреждения легких встречаются при проведении двухмерной конвенциональной лучевой терапии и трехмерной конформной лучевой терапии у 37,3% и 30,0% соответственно. Частота лучевых поражений возрастает с включением регионарных зон метастазирования в объем облучения. Установлено, что при значениях DVH  $20 < 30\%$  и  $MLD < 15$  Гр частота лучевых повреждений легких значительно снижается, что не требует применения специальной корректирующей терапии.

**Ключевые слова:** рак молочной железы, трехмерная конформная лучевая терапия, двухмерная конформная лучевая терапия, лучевой пневмонит, пневмофиброзы.

In the treatment of patients with breast cancer, radiation damage to the lungs is observed, which significantly reduces the quality of life of patients. The article presents data on the frequency of radiation damage in patients with breast cancer, depending on the type of radiation therapy, dose and irradiation zone, DVH indicators.

Radiation injuries of the lungs occur during two-dimensional conventional irradiation and three-dimensional conformal irradiation in 37.3% and 30.0%, respectively. The frequency of radiation injuries increases with the inclusion of regional metastasis zones in the volume of irradiation.

It was found that with DVH values of  $20 < 30\%$  and  $MLD < 15$  Gy, the frequency of radiation damage to the lungs is significantly reduced, which does not require the use of special corrective therapy.

**Keywords:** breast cancer, three-dimensional conformal irradiation, two-dimensional conformal irradiation, radiation pneumonitis, pneumofibroses.

**1. Введение.** Рак молочной железы (РМЖ) в структуре онкологических заболеваний у женщин в России, в том числе и Чувашии является ведущей онкопатологией и составляет 20,9%. В 2017 году в России зарегистрировано более 60 тысяч случаев РМЖ, в Чувашской Республике – 447 больных с впервые выявленным РМЖ.

Принимая во внимание особенности развития РМЖ, лучевая терапия занимает одно из ведущих мест в комбинированном и комплексном лечении данной патологии [1,6]. Это позволяет увеличить безрецидивный период и продолжительность жизни больных РМЖ. Учитывая, что лучевое воздействие способно вызвать повреждения и в тканях здоровых органов и приводить к нарушению их функции, особое внимание мы обратили на риск возникновения лучевых повреждений со стороны легких. С этой целью в отделении радиотерапии АУ «РКОД» г. Чебоксары мы провели сравнительный анализ развития ранних лучевых повреждений лёгких при лечении больных РМЖ в режиме 2D КЛТ и 3D КЛТ. Дело в том, что линейный ускоритель Elekta Synergy с многолепестковым коллиматором позволяет проводить трехмерную конформную лучевую терапию 3D КЛТ по сравнению со старыми методиками двухмерной конвенциональной лучевой терапией 2D КЛТ. Мы предполагали, что применение лучевой терапии в режиме 3D КЛТ приведет к снижению риска лучевых повреждений близлежащих органов.

Повреждение лёгких при лучевой терапии (ЛТ) у лиц с РМЖ возникают по данным разных авторов, в 11,1% -100% больных [2,3]. Иногда возникают тяжёлые лучевые повреждения легочной ткани, которые значительно снижают качество жизни больных после ЛТ. Известно, что толерантность легочной ткани лежит в пределах 20-30 Гр, а для лечения РМЖ необходимы суммарные очаговые дозы 50-60 Гр, что превышает толерантность нормальной ткани лёгкого. Основным патогенетическим механизмом лучевых повреждений являются

нарушения тканевой и регионарной микроциркуляции, подавление репаративных процессов, а также изменения функционального состояния системы гемостаза [4].

Существует и другой взгляд на лучевые повреждения лёгких. А именно, наличие иммунологически опосредованного механизма, такого как гиперчувствительность к пульмониту [7]. В 1993 г. С. Robacrts с соавторами описали синдром «пульмониты», развивающегося вне поля облучения. Этот пульмонит развивается у незначительного числа пациенток с гиперчувствительностью лёгочной ткани к лучевой терапии, и возникает через 4-6 недель после облучения унилатерального лёгкого и характеризуется билатеральным альвеолитом. При планировании лучевой терапии используются данные QUANTEC (Quantitative Analyses of Normal Tissue Effects in the Clinic), согласно которым объём лёгких, получивший дозу 20 Гр (V20), не должен превышать 30 % [5,8].

В настоящее время продолжается изучение влияние определённых факторов на развитие индуцированного лучевого повреждения лёгких, таких как: курение, возраст, наличие хронических лёгочных заболеваний, продолжительность и последовательность проведения курсов химиотерапии и гормонотерапии тамоксифеном.

Лучевые повреждения лёгких подразделяются на ранние, которые развиваются в процессе ЛТ или в ближайшие 3 месяца после неё, и поздние – они имеют место спустя 3 месяца после ЛТ или комбинированного лечения. Такое ограничение установлено в радиобиологии, показавшего, что 90 дней – это крайний срок восстановления сублетально повреждённых клеток.

Пульмониты (пневмониты) – ранние лучевые повреждения лёгких. Проявляются в виде острого воспаления лёгочного сегмента или доли лёгкого. Пневмофиброзы – поздние лучевые повреждения – остаточные стабильные лучевые изменения в лёгких, они соответствуют топографически полям облучения и характеризуются хроническим течением.

Несмотря на появление новых методов ЛТ, а именно 3D КЛТ, лучевые повреждения нормальных тканей имеют место быть. Это зависит от многих факторов: возраст, курение, подведённые дозы облучения, дозиметрические параметры (V 20 и MLD – Mean Lung Dose), облучение зон лимфотока, последовательность проведения ЛТ и химиотерапии.

В 2013 г. проведён метаанализ, представленный К. Gokula с соавторами из онкоцентров Малайзии, Сингапура, Австралии, посвящённый изучению частоты лучевых повреждений лёгких у больных РМЖ после 3D КЛТ (с подведением очаговой дозы 50-60 Грей) [9]. В исследовании были включены пациентки с РМЖ I-III стадии с проведением 3D КЛТ, после хирургического лечения. Установлено: а) возраст старше 55 лет является фактором риска для развития пульмонитов у лиц РМЖ после 3D КЛТ; б) при облучении шейно-над-и подключичной зон увеличивается частота легочных повреждений; в) объём ипсилатерального лёгкого, получивший дозу 20 Гр (V 20), для снижения частоты лучевого пульмонита, должен быть менее 24% (но при адекватной дозе на PTV); г) MLD не должно превышать 12-15 Гр.; д) использование КТ обеспечивает более высокий уровень обнаружения лучевых повреждений в сравнении с рентгенологическим методом.

**2. Материал и методы исследования.** В отделении радиотерапии мы провели анализ данных о развитии лучевых повреждений лёгких у 124 пациенток РМЖ T1-4 N0-3 M0 стадий, получивших хирургическое, химиотерапевтическое лечение в 2015-2016 гг.

Оценены частота, степень выраженности, сроки регрессии лучевых повреждений лёгких у больных РМЖ. Проанализированы данные из амбулаторных, процедурных карт и расчётов медицинских физиков (анализ DVH), особо тщательно – заключения рентгенологических исследований при контрольных обследованиях. В таблице 1 представлено распределение пациенток в зависимости от вида проведенной ЛТ и объема лучевого воздействия.

При ретроспективном анализе рентгенограмм в амбулаторных картах (при контрольном посещении пациентов в поликлинике) получены данные, представленные в таблице 2.

Таблица 1.

Распределение пациенток в зависимости от вида проведённой ЛТ и полей облучения

| Вид ЛТ   | Пациентки (n=124) |               |
|--|-------------------|---------------|
|  | 2D КЛТ (n=103)    | 3D КЛТ (n=21) |
| Молочная железа  | n=21              | n=5           |
| Молочная железа + регионарные зоны или п/о рубец+рег. зоны | n=20              | n=3           |
| Только регионарные зоны                                    | n=62              | n=13          |

Таблица 2

Рентгенологические изменения легочной ткани в зависимости от полей облучения и вида проведённой ЛТ у 124 пациенток РМЖ

| Изменения легочной ткани     | 2D КЛТ (n=103)         |  |                         | 3D КЛТ (n=21)         |   |                         |
|------------------------------|------------------------|--|-------------------------|-----------------------|---|-------------------------|
|                              | Молочная железа n = 21 | Молочная железа+ рег. зоны, или п/о рубец + рег. зоны n = 20 | Только рег. зоны n = 61 | Молочная железа n = 3 | Молочная железа+ рег. зоны, или п/о рубец + рег. зоны n = 5 | Только рег. зоны n = 12 |
| Без патологии                | 21 (100%)              | 13 (60%)   | 34 (56%)                | 3 (100%)              | 4 (60%)   | 8 (67%)                 |
| Рентгенологические изменения | 0                      | 8 (40%)  | 27 (44%)                | 0                     | 2 (40%)   | 4 (33%)                 |
| Всего                        |                        | 34,3%  |                         |                       | 30,0%   |                         |

**3. Результаты и их обсуждение.** Приведенные данные свидетельствуют, что рентгенологически выявляемые повреждения лёгких встречаются одинаково часто при проведении 2D КЛТ и 3D КЛТ у 34,3% и 30,0% пациентов. Установлена зависимость между объёмом лучевого воздействия и выраженностью лучевых повреждений лёгких. Чаще они определяются при облучении молочной железы или послеоперационного рубца и регионарных зон, что связано с неизбежным лучевым воздействием на верхушку лёгкого в сравнении с их частотой при облучении только молочной железы. Эта закономерность не зависит от вида ЛТ. Так при 2D КЛТ и 3D КЛТ рентгенологические изменения были обнаружены у 40% пациенток при облучении молочной железы или послеоперационного рубца и регионарных зон в сравнении с 20% при облучении только молочной железы [4].

Частота легочных повреждений у больных РМЖ в нашем исследовании достоверно не различалась при 2D КЛТ и 3D КЛТ и составила 34,3% и 30% соответственно. Рентгенологические признаки усиления легочного рисунка у пациенток определялись чаще через 8-12 недель после окончания ЛТ. Мы проанализировали DVH (дозо-объёмные гистограммы) у 20 пациенток в режиме 3D КЛТ, данные анализа приведены в таблице 3.

Таблица 3

Рентгенологические изменения лёгких в зависимости от клинических параметров лучевых планов 20 больных РМЖ

| Параметры                             | Рентгенологические признаки |                              |
|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|                                       | Без патологии               | Рентгенологические изменения |
| Медиана V 20 ипсилатерального лёгкого | 5 (25%)                     | 6 (30%)                      |
| Медиана MLD                           | 12,3 Гр                     | 19,2 Гр                      |

У 9 пациенток в режиме 3D КЛТ было установлено, что  $V_{20} > 30\%$ , и при этом у них не зарегистрировано данных за рентгенологические изменения в легких. Мы планируем через год у этих пациенток сделать контрольные КТ ОГК для окончательных выводов.

Таким образом, при значениях  $V_{20}$  для ипсилатерального легкого менее 30% у больных может и не быть изменений в легких или эти изменения будут проявляться усилением легочного рисунка. С увеличением  $V_{20}$  для ипсилатерального легкого более 30% и средней дозы на легкое свыше 15 Гр у больных возрастает риск развития лучевых пульмонитов.

Нами были проанализированы DVH (дозо-объемные гистограммы) у 20 пациенток из нашего исследования с  $V_{20}=33\%$  при оконтуривании ипсилатерального легкого. Расчеты показали, что для снижения частоты развития лучевых повреждений после ЛТ у пациенток РМЖ необходимо стремиться к показателям по DVH  $V_{20}<30\%$  и  $MLD<15\text{Гр}$ , но без ущерба адекватного облучения, запланированного лечебного объема.

**4. Выводы.** Данные проведенного исследования показали, что на развитие лучевых повреждений в лёгких влияют дозы и зоны облучения, объём облучённого лёгкого, возраст больных. Частота лучевых повреждений увеличивается при включении в объём зон регионарного метастазирования одинаково часто и при 2D КЛТ, и при 3D КЛТ.

Важно также отметить следующее: частота легочных повреждений с клиническими симптомами у больных РМЖ в нашем анализе достоверно не различались при 2D КЛТ и при 3D КЛТ. Как правило, рентгенологические признаки усиления легочного рисунка в большинстве случаев переставали определяться без проведения специального лечения в среднем через 12 недель после его обнаружения.

### Список литературы

1. Арустамян Л.Ю. Лечение повреждения лёгких у больных раком молочной железы с использованием магнитного поля. Диссертация канд. мед. наук. М., 2001 г.
2. Бардычев М.С., Кацалап С.Н. Местные лучевые повреждения: особенности патогенеза, диагностика и лечение. Вопросы онкологии. 1995; 41(2): 99-101.
3. Зорина Л.А. Поздние лучевые повреждения легких после лечения рака молочной железы. Диссертация канд. мед. наук. Обнинск, 1988; с.172.
4. Трофимова О.П., Ткачев С.И., Иванов С.М., Уткина В.Л., Чабан О.И., Глебовская В.В. Радиационно-индуцированные повреждения лёгких у больных раком молочной железы после органосохраняющего лечения. О.П. Трофимова, С.И. Ткачёв, С.М. Иванов, В.Л. Уткина, О.И. Чабан, В.В. Глебовская. Современная онкология. 2015; 17(1): 39-43.
5. Количественный анализ повреждений здоровых органов и тканей при проведении лучевой терапии злокачественных новообразований (проект QUANTEC). Обзор толерантности нормальных тканей. Пер. с англ. С.И.Ткачева. М. АМФР; 2015.
6. Бардычев М.С., Пасов В.В. Лечение вторичных лучевых повреждений после комбинированного лечения рака молочной железы. Рус. онкол. журн. 1998; 1: 18-21.
7. Gibson PG, Morgan GW, Bryant DH. Radiation-Induced Lung Injury: A Hypersensitivity Pneumonitis? Ann Intern Med 1988; 109 (4): 288-91.
8. Marks LB. Use of normal tissue complication probability models in the clinic. Int J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 2010; 76(3 Suppl.): S10-9.
9. Gokula K, Earnest A, Wong Lcb. Meta-analysis of incidence of early lung toxicity in 3-dimencional conformal irradiation of breast carcinomas. Radiation Oncol 2013; 8: 268-74.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УХОДА  
ЗА КОМНАТНЫМИ РАСТЕНИЯМИ

Л.С. Иванова, В.Е. Филимонов

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
Российская федерация, 424000, Марий Эл, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3  
E-mail: FilimonovVE@volgatech.net*

Исследовано изменение основных климатических факторов, влияющих на жизнедеятельность комнатных растений, таких как: суточная освещённость; влажность воздуха вблизи растения после его орошения водой; влажность грунта в цветочном горшке после полива. Разработана структурная схема автоматизированной климатической системы ухода за комнатными растениями, учитывающая данные факторы в своей работе. Предложен проект практической реализации названной системы в виде полезной модели цветочного горшка с климатической системой.

**Ключевые слова:** автоматизированная климатическая система, климатические факторы.

Комнатные растения являются частицей живой природы, которую издревле человек стремится перенести в свой дом. Они не только украшают жилище, но и очищают воздух, имеют лекарственное значение, создают уют и гармонию в доме [1]. В настоящее время интерес человека к комнатному цветоводству заметно возрастает, что обусловлено веком высоких технологий и расширенного информационного пространства. Сегодня комнатные растения разводят практически везде: в квартирах, частных домах, офисах, учреждениях различного профиля, на производстве. Никто не будет спорить, что помещение, полное цветов, всегда уютно, в нём спокойно и надёжно, обилие цветов радует глаз, согревает душу. Однако существует проблема ухода за комнатными растениями, остающимися без присмотра, которая может быть решена путём автоматизации данного процесса за счёт использования электронных средств [2]. В настоящее время придумано и выпускается множество автоматизированных систем полива комнатных растений, но нет идеальной автоматизированной системы, учитывающей все факторы ухода: размер растения; фазы его развития и «личных предпочтений», касающихся увлажнённости почвы, влагоёмкости почвенной смеси, температуры, влажности, освещённости помещения и тому подобное [3]. И, значит, совершенствование подобных автоматизированных систем ухода за комнатными растениями становится актуальной проблемой.

Таким образом, для проектирования более совершенной автоматизированной системы ухода за комнатными растениями по сравнению с существующими в настоящее время необходимо исследовать изменение климатических условий выращивания комнатных растений с тем, чтобы учесть эти исследования при проектировании.

В данной статье предлагается осуществлять автоматизированный уход за комнатными растениями не только за счёт их автоматизированного грунтового полива, как в большинстве применяемых сегодня автоматизированных системах, но и дополнительно за счёт автоматизированных листового полива (орошения) и регулировки освещённости. При этом будут одновременно учтены: изменение влажности грунта в цветочном горшке после полива во времени в домашних условиях; изменение относительной влажности воздуха вблизи растения после увлажнения воздуха во времени в домашних условиях; суточная освещённость соответствующего географического положения и времени года.

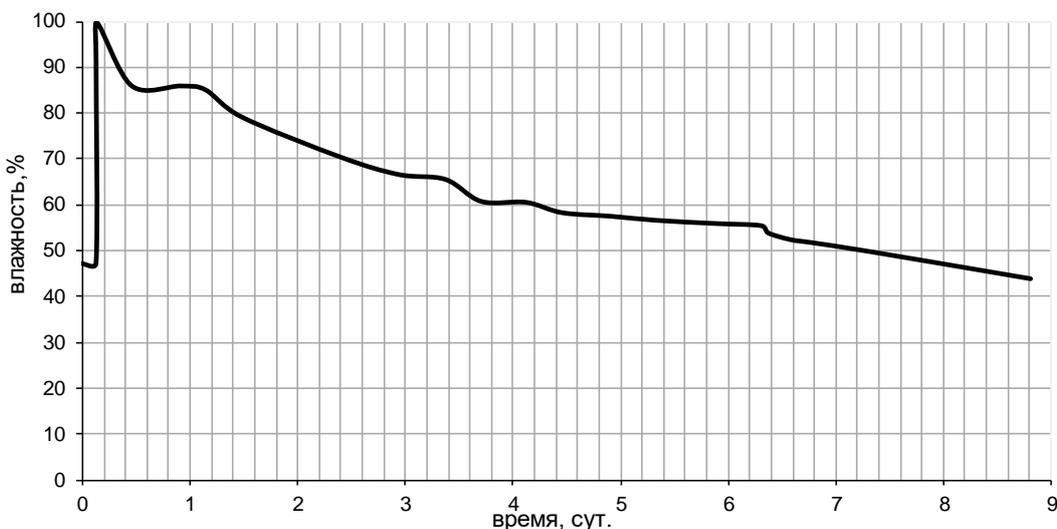
Целью работы является разработка автоматизированной системы ухода за комнатными растениями, включающей автоматизированные: грунтовой полив; листовой полив (орошение); регулировку освещённости, и учитывающей при своей работе изменение следующих климатических условий: изменение влажности грунта после полива; изменение относительной влажности воздуха после орошения; изменение суточной освещённости.

Решались следующие задачи:

- 1) исследовать изменение влажности грунта в цветочном горшке после полива во времени в домашних условиях;
- 2) исследовать изменение относительной влажности воздуха вблизи растения после увлажнения воздуха во времени в домашних условиях;
- 3) исследовать суточную освещённость географического положения Республики Марий Эл;
- 4) разработать структурную схему управления автоматизированной системой ухода за комнатными растениями, включающую автоматизированные: грунтовой полив; листовой полив (орошение); регулировку освещённости, и учитывающую при своей работе изменение: влажности грунта после полива; относительной влажности воздуха после орошения; суточной освещённости.

**Методы и материалы.** Для экспериментального определения зависимости изменения влажности грунта от времени после полива было взято растение аглаонема (*Aglaonema*) в горшке среднего размера. Снятие показаний производилось при помощи платы Arduino Uno на основе микроконтроллера Atmega 328 и датчика влажности почвы для Arduino YL-69, который был помещён в грунт на глубину 4 см.

**Результаты и их осуждение.** Результаты эксперимента приведены на рис. 1. Стоит также отметить, что при измерениях относительная влажность воздуха в помещении составляла 23 %, а температура воздуха – 22 °С. Исследования показали, что величина влажности грунта после полива комнатного растения быстро увеличивается до 100 % и затем медленно уменьшается до исходного значения (в данном случае 45 %) в течение 9 дней после полива, что вызвано естественным высыханием грунта и испарением влаги, и зависит от параметров среды помещения.



**Рис. 1.** Изменение влажности почвы в цветочном горшке после полива во времени в домашних условиях

При снятии показаний изменения относительной влажности воздуха вблизи растения были использованы: плата Arduino Uno на основе микроконтроллера Atmega 328 и датчик влажности воздуха и температуры для Arduino на основе сенсора DTH 11. Результаты данного эксперимента представлены на рис. 2. Исследования показали, что величина относительной влажности воздуха вблизи растения после орошения резко увеличивается практически до 100 % (принимая во внимание, что диапазон измеряемой относительной влажности сенсора DTH 11 ограничен величиной 90 %) и затем довольно быстро (в течение примерно 1,5 часов) приходит в равновесие с остальным воздухом в помещении, что вызвано движением воздушных масс и зависит от интенсивности циркуляции воздуха внутри помещения.

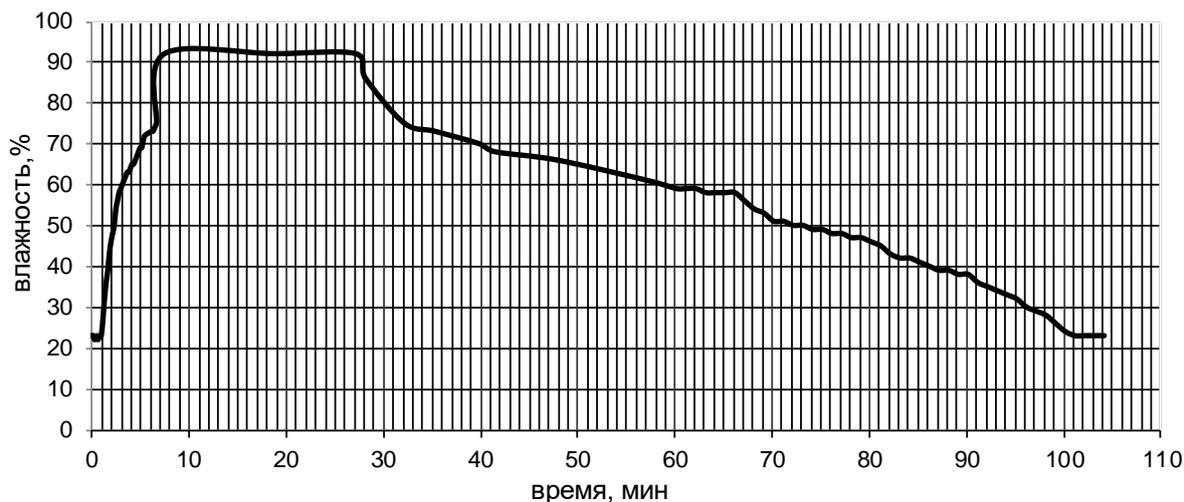


Рис. 2. Изменение относительной влажности воздуха вблизи растения после увлажнения воздуха во времени в домашних условиях

Измерение суточной освещённости географического положения Республики Марий Эл производилось с помощью люксметра АТЕ-1509. Суточная освещённость у окна в Республике Марий Эл в феврале месяце в ясную погоду представлена на рис. 3. Исследования показали, что величина освещённости в течение дневного времени суток непостоянна и зависит от погодных условий. Также суточное распределение освещённости зависит от времени года. Поэтому чтобы не нарушать суточный и сезонный ритмы жизни растения, необходимо учитывать дату и время при разработке управляющих программ для автоматизированной системы ухода за комнатными растениями.

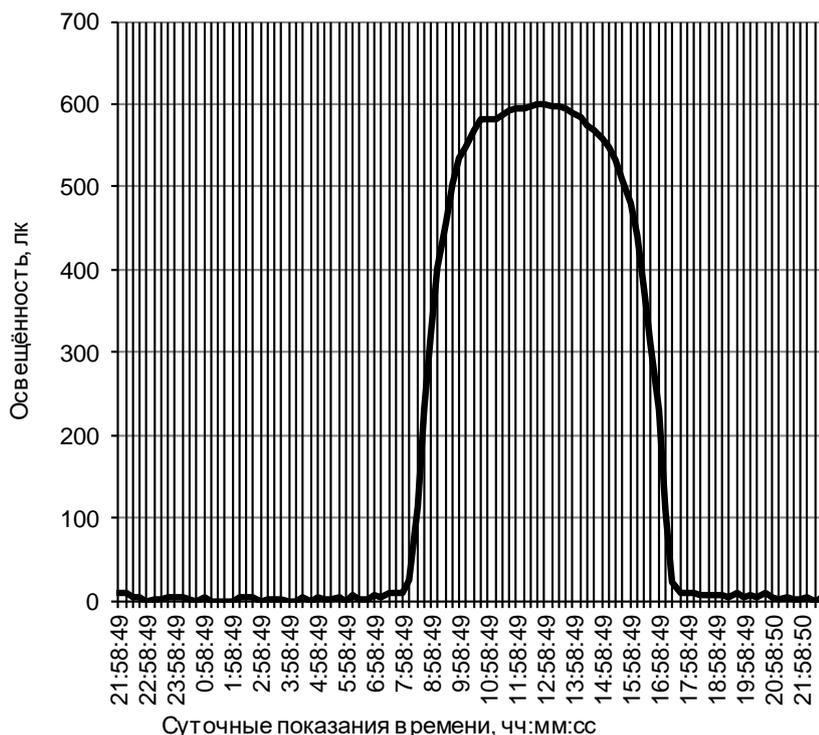


Рис. 3. Суточная освещённость у окна в Республике Марий Эл в феврале месяце в ясную погоду

Была разработана структурная схема управления автоматизированной системой ухода за комнатными растениями, включающая автоматизированные: грунтовой полив; листовой полив (орошение); регулировку освещённости, учитывающая при своей работе изменение: влажности грунта после полива; относительной влажности воздуха после орошения; суточной освещённости, которая представлена на рис. 4. Данная система наряду с автоматизированной системой полива содержит автоматизированную систему распыления воды, увлажнения воздуха и орошения листьев растения и автоматизированную систему освещения, управляемые микроконтроллером, который программируется через Bluetooth-модуль с помощью

коммуникационного устройства. Система управления поливом грунта состоит из датчиков влажности грунта и водяного насоса 1, система управления распылением воды – из датчиков влажности воздуха и водяного насоса 2, система управления освещением – из датчиков освещённости и блока светодиодов. Составными частями данного устройства также являются Flash-память и таймер реального времени, позволяющие хранить и управлять данными в режиме реального времени, учитывая время суток и время года при работе устройства. Описанную систему можно реализовать, например, в варианте цветочного горшка с климатической системой [4].

**Рис. 4.** Структурная схема управления автоматизированной климатической системой ухода за комнатными растениями

Таким образом, представленные в работе результаты исследований основных климатических условий выращивания комнатных растений говорят о необходимости комплексного учёта этих условий при проектировании автоматизированных систем ухода за комнатными растениями, что в существующих климатических системах либо не осуществляется, либо осуществляется не в полном объёме.

Разработана структурная схема управления автоматизированной климатической системой ухода за комнатными растениями, учитывающая при своей работе изменение: влажности грунта после полива; относительной влажности воздуха после орошения; суточной освещённости, которая даёт возможность управлять данными в режиме реального времени, учитывая время суток и время года при работе устройства, а также использовать эти данные при создании управляющих программ. Дальнейшие работы будут проводиться в направлении исследования влияния климатических условий на выращивание конкретных видов комнатных растений и использования результатов этих исследований в проектировании автоматизированных систем ухода за ними.



### Список литературы

1. Князева, Т.П. Комнатные растения / Т.П. Князева, Д.В. Князева. – М.: Эксмо, 2014. – 448 с.
2. Трофимов, В.Б. Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами / В.Б. Трофимов, С.М. Кулаков. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 232 с.
3. Скрипко, И.А. Системы полива / И.А. Скрипко. – М.: Вече, 2008. – 210 с.
4. Заявка на патент РФ (полезная модель). МПК А 01 G 9/00 (2016.01). Цветочный горшок с климатической системой / В.Е. Филимонов, Л.С. Иванова. – №2017115591; Заявлено 03.05.2017.

## НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 547.583.5

## СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ИЗОМЕРНЫХ 2,2-ДИХЛОРЦИКЛОПРОПИЛМЕТИЛ-(2,5-ДИГИДРО-2,5-ДИОКСО-1H-ПИРРОЛ-1-ИЛ) БЕНЗОАТОВ

Ю.Н. Митрасов<sup>1</sup>, О.Ю. Игнатъева<sup>1</sup>, А.А. Авруйская<sup>1</sup>, О.А. Колямшин<sup>2</sup>,  
В.А. Козлов<sup>2</sup>, А.Р. Бурилов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева», 428000, Россия. Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова», 428015, Россия. Чувашская Республика, г. Чебоксары, Московский пр-т, 15

<sup>3</sup>Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», 420088, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Арбузова, д. 8  
mitrasov\_un@mail.ru

Разработка методов синтеза неизвестных ранее типов 2,5-дигидро-2,5-диоксо-1H-пирролов (имидов малеиновой кислоты) является актуальной задачей, так как наличие высокоактивной двойной связи, позволяет осуществить глубокую их функционализацию. Перспективными представляются исследования, направленные на разработку методов синтеза малеинимидов на основе аминобензойных кислот (АБК). В частности, значительный интерес представляет внедрение в состав АБК циклопропильного фрагмента, который является активной биогенной группой, что позволило бы существенно расширить как ассортимент биологически активных соединений, так и полнее раскрыть их синтетические возможности. Целью исследования является разработка метода синтеза изомерных 2,2-дихлорциклопропилметил(2,5-дигидро-2,5-диоксо-1H-пиррол-1-ил)бензоатов и изучение их свойств. Использованы товарные *o*-, *m*- и *p*-аминобензойные кислоты марки «ч», 2-бромметил-1,1-дихлорциклопропан был синтезирован в результате присоединения к аллилбромиду дихлоркарбена, генерируемого из хлороформа под действием 50%-ного раствора гидроксида натрия в присутствии триэтилбензиламмонийхлорида. ИК спектры были записаны на инфракрасном Фурье-спектрометре ФСМ 1202 в диапазоне 500-4000 см<sup>-1</sup>, призма – хлорид калия или бромид калия. Жидкие вещества исследовались в виде тонкого слоя, а твердые вещества – в виде суспензии в вазелиновом масле. Элементный анализ осуществляли на анализаторе фирмы Parkin Elmer 2400 CHN. Спектры ЯМР были записаны на приборе Bruker Avance-400 (<sup>1</sup>H, 400.1 МГц) в d<sub>6</sub>-ДМСО, (45°C), шкала δ относительно ТМС с использованием в качестве внутреннего стандарта сигналов остаточных протонов ДМСО. Реакцией 2-бромметил-1,1-дихлорциклопропана с калиевыми солями аминобензойных кислот в среде диметил-формамида синтезированы изомерные (2,2-дихлорциклопропил)метиламинобензоаты. При их взаимодействии с малеиновым ангидридом получены соответствующие 3-[N-(2,2-дихлорциклопропилметоксикарбонилфенил)карбамоил]-2-пропеновые кислоты, которые при нагревании в присутствии *n*-толуолсульфокислоты превращаются в 2,2-дихлорциклопропилметил(2,5-дигидро-2,5-диоксо-1H-пиррол-1-ил)бензоаты.

**Ключевые слова:** (2,2-дихлорциклопропилметил)аминобензоаты, малеиновый ангидрид, *n*-толуолсульфокислота, 2,2-дихлорциклопропилметил(2,5-дигидро-2,5-диоксо-1H-пиррол-1-ил)бензоаты.

The development of methods for the synthesis of previously unknown types of 2,5-dihydro-2,5-dioxo-1H-pyrroles (maleimide imides) is an urgent task, since the presence of a highly active double bond allows for profound functionalization. Prospective are the studies aimed at developing methods for the synthesis of maleimides based on aminobenzoic acids (ABA). In particular, it is of considerable interest to introduce a cyclopropyl fragment in the ABA that is an active biogenic group that would significantly expand both the assortment of biologically active compounds and fully uncover their synthetic potential. The aim of the study is to develop a method for the synthesis of isomeric 2,2-dichlorocyclopropylmethyl (2,5-dihydro-2,5-dioxo-1H-pyrrol-1-yl) benzoates and to study their properties. Used commodity *o*-, *m*- and *p*-aminobenzoic acids of the brand «h», 2-bromomethyl-1,1-dichlorocyclopropane was synthesized by the addition of allyl bromide to dichlorocarbene generated from chloroform by 50% sodium hydroxide in the presence of triethylbenzylammonium chloride. IR spectra were recorded on an infrared Fourier spectrometer FSM 1202 in the range 500-4000 cm<sup>-1</sup>, prism-potassium chloride or potassium bromide. Liquid substances were studied in the form of a thin layer, and solids in the form of a suspension in vaseline oil. Elemental analysis was performed on a Parkin Elmer 2400 CHN analyzer. NMR spectra were recorded on a Bruker Avance-400 instrument (<sup>1</sup>H, 400.1 MHz) in

$d_6$ -DMSO, (45°C), scale  $\delta$  with respect to TMS using DMSO residual proton signals as an internal standard. Reaction of 2-bromomethyl-1,1-dichlorocyclopropane with potassium salts of aminobenzoic acids in dimethyl-formamide was used to synthesize isomeric (2,2-dichlorocyclopropyl) methylaminobenzoates. When they were reacted with maleic anhydride, the corresponding 3- [N- (2,2-dichlorocyclopropyl-methoxycarbonylphenyl)carbamoyl]-2-propenoic acids were obtained which, when heated in the presence of *p*-toluenesulfonic acid, are converted to 2,2-dichlorocyclopropylmethyl (2,5-dihydro-2,5-dioxo-1*H*-pyrrol-1-yl) benzoates.

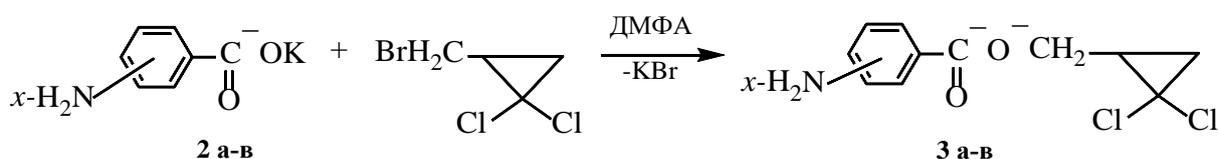
**Key words:** (2,2-dichlorocyclopropylmethyl) aminobenzoates, maleic anhydride, *p*-toluene-sulfonic acid, 2,2-dichlorocyclopropylmethyl (2,5-dihydro-2,5-dioxo-1*H*-pyrrol-1-yl) benzoates.

**1. Введение.** Разработка методов синтеза неизвестных ранее типов 2,5-дигидро-2,5-диоксо-1*H*-пирролов (имидов малеиновой кислоты) является актуальной задачей, так как наличие высокоактивной двойной связи, позволяет осуществить глубокую их функционализацию [1, 2]. Перспективными представляются исследования, направленные на разработку методов синтеза малеинимидов на основе аминокислот (АБК), которые являются интермедиатами в различных путях биосинтеза, участвуют в комплексе биосинтеза витаминов группы В и служат бактериальным фактором роста [3, 4]. В частности, значительный интерес представляет внедрение в состав АБК циклопропильного фрагмента, который является активной биогенной группой [5]. Это позволило бы существенно расширить как ассортимент биологически активных соединений, так и полнее раскрыть их синтетические возможности.

**2. Цель исследования.** Разработка метода синтеза изомерных 2,2-дихлорциклопропил-метил(2,5-дигидро-2,5-диоксо-1*H*-пиррол-1-ил)бензоатов и изучение их свойств.

**3. Материал и методы.** Были использованы товарные *o*-, *m*- и *p*-аминобензойные кислоты марки «ч». Исходный 2-бромметил-1,1-дихлорциклопропан был синтезирован в результате присоединения к аллилбромиду дихлоркарбена, генерируемого из хлороформа действием 50%-ного раствора гидроксида натрия в присутствии катализатора межфазного переноса триэтилбензиламмонийхлорида. ИК спектры были записаны на инфракрасном Фурье-спектрометре ФСМ 1202 в диапазоне 500-4000  $\text{cm}^{-1}$ , призма – хлорид калия или бромид калия. Жидкие вещества исследовались в виде тонкого слоя, а твердые вещества в виде суспензии в вазелиновом масле. Элементный анализ осуществили на анализаторе фирмы Parkin Elmer 2400 CHN. Спектры ЯМР записаны на приборе Bruker Avance-400 ( $^1\text{H}$ , 400.1 МГц) в  $d_6$ -ДМСО, (45°C), шкала  $\delta$  относительно ТМС с использованием в качестве внутреннего стандарта сигналов остаточных протонов ДМСО.

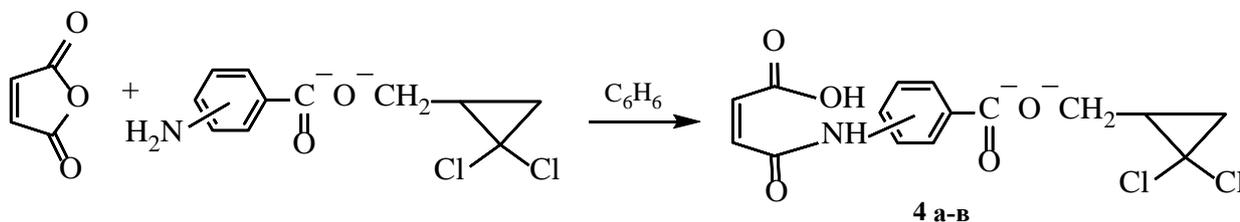
**4. Результаты исследования и их обсуждение.** Нами в продолжение работ [6-14] разработан доступный метод получения эфиров аминокислот, содержащих циклопропильный фрагмент, основанный на взаимодействии 2-бромметил-1,1-дихлорциклопропана (1) с калиевыми солями аминокислот (2а-в). Изомерные калий аминобензоаты получали взаимодействием эквимольных количеств гидроксида калия и *o*-, *m*- и *p*-аминобензойных кислот в водном растворе. Реакции дихлорциклопропана (1) с солями (2а-в) проводили в среде полярного растворителя диметилформамида при температуре 100-120°C. Нами показано, что процесс протекает региоселективно и сопровождается нуклеофильным замещением атома брома под действием аминобензоат-анионов. О протекании реакции свидетельствовало количественное выделение бромида калия, который был идентифицирован качественной реакцией с нитратом серебра. Образующиеся с выходами 62-97% изомерные (2,2-дихлорциклопропил)метиламинобензоаты очищали перегонкой (*o*-изомер) или перекристаллизацией из спирта:



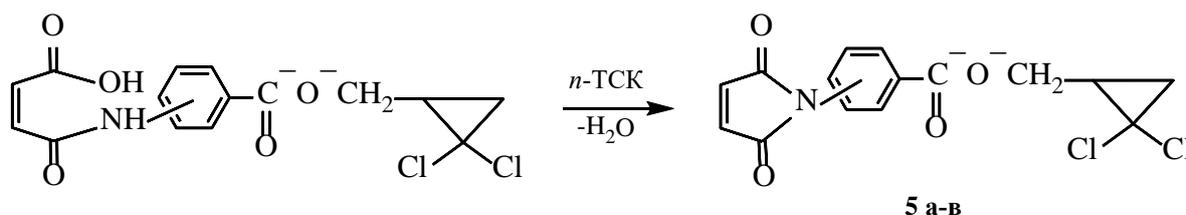
везде X=2 (а), 3 (б), 4 (в).

Эфиры (**3а-в**) представляют собой бесцветные кристаллические вещества или маслянистые жидкости с цветочным запахом.

При взаимодействии аминокислот (**3а-в**) с малеиновым ангидридом в среде пропана при комнатной температуре образуются 3-[N-(4-карбоксифенил)карбамоил]-2-пропеновые кислоты (**4а-в**) в виде бесцветных кристаллов:



При кипячении растворов моноамидов (**4а-в**) в смеси диметилформамида и ксилола в присутствии *n*-толуолсульфокислоты происходит внутримолекулярное отщепление воды и образование изомерных 2,2-дихлорциклопропилметил(2,5-дигидро-2,5-диоксо-1*H*-пиррол-1-ил)бензоатов (**5а-в**) в виде кристаллов кремового цвета, которые очищали перекристаллизацией из спирта или этилацетата:



Строение соединений (**3а-в - 5а-в**) подтверждали данными ИК и ЯМР <sup>1</sup>H спектров. Так, в спектре ЯМР <sup>1</sup>H амида (**4в**) имеются сигналы протонов циклопропанового кольца в виде мультиплета с δ 2,24 м. д. (CH) и дублета дублетов с δ 1,64 (<sup>2</sup>J<sub>HH</sub> = <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> 7,62 Гц) и 1,87 м.д. (<sup>3</sup>J<sub>HH</sub> 10,78 Гц) (CH<sub>2</sub>). Протоны ароматического кольца и этиленовые протоны проявляются в виде дублетов с δ 7,79 и 7,97 (<sup>3</sup>J<sub>HH</sub> 8,6 Гц), 6,49 и 6,33 м. д. (<sup>3</sup>J<sub>HH</sub> 12 Гц). Протоны оксиметиленовой группы проявляются в виде дублета дублетов с δ 4,22 и 4,55 м.д. (<sup>2</sup>J<sub>HH</sub> 12 Гц, <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> 5,62 и 8,88 Гц), а протоны карбоксильной и амидной групп характеризуются синглетами с δ 12,89 и 10,89 м. д.

В ИК спектрах имидов (**5а-в**) отсутствуют полосы поглощения N–H и O–H групп. Однако в них имеется интенсивная полоса поглощения с максимумом 1714 см<sup>-1</sup>, которая соответствует валентным колебаниям C=O связи. Двойная связь характеризуется полосой поглощения 1635 см<sup>-1</sup> (ν<sub>C=C</sub>), а колебаниям C–Cl связей соответствует поглощение в области 762 см<sup>-1</sup> (ν<sub>C-Cl</sub>). Ароматическое кольцо характеризуется полосами поглощения в области 1571, 1534, 3087 см<sup>-1</sup>. В спектре ЯМР <sup>1</sup>H имида (**5в**) имеются сигналы протонов циклопропанового кольца в виде мультиплета с δ 2,26 м. д. (CH) и дублета дублетов с δ 1,66 (<sup>2</sup>J<sub>HH</sub> = <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> 7,62 Гц) и 1,87 м. д. (<sup>3</sup>J<sub>HH</sub> 10,78 Гц) (CH<sub>2</sub>). Протоны малеинимидного цикла проявляются в виде синглета с δ 7,22 м. д. Протоны ароматического кольца проявляются в виде дублетов с δ 7,57 и 8,10 м. д. (<sup>3</sup>J<sub>HH</sub> 8,6 Гц), а протоны оксиметиленовой группы в виде дублета дублетов с δ 4,26 и 4,60 м. д. (<sup>2</sup>J<sub>HH</sub> 12 Гц, <sup>3</sup>J<sub>HH</sub> 5,6 и 8,9 Гц).

Имиды (**5а-в**) по аналогии с [15-17] являются перспективными синтонами для синтеза флуоресцентных красителей для выявления амилоида.

В целях выявления биологической активности синтезированных соединений было изучено влияние водных растворов аммонийной соли 3-[N-(4-карбоксифенил)карбамоил]-2-

пропеновой кислоты на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян злаковых культур (пшеницы, ржи и ячменя). Определение энергии прорастания (ЭП) и лабораторной всхожести (ЛВ) проводили согласно ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести». Выявлено, что исследованные растворы оказывают росторегулирующий эффект по сравнению с контролем.

**5. Выводы.** Реакцией изомерных (2,2-дихлорциклопропил)метиламинобензоатов, полученных взаимодействием 2-бромметил-1,1-дихлорциклопропана с калиевыми солями аминокислот, с малеиновым ангидридом синтезированы соответствующие 3-[N-(2,2-дихлорциклопропилметоксикарбонилфенил)карбамоил]-2-пропеновые кислоты, которые циклизуются при нагревании в присутствии *n*-толуолсульфокислоты в 2,2-дихлорциклопропилметил(2,5-дигидро-2,5-диоксо-1*H*-пиррол-1-ил)бензоаты.

**Конфликт интересов** авторы подтверждают, что публикуемый ими материал не нарушает авторских и/или материальных прав третьих лиц, в том числе юридических, не являющихся авторами данной статьи.

### Список литературы

- [1] Митрасов Ю.Н., Авруйская А.А., Садикова Л.М., Кондратьева О.В., Колямшин О.А. Реакции *N*-арил-2,5-дигидропиррол-2,5-дионов с функциональными производными фурана: монография. Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2013. 155 с.
- [2] Митрасов Ю.Н., Колямшин О.А., Данилов В.А. Малейнимиды: синтез, свойства и полимеры на их основе: монография. Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2017. 286 с.
- [3] Общая органическая химия. В 12 т. Т. 4. Карбоновые кислоты и их производные. Соединения фосфора / Под ред. Д. Бартона, У. Д. Оллиса. М.: Химия, 1983. С. 257.
- [4] Живихина Е.И., Маркова С.А. Синтез медной соли ПАБК // Современные проблемы экологии: тезисы докл. XVII Междунар. науч.-технич. конф.; под общ. ред. В. М. Панарина. Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2017. С. 110-111.
- [5] Яновская Л.А., Домбровский В.А., Хусид А.Х. Циклопропаны с функциональными группами. Синтез и применение. М.: Наука, 1980. 223 с.
- [6] Кормачев В.В., Колямшин О.А., Митрасов Ю.Н., Анисимова Е.А. Синтез фосфорсодержащих эфиров 3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоновой кислоты // Журнал общей химии. 1992. Т. 62, № 3. С. 583-588.
- [7] Колямшин О.А., Митрасов Ю.Н., Данилов В.А., Смолина И.Н., Кольцов Н.И. Гемдихлорциклопропилзамещенные азотсодержащие гетероциклы. Часть 1. Синтез гемдихлорциклопропилметилтиозамещенных производных бензимидазола, бензоксазола, 4,6-диметилпиримидина и 1,2,4-триазола // Бутлеровские сообщения. 2016. Т. 45, № 3. С. 6-10.
- [8] Колямшин О.А., Митрасов Ю.Н., Смолина И.Н., Кольцов Н.И. Гемдихлорциклопропилметилзамещенные азотсодержащие гетероциклы. Часть 2. Синтез и свойства 1-(2,2-дихлорциклопропилметил)пиразолов и 5-пиразолонов // Бутлеровские сообщения. 2016. Т. 46, № 4. С. 77-80.
- [9] Митрасов Ю.Н., Авруйская А.А., Кондратьева О.В. Конденсация нитро- и аминзамещенных фенилмалейнимидов с фурфуроловым спиртом // Журнал общей химии. 2015. Т. 85, № 1. С. 82-85.
- [10] Митрасов Ю.Н., Авруйская А.А., Полякова О.Б., Иванова О.Е. Взаимодействие производных (2,5-дигидро-2,5-диоксо-1*H*-пиррол-1-ил)бензойных кислот с  $\alpha$ -фурилметанолом // Журнал органической химии. 2015. –Т. 51, № 8. С. 1206-1207.
- [11] Колямшин О.А., Митрасов Ю.Н., Кормачев В.В. Гемдихлорциклопропилзамещенные гидантоины // Журнал общей химии. 1995. Т. 65, № 4. С. 672-675.
- [12] Колямшин О.А., Кормачев В.В., Митрасов Ю.Н. Фосфорсодержащие малые циклы

VIII. Реакции винил- и изопропенилфосфонатов с дигалогенкарбенами // Журнал общей химии. 1993. Т. 63, № 5. С. 1075-1081.

[13] Митрасов Ю.Н., Авруйская А.А., Кондратьева О.В., Козлов В.А. Реакции N-арил-2,5-дигидропиррол-2,5-дионов с  $\alpha$ -фурилметанолом // Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 51, № 8. С. 71-75.

[14] Колямшин О.А., Кольцов Н.И., Митрасов Ю.Н., Смолина И.Н. Гемдихлорциклопропилметилзамещенные азотсодержащие гетероциклы. Часть 3. Синтез и свойства 3-[(1-метил-2,2-дихлорциклопропил)метил]гидантоинов // Бутлеровские сообщения. –2016. Т. 48, № 10. С. 103-107.

[15] Козлов В.А., Сапожников С.П., Митрасов Ю.Н., Авруйская А.А., Карышев П.Б., Шептухина А.И., Николаева О.В. Способ флуоресцентного гистологического выявления амилоида // патент России № 2611408. 2017. Бюл. №6.

[16] Сапожников С.П., Карышев П.Б., Шептухина А.И., Николаева О.В., Авруйская А.А., Митрасов Ю.Н., Козлов В.А. Новые флуоресцентные зонды для выявления амилоида // Современные технологии в медицине. –2017. Т. 9, № 2. С. 91-98.

[17] Козлов В.А., Сапожников С.П., Митрасов Ю.Н., Авруйская А.А., Карышев П.Б., Шептухина А.И., Николаева О.В. Амилоид и молекулярные моторы // Материалы Десятой международной научной школы «Наука и инновации 2015». Йошкар-Ола, 2015. С. 197-204.

УДК 547.512

## СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ДИАЛКИЛ[(2,2-ДИХЛОРЦИКЛОПРОПИЛ)МЕТИЛ]ФОСФОНАТОВ

Ю.Н. Митрасов<sup>1</sup>, Н.А. Чигарова<sup>1</sup>, О.В. Кондратьева, О.А. Колямшин<sup>2</sup>, А.Р. Бурилов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева», 428000, Россия. Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова», 428015, Россия. Чувашская Республика, г. Чебоксары, Московский пр-т, 15

<sup>3</sup>Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», 420088, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Арбузова, д. 8  
mitrasov\_un@mail.ru

Фосфорилированные циклопропаны (ФЦ) представляют собой сравнительно мало изученный, но перспективный класс органических веществ, поскольку вследствие значительной энергии напряжения они обладают повышенной химической активностью. Основной причиной, сдерживающей развитие химии ФЦ является недостаточная разработка методов синтеза этих соединений. Поэтому исследования в этом направлении представляют повышенный интерес. Известные методы получения ФЦ базируются на реакциях функционально-замещенных циклопропанов с производными кислот трех- и пентавалентного фосфора, присоединение различных диазосоединений и карбенов к фосфорсодержащим непредельным соединениям, а также некоторые другие специфические методы синтеза.

Целью работы явилось изучение взаимодействия 2-бромметил-1,1-дихлорцикло-пропана с натриевыми солями диалкилфосфористых кислот.

В качестве исходных объектов были использованы легкодоступные диалкилфосфиты и 2-бромметил-1,1-дихлорциклопропан. ИК спектры были записаны на инфракрасном Фурье-спектрометре ФСМ 1202 в диапазоне 500-4000 см<sup>-1</sup>. Призма – хлорид калия или бромид калия. Жидкие вещества исследовались в виде тонкого слоя, а твердые вещества в виде суспензии в вазелиновом масле. Элементный анализ осуществили на анализаторе фирмы Parkin Elmer 2400 CHN. Спектры ЯМР записаны на приборе Bruker Avance-400 (<sup>1</sup>H, 400.1 МГц; <sup>31</sup>P, 161.9 МГц) в d<sub>6</sub>-ДМСО, (45°C), шкала δ относительно ТМС с использованием в качестве внутреннего стандарта сигналов остаточных протонов ДМСО или внешнего стандарта – Н<sub>3</sub>Р<sub>4</sub> (<sup>31</sup>P).

Показано, что в среде абсолютного бензола натриевые соли диалкилфосфористых кислот региоселективно реагируют по бромметильной группе с образованием диалкил[(2,2-дихлорциклопропил)метил]фосфонатов.

**Ключевые слова:** натрий диалкилфосфиты, 2-бромметил-1,1-дихлорциклопропан.

Phosphorylated cyclopropanes (PC) are a comparatively little studied, but promising class of organic substances, since they have a high chemical activity due to their considerable stress energy. The main reason restraining the development of the chemistry of PC is the inadequate development of methods for the synthesis of these compounds. Therefore, studies in this direction are of great interest. Known methods for obtaining PC are based on the reactions of functionally substituted cyclopropanes with acid derivatives of tri- and pentavalent phosphorus, the addition of various diazo compounds and carbenes to phosphorus-containing unsaturated compounds, as well as some other specific methods of synthesis.

The aim of the work was to study the interaction of 2-bromomethyl-1,1-dichlorocyclo-propane with sodium salts of dialkylphosphorous acids. As the starting objects, readily available dialkyl phosphites and 2-bromomethyl-1,1-dichlorocyclopropane were used.

IR spectra were recorded on an infrared Fourier spectrometer FSM 1202 in the range 500-4000 cm<sup>-1</sup>. The prism is potassium chloride or potassium bromide. Liquid substances were studied in the form of a thin layer, and solids in the form of a suspension in vaseline oil. Elemental analysis was performed on a Parkin Elmer 2400 CHN analyzer. NMR spectra were recorded on a Bruker Avance-400 instrument (<sup>1</sup>H, 400.1 MHz, <sup>31</sup>P, 161.9 MHz) in d<sub>6</sub>-DMSO, (45°C), a scale δ with respect to TMS, using as an internal standard signals of residual DMSO protons or an external standard, Н<sub>3</sub>Р<sub>4</sub> (<sup>31</sup>P).

It is shown that sodium salts of dialkylphosphoric acids regioselectively react in the medium of absolute benzene in the bromomethyl group to form dialkyl[(2,2-dichlorocyclopropyl) methyl]phosphonates.

**Key words:** sodium dialkylphosphites, 2-bromomethyl-1,1-dichlorocyclopropane.

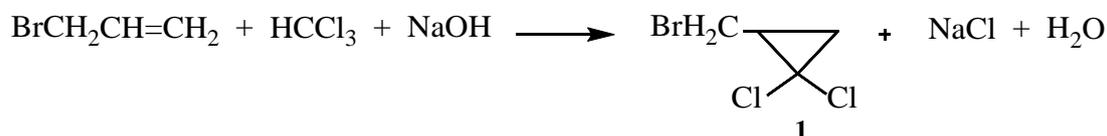
**1. Введение.** Одним из перспективных направлений развития химии малых карбоциклов является синтез и изучение свойств фосфорилированных циклопропанов (ФЦП), что обусловлено как особенностью строения и свойств трехчленного цикла, так и практической значимостью этих соединений. К настоящему времени ФЦП представляют собой сравнительно мало изученный класс органических веществ. Основной причиной, сдерживающей развитие химии ФЦП является недостаточная разработка методов синтеза этих соединений. Поэтому исследования в этом направлении представляют повышенный интерес.

Анализ литературных данных показал, что для получения ФЦП используются реакции функционально-замещенных циклопропанов с производными кислот трех- и пятивалентного фосфора, присоединение различных диазосоединений и карбенов к фосфорсодержащим непредельным соединениям, а также некоторые другие специфические методы синтеза [1-11]. Из функционально-замещенных циклопропанов в синтезе ФЦП наиболее часто применяются галогеноциклопропаны, которые вовлекались во взаимодействие с третичными фосфинами и производными кислот фосфора (III, IV) [1, 2, 8].

Так, 1-бромметил-2,2-дихлорциклопропан (**1**) при 170°C вступает в классическую реакцию Арбузова [12]. Однако, применение средних фосфитов и высокая температура процесса ограничивают широкое использование этого метода в синтезе ФЦ.

**2. Цель исследования.** Изучить взаимодействие 1-бромметил-2,2-дихлорциклопропана с натриевыми солями диалкилфосфористых кислот.

**3. Материал и методы.** Исходный 2-бромметил-1,1-дихлорциклопропан был синтезирован в результате присоединения к аллилбромиду дихлоркарбена, генерируемого из хлороформа действием 50%-ного раствора гидроксида натрия в присутствии катализатора межфазного переноса триэтилбензиламмонийхлорида. Соединение (**1**) представляет собой бесцветную жидкость со специфическим запахом, строение которого подтверждали данными ИК- и ЯМР  $^1\text{H}$  спектров.



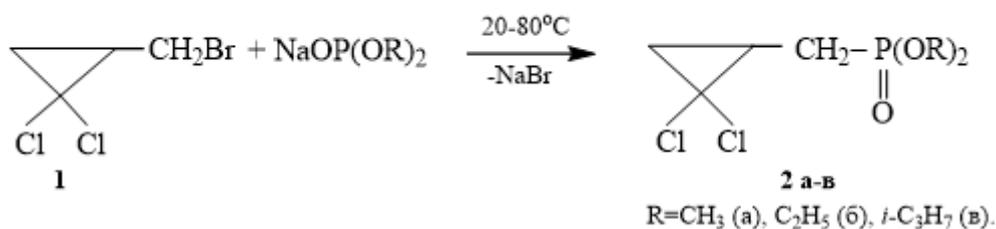
В ИК спектре содержатся полосы поглощения в области 3095-3100 и 755  $\text{cm}^{-1}$ , соответствующие валентным колебаниям связей C-H и C-Cl трехчленного цикла. В спектре ЯМР  $^1\text{H}$  протоны метиленовых групп являются магнитнонеэквивалентными. Поэтому бромметильная группа характеризуется в спектре двумя дублетами дублетов с  $\delta$  3,42 и 3,78 м. д., как и протоны цикла –  $\delta$  1,52 и 1,87 м. д. Метинный протон проявляется в виде мультиплета в области 2,15-2,25 м. д. Натрий диалкилфосфиты получали взаимодействием диалкилфосфитов с металлическим натрием в среде абсолютного бензола.

ИК спектры были записаны на инфракрасном Фурье-спектрометре ФСМ 1202 в диапазоне 500-4000  $\text{cm}^{-1}$ . Призма – хлорид калия или бромид калия. Жидкие вещества исследовались в виде тонкого слоя, а твердые вещества в виде суспензии в вазелиновом масле. Элементный анализ осуществили на анализаторе фирмы Parkin Elmer 2400 CHN.

Спектры ЯМР записаны на приборе Bruker Avance-400 ( $^1\text{H}$ , 400.1 МГц;  $^{31}\text{P}$ , 161.9 МГц) в  $d_6$ -ДМСО, (45°C), шкала  $\delta$  относительно ТМС с использованием в качестве внутреннего стандарта сигналов остаточных протонов ДМСО или внешнего стандарта –  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ( $^{31}\text{P}$ ).

**4. Результаты исследования и их обсуждение.** Соединение (**1**) содержит различные по своей активности электрофильные центры. Поэтому можно было ожидать протекания реакции в нескольких направлениях. Нами показано, что нуклеофильное замещение протекает региоселективно по более активной бромметильной группе с сохранением трехчленного цикла и образованием диалкил[(2,2-дихлорциклопропил)метил]фосфонатов (**2a-b**). Процесс проводили

в среде абсолютного бензола при температуре 70-80°C. По мере протекания реакции наблюдается выпадение осадка бромида натрия, который коагулировали добавлением воды, а целевые продукты очищали перегонкой в вакууме. Они представляют собой бесцветные жидкости, хорошо растворимые в органических растворителях.



Строение фосфонатов (**2а-в**) подтверждали данными ИК и ЯМР спектров, а также хорошей сходимостью констант с литературными данными [12]. В спектрах ЯМР  $^{31}\text{P}$  фосфонатов (**2а-в**) присутствует один сигнал в области 25,87-27,51 м. д. В ИК-спектрах трехчленный цикл характеризуется полосами поглощения в области 3086-3087 и 749-750  $\text{cm}^{-1}$ , которые соответствуют валентным колебаниям связей С-Н и С-С1 трехчленного цикла, фосфорильная группа проявляется в области 1253-1258  $\text{cm}^{-1}$ , а связи Р-О-С – группой полос в области 966-1176  $\text{cm}^{-1}$ . В спектрах ЯМР  $^1\text{H}$  соединений (**2а-в**) наблюдаются мультиплетные сигналы в области 1,78-1,79 и 2,11-2,21 м. д., соответствующие протонам трехчленного цикла и метиленовой группы РСН<sub>2</sub>. Протоны алкоксильных групп проявляются в обычных областях (1,25-1,26 м. д. – метильные протоны, 4,04-4,63 м. д. – ОСН<sub>2</sub> и ОСН-группы).

С целью выявления биологической активности синтезированных соединений (**2а-в**) было изучено влияние их водных растворов на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян злаковых культур (пшеницы, ржи и ячменя). Определение энергии прорастания (ЭП) и лабораторной всхожести (ЛВ) проводили согласно ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести». Выявлено, что исследованные растворы оказывают росторегулирующий эффект.

**5. Выводы.** Реакции 2-бромметил-1,1-дихлорциклопропана с диалкилфосфитами натрия в среде апротонного органического растворителя протекают по бромметильной группе с сохранением трехчленного цикла и образованием диалкил[(2,2-дихлорциклопропил)-метил]фосфонатов.

**Конфликт интересов** – авторы подтверждают, что публикуемый ими материал не нарушает авторских и/или материальных прав третьих лиц, в том числе юридических, не являющихся авторами данной статьи.

## Список литературы

- [1] Колямшин О. А., Кормачев В. В., Митрасов Ю. Н. Фосфорилированные производные циклопропана. – Чебоксары, Чуваш. ун-т, 1989. – 40 с. // Деп. в ОНИИТЭХИМ, г. Черкассы. 03.01.90. №15 – хп 90. РЖХим. – 1990. – 9Ж373 Деп.
- [2] Митрасов Ю. Н., Колямшин О. А., Семенова И. И. Фосфорилирование функционально-замещенных циклопропанов: монография. – Чебоксары : Чуваш. гос. пед. ун-т, 2007. – 141 с.
- [3] Колямшин О. А., Кормачев В. В., Митрасов Ю. Н. Фосфоросодержащие малые циклы VIII. Реакции винил- и изопропенилфосфонатов с дигалогенкарбенами // Журнал общей химии. – 1993. – Т. 63, № 5. – С. 1075-1081.
- [4] Колямшин О. А., Кормачев В. В., Митрасов Ю. Н. Фосфоросодержащие малые циклы. VII. Эфиры аминфосфоновых кислот с 2,2-дихлорциклопропильным фрагментом // Журнал общей химии. – 1993. – Т. 63, № 1. – С. 42-47.

- [5] Кормачев В. В., Колямшин О. А., Митрасов Ю. Н., Анисимова Е. А. Синтез фосфорсодержащих эфиров 3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоновой кислоты // Журнал общей химии. – 1992. – Т. 62, № 3. – С. 583-588.
- [6] Митрасов Ю. Н., Симакова Е. А., Антонова И. И., Кондратьева О. В., Скворцов В. Г. Фосфорсодержащие малые циклы X. Фосфорилирование производных 1-метил-2,2-дихлорциклопропанкарбоновой кислоты // Журнал общей химии. – 2005. – Т. 75, № 9. – С. 1458-1464.
- [7] Митрасов Ю. Н., Симакова Е. А., Антонова И. И., Краснова А. А., Алексеева О. О., Скворцов В. Г. Синтез диалкил(алкиларил)-1-метил-2,2-дихлорциклопропанкарбонилфосфонатов и –фосфинатов // Журнал общей химии. – 2004. – Т. 74, № 4. – С. 697-698.
- [8] Митрасов Ю. Н., Кондратьева О. В. Синтез, свойства и применение гем-дихлорциклопропилметилловых эфиров кислот фосфора: монография. – Чебоксары, Чуваш. гос. пед. ун-т, 2011. – 110 с.
- [9] Кормачев В. В., Колямшин О. А., Митрасов Ю. Н., Анисимова Е. А. Фосфорсодержащие малые циклы. V. Реакции замещенных циклопропилалкенов с пятихлористым фосфором // Журнал общей химии. – 1992. – Т. 62, № 12. – С. 2716-2721.
- [10] Митрасов Ю. Н., Симакова Е. А., Антонова И. И., Пикалев А. С., Скворцов В. Г. Синтез фосфорилированных циклопропанов на основе гем-дихлорциклопропилоксиранов // Журнал общей химии. – 2004. – Т. 74, № 2. – С. 339-340.
- [11] Митрасов Ю.Н., Фролова М.А. Синтез и биологическая активность фосфорилированных амидов циклопропан- и циклобутанкарбоновых кислот // Вестник Казанского технологического университета. – 2009. – № 6. –С. 29-33.
- [12] Steinbeck K. 1-Brommethyl-2,2-dichlorocyclopropan als Alkylierungs-reagenz // Liebigs Ann. Chem. – 1979. – № 6. – S. 920-922.

## МОДЕЛЬ ЭНЕРГОИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В ПРИРОДЕ

И.И. Попов<sup>1,2</sup>

1 – АНО ПНР «Междисциплинарная Академия Науки и Инноватики»

2 – ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»

e-mail: biht.orol@gmail.com

**1. Введение.** Главной задачей науки и инновационной деятельности в настоящее время является нахождение методов объективной оценки существующих духовных и материальных потребностей человека и правил их взаимного согласования (в форме помощи человеку). При современном уровне научно-технического прогресса оценить состояние обеспеченности материальных потребностей человека исходя из выбранного образа жизни вполне реально. А вот оценка информационно-полевого обмена вселенской информацией, представляемой в спектральной форме, между человеком и окружающей средой требует новых моделей построения мира, смелых гипотез и их экспериментальных реализаций.

На наш взгляд, наиболее приемлемой для этих целей служит Вихревая резонансная модель Вселенной [1], представляющая собой определенную иерархию вихрей, в которых циркулирует вещество под воздействием потенциала энергии, содержащейся в вихрях. Эта модель предложена российским профессором из Удмуртского государственного университета (Ижевск, Россия) В.Д. Плыкиным (см. YouTube: Модель вселенной В.Д. Плыкина, Киров, 2005 г., 2 части: <https://vk.com/club16512240> и [https://vk.com/club16512240?z=video10307566\\_171177644...2](https://vk.com/club16512240?z=video10307566_171177644...2)). Эта модель предполагает наличие подвижного, обладающего энергией Эфира. Предложенная модель дает ответ на все 109 аномалий, на которые современная наука не имеет ответов. Потому, по большому счету, эта модель в первом приближении верна и на нее можно опираться при дальнейшем продвижении в познании Мира.

Впервые концепцию вихревой Вселенной развивал, Р. Декарта в XVII в., который утверждал то, что, когда частицы в пространстве вращаются вокруг своих осей, они образуют малые вихри, и все вместе вращаются вокруг общего центра. Р. Декартом предполагались вихревые потоки «огненного элемента» из раскаленного ядра Земли, когда частицы потока, вследствие вращения Земли, стремятся наружу. Примером вихря, сформированного по правилам, заложенным в данную модель, является смерч (торнадо), хорошо представленный в интернете видеозаписями.

Предлагаемая модель представляет собой буферную оболочку, реализующую признаки эмерджентности. В этом случае, любой информационный образ, попавший в эту оболочку, во-первых, не отторгается ею, во-вторых, приобретает признаки эмерджентности, то есть получает новые неожиданные свойства в силу появления системного эффекта. Благодаря обобщенности изложения признаков взаимодействия элементов модели энергоинформационного обмена в Природе достигается высокая масштабность процессов рассмотрения событий.

Для понимания основ предлагаемой модели энергоинформационного обмена в Природе зададим себе несколько вопросов и дадим на них ответы.

**2. Как построена мировая вихревая иерархия?** Бог - Создатель Мира, в ядре своего вихря в силу справедливости вселенских Законов, организовал сложно функционирующую систему уплотнения собираемой снизу энергии в вещество (уплотненные вихри с минимальными порциями энергии). Например, эти вихри могут формироваться за счет собирания энергии ячеек памяти Ноосферы. От него в силу физического взаимодействия собранных порций энергий из Ноосферы во все стороны выходят вихри вещества под воздействием вихревого движения энергии. Вихри имеют разнообразную структуру с различными частотами повторения витков спирали. В определенных местах спирали вихря происходит совпадение фаз вра-

щения вещества и энергии в сечении нитки вихревой спирали с радиусом вихря. В результате, в этих местах спирали вихря создаются узлы, частично сходящих с вихря вещества и его энергии вращения. Эти узлы получают название, например, Вселенные, Галактик, звезд, планет и т.д. (в солнечной системе – это планеты). Из этих узлов (ядер низшего порядка) выходит разнообразие вихрей с большими частотами и, соответственно, меньшими длинами волн периодически повторяющихся процессов.

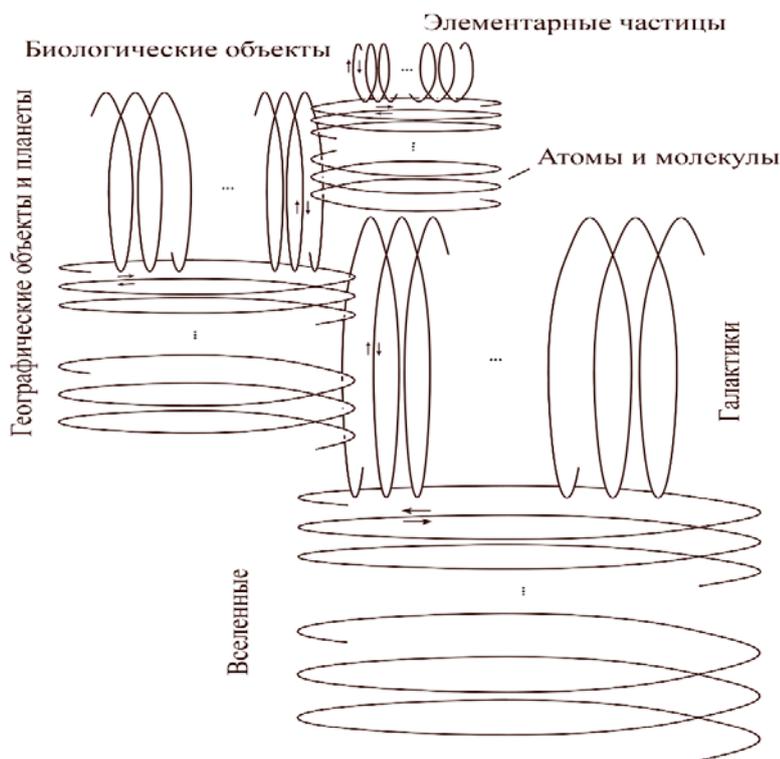


Рис. 1. Иерархия вихрей движения энергии и вещества в Природе.

Из Галактик формируются Звездные образования. Из Звезд (например, Солнца) – Планеты (в том числе Земля). Из Планеты Земля – Географические объекты. Из Географических объектов – Биологические объекты (или Породы вещества). Из них – атомы и молекулы. Из тех – частицы микромира.

### 3. Почему в основу построения мира взята иерархия понятий и объектов?

*Существует такая цепочка взаимно связанных понятий:*

Жизнь – это **движение**.

Движение – это **энергия**.

Наука об энергии – это **физика**.

Согласованная с внешней средой физика – **духовность**.

Познание закономерностей духовности – **духотворчество**.

Уплотненная в вихревой иерархии и структуре энергия – это **вещество**.

Наука о веществе – это **химия**.

Наука о согласованном по своим параметрам с окружающей средой веществе через его взаимодействие со структурой воды, отражающую состояние внешних вихрей, в которой оно разбавляется – это **биология**.

Придание материальному веществу форм и формирование иерархии взаимодействия этих форм – это **инженерное дело**.

Согласованное с духовностью инженерное дело – **духовное созерцание**.

Работа с биологическим веществом, зависимым от его духовного содержания – это **медицина**.

Область знаний, связанная с упорядочиванием влияния духовности на человека – это **религия и психология**.

Снятие рисков возникновения сбоя в духовном управлении обществом – это **политика**.

Нарушение законов равновесия – это **конфликты**.

*Существует строго определенная система размеров материальных объектов в Природе.* В трудах профессора Ю.С. Владимирова (МГУ им. М.В. Ломоносова, кафедра теоретической физики) показано, что все объекты Природы по линейному их размеру (расстоянию между двумя самыми удаленными точками) делятся на классы, по мере уменьшения их размера расположены в следующем порядке: Вселенные, Галактики, звездные образования (в нашем случае Солнце), планеты, географические объекты, биологические объекты, атомы и молекулы, атомные частицы. Располагая значения линейных размеров материальных объектов Природы на логарифмической шкале, получаем картину, приведенную на рис. 2. Из нее следует, что самый большой объект любого класса от самого маленького объекта этого же класса отличается размерами в большую сторону в число, равное значению  $(e^e)^e$ . В свою очередь, объекты каждого класса делятся на подклассы с размерами самого большого и самого маленького объекта этого подкласса, отличающимися в число, равное  $e^e$ .

Вывод: в Природе размеры всех существующих объектов строго регламентированы в соответствии с определенной иерархией.



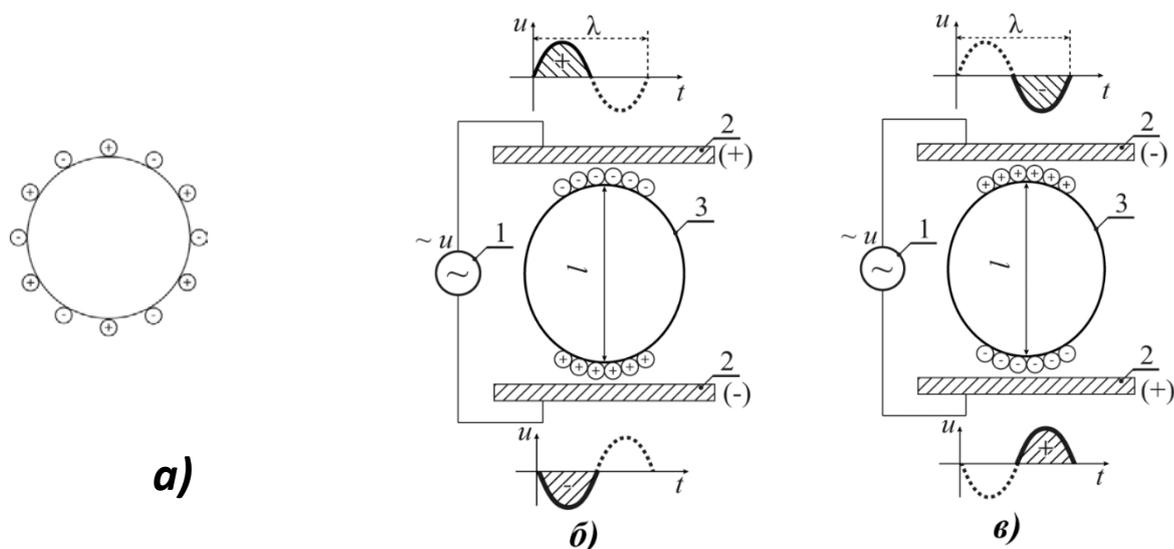
**Рис. 2.** Шкала расположения линейных размеров различных классов и подклассов на шкале натуральных логарифмов: где  $X$  – линейный размер природных объектов,  $c$  – минимальный линейный размер биологического объекта;  $c \cdot (e^e)^e$  – максимальный линейный размер биологического объекта;  $c \cdot e^{e^e}$  – максимальный размер объекта из самого маленького подкласса биологических объектов (по Ю.С. Владиминову).

#### 4. Почему в основу построения мировой иерархии взято вихревое движение энергии?

процессе наблюдения за макрообъектами Природы (смерч-торнадо, циклоны и антициклоны в метеорологии, водяные воронки над омутом в речках, морские ракушки, формы геологических слоев в месторождениях полезных ископаемых, завихрения с тыльной стороны крыльев самолетов и др.) позволяет выбрать вихревую модель как одну из форм движения энергии в Природе. В силу существующего соответствия линейного размера материального объекта частоте резонансных колебаний его поверхностных зарядов (известного как плазмонный резонанс) можно установить строгое соответствие между иерархией показанного выше масштабирования линейных размеров природных объектов по классам и подклассам и иерархией вихревых частот. На рис. 3 проиллюстрирован процесс протекания плазмонного резонанса. В случае приложения к токопроводящему объекту переменного электрического потенциала происходит перетекание его поверхностных зарядов к противоположному по знаку поверхностному потенциалу. По мере изменения на противоположную полярности приложенного поверхностного потенциала происходит перетекания поверхностных зарядов на противоположную сторону поверхности токопроводящего объекта. Если длина волны переменного потенциала строго соответствует линейному размеру токопроводящего объекта, то перетекание поверхностных зарядов происходит без потери энергии, то есть в резонансном режиме (рис. 3).

Вывод: при внешнем воздействии переменного потенциала на объект каждому линейному размеру токопроводящего объекта соответствует строго определенная (резонансная) частота переменного потенциала. Тем самым подтверждается наличие иерархии частот переменного поля строго соответствующей выше приведенной иерархии линейных размеров объектов Природы. В предложенной В.Д. Плыкиным Вихревой резонансной модели Вселенной частоты повторения витков вихрей (длина волны периодически повторяющихся процессов) соответствует линейным размерам определенных объектов Вселенной, рождающихся в соответствующем вихре. Таким образом, иерархия линейных размеров природных объектов, разбиваемая на классы и подклассы, соответствует иерархии частот вращения энергии вих-

рей (в качестве аналога такой передачи количественной информации, реализуемой в иерархии вихрей, можно принять многоступенчатый механический редуктор).



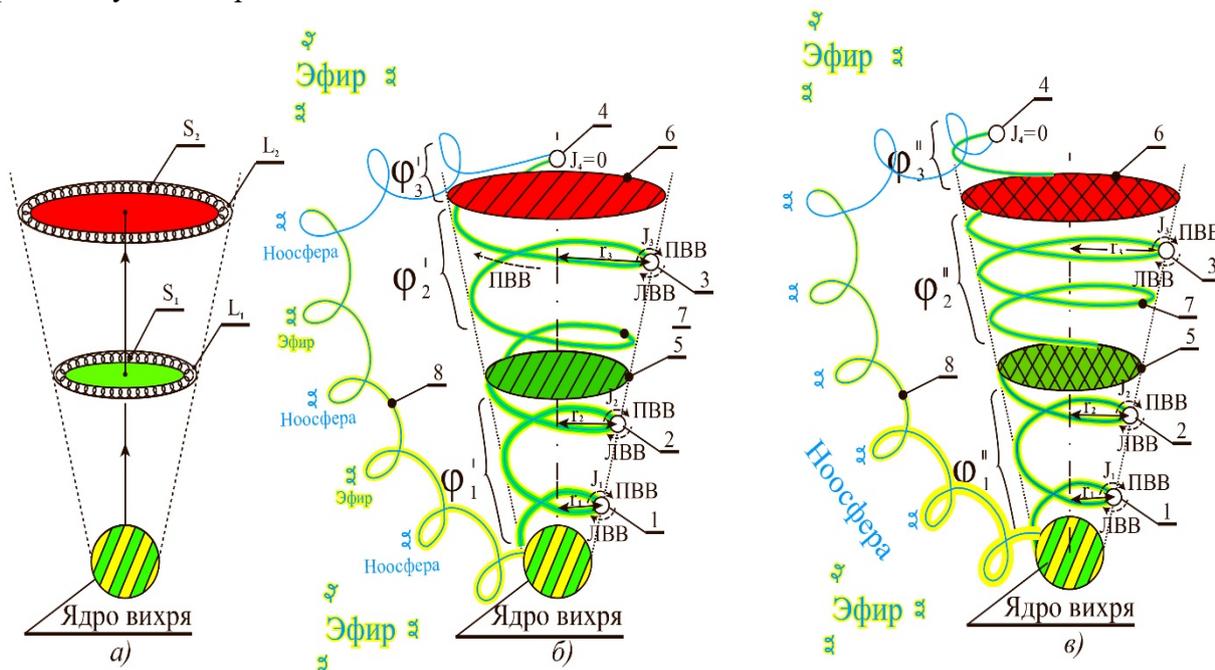
**Рис. 3.** Возбуждение плазмонного резонанса:

- а) равномерное распределение электрических зарядов на токопроводящей поверхности наноразмерной частицы;  
 б) распределение электрических зарядов на токопроводящей поверхности наноразмерной частицы 3 под воздействием положительной полуволны источника переменного напряжения 1 на верхней обкладке 2 конденсатора и отрицательной полуволны на нижней обкладке 2 конденсатора;  
 в) распределение электрических зарядов на токопроводящей поверхности наноразмерной частицы 3 под воздействием отрицательной полуволны источника переменного напряжения 1 на верхней обкладке 2 конденсатора и положительной полуволны на нижней обкладке 2 конденсатора.

**5. Что такое энергоинформационный обмен в Природе?** Энергоинформационный обмен является составной частью протекающих в Природе процессов, включающих их форму и содержание. Он представляет собой совокупность определенным образом организованного движения вещества, энергий и их потенциалов по иерархии вихревых форм материи. Он отвечает за содержание и качество обменов информацией между объектами материального мира, носителем которой является энергия. В Природе для обмена информацией применяется спектральная форма ее представления. Эта информация определяет содержание энергоинформационного обмена. Совокупность характеристик спектральных пакетов группы вихрей обеспечивает визуализацию сложных спектральных информационных блоков в хорошо воспринимаемые человеком формы информационных образов (аналогом может служить голография). При этом сам материальный мир, представляющий собой совокупность вихревых форм движущегося вещества, отвечает лишь за форму отображения протекающих в Природе процессов энергоинформационного обмена.

**6. Зачем людям нужна модель энергоинформационного обмена в Природе?** Модель позволяет систематизировать множество знаний, существующих в жизнедеятельности современного общества. Модель содержит знания, которые нужны каждому человеку как камертон гитаристу, для гармонизации внутреннего эмоционального настроения, для оценки экологической обстановки. Эта модель является ключом для систематизации приходящих к человеку знаний во всех сферах его жизнедеятельности, в том числе решения ряда практически значимых задач в области материаловедения, геофизической навигации, фундаментальной, прикладной, практической и медицинской психологии, спорте, в решении экологических задач, в том числе в социальной экологии, экологии человека, при построении эффективной политической идеологии, для более понятного прочтения и глубокого осознания литературы по духовности (Агни йога Елены Рерих Беспредельность; А.Н. Останин, О.В. Короткова Прозрение, СПб.: –Ника, 2004, –288 с.; различные религиозные учения), по психологическим методикам, для объяснения многих регистрируемых, но нераспознанных явлений Природы.

**7. Что из себя представляет вихревое движение и из каких элементов оно состоит?** Первичным элементом вихревой резонансной модели Вселенной является вихрь, в котором энергия движется по замкнутому циклу, отдавая часть своего содержания и вещества, захваченных более низшими по вихревой иерархии элементами у более высших. Фазы циклического движения энергии в вихре разделяются на прямой (от ядра вихря к точке возврата) и обратный (от точки возврата к ядру вихря) вихрь. Вдоль нитки спирали вихря имеется левостороннее (в сечении нитки), центростремительное вращение энергии по своей спирали (на рис. 4 показано синим цветом). Поверху центростремительной энергии происходит правостороннее (в сечении нитки) центробежное вращение энергии по спирали (на рис. 4 показанной желтым цветом), с величиной, превышающей на несколько порядков левосторонне-вращающуюся энергию.



**Рис. 4.** Вихревое движение энергии и вещества: а) вещество под воздействием энергии, движется от ядра вверх в форме прямого правостороннего вращающегося вихря, на своем пути создавая материальные образования; б) вихревое движение вещества и энергии при совершенных материальных объектах, не создающих излишних потерь энергии; в) вихревое движение вещества и энергии при несовершенных материальных объектах, создающих ее потери и вносящих искажение фазовой и частотной модуляции энергии далее движущегося вихря.

Между ними в направлении внешней спирали вращается захваченное в ядре спирали вещество (на рис. 4 показанное зеленым цветом), являющееся уплотненной спиралевидной энергией, состоящей из вихрей низшего порядка. Направление вращения вещества в вихре определяется суммарным моментом количества движения центростремительного и центробежного вращения энергии. По мере продвижения энергии в прямом вихре возникают моменты совпадения максимальной напряженности вектора центробежной правосторонне вращающейся энергии в нитке спирали вихря с его радиусом. В это время эта точка спирали становится одним из полюсов образующейся плазменной волны, увлекающей часть энергии прямого вихря и движущегося в вихре вещества в сторону оси симметрии вихря. Из сбрасываемого с прямого вихря вещества образуется полое материальное тело, являющееся резонатором для полученной от вихря энергии. Сфазированная в этом резонаторе энергия в определенные пучности («моды колебаний») становится источником вихрей низшего порядка с параметрами, зависящими от размеров резонатора. Происходит это еще в силу того, что возбужденное центробежной энергией вещество, сошедшее с прямого вихря высшего порядка, стремится к покою, освобождаясь при этом от ранее полученной энергии. Но в силу дополнительного воздействия на это вещество в резонаторе более высокочастотной энерги-

ей, набранной из Эфира, обратного вихря в ядре, формирующемся под воздействием сошедшего вещества, происходит трехуровневая трансформация несущей энергии и модулирующей информации в излучаемый этим ядром прямой вихрь низшего порядка (в оптике есть аналог такого процесса [2, 3], реализуемый на основе формирования фотонного эха в трехуровневой резонансной среде).

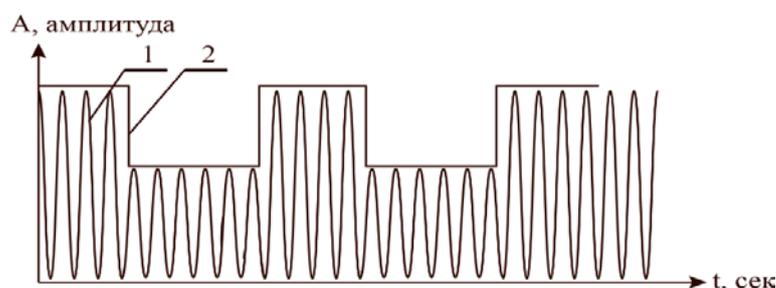
По мере последующего взаимодействия образованного материального тела с прямым вихрем происходит увеличение размеров этого тела за счет вновь сбрасываемого вещества (например, планета Земля ежегодно растет в размерах на 17 см). При этом рельеф Земли формируется от выбрасываемого на поверхность вещества вихрями, исходящими от ядра Земли. В роста размеров тела происходит смещение его вдаль от ядра. Смещается вверх по спирали прямого вихря и точка взаимодействия его энергии и транспортируемого в нем вещества с материальным объектом, в которой соответствующий виток спирали имеет больший диаметр (Марс, Земля и Венера удаляются от Солнца, обладают размерами, соответствующими их времени жизни).

По мере потери вещества и центробежной энергии в сечении нитки спирали прямого вихря в фазе прямого вихря до значения, меньшего энергии центростремительного вихря, меняется спин (направление движения) вихря в сторону к ядру (происходит переход к фазе обратного вихря). Эту точку смены направления движения вихря назовем точкой возврата (см. элемент 4 на рис. 4). Образовавшийся обратный вихрь по пути движения к ядру захватывает из Эфира минимальные порции правовращающего центробежного движения энергии (желтый цвет). Энергия этих захватываемых частиц равна значению, определяемому Постоянной Планка ( $h = 6,6 \times 10^{-34}$  Дж сек). Захватываемая правосторонне вращающаяся энергия уравнивает момент количества движения, прикладываемого к остатку вещества, определяемый вектором центростремительного движения. При этом минимальные порции левовращающегося центростремительного движения энергии (синий цвет), оставаясь в Эфире неуравновешенными, запоминают фазовые и частотные характеристики прошедшего мимо обратного вихря (отражающие степень согласованности информации, модулирующей обратный вихрь, со вселенской информацией, поступающей от вихрей более высшего порядка, то есть – духовность). Из этих оставшихся порций энергии в Эфире формируются ячейки памяти Ноосферы (этим объясняется ощущение тяжести или легкости нахождения в кабинете того или иного руководителя, этому же обязан и термин намоленности помещения). По мере продвижения вновь захваченной центробежно вращающейся энергии по обратному вихрю увеличивается суммарная напряженность поля этой энергии, приводящая к дополнительному индуцированному переходу ее частиц от частиц Эфира. В этом случае постепенно возникает лавинообразный процесс, приводящий к резкому возрастанию напряженности центробежного движения энергии вдоль нитки спирали обратного вихря, на несколько порядков превышающей напряженность центростремительно движущейся энергии. При этом процесс перехода центробежно движущейся энергии от частиц Эфира к обратному вихрю, происходит в соответствии с имеющимися модуляционными характеристиками обратного вихря. Чем выше столб мобилизованного по энергии прямого вихря, тем более высшего порядка вихри передают этому обратному вихрю низшего порядка свои значения модуляционных характеристик. Таким образом, вошедшая в ядро вихря центростремительно движущаяся энергия, обладающая большой напряженностью вихревой волны и модуляцией своих характеристик, полученной от вихрей высшего порядка, запускает в полном ядре процесс трансформации несущей частоты и модулирующей информации. Аналогичные процессы приведенным в работах [2, 3]. Происходит трансформация информации внешнего вихря, формирующего это ядро, в масштабы этого вихря. Также происходит повышение энергии формирующихся пучностей энергии, восполняющих энергию прямого вихря и пополняющих количество захватываемого прямым вихрем вещества, поступающего от вихрей высшего порядка. При отсутствии внешних воздействий материальные тела, формирующиеся на определенных витках

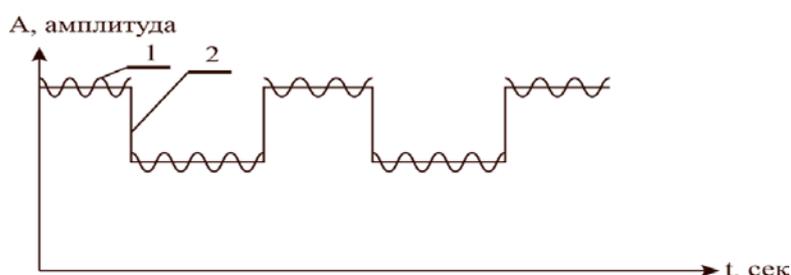
спирали прямого вихря, имеют симметричную (гармоничную) форму, не приводящую к искажению модуляции прямого вихря и, соответственно, к излишним потерям энергии, вносящим искажения формы этого материального тела (рис. 4 б). При наличии внешних воздействий на форму материального тела происходит изменение ее формы, вызывающее дополнительные потери энергии (в силу снижения добротности резонатора, образованного материальным телом). Эти потери приводят к искажению модуляции энергии прямого вихря (рис. 4 в). И если в точке возврата (смены фазы вихря) не произойдет должная подстройка модулирующей информации, то ее искажения приходят в ядро и воспроизводятся в потоке центробежно движущейся энергии и вещества прямого вихря, усиливая дефекты растущего материального тела (в медицине – это заболевание, в религии это называется грех).

**8. Как можно схематично представить энергии прямого и обратного вихрей?** Схематично сигнал, определяющий форму и параметры прямого вихря можно представить в виде, показанном на рис. 5. Несущая частота 1 отвечает за центробежное правостороннее (в сечении нитки спирали) движение энергии и вещества вдоль нитки спирали прямого вихря. Плотность энергии несущей частоты вихря должна быть больше, чем  $10^{-18}$  Вт/см<sup>2</sup>. Огибающая модулирующего сигнала 2 отвечает за режим организации сбрасывания вещества на материальное тело, растущее на пути вихря. Плотность энергии модулирующего сигнала должна быть меньше, чем  $10^{-20}$  Вт/см<sup>2</sup>. Сигнал, определяющий параметры обратного вихря, приведен на рис. 6.

**Рис. 5.** Диаграмма энергий прямого вихря: поле вихревого сигнала с энергией, содержащей массу переносимого вихрем вещества, движущего от ядра вихря к точке возврата: 1 – амплитуда несущей частоты сигнала, определяющего частоту спирального циркулирования вещества и центробежной правовращающейся (в сечении нитки спирали) энергии; 2 – амплитуда информационно-модулирующего сигнала, определяющего плотность энергии и фазу ее циркулирования в сечении нитки спирали (информацию о степени духовности).

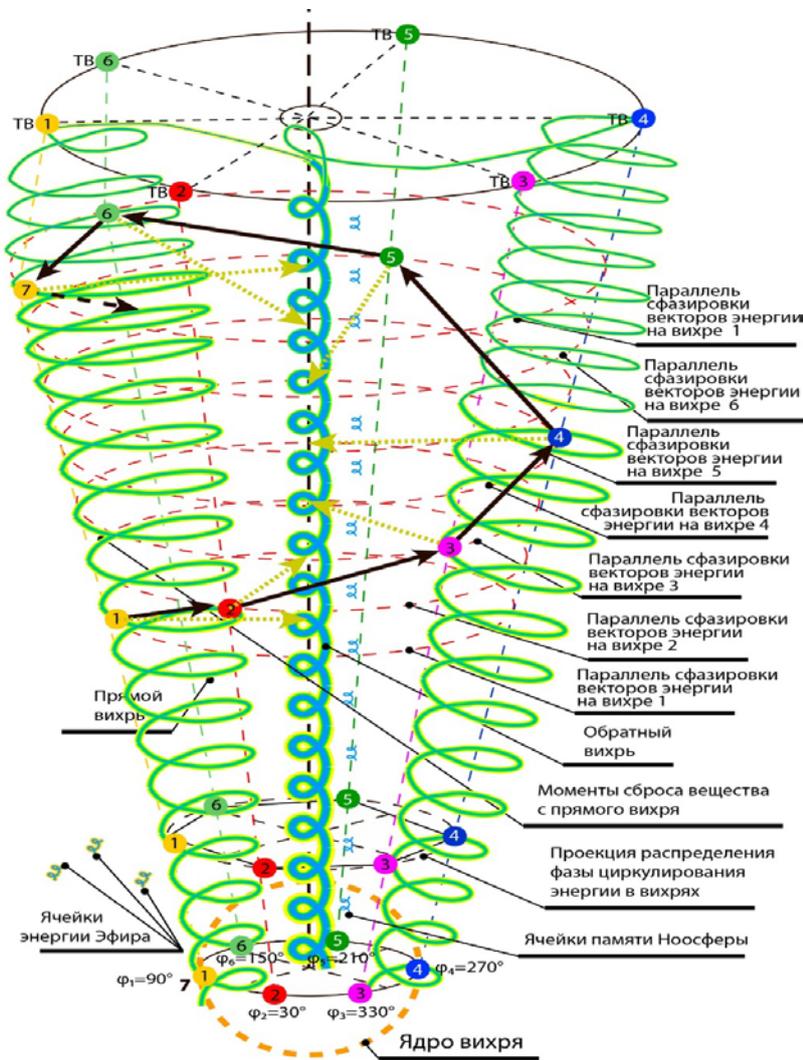


**Рис. 6.** Диаграмма энергий обратного вихря, движущего от точки возврата к ядру вихря – поле вихревого энергоинформационного (сверх слабого) сигнала, аккумулирующего свободную энергию Эфира; 1 – амплитуда несущей частоты сигнала, содержащей небольшие остатки вещества и центробежной энергии; 2 – амплитуда информационно-модулирующего сигнала, определяющего плотность энергии и фазу ее циркулирования в сечении нитки спирали (информацию о степени духовности), которыми будет обладать захватываемая обратным вихрем центробежная энергия, освобождаемая из Эфира (эти параметры могут быть скорректированы внешним воздействием, а у человека – и его силой воли).



В сигнале обратного вихря плотность энергии несущей частоты должна быть на много меньше, чем в прямом вихре. Плотности энергии модулирующего сигнала становится соизмеримой как с плотностью энергии несущей частоты, так и с порциями энергии, входящими в автономную частицу Эфира, взаимно уравнивающими друг друга (обладающих противоположным спином). Причем, чем выше отношение плотности энергии модулирующего сигнала, тем сильнее будет эффект коррекции параметров формируемого в прямом вихре материального тела. Эта коррекция параметров материального тела возможна в моменты перехода вещества из одного фазового состояния в другое.

**9. Какую форму имеет вещество, попадающее на поверхность материального тела и почему?** Переход вещества из более рыхлого состояния в более плотное происходит под воздействием шести вихрей, расположенных в плоскости правильного шестигранника



**Рис. 8.** Принимаемая форма из частиц сорбента, плавающих на поверхности воды, налитой в стакан, после его перемешивания с водой.

вещества, попадающее на поверхность материального тела и почему? Переход вещества из более рыхлого состояния в более плотное происходит под воздействием шести вихрей, расположенных в плоскости правильного шестигранника

(рис. 7). Вновь образованный слой вещества, откладываемого на поверхности материального тела, имеет винтовую форму с шестигранным сечением (с шестью вершинами и 6 гранями). Примером служит морская ракушка или форма расположение рудных пород в месторождениях, сорбент плавающий на поверхности воды после перемешивания его с водой (рис. 8). Причина заключается в следующем. От ядра в разные направления сферической поверхности распространяются группы, по 6 прямых вихрей.

**Рис. 7.** Принцип формирования шестигранной кристаллической структуры вещества от группы из шести прямых вихрей с циркуляцией энергии в сечении нитки спирали, сдвинутой по фазе на 60 градусов: 1 ...6 – номера вихрей, выходящих из ядра в одном направлении. По углам шестигранника проходят шесть прямых вихрей (сине-зелено-желтый цвет); по оси шестигранника возвращаются в ядро 6 обратных вихрей (синий цвет с маленьким желтым ореолом); черные вектора – границы формирующейся по винтовой траектории шестигранной кристаллической решетки.

В каждой группе вихри имеют одну и ту же частоту, но разную фазу, сдвинутую на 60°. В момент совпадения фаз максимума право-вращающейся (в сечении нитки спирали вихря) энергии прямых вихрей, отличающихся по фазе на 180° в направлении радиуса этих вихрей, происходит образование между ними плазмонной волны, сопровождающееся сбросом части энергии и вещества в пространство между ними и образованием из вещества материального тела (многомодового резонатора, каждая мода колебаний сброшенной энергии (пучность энергии) является ядром вихрей низшего порядка). Совпадение фаз поочередно переходит от одной пары вихрей к другой со сдвигом на 60°. Наибольшее количество вещества оседает в момент максимального совпадения фаз каждой из пар вихрей. Смещение фаз вихрей от центра их совпадения сопровождается уменьшением вклада вещества, сбрасываемого на тело с этой пары

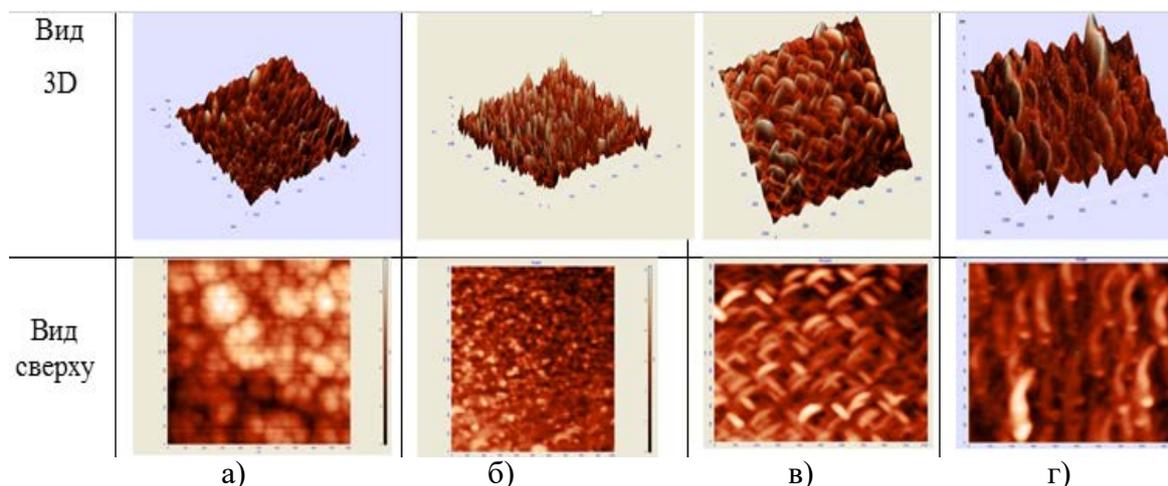
вихрей. При сдвиге фаз в пределах 30° в обе стороны от центра совпадения фаз происходит уменьшение определяющего вклада этих вихрей в формирование грани формируемого кри-

сталла вещества. Середина между вершинами шестигранника формируется под ослабленным суммарным воздействием обеих соседних пар вихрей. Их меняющаяся сумма формирует грань шестигранника.

**10. Как можно прокомментировать наложение модели энергоинформационного обмена в Природе на поведение нашей планеты Земля в Солнечной системе?** Когда от Солнца в сторону Земли отходят 6 вихрей, между которыми сформирована и растет (каждый год на 17 см) наша планета вблизи Солнца наблюдается небольшая туманность. Это связано с тем, что все 6 вихрей выходят из своего ядра (Солнца) поочередно. После достижения первым вихрем фазы  $60^\circ$ , из ядра выдавливается второй вихрь и так далее. Пока направление максимальной величины вектора энергии, центростремительно движущейся вдоль нити спирали прямого вихря, не совпало с радиусом вихря, то есть до момента сброса вещества в материальное тело, часть захваченного прямым вихрем вещества сбрасывается с него в сторону радиуса Солнца (в силу выполнения в этом направлении закона сохранения количества движения между взаимодействующими массами). Тем самым, создается эта туманность вблизи Солнца. Когда наступает момент этого совпадения фаз, на определенном расстоянии от Солнца происходит образование около Солнца молодой планеты. По мере формирования массы и объема планеты происходит отдаление ее от Солнца и смещение вверх по спирали вихря точки сброса с него энергии и вещества, характеризующейся совпадением с радиусом вихря фаз вектора напряженности энергии, центростремительно движущейся по вихрю и вращающейся в правую сторону в сечении нити его спирали. В этом случае, удаляющаяся от Солнца планета, освобождает место для формирования новой Планеты. Таким образом, выстраивается строй планет, увеличивающихся в размере по мере удаления от Солнца. Марс больше Земли, потому что дальше от Солнца. Венера – наоборот. Спектры внутренних вихрей Земли совпадают со спектрами вихрей воды, потому на расстоянии от Солнца, на котором находится Земля есть биологическая жизнь, оснащенная сознанием. *Смысл жизни планеты Земля заключается в структуризации энергии, захватываемой из Эфира*, в соответствии с масштабированной под ее размеры вселенской информацией, то есть *в совершенствовании духовности*. Чувство, которое человек ощущает при излучении таким образом структурированной им энергии является любовью. Чувство излучения энергии с информацией, находящейся в противофазе со вселенской информацией является ненавистью. Отсутствию излучения (соответственно, любви) и аккумуляции ее внутри самого себя порождает чувство эгоизма. Процессы, связанные с выстраиванием материальных слоев планеты, формируют ее материальный мир. Характер наполнения центробежной энергией и веществом главного прямого вихря планеты и, соответственно, – его вторичных прямых вихрей, а также содержание информации, модулирующей энергию, вращающуюся центростремительно в левостороннем (в сечении нитки спирали обратного вихря) направлении, определяют духовный уровень планеты. Нарастающее отличие модулирующей информации вихря от информации, поступающей с вихрем высшего порядка, соответствует снижению духовности планеты. Чем меньше влияние внешней среды на форму планеты, тем меньше в ней потери энергии, тем точнее по качеству повторяются циклы формирования материального нарастания планеты, тем выше ее духовность, а соответственно, качество реализации смысла жизни.

**11. Как можно прокомментировать наложение модели энергоинформационного обмена в Природе на получение разной текстуры тонких пленок, получаемых методом магнетронного распыления? Условия и результаты проведения эксперимента.** Процесс формирования тонкой пленки меди методом магнетронного распыления протекал следующим образом [4]. В вакуумной камере устанавливались медная шайба (мишень) и тонкая стеклянная пластина (подложка). Под действием разогрева мишени медь переходила из твердой фазы в газообразную. В точках перехода меди из твердого состояния в газообразное возникали в виде кратеров энергетические ядра. Под воздействием магнитного и электрического полей вихри паров меди направлялись на подложку. На подложке происходила кристаллизация па-

ров меди. Сначала формировались островки кристаллической структуры в форме пчелиных сот. Затем высота островков увеличивалась, формируя кристаллические волокна меди, ориентированные ортогонально к плоскости подложки. Постепенно росла высота и ширина основания волокон, что приводило к срастанию их оснований. Пространство между волокнами заполнялось рентгеноаморфной фазой медного порошка, не задействованного в формировании волоконно-кристаллической структуры. По мере выращивания пленки покрытие превращалось в сплошную пленку с чередующимися образованиями волоконно-кристаллической и рентгеноаморфной фаз меди. Скан верхней поверхности таких пленок приведен на рис. 9 (а – контроль в эксперименте).



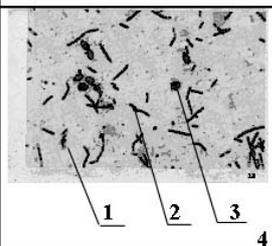
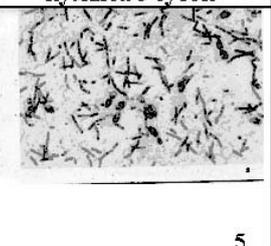
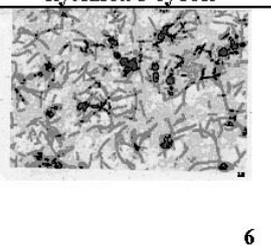
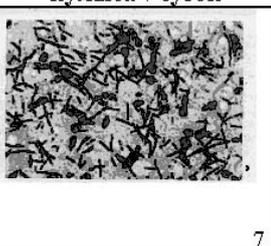
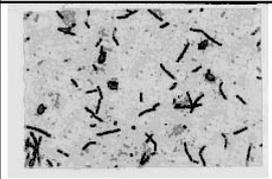
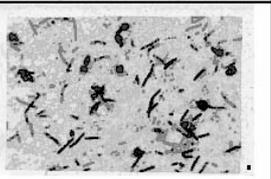
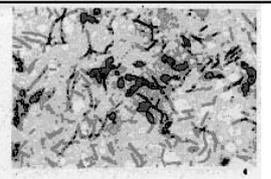
**Рис. 9.** Коррекция скорости фазового перехода меди из газовой фазы в кристаллическую при получении тонкой пленки методом магнетронного распыления, приводящей к изменению структуры медной пленки в зависимости от содержания сигнала амплитудно-временной модуляции слабого акустического излучения, на фоне которого формировалась пленка: а – без воздействия на подложку акустического поля; б – ускорение фазового перехода паров меди в твердые волокна; в – ситуация влияния плазмонного резонанса на формирование волоконной структуры; г – замедление фазового перехода паров меди в твердые волокна.

Снизу к подложке прикреплялся источник акустического сигнала (аналогичного показанному на рис.6) с несущей частотой, определяемой из требуемых размеров кристаллической структуры. Параметры амплитудно-импульсной модуляции определяли форму кристаллических волокон. На рис. 9б показаны заостренные вершины волокон, то есть происходило ускорение фазового перехода меди из газовой фазы в кристаллическую, на рис. 9г – замедление этого фазового перехода меди. На рис. 9в формируются периодически повторяющиеся формы кристаллических волокон, строго ориентированных по направлению.

**Обсуждение полученных результатов.** Полученные неожиданные технологические экспериментальные результаты можно объяснить с помощью предлагаемой модели энергоинформационного обмена в Природе. Шестигранная (сотовая) кристаллическая структура формируется при участии шести вихрей, выходящих из ядра, находящегося в точке перехода меди из твердой фазы в газообразную. Воспроизводятся события, проиллюстрированные на рис. 7. Эти шесть вихрей выстраивают волокна в формы, зависящие от вибраций, имеющих на обратном вихре этого макро-вихря, в который они входят. При воздействии акустическими вибрациями внешнего акустического сигнала на процесс фазового перехода меди из газовой фазы в кристаллическую задается время сброса вещества с вихря на формирующееся материальное тело. На рис. 9в показана ситуация формирования симметричного материального тела. На рис. 9б показана ситуация укороченного интервала сброса вещества с вихря (ускорения фазового перехода паров меди в кристаллическую структуру), на рис. 9г – удлиненного интервала сброса вещества с вихря (замедления фазового перехода паров меди в кристаллическую структуру). Рентгеноаморфная фаза обязана инерционному сбросу вещества с прямого вихря в момент

ухода от его радиуса фазы вектора левовращающейся (в сечении нитки спирали вихря) энергии, центробежно двигающейся вдоль оси нитки спирали вихря (желтый цвет, рис. 4 в).

**12. Как можно прокомментировать наложение модели энергоинформационного обмена в Природе на коррекцию функционального состояния биологических объектов? Условия и результаты проведения эксперимента.** Для ответа на поставленный вопрос в эксперименте было выбрано исследование возможности влияния слабыми акустическими сигналами с амплитудно-импульсной модуляцией (типа сигнала, показанного на рис. 6) на процесс закисания натурального кумыса [5]. Закупоренный в полулитровые бутылки натуральный кумыс в течение 20 секунд облучался слабым акустическим сигналом. Параметры акустического сигнала подбирались под линейные размеры кисломолочных палочек и дрожжей. Выбирался режим замедления фазового перехода отработавших свой жизненный цикл кисломолочных бактерий и дрожжей, ответственных за закисание кумыса, в момент их деления и перехода в новое состояние. Облученный кумыс сравнивался с контрольным необлученным экземпляром. Ежедневно проводилась фиксация проб облученного и необлученного кумыса (каждая проба бралась из своей бутылки). На рис. 10. приведены фотографии проб облученного и необлученного кумыса с различными интервалами его хранения.

| необлученный кумыс  |   |  |   |
|---|---|--|---|
| исходный кумыс  | срок хранения кумыса 3 суток  | срок хранения кумыса 5 суток   | срок хранения кумыса 7 суток  |
|   |   |   |   |
| 4   | 5   | 6  | 7   |
| облученный кумыс  |   |  |   |
| исходный кумыс  | срок хранения кумыса 15 суток   | срок хранения кумыса 20 суток  | срок хранения кумыса 22 суток   |
|  |  |  |  |
| 8   | 9   | 10   | 11  |

**Рис. 10.** Фотографии микроскопических снимков окрашенных молочнокислых бактерий, демонстрирующих динамику их развития в облученном и необлученном кумысе: 1 – молочнокислые палочки болгарской *Lactobacillusbulgaricum*, 2 – ацидофильной *Lactobacillusacidophilum*; 3 –м дрожжи.

Показаны фотографии необлученного и облученного акустическим сигналом кумыса, с одинаковой степенью заполнения бактериями и дрожжами, но с разным сроком хранения. На фото 4 показан исходный кумыс, на фото 8 – облученный кумыс в момент облучения. На фото 5 – необлученный кумыс после 3 суток хранения. На фото 9 – облученный кумыс после 15 суток хранения со степенью заполнения бактериями и дрожжами такой же как на фото 5. После 20 суток хранения облученного кумыса (см. фото 10) имеем такое же его качество бактерий и дрожжей как у необлученного после 5 суток хранения (см. фото 6). После 22 суток хранения облученного кумыса (фото 11) его качество было соизмеримо с необлученным кумысом, хранившимся 7 суток (фото 7).

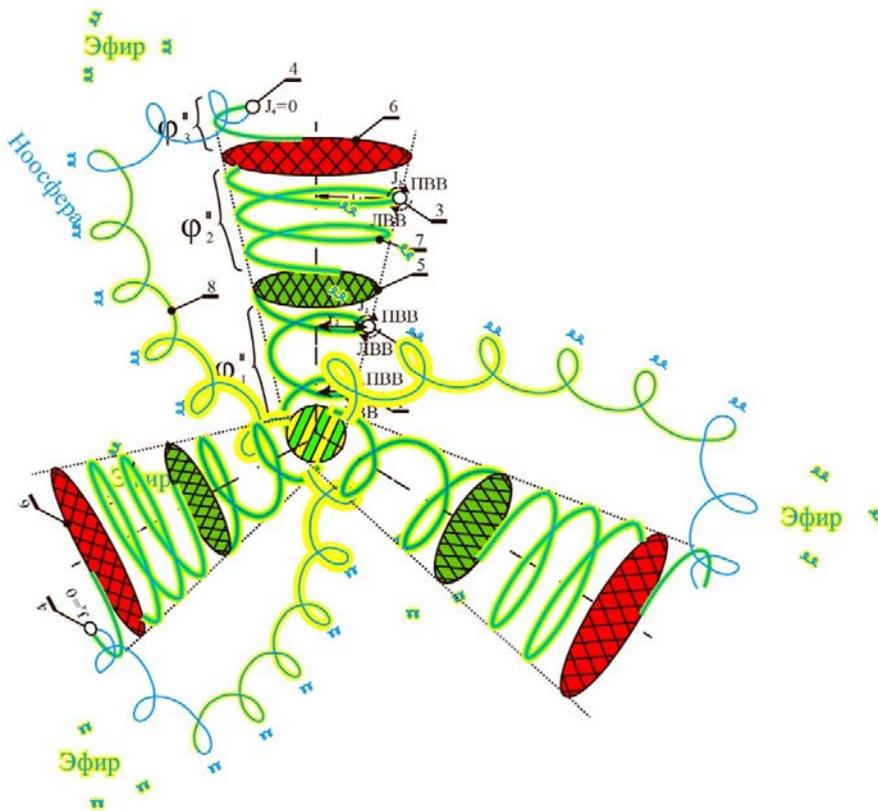
**Обсуждение полученных результатов.** Полученные неожиданные технологические экспериментальные результаты для биологических объектов можно объяснить с помощью предлагаемой модели энергоинформационного обмена в Природе. Акустические вибрации внешне-

го сигнала корректируют модуляцию энергии обратного вихря, циркулирующей по циклу (прямой – обратный вихрь) через отдельные бактерии и дрожжи. В момент фазового перехода биологического объекта из одного состояния в другое характер модуляции обратного вихря влияет на характер заполнения веществом прямого вихря и, соответственно, на увеличение времени сброса вещества с вихря на формирующийся биологический объект, то есть на замедление этого фазового перехода.

### 13. Чем отличается работа вихрей ядра, обладающего сознанием, от ядер других вихрей?

Грубой формой представления некоторых признаков сознания ядра можно принять алгоритм формирования параметров вихрей (путем трансформации в многоуровневых квантовых системах частоты энергии и модулирующей ее информации [2, 3]), выходящих из ядра, подстраиваемый сигналами, являющимися продуктами работы головного мозга, обрабатывающего ячейки своей памяти и входные сигналы. Под воздействием воли человека энергия и вещество, выходящие в вихрях из ядра в

разных направлениях (рис. 11), могут перераспределяться между вихрями и концентрироваться в каком-то одном вихре (спектральном вихревом пакете) (рис. 12).



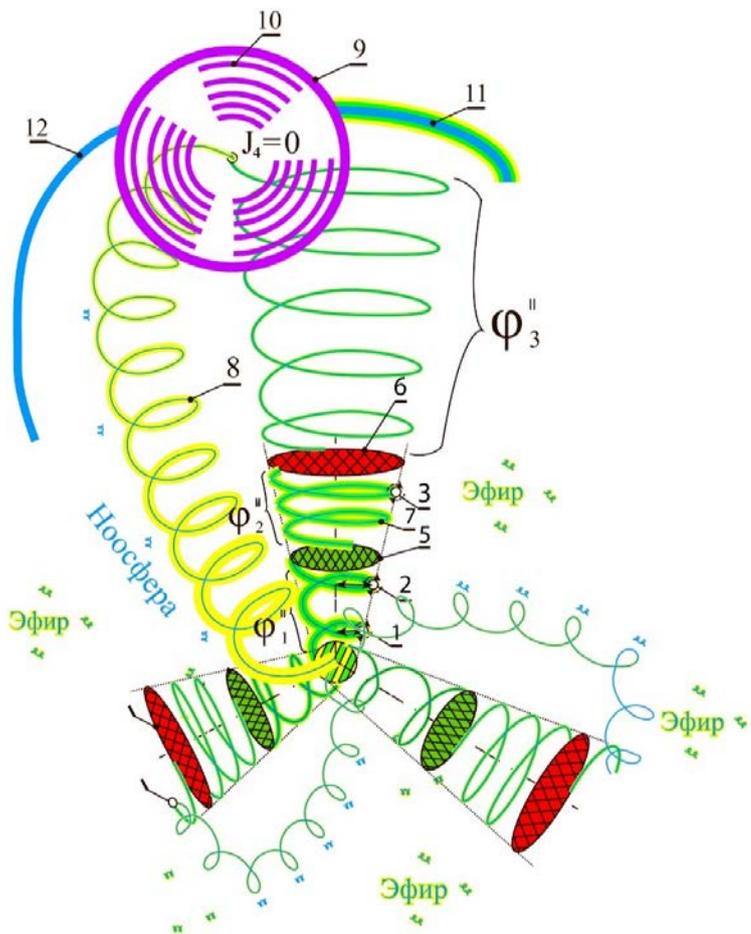
**Рис. 11.** Прямые вихри ( в реальности спектральные пакеты из 6 вихрей), расходящиеся от ядра в разные стороны на разных частотах повторения витков их спирали из ядра, обладающего сознанием, могут наполняться правовращающейся (см. желтый цвет вихря) энергии и увлекаемого им вещества (см. зеленый цвет) равномерно при отсутствии концентрирующего волевого воздействия на ядро: 1, 2 и 3 сечение нитки спирали прямого вихря, с разным радиусом спирали вихря и равным орбитальным моментом количества движения; 4 – точка возврата движения; 5 и 6 – точки совпадения

фаз направления максимума центробежной энергии с радиусом прямого вихря (сброса энергии и вещества на формирующееся материальное тело; 7 – прямой вихрь; 8 – обратный вихрь;  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  и  $\phi_3$  – участки прямого вихря, отличающиеся скоростью (частотой витков спирали) вихревого продвижения вещества и энергии, фазой правостороннего (в сечение нитки спирали вихря) вращения энергии (желтый цвет). Вихри ( в реальности спектральные пакеты из 6 вихрей) в текущем (не мобилизованном) состоянии, расходящиеся от ядра в разные стороны на разных частотах повторения витков их спирали из ядра, обладающего сознанием, могут наполняться правовращающейся (см. желтый цвет вихря) энергии и увлекаемого им вещества (см. зеленый цвет) равномерно при отсутствии концентрирующего волевого воздействия на ядро: 1, 2 и 3 сечение нитки спирали прямого вихря, с разным радиусом спирали вихря и равным орбитальным моментом количества движения; 4 – точка возврата движения; 5 и 6 – точки совпадения фаз направления максимума центробежной энергии с радиусом прямого вихря (сброса энергии и вещества на формирующееся материальное тело; 7 – прямой вихрь; 8 – обратный вихрь;  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  и  $\phi_3$  – участки прямого вихря, отличающиеся скоростью (частотой витков спирали) вихревого продвижения вещества и энергии, фазой правостороннего (в сечение нитки спирали вихря) вращения энергии (желтый цвет).

Тем самым выделенной группе вихрей (см верхний вихрь, рис. 12), соответствующих наиболее важной эмоции, в режиме мобилизации сообщается энергия большего значения, чем в обычном режиме работы за счет понижения ее у вихрей, работающих на другой частоте и распространяющихся в другом направлении (см. нижние вихри, рис. 12).

**14. К чему приводит увеличение энергии, концентрируемой в одном вихре?** При перераспределении энергии нижних (рис. 12) вихрей на верхний вихрь происходит продление времени и пути движения его прямого вихря. В результате точка возврата вихря удаляется от ядра на больший интервал, достигая точки возврата вихрей высших в их иерархии, то есть работающих с большими протоками энергии и в своих вибрациях в начале обратного вихря имеющих более мощные сигналы. В этих вибрациях содержится усредненная информация, собранная из большего числа вихрей, расположенных в вихревой иерархии ниже этого вихря. При взаимодействии с этими вибрациями происходит трансформация энергии несущей частоты и модулирующей информации [2, 3] от вихря, значительно выше стоящего в вихревой иерархии, на обратные вихри, получившие мобилизационную порцию энергии от соседних вихрей своего ядра. В результате этого обратные вихри меняют свои фазовые и частотные характеристики, от ранее записанных во внешнем вихре вибраций сильного верхнего вихря (то есть считывает с него информацию). В итоге, наполнение правовращающейся энергией от частиц Эфира происходит с учетом модуляции, полученной от верхнего вихря. А значит, – и вынос вещества в прямые вихри, согласованно мобилизованные по своей иерархии (соответственно увеличение массы материальных тел тоже происходит с учетом полученной вселенской информации).

**Рис. 12.** Момент концентрации (мобилизации) энергии с разных вихрей (двух нижних вихрей) ядра в один вихрь (верхний вихрь): 1, 2 и 3 сечение нитки спирали прямого вихря, с разным радиусом спирали вихря и равным орбитальным моментом количества движения; 4 – точка возврата вихря; 5 и 6 – точки совпадения фаз направления максимума центробежной энергии с радиусом прямого вихря (сброса энергии и вещества на формирующееся материальное тело; 7 – прямой вихрь; 8 – обратный вихрь;  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  и  $\varphi_3$  – участки прямого вихря, отличающиеся скоростью (частотой витков спирали) вихревого продвижения вещества и энергии, фазой правостороннего (в сечение нитки спирали вихря) вращения энергии (желтый цвет); 9 – границы сечения вихря высшего порядка в точки его возврата; 10 – вибрации обратного вихря высшего порядка, содержащие информацию, более согласованную с другими вихрями Вселенной; 11 – прямой вихрь высшего порядка; 12 – обратный вихрь высшего порядка.



Поток информации, в виде вибраций полученный от вихрей высшего порядка, – это *Дух* человека. Поток информации, в виде вибраций полученный от самого высшего вихря всей природной вихревой иерархии, – это *Святой Дух*. Энергия, мобилизованная в вихрь от других (соседних) вихрей человека – это *Сила Духа!*

**15. Как можно повлиять на содержание сознания ядер вихрей, циркулирующих внутри Человека?** В качестве модельной иллюстрации энергоинформационных процессов, протекающих в организме человека [4] на рис. 13 приводим пример замкнутого информационного потока, циклически движущегося в технической системе (телевизор – телекамера, в которой

выход камеры соединен кабелем с антенным входом телевизора, а мишень камеры точно настроена на габариты экрана телевизора). В начале камера регистрирует белый экран телевизора и передает на антенный вход телевизора для повторного высвечивания на его экране изображения без информации. Стоит только на мгновение ввести между телевизором и камерой палец и затем резко убрать его, как камера зарегистрирует изображение пальца и передаст его на антенный вход телевизора. Информация о пальце будет ходить по кругу в этой технической системе. На рис. 14 [4] приводим пример модели, с помощью которой хотя и грубо, но все-таки можно отобразить замкнутый информационный поток, циклически движущийся в биологической системе.

### Замкнутая информационная техническая система «телевизор-телекамера»

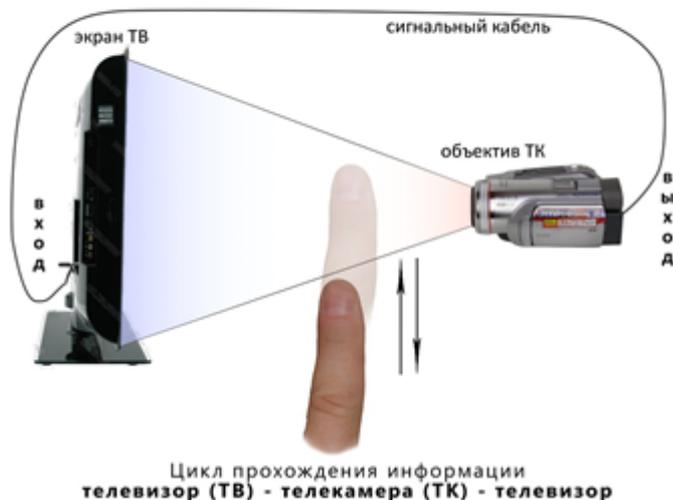


Рис. 13. Модель процесса регистрации и восстановления информации в замкнутой технической системе «телевизор – камера»

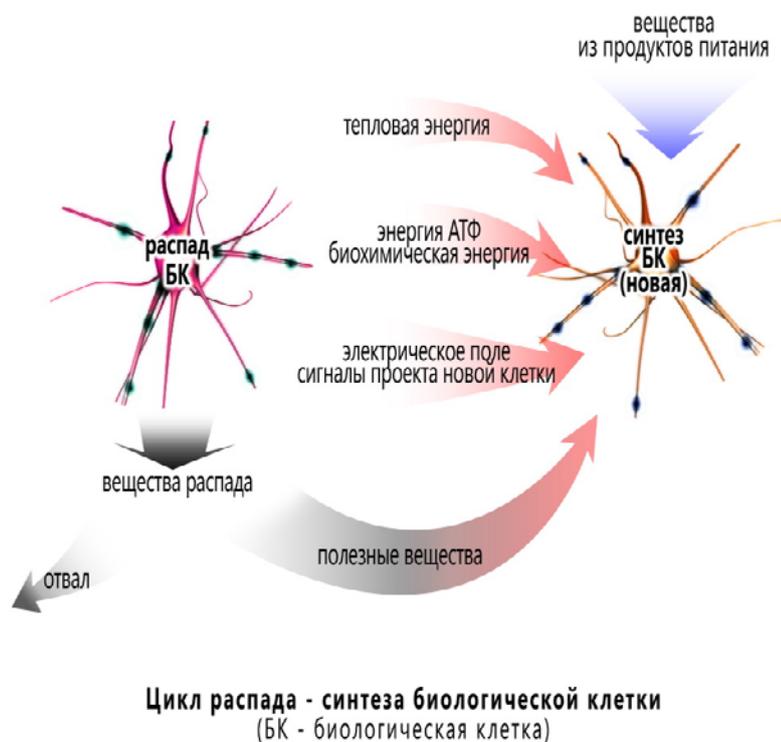


Рис. 14. Модель замкнутой информационной биологической системы: «старая – новая биологические клетки».

После завершения жизненного цикла биологической клетки (на стадии ее деления или отмирания) от старого ее состояния излучается тепловая энергия, химическая энергия АТФ и электрическое поле на частотах вихрей высвободившихся химических связей. Перечень частот этих полей отражает структуру химических связей, которые использовались при создании старой клетки. Этот спектр для биологической клетки равносителен архитектурному плану строительства дворца для архитектора. Организм человека так устроен, что после завершения

жизненного цикла одних биологических клеток вместо них синтезируются точно такие же клетки при наличии тепла, химической энергии АТФ и спектра, отражающего состав необ-

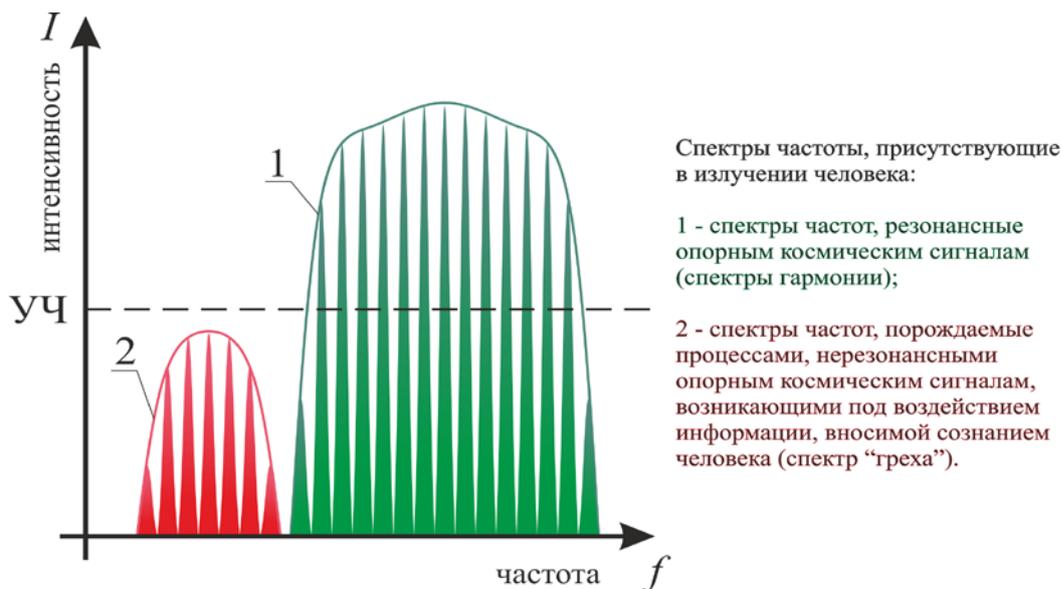
ходимых химических связей, оставшихся от старой клетки. Вместо первой биологической клетки формируется точно такая же вторая, после завершения жизненного цикла второй – формируется точно такая же третья биологическая клетка и так далее. То есть этот процесс можно представить в виде эквивалентной схемы, в которой информация спектра на выходе жизненного цикла клетки, поступая на начало жизненного цикла следующей клетки, формирует точно такую же клетку. В этом случае информация спектра клетки ходит в биологической системе по кругу также, как информация о пальце ходит по кругу в технической системе. За счет своего внутреннего настроя человек может изменять как структуру вихрей, циркулирующих в замкнутом биологическом информационном потоке, так и увеличивать спектральную плотность энергии на одном участке своего спектрального контура (спектра частот вихрей) за счет ее уменьшения на другом участке этого контура. В первом случае, существующая в организме своеобразная сигнальная система зафиксирует отклонение устройства новой биологической клетки от устройства старой. Если амплитуда нового спектра меньше уровня чувствительности сигнальной системы (своеобразной совести человека), то изменения остаются не замеченными и могут нарастать с каждым циклом, формируя нажитые спектры. Как только сигнальная система зафиксирует отклонение в цепи обратной связи замкнутого информационного потока биологической клетки, в составе информации спектрального контура должны появиться изменения, приводящие к не точному копированию старой клетки. Человек будет испытывать дискомфорт пока информация спектрального контура не восстановится или пока организм человека не адаптируется к возникновению новой клетки. Случай проявления корректируемой мобильности спектральной плотности энергии организма человека внутри его спектрального контура наиболее характерно выражен у людей, обладающих русским менталитетом. Концентрируя эту энергию в определенных вихрях, отвечающих за определенные эмоции, отражающие команды вселенского сознания, человек может направить ее на совершение тех или иных действий своего организма, связанных с той или иной интеллектуальной или физической работой. Чем выше концентрация энергии на узком участке спектрального контура человека, тем выше интенсивность энергии поля на этой частоте. Чем выше интенсивность поля, тем с наиболее высшего вихря происходит считывание вселенской информации, и эффективнее протекает процесс синхронизации ею энергии, циркулирующей в мобилизованном вихре. В результате взаимодействия мобилизованного вихря с вихрем высшего порядка происходит коррекция отклонения от оптимальных значений параметров мобилизованного вихря, возникшего под воздействием вызовов окружающей среды.

**16. Как можно схематично представить вихри циркулирующей в человеке энергии, соответствующие вселенской информации (духовности) и не соответствующие?** В человеке множество материальных элементов, обладающих своими частотами вихрей, по которым распределена вся энергия, формирующаяся в его теле («биохимической фабрике»). При этом вся эта энергия по определенному закону распределена по всем вихрям (частотам спектрального контура) организма человека. Количество энергии на части ширины спектрального контура характеризуется спектральной плотностью энергии, измеряется в ваттах, деленных на герц (Вт/Гц). На рис. 15 [4] приведены спектры частот спиралей вихрей циркулирующих биоэнергетических потоков, излучаемые при завершении жизненного цикла (квантохимических связей), связывающих жившую биологическую клетку из составных химических элементов. Зеленым цветом показаны спектры врожденных квантохимических связей (частот спиралей вихрей циркулирующих биоэнергетических потоков), а красным – квантохимические связи (частот спиралей вихрей циркулирующих биоэнергетических потоков), возникшие в результате работы компенсационных механизмов, включающихся при реакции организма человека на вызовы окружающей среды.

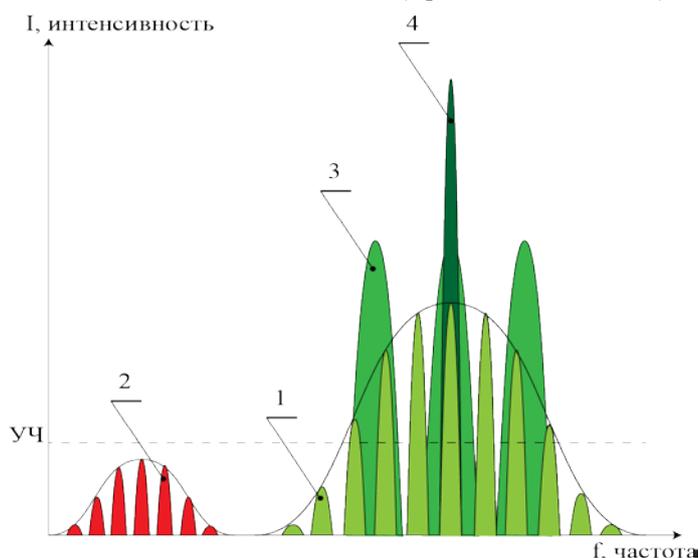
**17. С какими качествами человека связывается увеличение энергии вихря, получившего в режиме мобилизации дополнительную энергию?** Как приведено выше, величина сконцентрированной дополнительной энергии в вихре, отвечающем за главную эмоцию, в

визуализированных для человека понятиях получила название «Сила Духа». А поток информации, получаемой от вихрей высшего порядка именуется Духом сознательного объекта Вселенной, то есть Человека. УЧ – уровень чувствительности сигнальной системы человека (синоним слову «совесть»). Информация спектров биологических объектов, завершивших свой жизненный цикл, с интенсивностью выше УЧ участвует в восстановлении биологической клетки (или иного материального тела внутренних вихрей Человека).

### Спектры взаимодействия человека с окружающей средой (Толкование понятий «привычка», «воля», «грех»)



**Рис. 15.** Модель условного представления спектрального контура вихрей человека (квантохимических связей): 1 – спектры врожденных вихрей (квантохимических связей), согласованные со вселенской информацией (в религии – «благодать божия»); 2 – спектры вихрей (квантохимических связей), возникающих в результате включения компенсационных процессов на вызовы окружающей среды в религии – «грехи»), УЧ – уровень чувствительности «сигнальной системы» (в религии – «совесть»).



**Рис. 16.** Условная модель спектрального контура вихрей у людей, относящихся к различным культурам: 1 – спектры полученные под влиянием вселенской информации (врожденные), у большинства людей с широким спектральным контуром («широкой душой»), например, у людей Русского мира; 2 – спектры вихрей, полученные в результате реакции на вызовы окружающей среды (нажитые); 3 – спектры, полученные под влиянием вселенской информации (врожденные), у людей с узким спектральным контуром («практичных»), например, у большинства людей Англосаксонского мира; 4 – спектральный вихрь в режиме мобилизации энергии.

Вся вырабатываемая в организме Человека биохимическая энергия распределяется между врожденными и нажитыми вихрями. В состоянии монотонной работы люди с не мобилизованным энергетически спектром 3 (рис. 16) имеют преимущество за счет того, что более узкий спектр, при одной и той же распределяемой энергии имеет более высокоэнергетические вихри и синхронизируется информацией от вихря более высокого порядка, по сравнению с людьми, обладающими спектром 1 (немцы, люди более аккуратные

и обязательные в мелочах, русские – более безалаберные и не всегда обязательные в мелочах). Зато у людей со спектром 1 выше мобилизационная способность собирать энергию со всех вихрей в один и через него в состоянии мобилизации получать более качественную вселенскую информацию.

**18. Как реализуются вихревые процессы в организме Человека?** Вдоль позвоночника (снизу – вверх) формируется вихревой энергетический столб. На витках вихря формируются энергетические ядра (чакры) (рис. 17) [6]. После рождения человека идет накопление энергии человека. По мере роста энергии вихря происходит последовательное во времени выращивание чакр от 1 до 3. Точка возврата поднимается с первой до третьей чакры. Если человек развивается не в соответствии со вселенской информацией (низкой духовностью), то рост энергетического столба затормаживается.

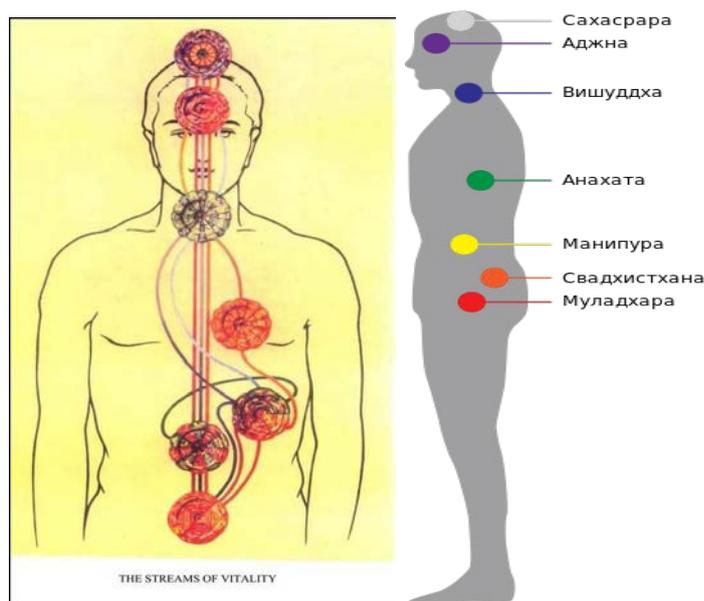


Рис. 17. Схема расположения чакр человека.

После достижения прямым вихрем третьей чакры возникает состояние, соответствующее точке возврата. Направление линейного движения энергии в вихре меняется на противоположное. Она идет обратно по обратному вихрю вдоль позвоночника, набирая энергию из Эфира (с этим связана расхожая фраза: «спинным мозгом чувствую»).

При ведении не правильного образа жизни и отсутствии работы над своей духовностью энергия этого вихря ограничивается в не мобилизованном виде функционированием 3 чакр. При этом следует понимать, что Человек может в экстремальной ситуации сконцентрироваться и, на сколько-то увеличить в этот момент времени энергию вихря. В результате он может кратковременно получить информацию, формирующуюся на уровнях верхних чакр. Таких людей, функционирующих на уровне 3 чакр, – большинство, порядка 90%. Они не способны свободно считывать информацию с верхних вихрей, ЭГО блокирует высвобождение энергии соседних вихрей и мобилизацию ее на вихре, соответствующем первоочередной эмоции и т.д.

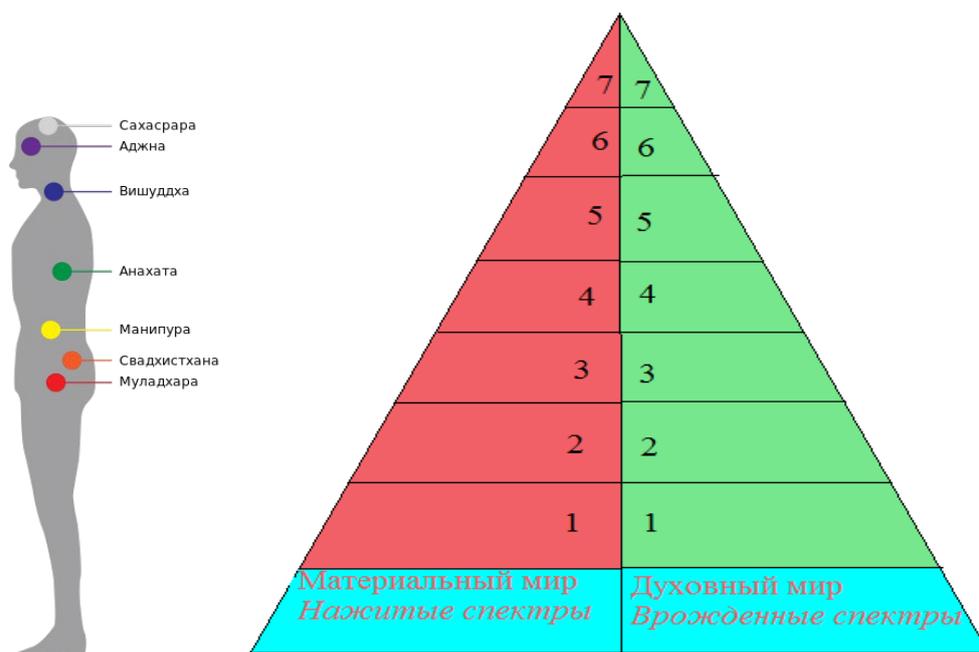
Состояние чтения молитвы для таких людей (и для более совершенных) связано с мобилизацией энергии на вихре, отвечающем за самую насущную эмоцию, и получением дополнительной информации, синхронизирующей работу организма. При чем состояния атеистов, умеющих концентрировать свою энергию, аналогичны состоянию молящегося верующего, хотя менее эффективные.

Кроме верующих (мусульман («покорившихся») в Исламе) десять процентов, относящихся к просвещенным (владеющими внешней информацией) и единицы людей – к посвященным, допущенным к информации, позволяющей принципиально улучшить систему жизнедеятельности людей. Возможно влияние вышестоящих вихрей на качество обратных вихрей (при молитве или медитации). Возможно влияние на обратный вихрь со стороны совершенных людей, которые проводя какой-то из своих обратных вихрей через обычного человека, исцеляют его или мобилизуют на слаженные действия (например, в спорте). Исцеление или мобилизация происходит и при общении с глубоко верующим чистым священником или чистым экстрасенсом.

**19. Как можно представить согласованное развитие материального и духовного миров человека?** В современной психологии принято понятие Пирамида потребностей — общепотребительное название иерархической модели потребностей человека, представляющей собой упрощенное изложение идей американского психолога Абрахама Маслоу [7-10]. Пирамида потребностей отражает одну из самых популярных и известных теорий мотивации – теорию иерархии потребностей. Потребности Маслоу распределил по мере возрастания, объяснив такое построение тем, что человек не может испытывать потребности высокого уровня, пока нуждается в более примитивных вещах. В основании – физиология (утоление голода, жажды и т. п.). Ступенью выше разместились сексуальные потребности, потребность в безопасности, над ней – потребность в привязанности и любви, а также в принадлежности какой-либо социальной группе. Следующая ступень – потребность в уважении и одобрении, в проявлении характера, над которой Маслоу поставил познавательные потребности (жажда знаний, желание воспринимать как можно больше информации). Далее следует потребность в эстетике (жажда гармонизировать жизнь, наполнить ее красотой, искусством). И наконец, последняя ступень пирамиды, наивысшая, – стремление к раскрытию внутреннего потенциала (она и есть самоактуализация). Важно заметить, что каждая из потребностей не обязательно должна быть утолена полностью – достаточно частичного насыщения для перехода на следующую ступень. Ступени пирамиды:

- 1) (низший) Физиологические потребности: голод, жажда и т.д.
- 2) Потребность в безопасности: чувство уверенности, избавление от страха и неудач.
- 3) Потребность в принадлежности и любви.
- 4) Потребность в уважении: достижение успеха, одобрение, признание, проявление характера.
- 5) Познавательные потребности: знать, уметь, исследовать.
- 6) Эстетические потребности: гармония, порядок, красота.
- 7) (высший) Потребность в самоактуализации: реализация своих целей, способностей, развитие собственной личности.

Предлагаю модернизированный вариант пирамиды потребностей Маслоу в виде пирамиды природоподобных потребностей Человека (см. Рис.18), учитывающей согласование по уровням развития духовных и материальных потребностей. Вторая пирамида отличается от первой пирамиды тем, что все уровни пирамиды Маслоу разделены пополам. Таким образом, образовалась левая половина пирамиды, отмеченная красным цветом, и правая – отмеченная зеленым цветом. Левая (красная) часть отвечает за удовлетворение материальных потребностей соответствующего уровня, а правая (зеленая) – за удовлетворение духовных потребностей, связанное с отражением (осознанием) степени обеспечения материальными потребностями. Духовность является характеристикой, отражающей степень погружения человека в материальность своей жизни. Удовлетворение потребностей должно проходить снизу - вверх. От частичного или полного удовлетворения потребностей низшего уровня человек переходит к удовлетворению потребностей более высокого уровня. Достаточность удовлетворения потребностей каждого уровня человек определяет сам, исходя из выбранных целевых установок. Желательно при этом поддерживать равновесие между удовлетворением материальных и духовных потребностей.



**Рис. 18.** Пирамида природоподобных потребностей Человека (уровни потребностей материальных – красный цвет и духовных – зеленый цвет):

- 1 – физиологические потребности: голод, жажда и т.д.;
- 2 – потребность в безопасности;
- 3 – потребность в принадлежности и любви;
- 4 – потребность в уважении, проявлении характера;
- 5 – познавательные потребности;
- 6 – эстетические потребности;
- 7 – потребность в самоактуализации.

Точка сборки целевых установок должна соответствовать наиболее эффективному применению имеющихся у него ресурсов. Из применяющихся в настоящее время биоэнергетических практик следует, что пирамида потребностей ассоциируется с энергией, циркулирующей в чакрах человека. Концентрация точки сборки целевых установок на одной из потребностей, соответствует концентрации энергии чакр относительно чакры, соответствующей выбранной за основную потребность человека. Согласованность духовных и материальных потребностей соответствующего уровня можно получить не только с помощью психологических тестов и детектора лжи, но и путем регистрации прибором степень согласованности фаз прямого и обратного вихрей в районе соответствующей чакры.

Самооценку выполнения равновесия между духовными и материальными потребностями человек должен проводить по тому, насколько материальные потребности соответствующего уровня переходят в фазу их накопления, заставляя себя обслуживать, снижают удовлетворение соответствующих духовных потребностей. Духовные потребности вытекают из самоидентификации в себе соответствия вселенским законам, в том числе законам морали и требованиям совести. Таким образом, критерием удовлетворения соответствующих потребностей является соблюдение двух принципов:

- принципа устойчивости к финансовым потокам: «Уровень внутренней культуры Человека определяет количество денег, которыми он может управлять, не разрушая своей нравственности» (увеличение денег целесообразно до тех пор, пока они не начали работать сами на себя, поглотив внутреннюю свободу их хозяина);

- принципа устойчивости к материальным благам: «Уровень внутренней культуры человека определяет масштабы соприкасающегося с ним уровня развития материального мира, при котором он не разрушает своей нравственности» (предел наступает при переходе к фазе накопления от фазы пользования).

**20. Какова роль качества энергоинформационного обмена в деятельности профессионального спортсмена?** В процессе тренировочной деятельности спортсмен набирает спортивную форму.

В процессе совершенствования своей духовности он приобретает возможность повышения качества содержания процессов, протекающих во время выполнения соревновательных движений. Лучший спортивный результат получается при согласовании процесса мобилизации биоэнергетики, эффективность которой напрямую зависит от уровня духовности, с моментом выполнения спортивной двигательной деятельности, качество которой зависит от набранной спортивной формы. Если спортсмен ведет правильный образ жизни и совершенствует свою духовность, то он обладает более эффективной мобилизацией энергии от всех вихрей, незадействованных в выполнении соревновательного движения, на вихрях, работающих на спортивный результат, формирующих эмоциональный настрой, направленный на исполнение алгоритма двигательной деятельности.

В момент выполнения спортивного действия он обладает возможностью концентрации энергии вихрей, отвечающих за прочие эмоции, на спектре вихря, ответственного за эмоции, настраивающую организм спортсмена на выполнение соревновательного спортивного движения. Эффективность такой концентрации определяется величиной энергии, которая перенаправляется в работающий вихрь, работающий на спортивный результат, то есть Силой Духа. Эффект от такой концентрации энергии значительно превышает интегральный результат химического воздействия на организм спортсмена. Процесс энергетической мобилизации спортсмена возможен за счет сторонних полевых воздействий, проявляющийся через работу болельщиков, тренеров или людей с особо совершенной энергией, обладающих даром влияния на качество энергии, циркулирующей в вихрях организма спортсмена.

Перспективными являются технологии сторонней помощи спортсмену в отработке навыков нужной мобилизации своей биоэнергетики и в получении при этом наивысшего для него спортивного результата. Отработка этих технологий должна проводиться поэтапно с опорой на достоверную информацию, получаемую ранее известными способами.

**21. Какова роль предлагаемой модели в формировании новой идеологии современного общества?** В период протекающего в настоящее время мирового цивилизационного кризиса стоит вопрос: «Способны ли Россия и Русский мир взять на себя ответственность за выход из этого кризиса»? Мое мнение – ДА!

**Миссия России и русских людей** – заключается в возвращении жизнедеятельности современного общества к идеологии *природоподобия*, то есть к святости, с принятием и продвижением **Национальной идеи** «*Общее благо выше личного*».

Под *природоподобием*, в этом случае, следует понимать – согласованное (равновесное) развитие духовного и материального миров, оцениваемое по соответствию человека и образованностей общества равновесной пирамиде духовных и материальных потребностей. Это согласование с позиции психологии личности будет оцениваться, исходя из *принципа устойчивости к материальным благам и принципа устойчивости к финансовым потокам, по социальному статусу личности*.

Дифференцированные (разделенные) оценки *природоподобия* для различных уровней модернизированной Пирамиды потребностей Маслоу, регистрируемые объективными (приборными) средствами войдут в критерий ССЛ (*социальный статус личности*), который может стать критерием объективной оценки согласованного удовлетворения материальных и духовных потребностей и успешности развития как отдельных личностей, так и общества в целом. При этом потребуются новая система подготовки людей, включающая образование, воспитание и просвещение.

**22. Какова роль качества энергоинформационного обмена в укреплении религиозных вер?** В настоящее время, при доминировании материальных интересов и интересов капитала, происходит нравственное падение общества, отказ от религиозных взглядов. Большинство

людей считает себя атеистами. Потому развитие фундаментальных естественнонаучных основ устройства энергетического и информационного обмена в Природе в настоящее время как никогда востребовано. Построение обобщенной модели организации энергетического обмена в Природе позволяет обеспечить безопасность в области физической экологии, сохранении равновесия между материальным миром и духовным его содержанием. Принятие общественным сознанием такой модели укрепляет веру в религиозные учения в полезность религиозной деятельности, в возможность успешного сосуществования сторонников всех религий и светских людей, имеющих собственную точку на устройство мировой жизни, представителей разных эгрегоров (в модели представляемых своеобразным редуктором частот вихрей, синхронизированных по определенному признаку, соответствующих линейным размерам определенных объектов, находящимся в диапазоне от размеров геофизического уровня до генетического).

Это снизит беспредельный цинизм в отношениях между людьми и агрессивность некоторых людей и государств. Наступило время открытия людям сакральной информации, связанной с объективным (приборным) контролем духовности. Вопросы информационной экологии, включающие силу молитвы и ряд обрядов, востребованные большинством населения, должны опираться на существующие возможности и не требуют модернизации. При этом, некоторая часть наиболее просвещенных людей должна развивать основы мироустройства с целью выработки предложений по минимизации издержек от использования массовых форм получения вселенской информации. Вопросы информационной экологии в части содержания процессов работы с информацией на самой верхней ступени вихревой иерархии (в религии – дела Небесной канцелярии) должны остаться непознанными, так как они от принятых человеком решений не зависят. В то же время у людей должно быть понимание их назначения и уверенность в реальности существования. Это можно будет представить в виде функциональной модели резонансной обработки информации (аналоги известны в оптике, например, обработка информации на основе фотонного эха, включая сравнение матричных и голографических фрагментов информации, решение навигационных задач на вычислителях, оперирующих с гиперкомплексными величинами, обращение времени в аналоговом сигнале и др.).

Следует иметь в виду, что некоторые достижения современной науки могут быть использованы для объяснения ряда не познанных явлений из этой сферы знаний. Например, оптическая обработка информации на квантовых уровнях газа или твердого тела на основе явления фотонного эха [11-15] может послужить малой демонстрацией сложности и изящности работы с информацией, заложенной в Природных явлениях.

На рис. 19 показаны результаты считывания более сложной информации с высшего по энергии квантового уровня по запросу более простой. Информация, предварительно записанная на верхнем квантовом уровне (в модели – высшего вихря) считывалась по запросу, поступающему с нижнего квантового уровня (в модели – с низшего вихря). Если поляризационный импульс запроса имел вертикальную линейную поляризацию, то считываемый сигнал фотонного эха имел одnogорбовую амплитудно-временную форму, поступающему с нижнего квантового уровня (в модели – с низшего вихря). Если поляризационный импульс запроса имел горизонтальную линейную поляризацию, то считываемый сигнал фотонного эха имел двухгорбовую амплитудно-временную форму. Также в сигнале фотонного эха имела и поляризация запрашивающего импульса.

**23. Возможна ли объективная (приборная) регистрация степени согласованности материального и духовного миров человека?** Базовая гипотеза, которая позволит продвинуться в получении объективной информации при оценке уровня духовности человека, заключается в следующем. Вихревая энергия, циркулирующая в районе чакр организма человека [6], должна содержать два встречно-направленных вихря (прямого и обратного). Один вихрь, доставляющий частицы вещества, содержит энергию несущей частоты, модулированную вселенской информацией. Другой вихрь, распространяющийся в противоположном направле-



ляризации и детектор. По рассогласованию поляризации регистрируемых сигналов, их фазовых и частотных характеристик или по динамике изменения их содержания можно определять состояние психологического состояния человека: нормы, восторга или дискомфорта. Отличающиеся психологические состояния формируются во время проведения эксперимента путем демонстрации пациенту соответствующего видеофильма, вызывающего соответствующее психологическое состояние. В каждом психологическом состоянии будет происходить разная степень потери энергии вихря, содержащей массу переносимого вещества по отношению к сигналу противоположного вихря. Чем чувствительнее будет прибор к перемене психологического состояния, тем выше окажется степень регистрируемой им согласованности материальных и духовных потребностей.

#### 24. Вводимые постулаты

**Постулат 1.** В Природе существует Эфир, состоящий из множества первичных источников энергии, равных Постоянной Планка ( $10^{-34}$  Дж сек) и состоящих из двух взаимно уравновешенных по фазе, равных по частоте, и противоположных по направлению вращения вихревых порций энергии.

**Постулат 2.** Энергия Эфира может взаимодействовать только с неуравновешенным по спину (направлению вращения) потенциалом, имеющим соизмеримые значения частоты, фазы, амплитуды.

**Постулат 3.** Часть энергии Эфира, остающаяся в виде неуравновешенных левосторонних вихрей с потенциалом, получившим внешнюю фазовую модуляцию, формируют ячейки памяти, получившей название Ноосферы. Причиной невозможности регистрации ячеек Эфира существующими приборами было ничтожно малое значение регистрируемой величины по сравнению с чувствительностью приборов.

**Постулат 4.** От энергетического ядра исходит пара вихрей с противоположным (в сечении нитки спирали вихря) направлением вращения их энергии, распространяющихся по спирали от ядра до точки смены направления его распространения. При этом энергия левовращающейся (верчение нитки спирали вихря) энергии, обладающая центростремительной инерцией, ничтожно мала и не способна влиять на величину количества движения переносимого вещества. В то же время, правовращающаяся энергия, обладающая центробежной инерцией, имеет значение, на много порядков превосходящий значение левовращающейся энергии, и способна сообщить захватываемому ею в энергетическом ядре веществу, переносимому от энергетического ядра к материальным объектам, находящимся на пути этих вихрей, необходимое для его передвижения количество движения. При совпадении вектора правовращающейся (в сечении нитки спирали вихря) энергии с радиусом встречающегося на пути материального объекта, в силу действия закона сохранения момента импульса при взаимодействии масс двух тел, происходит передача этому материальному объекту части вещества и правовращающейся энергии. По мере продвижения такого (прямого) вихря и взаимодействия его со встречающимися на их пути (ранее им созданными) материальными объектами наступает момент, когда значение левовращающейся энергии начинает превышать значения правовращающейся. В результате спин (направление движения) энергии и остатков вещества меняет знак (входит в фазу обратного вихря) и, соответственно, направление продвижения в сторону ядра вихря. Место изменения направления продвижения вихря является точкой возврата. Обратный вихрь, представленный слабым потенциалом энергии левого вращения относительно нитки спиралей этого вихря, взаимодействуя с Эфиром наполняется энергией вихря с правым вращением до величины, способной инициировать возобновление переноса из ядра к материальным объектам новой порции вещества, получаемого ядром от вихрей более высшего порядка, и обеспечивать трансформацию информации от высшего вихря на низший.

Таким образом, от ядра Вселенной подпитываются ядра Галактик, находящихся на пути ее правовращающейся спирали, от ядра Галактики – ядра звездных систем (например, Солнца), от ядра Солнца – ядра Планет (например, Земли), от ядра Земли ядра других мате-

риальных объектов (концентрирующих в себе энергию движущейся массы вещества) и так далее по иерархии формирования географических, биологических объектов, доходя точно до регистрируемого наукой макромира.

**Постулат 5.** Чем больше энергия выходит из ядра вихря и чем меньше она теряется из-за несогласованности его фазовой модуляции со вселенской информацией, тем большее количество материальных объектов (ядер низшего порядка) могут получить от него вещество и энергию для роста своей массы и объема. Именно по этой причине часть людей (в силу больших потерь из-за несогласованности со вселенской (духовной) информацией) имеет энергию циркулирования по чакрам на уровне трех (телесных) чакр. Наименьшим ее значением обладает раковая опухоль в организме человека (все к себе, но ничего от себя – пример яркого проявления Эго-скорлупы). Проявление Эго-скорлупы в отдельном человеке, в обществе, среди государств, в религии неминуемо ведет к последствиям, которые испытывает раковая опухоль в организме человека, то есть к поеданию организма и своей смерти или к выдавливанию себя со стороны мобилизованного организма.

**Постулат 6.** При мобилизации энергии правовращающихся потенциалов соседних вихрей в энергию одного правовращающего вихря, транспортирующего вещество от ядра до материальных тел, увеличивается количество витков этого вихря. При этом происходит подъем по вихревой траектории до точки его возврата, которая достигает точки возврата прямого вихря большего порядка, обладающего вселенской информацией в виде фазовой модуляции, полученной от значительно большего количества вихрей из иерархии ниже его стоящих вихрей. В этот момент происходит синхронизация вселенской информацией фазовой модуляции увеличенного по высоте вихря от вибраций вышестоящего вихря в точке его возврата. Процесс взаимодействия потенциалов обоих вихрей происходит на основе переноса информации с верхнего энергетического уровня на энергетический уровень низшего вихря, это происходит благодаря созданию суперпозиционного (суммарного) состояния энергетических уровней взаимодействующих вихрей. Аналогом этого процесса в микромире является обработка информации на паре квантовых уровней на основе свойств фотонного эха.

**Постулат 7.** Правовращающаяся (в сечение нитки спирали вихря) энергия вихря, благодаря массе транспортируемого вещества, обладающего большим количеством движения, регистрируемым средствами современной науки, положена в основу развития материалистической науки, а левовращающего вихря – в основу духовности. Ничтожное значение потенциала левовращающейся энергии вихря, отвечающего за синхронизацию процесса транспорта вещества от ядра до материальных объектов со вселенской информацией, поддерживающего системный порядок во Вселенной, не было регистрируемо современными научными приборами из-за их низкой чувствительности. Потому оно не получила научного оформления. Факт признания действия потенциалов этих малых энергий на предыдущей стадии развития научных знаний был не подготовлен уровнем существующих научных заделов. По этой причине эти процессы, реально существующие и выполняющие важную роль в Природе и в жизни общества, были приняты как элементы якобы «вымышленной» духовной составляющей жизни людей. Не имея научных (моделируемых) основ сложнейшего движения этих потенциалов, общество выбрало стратегию встраивания простого в сложное, формализовав спектральные характеристики полей этих потенциалов в виде эмоций, а их проявление внутри человека – как работу его подсознания. Природой людям предложены несколько систем визуализации получаемой спектральной информации, используемой людьми на практике. У одних это формируется с помощью духовности, воспитываемой религиозными знаниями, у других, стоящих на принципах атеизма, наработками человеческой практики. Знания разных религий несут человечеству одни и тот же смысл. Они формируют духовность, которая выполняет роль синхронизации спектральных характеристик биоэнергетических потоков человека с постоянно меняющейся вселенской информацией. Религии могут отличаться друг от друга лишь спектральными пакетами, визуализируемыми в информационные понятия, при-

меняемые людьми в повседневной жизни, и упаковкой информации. Вероятнее всего, одной из причин гибели социализма в СССР, является отсутствию связи модели общественного устройства, предложенной В.И. Лениным, с религией, то есть с синхронизацией характеристик биоэнергетических потоков людей с меняющейся вселенской информацией. Вместо принятия природы синхронизации коллективной экономики вселенской информацией было принято заменить духовность аппаратом насилия над ощущениями людей. Спустя век рассогласование психологического состояния людей и навязанными правилами поведения привели к отказу от социализма. Кстати, в настоящее время вместо принятия идеологии уравновешенного развития материального и духовного миров выбрано насилие материальных ценностей над всем остальным.

**Постулат 8.** В Природе существует система визуализации и осознания спектральной формы представления информации, обеспечивающей энергоинформационный обмен, в цветных графических, акустических, аналитических, эмоциональных и иных информационных образах. У человека (согласно утверждениям В.В. Воронина) эта система реализована через подсистемы иррациональных и содержательных аналогов, «защитных» в подсознание. Эти подсистемы позволяют чувствовать, (а затем, и осознавать) в виде информационных образов вселенскую информацию, перенесенную с вихря высшего порядка на вихрь, отвечающий за возникшую эмоцию. Благодаря этому человек строит реализуемые варианты своей судьбы. Делает он это в зависимости от эмоционального фона среды обитания, характера меняющегося его эмоционального реагирования на вызовы окружающей среды из элементов этой подсистемы, включающих, защитные в подсознании аналоги реагирования и поведения. Совершенствуя работу со своими эмоциями, человек может реализовать иной, более гармоничный вариант своей судьбы.

**Постулат 9.** Обеспечение спектральной узкополосности биоэнергетики взаимодействующей с уровнями энергии вихрей более высшего порядка, – путь к повышению эффективности энергоинформационного обмена в Природе.

**Постулат 10.** Полный цикл работы вихря включает:

- прием энергии и вещества с вихря, вышестоящего по вихревой иерархии, настройку ядра с учетом влияния вернувшейся в ядро энергии в обратном вихре;
- перемещение по прямому вихрю вещества под воздействием мощной энергии, правовращающейся в сечении нитки спирали вихря и обладающей центробежной инерцией, и получение от центробежной энергии модулирующей информации сверхслабой энергией, левовращающейся в сечении нитки спирали вихря и обладающей центростремительной инерцией;
- передачу части энергии прямого вихря на формированиях в определенных ее точках (сфазированности центробежной энергии с радиусом прямого вихря) плазмонной волны и вынос части вещества с прямого вихря в направлении распространения плазмонной волны (формирование материального тела, являющегося ядром вихря низшего порядка в вихревой иерархии);
- достижение точки возврата вихря (момента снижения правовращающейся энергии, обладающей центробежной инерцией, до уровня левовращающейся энергии, обладающей центростремительной инерцией);
- переход вихря в фазу обратного вихря – изменение направления продвижения вихря на противоположное (от точки возврата до ядра);
- наполнение обратного вихря от Эфира центробежной энергией с характеристиками, определяемыми модулирующей информацией, полученной левосторонне вращающейся центростремительной энергией в момент прохождения фазы вихря;
- передача оставшимся частицам Эфира (ячейкам Ноосферы) с левосторонним вращением их энергии модулирующей информации от обратного вихря;
- поступление в ядро обратного вихря, наполненного центробежной энергией высокой напряженности;

- трансформация в ядре частоты энергии вышестоящего по иерархии вихря в образованной им плазмонной волне в частоту текущего прямого вихря с характеристиками, определяемыми частотой и характеристиками обратного вихря;
- формирование пучности энергии, в данном ядре-резонаторе, соответствующей текущему вихрю.

При этом в идеальной системе характеристики модуляции левосторонне вращающейся центростремительной энергии циклически повторяются без качественного изменения. Количественно они нарастают синхронно (в гармонии) с ростом материальных тел, формирующихся каждый в своей плазмонной волне, создаваемой прямым вихрем. Этот процесс протекает в состоянии покоя без отклонения от вселенского резонанса с вихрями высшего порядка. При возникновении отклонений в форме и размерах формируемых материальных тел под воздействием вызовов окружающей среды, в этих телах возникают чувства дискомфорта, порождающие, в свою очередь, эмоции в форме информации, отражающей степень дискомфорта. Эта информация формирует запрос в точке возврата мобилизованного вихря на получении коррекции от вышестоящего вихря. Для не мобилизованного вихря информация запроса (возникшая эмоция) приводит к дополнительному искажению характеристик центростремительной энергии, которой наполняется обратный вихрь. Что в свою очередь вносит большие искажения в размеры и форму материальных тела, приводя к напряженному состоянию, в религии называемому грехом, воплощаемому в заболевание материальных тел. Центробежная энергия, циркулирующая во всех прямых вихрях человека, формирует его эфирное тело, включает эмоциональный фон. Центростремительная энергия, циркулирующая во всех обратных вихрях человека, образует его астральное тело, включает чувственный состав.

### Список литературы

- [1] В.Д. Плыкин *След на воде: Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1995. 43 с.*
- [2] Набойкин Ю.В., Самарцев В.В., Зиновьев П.В., Силаева Н.Б. *Когерентная спектроскопия молекулярных кристаллов // Киев.: Наукова Думка.- 1986. – 203 с.*
- [3] Попов И.И., Бикбов И.С., Самарцев В.В. *Получение фемтосекундных сигналов и их последовательностей в трехуровневых средах в режиме стимулированного светового эха // Сборник трудов IV Всесоюзного симпозиума по световому эхо и путям его практических применений "Световое эхо и проблемы когерентной оптики." - Куйбышев, 1990. - С. 32-36.*
- [4] И.И. Попов *Новый взгляд на взаимодействие человека и природы: социальный статус личности как альтернатива процессу экономического поглощения личности // Материалы Восьмой международной научной школы «Наука и инновации-2013» ISS «SI-2013» – Йошкар-Ола: ГБОУ ДПО (ПК) С «Марийский институт образования» / Редакционная коллегия: доцент Н. М. Кузнецова, проф. И. И. Попов, чл.-корр. РАН, проф. В. А. Козлов, акад. РАН, проф. В. В. Самарцев, 2013. – С. 281-290.*
- [5] Попов И.И., Гладышев А.М., Козлов А.Ф., Канюка В.К. *Положительное решение о выдаче патента на изобретение РФ от 2 июня 2008 г. Способ получения кумыса с увеличенным сроком хранения МПК А23С 9/127 (2006.1); А23С 9/14 (2006.01) по заявке № 2006107827/13(008501) от 15.03.2006.*
- [6] *Биоэнергетика человека. Энциклопедия.* Под редакцией доктора медицинских наук В.И. Донцова, Москва, 1994, ISBN 5-7416-00050, 143 с.
- [7] Maslow A. H. *Motivation and Personality.* – New York: Harper & Row, 1954.
- [8] Холлифорд С., Уиддет С. *Мотивация: Практическое руководство для менеджеров/ Пер. с англ. ООО «Пароль». – М.: ГИППО, 2008. – ISBN 978-5-98293-087-3.*
- [9] Макклелланд Д. *Мотивация человека / Пер с англ. ООО «Питер Пресс»; научн. ред. проф. Е. П. Ильина. – СПб.: Питер, 2007. – ISBN 978-5-469-00449-3.*

- [10] Хьелл Л., Зиглер Д. *Теории личности* / Пер с англ. ООО Изд. «Питер». – СПб.: Питер, 2011. – ISBN 978-5-88782-412-3. (с. 479–27).
- [11] Попов И.И. *Фотонное эхо в молекулярном газе и методы оптической обработки информации: автореф. дис. на соискание ученой степени док. физ.-мат. наук 01.04.05.* – Защищена 23.12.04; Утв. 8.06.05; ДК № 026841. – Казань, 2004. – 239 с. – Библиогр.: С. 215–239.
- [12] Langer L., Poltavtsev S.V., Yugova I.A. et al. // *Nature Photon.* 2014. V. 8. P. 851.
- [13] S. A. Moiseev, *J. Phys. B: Atom. Mol. & Opt. Phys.* 40, 3877 (2007).
- [14] Попов И.И., Самарцев В.В и др. *Эффект ассоциативности светового (фотонного) эха* // *Журнал прикл. спектроскопии.* –1991. – Т.54. – №4. – С. 535–537.
- [15] I.I. Popov, N.S. Vashurin, S.E. Putilin, V.T. Sidorova, S.A. Stepanov, N.I. Sushentsov *Signals of the Femtosecond Photon Echo in Inorganic Films and Their Recording* // *Physics of Wave Phenomena*, 2013, Vol. 21, No.2, pp. 1–3.
- [16] Ахмедиев Н.Н. Борисов Б.С., Зуйков В.А., Самарцев В.В. и др. *Обращенное долгоживущее световое эхо в кристалле  $LaF_3 : Pr^{3+}$*  // *Письма в ЖЭТФ.* – 1987. – Т.45. – №3. – С. 122–125.
- [17] Зуйков В.А., Гайнуллин Д.Ф., Самарцев В.В., Стельмах М.Ф. и др. *Аккумулированное долгоживущее световое эхо и оптическая память* // *Квантовая электроника.* – 1991. – Т.18. – С. 525.

### Благодарности

Эта работа является целостным воплощением всех присущих мне взглядов, норм воспитания, приобретенных знаний и сформированных собственных точек зрения, опыта и практических навыков, окружающих меня людей. Исполнение моей мечты применения результатов своей докторской диссертации по оптической обработке информации на квантовых уровнях газа для интерпретации более сложных процессов, протекающих в Природе. По этой причине я выражаю огромную благодарность моим родителям – папе Ивану Павловичу и маме Вере Андреевне за данную жизнь, заложенное физическое и духовное здоровье и воспитание, своей родной тете Саше за ангельское сопровождение ранних этапов моей жизни, своей супруге Галине Леонидовне, дочери Елене и сестре Надежде за любовь, заботу и создание условий для моей творческой деятельности, своему научному руководителю Самарцеву Виталию Владимировичу за полученные от него знания, привитую любовь к науке и фотонному эхо, старшему коллеге Канюке Валерию Константиновичу, раскрывшему в 1988 году передо мной над-отраслевое мышление и область знаний, связанных со сверх слабыми полевыми воздействиями, своим друзьям Бабкину Виктору Владимировичу за мобилизацию меня на творческую работу, представленную в этой статье, Воронину Вячеславу Васильевичу за структурную формализацию моих усилий и профессиональное консультирование при обобщении знаний из разных сфер жизни и деятельности людей, Бакулиной Марине и Есеноковой Фатиме за плодотворное обсуждение и высоко профессиональные консультации в области практической биоэнергетики, Шаталову Виктору Васильевичу за поддержку и ценные советы, Плыкину Виктору Дмитриевичу за его работу по формированию Вихревой резонансной модели Вселенной и поддержку в процессе общения, Владимирову Юрию Сергеевичу за уникальную информацию о масштабируемости по классам и подклассам линейных размеров природных объектов и Кулакову Юрию Ивановичу за то, что в 1992 году обратил на это мое внимание, Климову Василию Васильевичу за прочитанные в нашем университете лекции по плазманике и за написание монографии «Нанооптическая плазманика», Иваницкому Генриху Романовичу за предложенные мне в 1990 модели замкнутого информационного потока в технических и биологических системах, Агибалову Алексею Алексеевичу за эффективное и полезное обсуждение, участникам осенней инновационной сессии АНО ПНР МАНИ и Международной научной школы «Наука и инновации», и, особенно, Виноградову Евгению Андреевичу и Николаеву Дмитрию Викторовичу за плодотворную критику результатов ранних этапов этой работы, Баходурову Муниру Усмоновичу за графическое сопровождение проведенных изысканий.

## МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ КРЕАТИВНОГО МЫШЛЕНИЯ

И.И. Попов<sup>1,2</sup>

1 – АНО ПНР «Междисциплинарная Академия Науки и Инноватики»

2 – ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»

e-mail: biht.orol@gmail.com

**1. Введение.** Креативность включает в себя повышенную чувствительность к проблемам, к дефициту или противоречивости знаний, действия по определению этих проблем, по поиску их решений на основе выдвижения гипотез, по проверке и изменению гипотез, по формулированию результата решения. Креативное (творческое) мышление (синонимы: эмоциональное мышление или управляемая интуиция) – имеет несколько общепринятых психологических инструментов. В данной работе предлагается методологическое применение креативного мышления для получения ответа на важный вопрос: «Имеет ли решение данный вопрос». Методология состоит из 3 фаз: условия подготовки к креативному мышлению (КМ); порядок выполнения КМ; фиксация результатов КМ.

**2. Условия подготовки к креативному мышлению (КМ):**

- Следует начинать осваивать методику КМ рано утром, когда просыпаешься, чувствуешь, что выспался (лась), но глаза еще не открыты (ни в коем случае глаза не открывать).
- На кануне необходимо освободить себя от каких-либо дел, отключить себя от всех обязательств (установка никуда не спешим, никому ничем не обязаны, никто нас не ищет, мы никому мы не нужны).
- Перед сном отдохнуть, можно погулять, обеспечить здоровый и полноценный сон.
- На кануне определить для себя желаемую тему эмоционального (креативного) мышления, должна быть начитана база данных по этой теме.

**3. Порядок выполнения КМ:**

- И так, проснулись, глаза не открыты, состояние – выспался (лась).
- Задаешь себе вопрос: имеет ли решение поставленная проблема?
- Опрашивая свое эмоциональное состояние после каждого предположения (комфорт – «да», дискомфорт – «нет»).
- Может быть состояние: «мог бы ответить если бы знал то, то, то и т.д.» (главный вопрос раскладывается на подвопросы второго уровня).
- Затем аналогично опрашивается каждый из элементов второго уровня описания проблемы. Если на какой-то подвопрос есть ответ «да», то по нему далее не работаем.
- Подвопросы второго уровня, на которые имеется согласие типа, «ответил бы, если знал то, то, то и т.д.» (разложение каждого вопроса второго уровня в отдельности на свои подвопросы третьего уровня).
- И так идет разложение каждого подвопроса не имеющего ответа «да» на подвопросы следующего уровня, опускаясь до более простых и понятных информационных образов.
- Как только будут получены ответы «да» на большинство подвопросов следующего уровня (порядка 70%) можно делать эмоциональные подстановки ответов на неизвестные вопросы. Например: «ответ на этот вопрос может быть типа..., или похож на ... (какой-то известный образ)».
- Как только порядка 90% вопросов закрыты, можно считать решение проблемы найденным.
- Ни в коем разе во время мышления нельзя отвлекаться на любые мысли. Помните, что кому-то сегодня должны отдать один рубль – все. Мысль исчезает, как молния уходит в землю по громоотводу.

#### 4. Фиксация результатов КМ:

- Как только Вы почувствовали, что решение найдено, необходимо открыть глаза, взять в руки авторучку и бумагу, записать в течение 1-2 минут основные узлы разветвления проблемы.
- При этом не следует напрягать свое внутреннее внимание, узлы можно записывать в виде одного слова, звука, бессмысленного слова (сочетания букв, лишь бы за ним стоял какой-то Ваш информационный образ).
- Информационное дерево следует описывать (на одном дыхании сверху – вниз в порядке появления узлов в Вашем мышлении).
- Если успели записать все узлы, значит сеанс креативного мышления удался.
- Можете несколько секунд передохнуть и сразу же необходимо название узлов перевести на смысл. Читая название узла, пишете, о чем был этот информационный образ. Т.е. каждому узлу соответствует определенное смысловое предложение. Это означает, что содержание сеанса КМ не потеряно!
- Можете передохнуть, при необходимости сходить в туалет, попить кофе или чай, затем садитесь и пишете сочинение на тему Вашего мышления, стараясь не напрягать свое внутреннее внимание.
- При этом не надо заботиться о литературности текста, в нем могут быть любые нелепые и даже вульгарные выражения, лишь бы они выходили из состояния Вашей души. Написанный текст можно положить в сторону. Возвращаетесь к нему через несколько суток, успев его забыть за время перерыва.
- В этом случае первое сочинение переписывается в виде литературного текста, могут быть добавлены дополнительные пояснения, что-то может быть исправлено. Этот новый текст желательно с кем-либо обсудить, желательно сопоставить новые информационные образы с аналогами, существующими в природе. Если аналоги есть, то это полезный продукт, который можно использовать в своей дальнейшей работе.

## ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

И.И. Попов<sup>1,2</sup>

1 – АНО ПНР «Междисциплинарная Академия Науки и Инноватики»

2 – ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»

e-mail: biht.orol@gmail.com

**1. Введение.** Все протекающие в Природе процессы имеют форму (материальную составляющую) и содержание (энергетическую составляющую). И то и другое по отдельности и в своей совокупности должны отвечать требованиям Экологии. Она включает фундаментальные и прикладные аспекты на разных уровнях организации Жизни на нашей планете. Фундаментальные основы экологии вытекают из рассогласования энергоинформационного обмена в Природе, представленного в виде обобщенной модели. Прикладные аспекты представлены инновационными проектами, решающими конкретные экологические проблемы.

С позиции формирования фундаментальных основ экологической безопасности следует провести тщательный анализ последствий деятельности людей и сопоставить результаты всех зависевших от деятельности людей природных процессов, протекавших на нашей планете с моделью энергоинформационного обмена в Природе (далее, модель ЭИО в Природе), понять причины возникших в Природе рассогласований и выработать подходы и мероприятия по снижению этих отклонений. Предлагаемая модель ЭИО в Природе, представляющая собой буферную оболочку, реализующую признаки эмерджентности, позволяет для любого информационный образ, попавшего в нее, во-первых, не быть отторгнутой ею, во-вторых, приобрести признаки эмерджентности, то есть получить новые неожиданные свойства в силу появления системного эффекта. Благодаря обобщенности изложения признаков взаимодействия элементов модели ЭИО в Природе достигается высокая масштабность процессов рассмотрения экологических отклонений в Природе. Предметом рассмотрения являются равновесные энергоинформационные процессы, определяемые параметрами прямых (материальных и эфирных) и обратных (отражающих духовность) вихрей, происходящие во всех уровнях масштабирования природных объектов, от атомно молекулярных структур (в системе обеспечения продуктами питания и медицинской помощью) до геофизических объектов, порождающих тайфуны, торнадо (смерчи), сели, циклоны и антициклоны. Обозначим нормы гармоничного протекания энергоинформационных процессов в Природе как *физическую экологию*. Мероприятия по повышению ее безопасности относятся к прикладным основам экологической безопасности. Решение этих задач не только снижает риски снижения экологической безопасности, но и открывает новые возможности удовлетворения потребностей общества. Так работы по геофизической навигации, способной заменить спутниковую навигацию, снижает загрязнение околоземного пространства космическим мусором и повышает ее независимость от внешних воздействий. Создание вихревых транспортных средств повышает их КПД и снижает потребление топлива. Технологии работы как с индивидуальным, так и коллективным сознанием снижает риски возникновения столкновений между людьми и государствами, формирует основу для равновесного развития общества с идеологией природоподобия, то есть согласованного обеспечения материальными и духовными потребностями человека, выработать критерии качества политической пропаганды. Решение вопросов безопасности физической экологии позволят создать систему мониторинга здорового образа жизни, адаптируемую к условиям проживания человека и выработать соответствующую реакцию человека, в том числе при занятии спортом и в условиях физических и интеллектуальных перегрузок, развернуть систему здравоохранения лицом к интересам человека.

Понимание геофизических проблем сконцентрирует большее внимание на необходимости решения вопросов *промышленной экологии*. Она включает решение задач экологического мониторинга с целью контроля загрязнения питьевой и технической воды, открытых водоемов и льдов, продуктами добываемых полезных ископаемых, углеводородов, продуктами жизнедеятельности людей. Сюда же относятся мероприятия по очистке суши и морской воды от разливов нефти и ее продуктов с on-line контролем экологической безопасности, технологии экологически безопасной рекультивации (ТЭБР) скотомогильников и полигонов твердых коммунальных отходов и загрязненных грунтов.

Для решения этих и других экологических задач нами создана АНО поддержки научных разработок «Междисциплинарная Академия Науки и Инноватики» (АНО ПНР МАНИ).

**2. АНО ПНР «Междисциплинарная Академия Науки и Инноватики».** АНО ПНР МАНИ специализируется на решении экологических проблем современности, взаимодействует в своей работе группами ученых-инноваторов, инжиниринговых компаний (партнеров и дочерних компаний) и представляет их интересы, выводя на рынок результаты сотрудничества. Системность решения экологических проблем заключается в согласованном отражении духовных и материальных потребностей человека, материального (вещественного) и духовного (физико-полевого) миров. При этом для отражения духовной составляющей, как и для материальной, предлагается объективные методы контроля используемой информации.

### *Руководство МАНИ*



Президент (действительный член МАНИ) –  
доктор физико-математических наук,  
профессор  
Попов Иван Иванович



Первый вице-президент (действительный член МАНИ) –  
кандидат психологических наук,  
профессор АНХ и ГС при Президенте РФ  
Воронин Вячеслав Васильевич



Вице-президент по науке (действительный член МАНИ) –  
доктор технических наук,  
профессор  
Роженцов Алексей Аркадьевич



Вице-президент по экологии и  
инновационному предпринимательству  
(действительный член МАНИ) –  
Агибалов Алексей Алексеевич



Вице-президент  
по промышленной политике  
(действительный член МАНИ) –  
Еремеев Сергей Васильевич



Руководитель  
Инновационного отделения  
(член-корреспондент МАНИ) –  
Нилов Максим Николаевич



Руководитель  
отделения международных связей –  
Баный Юрий Витальевич

***Руководители инновационных программ:***

Васильев Алексей Андреевич – руководитель инновационной программы СКРЭП, член-корреспондент МАНИ, доктор физико-математических наук;

Голенищев-Кутузов Александр Вадимович – руководитель программы Электроэнергетическое оборудование – член-корреспондент, доктор физико-математических наук, профессор;

Джагаспанян Игорь Эдуардович – руководитель конструкторских программ (главный конструктор приборостроения), член-корреспондент МАНИ, кандидат технических наук;

Жидков Анатолий Николаевич – руководитель программы МАВР, член-корреспондент МАНИ, кандидат технических наук, доцент;

Николаев Дмитрий Викторович – со-руководитель подпрограммы «Социальный статус личности» – действительный член МАНИ;

Митракова Нина Николаевна – соруководитель подпрограммы-проекта «ТУК Безопасности», член-корреспондент МАНИ, доктор медицинских наук, профессор;

Могильная Татьяна Юрьевна – соруководитель подпрограммы-проекта «ТУК Безопасности», член-корреспондент МАНИ, доктор медицинских наук, профессор.

***Советники (член-корреспонденты МАНИ) по отделениям науки и инноватики:***

Виноградов Евгений Андреевич – член-корреспондент МАНИ, член корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор;

Голенищев-Кутузов Вадим Алексеевич – член-корреспондент МАНИ, доктор физико-математических наук, профессор;

Наводнов Владимир Григорьевич – член-корреспондент МАНИ, доктор технических наук, профессор;

Наумов Андрей Витальевич – член-корреспондент МАНИ, доктор физико-математических наук, профессор;

Полищук Ростислав Феофанович – член-корреспондент МАНИ, доктор физико-математических наук, профессор;

Самарцев Виталий Владимирович, член-корреспондент МАНИ, доктор физико-математических наук, профессор;

Сушенцов Николай Иванович – член-корреспондент МАНИ, кандидат технических наук, доцент;

Филаретов Геннадий Федорович – член-корреспондент МАНИ, доктор технических наук, профессор.

**Советники по отделениям науки и инноватики:**

Агибалов Алексей Алексеевич-ст;

Бабкин Виктор Владимирович;

Бакулина Марина;

Евглевский Максим Владимирович;

Есенокова Фатима Бехриевна;

Калачев Алексей Алексеевич – доктор физико-математических наук, профессор;

Козлов Вадим Авенирович – доктор биологических наук, кандидат медицинских наук, профессор;

Моисеев Сергей Андреевич – доктор физико-математических наук, профессор;

Покровский Владимир Сергеевич.

Препелицкий Игорь

**Ученый секретарь МАНИ** – кандидат физико-математических наук Каримуллин Камиль Равкатович

**Членство в МАНИ** – ежегодно подтверждается на осенней инновационной сессии полученными результатами и внесенным вкладом в реализацию инновационных программ. Стипендия назначается с 1 января последующего года по оценке эффективности вклада в экономическую деятельность Академии и в соответствии со шкалой статуса: действительный член – академик, чл.- корр., советник). Статус действительного члена МАНИ ежегодно присваивается лицам, чей инновационный вклад работает в бизнесе и используется в какой-либо программе МАНИ. Статус чл.-корр. МАНИ ежегодно присваивается лицам, сформировавшим предложение для организации бизнеса в среде МАНИ. Статус Советника присваивается лицам, принимавшим участие в экспертной и консультационной работе по проектам МАНИ как по отделению науки, так и отделению Инноватики.

**МИССИЯ МАНИ:** Выполнение роли буферной оболочки, реализующей признаки эмерджентности, которая позволит простой модели природного сознательного образования или естественно-научного процесса корректироваться под закономерности более сложного процесса, вести разработку методологии моделирования проявлений биоэнергетики человека, формировать новые инновационные программы. В этом случае, любой информационный образ, попавший в эту оболочку, во-первых, не отторгается ею, во-вторых, приобретает признаки эмерджентности, то есть получает новые неожиданные свойства в силу появления системного эффекта. Обязательным условием формирования новой модели должно быть наличие ее эмерджентности по отношению к более простым существующим или предлагаемым моделям, позволяющим решить конкретную поставленную задачу.

**КОНЦЕПЦИЯ** деятельности – имеет экологическую направленность. Решаются экологические проблемы в области биологии, биоэнергетики, проявления физических полей, информационных обменов, социальной сфере, также решаются задачи энергообеспечения, культуры питания, здорового образа жизни, включая технологии диагностики и коррекции психофизического и функционального состояния Человека.

Работы организации направлены на улучшение условий жизни человека и общества через сбалансированное удовлетворение материальных и духовных потребностей, раскрытие безопасных для здоровья возможностей человека, повышение культуры потребления пищи и напитков, на снижение опасности внешних угроз для здоровья, ликвидацию экологических проблем водоемов и источников технической и питьевой воды, результатов техногенной деятельности людей, в области добычи, транспортировки и потребления нефтепродуктов и иных агрессивных жидкостей, на повышение эффективности снабжения электроэнергетическими ресурсами.

**Область интересов МАНИ.** Экологические проблемы во всех сферах жизнедеятельности людей.

**Цели и задачи деятельности МАНИ.** Диагностика и оперативная ликвидация экологически опасных последствий от жизнедеятельности людей. Сюда входят проблемы биологической, физической, информационной, биоэнергетической и общественной экологий, то есть отклонений от природного равновесия процессов, протекающих в этих областях.

**Этапы познания проблем включают:**

- Аккумуляция описаний чуда, субъективно и однократно регистрируемой информации (явления).
- Заслушивание и анализ сообщений о системно появляющейся информации (информационных образах), не познанных человеческим сознанием (работа с непознанными повторяющимися знаниями).
- Изучение опыта и знаний, используемых на практике особо одаренными людьми с целью системного их воспроизводства (работа по воспроизводимости новых знаний).
- Моделирование и научное исследование новых знаний (переведение знаний в статус научных).

**Организация работы АНО ПНР МАНИ** включает 4 ежеквартальных цикла:

- Зимняя сессия «Проблемы востребованности достижений в области экологии, биоэнергетике и духовности».
- Весенняя сессия «Духотворчество и междисциплинарные контакты».
- Летняя научная сессия «Международная научная школа «Наука и Инновации».
- Осенняя инновационная сессия «Инновационные программы и проекты МАНИ».

Летняя научная сессия стала прототипом МАНИ. На результатах ее тринадцатилетней работы возникла необходимость открытия АНО ПНР МАНИ. На летней сессии заслушиваются научные заделы и их основе формируются рыночные предложения в виде предполагаемых инновационных продуктов. Коммерческие предложения на основе инновационных предложений позволяют привлечь внимание инвесторов и потенциальных потребителей. После апробации коммерческих предложений в среде инвестирования и рыночного потребления формируется инновационная программа на базе ключевых конкурентных преимуществ будущих рыночных продуктов (изделий и услуг). В рамках программы формулируются инновационные проекты под решение конкретных рыночных задач. Бизнес модели включает 3 формы предложения новых рыночных продуктов и трех бизнес-моделей продвижения на рынок этих продуктов.

Рыночные продукты могут предлагаться в виде автономных изделий и продуктов, в виде разветвленной централизованной системы оказания услуг, управляемых с одной станции, и в виде выполнения индивидуальных заказов потребителя рыночной услуги на основе технологий удаленного контроля (ТУК) на центральном сервере результатов получения пер-

вичной информации разбросанных по рынку станций физико-технических измерений (в медицине, неинвазивных методик получения первичной информации).

Бизнес-модели продвижения рыночных продуктов включают полную предоплату, аренду с правом выкупа и оплату услуг с помощью бесплатно поставленного оборудования для сбора первичной информации, в том числе и с подключением ТУК.

**Инвестирование проектов МАНИ** включает 4 уровня:

Уровень 1. Демонстрация рыночной услуги

Уровень 2. Демонстрация промышленного образца

Уровень 3. внедрение опытной партии

Уровень 4. Масштабирование рынка

Средства, вложенные на 1 и 2 уровне инвестирования имеют долю в бизнесе в 2 раза больше, чем на уровнях 3 и 4 (в расчете на единицу вложенных инвестиционных сумм).

**Экономические интересы партнеров:**

- Получение зарплаты за выполнение текущих и плановых работ.

- Получение вознаграждения из амортизационных отчислений на нематериальные активы, используемые в производстве рыночных продуктов (изделий) или оказании услуг, автором (соавтором) которых является получатель вознаграждения.

- Доля прибыли, полученной от деятельности бизнеса.

**Кадровое обеспечение деятельности МАНИ.** Работа над проектами проводится как силами штатного состава, так и силами партнеров и дочерних компаний, распределенных по различным территориям. Партнерами являются как юридические, так и физические лица. Отношения с физическими лицами оформляются в основном на основе договоров гражданско-правового характера.

**МАНИ открыта к сотрудничеству** с разработчиками, инвесторами, представителям рыночной инфраструктуры и потенциальным потребителям продукции реализуемых инновационных программ МАНИ.

### **СОДЕРЖАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАНИ**

включает открытых в настоящее время 7 инновационных программ и 22 инновационных проекта. К ним относятся следующие ПРОГРАММЫ И ПРОЕКТЫ:

*Инновационная программа 1. Контроль однокомпонентного и многокомпонентного составов натуральных и искусственных водных растворов*

*Используются высокочувствительные сенсорные и спектроскопические методы контроля органических и неорганических химических веществ, а также Проект биологических образований, растворенных в воде с концентрациями от долей процента (от 20 ppb, 1 ppb – миллиардная доля) до максимального насыщения, характерного для атмосферного давления.*

*Подпрограмма-проект 1, шифр «СКРЭП»*

Проект 1.1. «СКРЭП-ТП». Серия приборов «СКРЭП-ТП»: автономный прибор «СКРЭП-ТП»; станция контроля утечки углеводородов (и иных газов) в подводном трубопроводе, на нескольких точках трубопровода, «Мульти-СКРЭП-ТП»; услуги по контролю утечки углеводородов (и иных газов) в подводном трубопроводе, на любом количестве точек трубопровода, с применением технологии удаленного контроля «ТУК-СКРЭП-ТП». Комплектация приборов формируется под задачи, востребованные Заказчиком.

Проект 1.2. «СКРЭП-ПУ». Серия приборов «СКРЭП-ПУ»: автономный прибор «СКРЭП-ПУ»; станция контроля концентрации углеводородов (и иных газов) в при поверхностном слое моря или другого водоема, на нескольких точках контроля, «Мульти-СКРЭП-ТП»; услуги по контролю концентрации углеводородов (и иных газов) в при поверхностном слое моря или другого водоема, на любом количестве точек контроля, с применением технологии удаленного контроля «ТУК-СКРЭП-ТП». Комплектация приборов формируется под задачи, востребованные Заказчиком.

Проект 1.3. «СКРЭП-ГК». Серия приборов «СКРЭП-ГК»: автономный прибор «СКРЭП-ГК»; станция глубинного контроля утечки углеводородов (и иных газов) в буровых и транспортных трубопроводах на глубине до 500 м «Мульти-СКРЭП-ГК»; услуги по глубинному контролю утечки углеводородов (и иных газов) в буровых и транспортных трубопроводах на глубине до 500 м, на любом количестве точек контроля, с применением технологии удаленного контроля «ТУК-СКРЭП-ТП». Комплектация приборов формируется под задачи, востребованные Заказчиком.

Проект 1.4. «СКРЕП-БР». Серия приборов «СКРЭП-БР»: автономный прибор «СКРЭП-БР»; станция контроля концентрации углеводородов, растворенных в буровом растворе, на нескольких точках контроля, «Мульти-СКРЭП-БР»; услуги по контролю концентрации углеводородов, растворенных в буровом растворе, на любом количестве точек контроля, с применением технологии удаленного контроля «ТУК-СКРЭП-БР». Комплектация приборов формируется под задачи, востребованные Заказчиком.

*Подпрограмма-проект 2. Шифр «МАВР»*

Проект 2.1. «МАВР-СВ». Серия приборов «МАВР-СВ»: автономный прибор «МАВР-СВ»; Станция многокомпонентного контроля состава питьевой, природной и промышленной воды, на нескольких точках контроля; оказание услуг по контролю состава питьевой, природной и промышленной воды, на любом количестве точек контроля «ТУК МАВР-СВ».

Проект 2.2. «МАВР-ПН». Серия приборов «МАВР-ПН»: автономный прибор «МАВР-ПН»; станция многокомпонентного контроля состава питьевых напитков в процессе его приготовления и потребления, на нескольких точках контроля; оказание услуг по многокомпонентному контролю состава питьевых напитков в процессе его приготовления и потребления, на любом количестве точек контроля, «ТУК МАВР-ПН».

Проект 2.3. «МАВР-СЕРВЕТ». Серия приборов «МАВР-СЕРВЕТ»: автономный прибор «МАВР-СЕРВЕТ»; станция спектроскопического контроля в воде носителей инфекционных заболеваний на базе СЭРВЕТ-технологии, в нескольких точках контроля, «Мульти-МАВР-СЕРВЕТ»; оказание услуг по спектроскопическому контролю в воде носителей инфекционных заболеваний на базе СЭРВЕТ-технологии с применением технологий удаленного контроля, в Любом количестве точек контроля «ТУК-МАВР-СЕРВЕТ».

*Инновационная программа 3. Технологии удаленного контроля (ТУК) опасностей для здоровья человека и общества (ТУК Безопасности)*

*С множества диагностических станций по инициативе заказчика платных услуг собираются с помощью нескольких независимых аттестованных медицинских методик результаты первичной информации, полученной неинвазивными методами (из мочи, слюны, выдыхаемого воздуха, просветом ладони руки, снятием биопотенциала) по радиоканалу на удаленном сервере, на котором со скоростью 1500 запросов в секунду обрабатывается поступившая информация и в формируются рекомендации по дальнейшим действиям для каждого анонимного заказчика услуг, которые высылаются в его адрес.*

*Подпрограмма-проект 3. Шифр «ТУК Безопасности».*

Проект 3.1. «ТУК Безопасности-ОЗ». Серия приборов «ТУК Безопасности-ОЗ»: серия приборов неинвазивной регистрации первичной информации, сопряженных с удаленным сервером, «ТУК Безопасности-ОЗ». Платные анонимные услуги по анонимному неинвазивному контролю безопасности поражения онкологическими заболеваниями на ранней и текущей стадии заболевания и выдача соответствующих рекомендаций.

Проект 3.2. «ТУК Безопасности-ИЗ». Серия приборов «ТУК Безопасности-ИЗ»: серия приборов неинвазивной регистрации первичной информации, сопряженных с удаленным сервером, «ТУК Безопасности-ИЗ». Платные анонимные услуги по неинвазивному контролю безопасности поражения носителями инфекционных заболеваний в крови человека или в питьевой воде и выдача соответствующих рекомендаций.

Проект 3.3. «ТУК Безопасности-ХЗ». Серия приборов «ТУК Безопасности-ХЗ»: серия приборов неинвазивной регистрации первичной информации, сопряженных с удаленным сервером, «ТУК Безопасности-ХЗ». Платные анонимные услуги по неинвазивному контролю безопасности от поражения хроническими заболеваниями и выдача соответствующих рекомендаций.

Проект 3.4. «ТУК Безопасности-ОЖ». Серия приборов «ТУК Безопасности-ОЖ»: серия приборов неинвазивной регистрации первичной информации, сопряженных с удаленным сервером, «ТУК Безопасности-ИЗ». Платные анонимные услуги по неинвазивному контролю безопасности отклонений от нормы образа жизни человека по регистрируемому составу массы тела и выдача соответствующих рекомендаций.

Проект 3.5. «ТУК Безопасности-ПФС». Серия приборов «ТУК Безопасности-ПФС»: серия приборов неинвазивной регистрации первичной информации, сопряженных с удаленным сервером, «ТУК Безопасности-ПФС». Платные анонимные услуги по неинвазивному контролю безопасности отклонений от нормы психофизического и функционального состояния организма человека и выдача соответствующих рекомендаций.

Проект 3.6. «ТУК Безопасности-ПФП». Серия приборов «ТУК Безопасности-ПФП»: серия приборов неинвазивной регистрации первичной информации, сопряженных с удаленным сервером, «ТУК Безопасности-ИЗ». Платные анонимные услуги по контролю безопасности отклонения психофизического потенциала человека на основе регистрируемых параметров и результатов физкультурно-спортивного тестирования его физической подготовленности, включая выдачу соответствующих рекомендаций.

*Инновационная программа 4. Сорбенты экологически безопасной реализации (СЭБР). Поставка экологически безопасных сорбентов из окремелых пород морских водорослей, обладающих гидрофобными свойствами и высокой поглощаемостью нефти, нефтепродуктов и других агрессивных жидкостей, при необходимости не тонущие на воде до 10 суток и собирающиеся в единый кокон после поглощения экологически опасных жидкостей, удаляемых с поверхности водного водоема, и погружения в воду. Благодаря высокой температурной стойкости (до 1500 градусов С) сорбенты могут применяться для тушения с воздуха массовых пожаров на суше и на воде. В силу взрыво- и пожаробезопасности не имеет ограничений по условиям применения.*

*Подпрограмма-проект 4. Шифр «Сорбенты»*

Проект 4.1. «СЭБР-1» Сорбент экологически безопасной реализации – для ликвидации разлива и пожаров нефти и нефтепродуктов (и др. агрессивных жидкостей) на суше и их пожаров.

Проект 4.2. «СЭБР-1ДН. Сорбент экологически безопасной реализации – для ликвидации разлива и пожаров нефти и нефтепродуктов (и др. агрессивных жидкостей) на суше и на воде (сорбент из окремелых пород не тонет на воде до 10 суток пока не поглотит нефть, нефтепродукты или др. агрессивные жидкости с водной поверхности).

Проект 4.3. «СЭБР-2» Сорбент экологически безопасной реализации для фильтров водоподготовки (конкурентоспособные преимущества – экологическая безопасность, длительность применения, восстанавливаемость после засорения) – для системы очистки питьевой воды, сточных, проточных, промышленных и натуральных вод.

*Инновационная программа 5. Технологии экологически безопасной рекультивации (ТЭБР) скотомогильников и полигонов твердых коммунальных отходов грунтов без выделения газов с помощью специально подобранных экзимов*

*В течение 4-6 месяцев происходит в 2-3 раза усадка объема свалки или скотомогильника из-за экологически безопасного (без выделения газа и продуктов распада) высыхания органики под воздействием специально адресно подобранных экзимов с уничтожением носителей инфекций и других биологических угроз.*

*Подпрограмма-проект 5. Шифр «ТЭБР»*

Проект 5.1. «ТЭБР-ТКО». Технология экологически безопасной рекультивации полигонов хранения хранения твердых коммунальных отходов. Рекультивация полигонов и несанкционированных свалок твердых коммунальных отходов методом глубинной биоремедиации.

Проект 5.2. «ТЭБР-СМ». Технология экологически безопасной рекультивации скотомогильников – ликвидации последствий их содержания). Рекультивация и обеззараживание скотомогильников.

Проект 5.3. «ТЭБР-ТКОиВМР». Технология экологически безопасной обработка и утилизация ТКО и глубокая переработка ВМР.

Обработка и утилизация твердых коммунальных отходов (ТКО) на специализированных предприятиях различной мощности. Глубокая переработка вторичных материальных ресурсов (ВМР) с получением товарной продукции.

*Инновационная программа 6. Электроэнергетическое оборудование. Направлена на повышение надежности электроснабжения городов и промышленных предприятий.*

*Подпрограмма-проект 6. Шифр «Электроэнергетика»*

Проект 6.1. «Электроэнергетика-ДЭО». Диагностическое электрооборудование для контроля и обслуживания ЛЭП и изоляторов

*Инновационная программа 7. Защита растений. Направлена на защиту зерна и повышение его качества с помощью ингибирующих препаратов, полученных из отрубей пшеницы.*

*Подпрограмма-проект 7. Шифр «Ингибитор»*

Проект 7.1. «Ингибитор-БЗ». Препарат, представляющий ингибирующий комплекс из отрубей пшеницы для защиты сырого зерна от болезней зерна и предотвращения согревание зерна на зернотоках, путем опрыскивания его раствором препарата.

Проект 7.2. «Ингибитор-ЧМ». Препарат, представляющий ингибирующий комплекс из отрубей пшеницы для поднятия значения характеристики ржаной муки – «Числа падения».

*Инновационная программа 8. Экологически безопасные моющие средства «Экоблеск»*

Разработка и поставка технологических жидкостей:

- для очистки металлических поверхностей корпусных и ствольных изделий после металлообработки и эксплуатации, в том числе черного и цветного металлопроката, в ультразвуковой ванне (струйной мойке или с барботированием, галтовке и ручной мойке) от трудно удаляемых шлифовальных и доводческих паст, консервирующих смазочных покрытий, технологических загрязнений;

- для химической смывки лакокрасочных покрытий с обрабатываемых поверхностей при проведении ремонтных работ корпусных изделий, железнодорожного и автомобильного, речного и морского транспорта, линий электропередач, труб и нефтегазодобывающего оборудования взамен пескоструйной обработки поверхностей, требующей утилизации отработанного песка.

Проект 8.1. Шифр «МС «Экоблеск-6». Моющее средство для промышленного применения при обезжиривании и очистке от технических масел, СОЖ, шлифовально-доводческих паст, консервирующих покрытий, жировых отложений и других трудноудаляемых загрязнений в различных отраслях машино- и приборостроения, радиоэлектроники и оптики.

Проект 8.2. Шифр «МС «Экоблеск-6П». Моющее средство для трудно удаляемых шлифовальных и доводческих паст, консервирующих смазочных покрытий, технологических загрязнений.

Проект 8.3. Шифр «МС «Экоблеск-6Н». Моющее средство для порохового и масляного нагара, копоти и сажи.

Проект 8.4. Шифр «МС «Экоблеск-КР». Для химической смывки лакокрасочных покрытий при проведении ремонтных работ корпусных изделий, железнодорожного и автомо-

бильного, речного и морского транспорта, линий электропередач, труб и нефтегазодобывающего оборудования.

Проект 8.5. Шифр «Экоблеск-ЛКП». Задача лакокрасочных покрытий (смывка старой краски с помощью МС «Экоблеск-6Кр», обезжиривание и фосфатирование, покрытие красками модификации «Союзпроектор»- стойкими для сложных условий эксплуатации).

*Инновационная программа 9. Проблемы физической экологии. Используются методы объективного контроля распределения энергии, вырабатываемой организмом человека по спектру частот циркуляции этой энергии при различных факторах, определяющих состав тела, и состояниях психофизического настроя человека с целью повышения эффективности практик внутренней и внешней коррекции биоэнергетики человека, снятия рисков заболеваний и роста физической и интеллектуальной работоспособности, в том числе при в экстремальных условиях. Буферная оболочка, на основе которой будут выполняться отраслевые заказы на решение интересующих заказчика проблем, связанных с биоэнергетикой человека, будет реконструироваться минимум за четыре этапа. Это формирование фундаментальных основ спектральной организации обмена биоэнергией, энергоинформационного обмена, системной организации работы с биоэнергетической информацией в форме психологических, религиозных и других знаний, а также, инновационный этап (разработка практически значимых результатов, востребованных жизнедеятельностью людей).*

*Подпрограмма-проект 9. Шифр «Применение модели энергоинформационного обмена в Природе»*

Проект 9.1. «Идеология современного общества – идеология природопобия». Разрабатывается модель организации общественных отношений на основе согласованного удовлетворения материальных и духовных потребностей. Предлагается национальная идея **Миссия России и русских людей – заключается в** возвращении жизнедеятельности современного общества к идеологии **природоподобия**, то есть к святости, с принятием и продвижением **Национальной идеи** «Общее благо превыше личного».

Проект 9.2. «Мобилизация биоэнергетики-ППС». Техника и методология психологической подготовки спортсменов на основе коррекции потенциала спектральной мобилизации биоэнергетики человека.

Проект 9.3. «Мобилизация биоэнергетики-ЭУ». Техника и методология психологической подготовки специалистов, работающих в экстремальных условиях, на основе коррекции потенциала спектральной мобилизации биоэнергетики человека.

*Подпрограмма-проект 10. «Социальный статус личности». Включает проекты направленные на использование результатов метрологического обследования согласованности материальных и духовных потребностей человека на каждой из ступеней Пирамиды потребностей Маслоу.*

Проект 10.1. «Биоимпедансный анализ и ССЛ». Биоимпедансный метод контроля состава массы тела применяется как информативный признак Социального Статуса Личности.

## Список литературы

[1] Материалы Тринадцатой международной научной школы «Наука и инновации-2018» ISS «SI-2018» / Редакционная коллегия: проф. И. И. Попов; чл.-корр. РАН, проф. В. А. Козлов; акад. РАН, проф. В. В. Самарцев. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет. С. 171–197.

## УДАЛЕННЫЙ СКРИНИНГОВЫЙ КОНТРОЛЬ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАННИХ СТАДИЙ ОНКОПАТОЛОГИИ

И.И. Попов<sup>1,2</sup>, А.А. Роженцов<sup>1,2</sup>

1 – АНО ПНР «Междисциплинарная Академия Науки и Инноватики»

2 – ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»

e-mail: biht.oral@gmail.com

**1. Введение.** Работа направлена на решение научной проблемы ранней диагностики онкологических заболеваний на основе анализа метаболических профилей пациентов за счет применения новых форм получения и представления первичной медицинской информации, методов и средств работы с ней для повышения достоверности ранней диагностики онкопатологии и сокращения времени принятия решений.

Актуальность проблемы создания методов, пригодных для проведения скрининговых обследований населения, обусловлена массовостью распространения онкологических заболеваний и необходимостью их выявления на ранних стадиях для обеспечения возможности эффективного лечения. Общий контингент больных со злокачественными заболеваниями в России составляет более 3.5 млн. чел., а в структуре смертности они занимают второе место [1]. Ранняя диагностика на 1-2 стадиях может обеспечить выживаемость до 93% пациентов.

**2. Содержание решаемых задач.** Достижение поставленной цели обеспечения удаленного контроля рисков возникновения ранних стадий онкопатологий базируется на применении взаимодополняющих друг друга средств получения первичной информации о составе метаболитов, содержащихся в моче пациентов, и оригинальных методов их обработки, в том числе, на базе технологии удаленного контроля.

В результате выполнения работ предполагается решение следующих задач.

- Формирование метаболических профилей онкологических заболеваний (рак желудка, рак легкого, рак толстой кишки, рак пищевода и др.) на основе анализа состава метаболитов, содержащихся в моче, с использованием хромато-масс-спектрометрического оборудования, терагерцевой и ИК спектроскопии.
- Разработка методик определения состава метаболитов, обладающих приемлемой стоимостью и временем проведения анализа, в том числе на основе методов терагерцевой и ИК спектроскопии, рассеяния Мандельштама-Бриллюэна, твердотельных сенсоров химически активных соединений в растворах и летучих веществ.
- Разработка алгоритмов математического анализа многопараметрических данных методами хемометрики и биометрики для распознавания онкопатологии у обследуемых людей путем сравнения с «библиотекой образов» метаболических профилей.
- Разработка сетевой технологии удаленного контроля обработки результатов химического анализа, обеспечивающей обработку в реальном масштабе времени данных, получаемых с использованием удаленной приборной базы, лабораторных и бытовых приборов.

Решение указанных задач позволит разработать линейку аппаратуры, работающей на различных физических принципах, обладающей различными потребительскими качествами, перекрывающую большую часть рыночных ниш оборудования для ранней диагностики онкологических заболеваний.

**3. Описание работы.** На рисунке представлена укрупненная структурная схема системы проведения скрининговых обследований для выявления онкопатологии на ранней стадии.

Образцы биологического материала от пользователя поступают для анализа на различные типы аппаратуры в зависимости от решаемой задачи при условии предварительной регистрации пациента на сайте услуг и проведении их оплаты. Оплата производится следующим образом. Пациент (или лечебное учреждение) проводит регистрацию запроса на диагностическую услугу. Сервер формирует запрос пользователю для оплаты анализа. Пользователь проводит оплату запрашиваемой диагностической услуги, используя системы онлайн оплаты от физического лица или от лечебного учреждения. После получения информации об оплате Пользователем запрашиваемой услуги, сервер через сеть передачи данных принимает первичную информацию, обрабатывает ее и направляет ему результат диагностики. При этом хромато-масс-спектрометрическая аппаратура и терагерцевый спектрометр, как прави-

ло, используются для проведения исследований в области формирования метаболических профилей различных онкологических заболеваний.

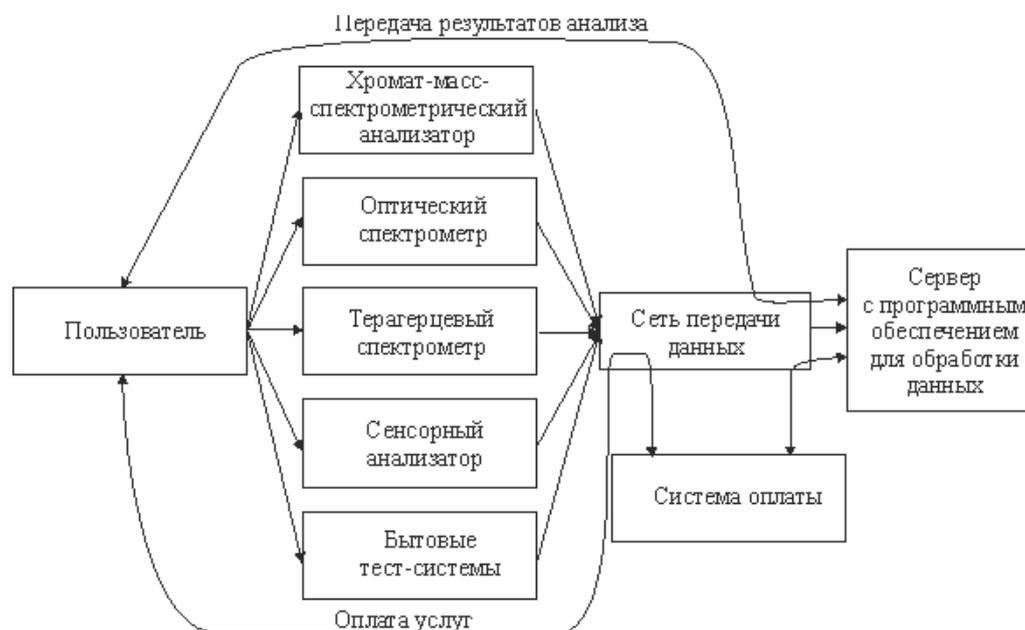


Рис. Структурная схема технологии удаленного контроля рисков возникновения ранних стадий онкозаболеваний.

Оптический спектрометр, сенсорный анализатор, бытовые тест-системы используются для сбора первичных данных о составе метаболитов, содержащихся в моче и выдыхаемом воздухе, при проведении рутинных исследований. Полученная несколькими методами первичная информация через сеть передачи данных поступает на центральный сервер, где по нескольким медицинским методикам решаются задачи диагностики и корректировки метаболических профилей и решающих правил. В течение 5 мин с момента получения первичной информации (в течение 10-15 мин с момента сдачи анализа) результаты диагностики через сеть передачи данных направляются пользователю.

Применение сетевой технологии удаленного высокопроизводительного контроля позволит, с одной стороны, упростить и удешевить аппаратуру, предлагаемую потребителю, с другой – построить бизнес-модель, базирующуюся не на продаже аппаратуры, а на оказании услуг, повысить надежность диагностики за счет проведения диагностики по нескольким медицинским методикам, реализованным на нескольких оригинальных физических принципах, постоянного пополнения базы данных, исключить утечку информации об используемых технологиях обработки данных, обеспечить лидирующее положение Российской Федерации в данной области за счет размещения центров обработки данных на ее территории.

**Заключение.** Таким образом за счет применения нескольких медицинских методик диагностирования (различным методикам пробоподготовки) по нескольким носителям онкомаркеров (в моче и выдыхаемом воздухе) и применением пяти видов оборудования, работающего на различных физических принципах, обеспечивается надежность ранней диагностики онкозаболеваний. За счет применения эффективного программного обеспечения сервера обеспечивается высокая эффективность обработки первичной информации, достигающей до 1500 заключений в секунду. На этапе внедрения коммерческий потенциал данной системы оказания диагностических услуг будет усилен за счет включения в нее сертифицированной в органах Минздрава РФ технологии «СЭРВЭТ» по неинвазивному on-line контролю (в течение 1 мин) наличия в крови человека возбудителей инфекционных заболеваний.

## Список литературы

1. Злокачественные новообразования в России в 2016 году (заболеваемость и смертность) / Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. МНИОИ им. П.А. Герцена, филиал НМИЦ радиологии Минздрава РФ, Москва, 2018.

УДК 621.3.06  
ББК 31.2

## СИСТЕМА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА БАЗЕ ВОЗДУШНОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

И.Х. Гарипов

ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»  
e-mail: ilsur@bk.ru

В работе рассмотрен вопрос оценки эффективности работы воздушного солнечного коллектора авторской конструкции, в условиях Марий-Эл, на примере жилого дома в 70 кв. м. Так же приведены расчеты по энергосбережению при использовании воздушных солнечных коллекторов, как дополнительного источника тепла в системе отопления.

**1. Введение.** При проектировании системы электроснабжения и теплоснабжения загородных домов и служебных помещений, особенно строящихся в удаленных районах, где нет газификации, для системы отопления в основном используют электрические котлы или пленочные инфракрасные нагреватели. Использование электронагревательного оборудования позволяет автоматизировать работу отопительной системы, поддерживать оптимальную температуру в помещении, использовать систему «умный дом». Единственным недостатком такой системы является значительное повышение электропотребления и существенные нагрузки на электрическую сеть в отопительный сезон.

Для снижения затрат на отопление и уменьшения нагрузки на электрическую сеть возможно использование солнечной энергии. Солнечных преобразователей различных видов много, но оптимальным в таком случае оказалось использование воздушных солнечных коллекторов (ВСК), принцип работы которого представлен на рисунке 1. Воздушный коллектор представляет собой плоскую камеру с металлической пластиной-теплообменником внутри, покрытой специальной краской, закрытый стеклопакетом. Снизу в камеру по трубе заходит холодный воздух из отапливаемого помещения – сверху выходит нагретый. Конструкция системы отопления с ВСК достаточно проста (рисунок 2) и надёжна.

Стоимость таких коллекторов невысока, при существенной эффективности. В ясный, морозный день ВСК площадью 3-4 квадратных метра может обеспечить теплоснабжение помещения площадью 70 квадратных метров в течении 7 – 9 дневных часов.

**2. Исследование эффективности работы ВСК.** С целью исследования эффективности работы ВСК нашей командой был проведен эксперимент. Был установлен такой коллектор на южную стену частного дома, площадью 70 квадратных метров (рисунок 3), основным отоплением которого является электрический котел с водяной системой. Система управления котла была дополнена датчиком температуры помещения, который отключает котел при достижении температуры в 24°C и включает при остывании до 22 °С. Эксперимент проводился в отопительные сезоны 2016-2017г. и 2017-2018 г., были получены следующие результаты:

- В ясный солнечный день электрический котел по датчику температуры помещения отключался ориентировочно в 10.30 утра.
- В течении дня температура в помещении, за счет работы ВСК поднимался до 25-27°C, в зависимости от температуры на улице.
- Включение котла происходило при остывании температуры в помещении до 22 °С, примерно от 18.30 до 20.00 часов в зависимости от температуры на улице.

- Температура воздуха на выходе воздушного коллектора в ясный солнечный день достигает 100°C при прохождении воздуха самотеком по трубе диаметром 150 мм, разность температур вход – выход достигал 75°C.
- При облачности ВСК тоже вырабатывает тепло, но менее интенсивно температура на выходе в районе 40°C, разность температур вход – выход достигал 20°C.
- В ночное время суток потери тепла через коллектор не больше потерь через глухое окно таких же размеров.

На сегодняшний день по проведенной работе можно сделать следующие выводы. Работа ВСК позволяет в солнечный день, как обычно и бывает в морозные зимние дни, отапливать помещение за счет энергии солнца практически в течении всего светового дня. При этом электрический котел остается выключенным до 9 часов в сутки, экономя при этом электроэнергию, а температура в помещении остается в заданных пределах. При стоимости солнечного воздушного коллектора, сопоставимой с пластиковым окном такого же размера, срок его окупаемости достаточно небольшой.

Для наглядности произведем расчет жилого здания с первоначальными данными:

- Площадь помещения: 70 м<sup>2</sup>
- Циркуляция воздуха: 35 м<sup>3</sup>/ч
- Интенсивность воздухообмена: полностью заменяется за 2 часа
- Энергия солнечного излучения : КПД: 57%

**Рис. 1.** Принцип работы воздушного солнечного коллектора



- Повышение температуры приточного воздуха: 45°C
- Габариты (ШхВхГ): 1450х2450х126 мм
- Площадь поглощающей панели: 3,55 м<sup>2</sup>
- Вес: 15,5 кг
- Материал панели: однокамерный стеклопакет (толщиной 4-16-4 мм, R<sub>0</sub>=0,70)
- Материал корпуса: ПВХ
- Обратная сторона корпуса: теплоизоляция фольгоизол (толщиной 10 мм)
- Размер трубок: 150 мм
- Размер монтажных отверстий: 150-155 мм

Для основного отопления используется котел ЭВАН с паспортной мощностью 6 кВт. Среднесуточная расчетная мощность для отопления дома, при коэффициенте включения данного котла – 1/3 будет равна 6·1/3=2 кВт.

Чтобы определить количество электроэнергии, сэкономленной ВСК за период активности солнца, определим среднюю продолжительность дня за март месяц 2017 года (республика Марий Эл, пгт. Параньга 55°45'51 "север, 42 ° 37'37" восток, высота 160 м над уровнем моря). Активность солнца в течение месяца изменялась в пределах: восход – от 06:43 до 05:22, зенит – от 12:02 до 11:53, заход – от 17:21 до 18:24, долгота дня – от 10:37 до 13:01. Для решения примера возьмем усредненное значение активности солнца – 11 часов 50 минут.

Потребление в сутки электроэнергии котлом ЭВАН составляет 2·24=48 кВт·ч/сут. При использовании ВСК в солнечный день, время работы котла в среднем составляет 12 часов, следовательно 2·12 = 24 кВт·ч./сут. В марте 2017 года было 15 солнечных дней и 16 пасмурных. При этом, если пренебречь выработкой ВСК тепла в пасмурные дни, в месяц на отопление было сэкономлено 24·15 = 360 кВт·ч. Аналогично можно рассчитать экономию электро-

энергии за остальные месяцы. На рисунках 4 и 5 представлены данные регистраторов температуры на выходе ВСК и помещения в ясный солнечный день.

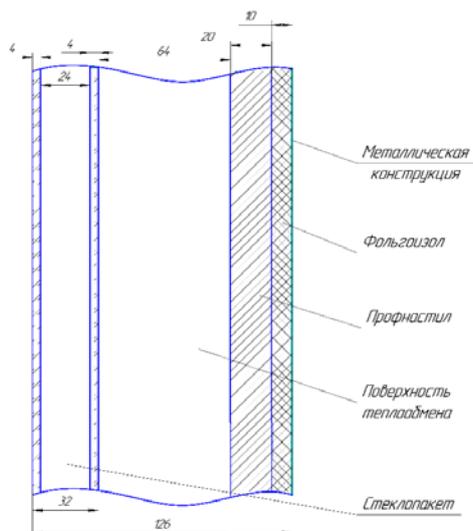


Рис. 2. Разрез рабочей зоны воздушного солнечного коллектора.



Рис. 3. Внешний вид воздушного солнечного коллектора:  
а) ВСК смонтированный на рабочем месте,  
б) вариант ВСК готовый к отгрузке.

В летний период, когда работа ВСК не требуется, его рабочая поверхность закрывается роллетной системой. На сегодняшнем этапе мы работаем над использованием излишков энергии получаемой ВСК для нагрева воды, что позволит использовать его и в летний период, не перегревая помещение.

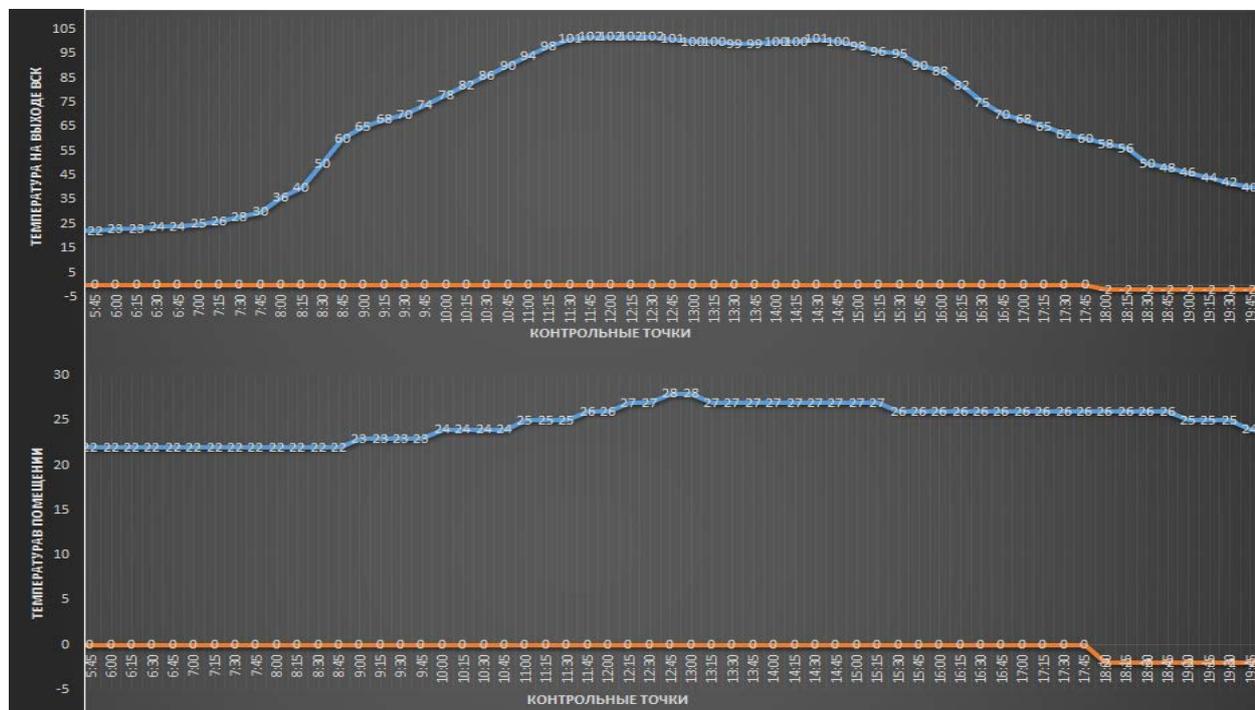


Рис. 4. Изменение температуры на выходе ВСК и температуры помещения в ясную погоду

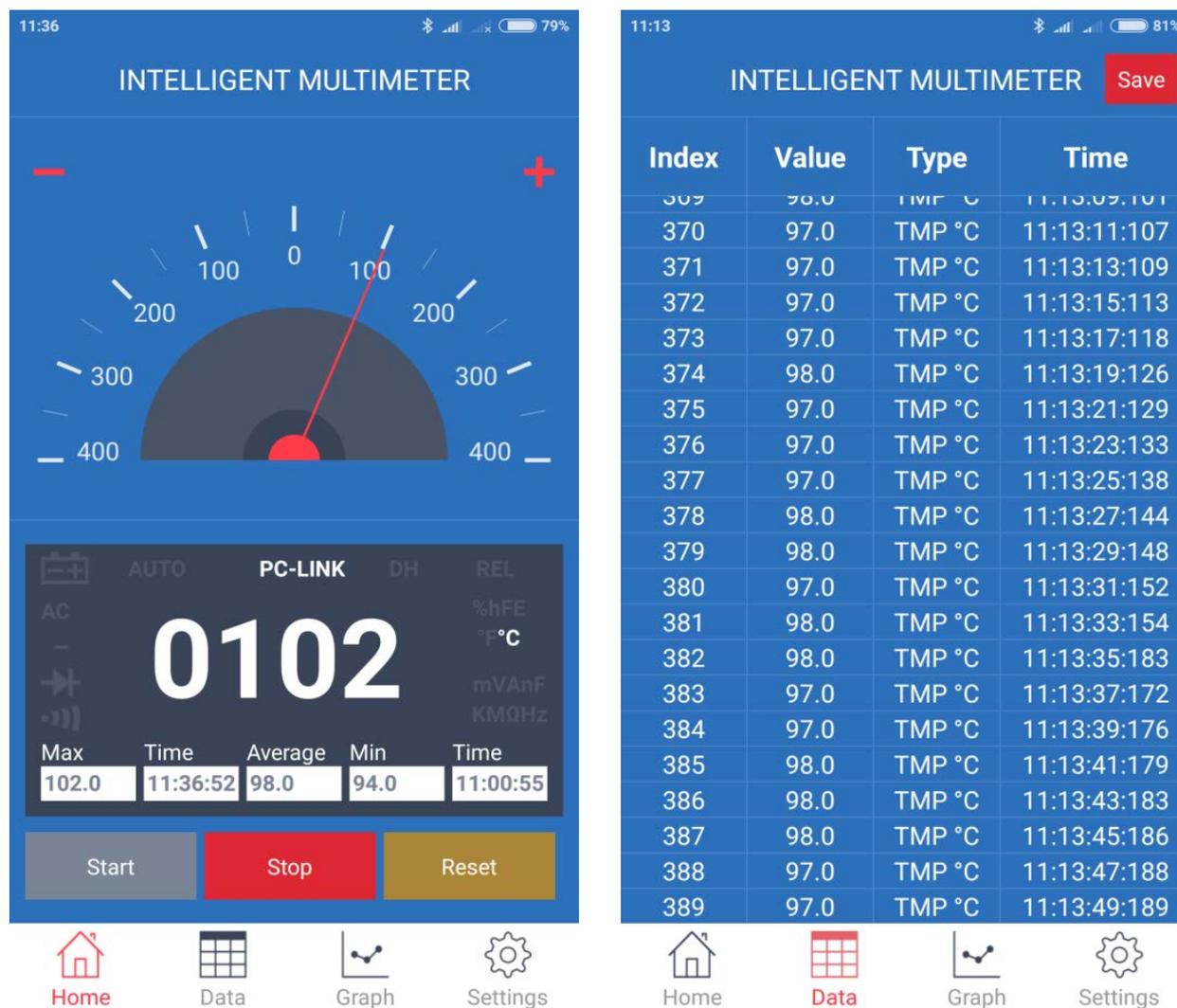


Рис. 5. Температура на выходе ВСК в ясную погоду (показания регистратора), выходная труба 150 мм, воздух выходит самотеком.

**3. Заключение.** В завершении, хотелось бы сказать, что даже такие несложные системы для использования солнечной энергии в виде тепла, как воздушные солнечные коллекторы, способны существенно снизить затраты энергии на отопление, экономя при этом не только деньги для владельца, но и такие невозобновляемые энергоресурсы как газ, уголь, нефть, которые используются при получении электрической и тепловой энергии.

**Список литературы**

[1] Л.М. Четошникова. *Нетрадиционные возобновляемые источники энергии* // Издательский центр ЮУрГУ, учебное пособие, 2010 г.,  
 [2] Gevorkian P. *Альтернативные источники энергии в проектировании зданий* // The McGraw-Hill Companies, 2009,  
 [3] М.В.Голицын, А.М.Голицын, Н.В.Пронина. *Альтернативные энергоносители* // Изд. Наука, Москва, 2004 г.

## ФОТОХРОНИКА ШКОЛЫ



Академик РАН, д.ф.-м.н., профессор К.М. Салихов выступает с новым моду задающим инновационным научным предложением «инновационной куклой»



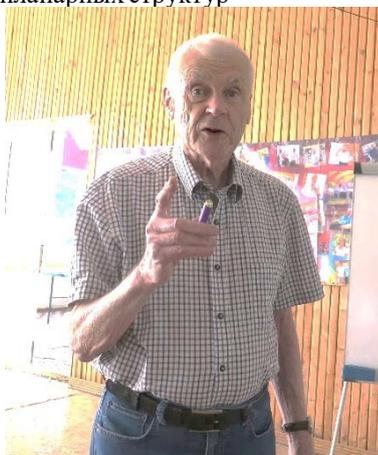
Чл. корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор Е.А. Виноградов: О спектрах термостимулированного электромагнитного поля планарных структур



Академик РАЕН, д.ф.-м.н., профессор В.В. Самарцев во время выступления на Школе



Проректор по НР ПГТУ чл. корр. РАН чл. корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор Д.В. Иванов приветствует участников Школы



Д.ф.-м.н., профессор В.А. Голенищев-Кутузов во время чтения лекции на Школе



Ученый из Донецка к.ф.-м.н. В.С. Абрамов с выступлением о черных дырах



Секцию ведет чл. корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор, Е.А. Виноградов, лекцию читает д.ф.-м.н., профессор И.И. Попов



Д.ф.-м.н., профессор Т.Ю. Могильная сообщает о результатах спектроскопической ранней онкодиагностики!



Как здорово, как здорово, что все мы здесь сегодня собрались!



Вот так рождается истина: академик РАН  
К.М. Салихов делится мыслями с профессором  
И.И. Поповым



Здравствуйте! Мы рады Вас видеть



Свободное общение – самое полезное!



Старые друзья!!!



Зав. кафедрой РТ и МБС ПГТУ, д.т.н., профессор  
А.А. Роженцов – о новом проекте



Профессора В.А. Голенищев-Кутузов и  
В.В. Самарцев –  
в начале нового этапа творческого пути



Д.т.н., профессор В.Г. Наводнов  
во время доклада



Молодые ученые с большими планами



Ученый секретарь К.Р. Каримуллин  
выполняет свою работу.  
Весь во внимании – доцент А.А. Баев



Взгляд на Школу  
представителя МФТИ Д.А. Чубича



Выступает ген. директор НПЦ  
«Медасс», почетный лектор  
Школы Д.В. Николаев



Академик РАН, д.ф.-м.н., профессор  
К.М. Салихов делится жизненным  
опытом



Чл. корр. РАН, д.ф.-м.н.,  
профессор Е.А. Виноградов  
шутит



Так выглядит радость



Творческое состояние



Увлеченные



Председатель локального оргкомитета Е.И. Гладышева: чувство выполненного долга



Я люблю тебя жизнь!



Член локального оргкомитета Е.А. Гладышева: цель поставлена, задачи определены



Н.И. Попова:  
Рада новой встрече!



Как сильно я всех Вас люблю!



Е.И. Гладышева:  
Это моя стихия!



К.м.н., С.П. Щелькалина:  
хорошо быть собою довольной!



Ягодки лесные –  
очень нам нужны!



Член локального оргкомитета  
А.А. Гладышева: Впереди – целая  
жизнь!



Так выглядит счастливый человек счастливая мама:  
Алия Каримуллина



Инвестор М.В. Евглевский – оценочный взгляд: когда видишь красоту – тут уж не до супа



Пирожного не дали – вот Вам за это!



Выступление к.т.н., доцента А.И. Орлова



Д.В. Николаев читает лекцию



Д.Е. Шашин – первое выступление на Школе



К.ф.-м.н. А.М. Шагедя представляет оригинальные результаты ЛНО КФТИ



Зав. кафедрой электроснабжения к.т.н., доцент И.Х. Гарипов демонстрирует солнечный нагреватель



Казанский богатырь  
Научного олимпа



Появись, окунись!  
Коль счастливым хочешь стать



Отдыхай, веселись



Ведь Яльчик – это благодать!!!



Участники похода на озеро Глухое



Смотрим Чемпионат мира по футболу  
Наши выигрывают!



Мы в пансионате Яльчик!!!



Это самый популярный пляж  
участников Школы



Озеро Яльчик



В.С. Абрамов: Великие задумки!

# ПЕРВОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

Наука и инновации  
ISS«SI-2019»

Четырнадцатая международная научная школа  
«Наука и инновации — 2019»:

**Золото России — не в рудниках,  
Золото России — в умах!**



**Йошкар–Ола 2019**

С 1 июля по 7 июля 2019 года в г. Йошкар–Оле на базе Поволжского государственного технологического университета и АНО ПНР «Междисциплинарной Академии Науки и Инноватики» с участием Казанского физико-технического института КазНЦ РАН и Института спектроскопии РАН проводится Четырнадцатая международная научная школа «Наука и инновации – 2019».

## Организаторы Школы

Российский фонд фундаментальных исследований  
Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
Казанский физико-технический институт им.Е.К.Завойского – ФГБУН ФИЦ  
КазНЦ РАН  
ФГБУН Институт спектроскопии РАН  
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»  
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова»  
АНО ПНР «Междисциплинарная Академия Науки и Инноватики»  
Российская академия естествознания  
Малое предприятие (бизнес-инкубатор высоких технологий) ООО «ОРОЛ»  
ООО «Научно-производственная компания - Экоблеск»  
ЧУ «Пансионат Яльчик»

## Почтовый адрес и контакты Оргкомитета:

424001, Республика Марий Эл, г. Йошкар – Ола, пл. Ленина, 3; тел.: (8362)677806; E-mail: popov@volgatech.net  
Информация о подготовке и проведении Школы:

[http://www.volgatech.net/about\\_the\\_university/departments/846/?sphrase\\_id=6131](http://www.volgatech.net/about_the_university/departments/846/?sphrase_id=6131)

## Программа научной школы включает:

1. Пленарное заседание
2. Секция «Инноватика»
3. XIII международный научный школа-семинар «Фундаментальные исследования и инновации: нанооптика, фотоника и когерентная спектроскопия»
  - Секция 3.1. *Нанооптические явления и эффекты*
  - Секция 3.2. *Оптоинформатика*
  - Секция 3.3. *Когерентная оптика и оптическая спектроскопия*
  - Секция 3.4. *Нанооптические явления и эффекты*
  - Секция 3.5. *Нанооптические материалы и методы их исследования*
  - Секция 3.6. *Нанооптика и фотоника*
  - Секция 3.7. *Нанооптические и экситонные приборы*
  - Секция 3.8. *Радиолокация и инфотелекоммуникации*
  - Стендовая секция 3.9. *Нанооптика, фотоника и когерентная спектроскопия*
4. Сателлитный симпозиум «Физика резонансных явлений и ее инновационные аспекты»
  - Секция 4.1. «*Физика – материаловедение – технологии – оборудование*»
  - Секция 4.2. «*Информационные технологии и их инновационный потенциал*»
  - Секция 4.3. «*Химия. новые материалы и химические технологии*»
5. Сателлитный симпозиум «Живые системы и их инновационная привлекательность»
  - Секция 5.1. *Медицинские проблемы здоровьесбережения и скрининговая оценка качества здоровья*
  - Секция 5.2. *Актуальные проблемы современной медицины*
  - Секция 5.3. *Актуальные проблемы современной медицинской диагностики*
  - Секция 5.4. «*Биотехнологии и экологические проблемы общества*»
6. Сателлитный симпозиум: Гуманитарные подходы к формированию инновационной среды
  - Секция 6.1. *Фундаментальные основы современного миропонимания*
  - Секция 6.2. *Гуманитарно-педагогические аспекты кадровой политики в инноватике*
7. Стендовая секция «*Инновационно-ориентированные прикладные научные исследования*»
8. Клуб профессорской мысли
9. Всероссийская молодежная научная школа-семинар «Наука и инновации – 2018»
10. Конкурс ученых-инноваторов «Оригинальный научный доклад»
11. Выставка-конкурс инновационных разработок

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ – ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

← 1 пробельная строка →

**И. О. Фамилия автора и соавторов (через запятую)**

← 1 пробельная строка →

*место работы (почтовый адрес)*

e-mail:

← 1 пробельная строка →

Аннотация (структурированный реферат) статьи: обоснование, цель, материал и методы, результаты исследования, заключение), – объемом не более 250 слов.

**Ключевые слова:** не более десяти слов

← 1 пробельная строка →

Аннотация на английском языке, являющаяся аутентичным переводом аннотации на русском языке.

**Key words:** not more than ten words

**1. Введение.** Это сообщение содержит инструкции по подготовке статей для Тринадцатой международной научной школы «Наука и инновации – 2018» ISS «SI-2018»

Текст статьи должен быть подготовлен в текстовом редакторе Word, формат листа А4. Статья сопровождается двумя отсканированными рецензиями (внешняя и внутренняя с заверенными подписями рецензентов) в pdf формате. Статьи отправлять сразу на два адреса (указывать в адресной строке почтовой программы одновременно: председателю школы **Ивану Ивановичу Попову** biht.orol@gmail.com и сопредседателю, ученому секретарю школы **Вадиму Авенировичу Козлову** rooh12@yandex.ru. Перед отправкой статья должна быть проверена авторами на уникальность текста в одной из специализированных программ, например, **Etxt Антиплагиат**, уникальность текста должна составлять не менее 90%.

Требования к оформлению – следующие:

- объем статьи: для докладов – 6 полных страниц, для стендовых докладов – 4 страницы, для лекций и обзоров до 10 страниц;
- лазерная печать на белой бумаге формата А4 (210мм×297мм) с одной стороны листа;
- поля: слева, справа, сверху, снизу по 20 мм.

**2. Инструкции.** Текст должен быть разделен на следующие разделы напечатан следующим образом:

- шрифт Times New Roman, через **один** интервал;
- заголовок статьи 12 pt, прописными буквами, шрифт жирный, по центру, без кавычек и подчеркиваний, без условных сокращений, переноса слов и точки в конце;
- инициалы и фамилия автора (-ов): 12 pt, шрифт жирный, по центру;
- **место работы – 12 pt, курсив, по центру**, если авторы работают в разных организациях, то указывается место работы каждого автора с указанием надстрочного цифрового индекса после фамилии автора и аналогичного цифрового индекса перед названием места работы этого автора, каждое новое сообщение о месте работы очередного автора начинать с новой строки;
- электронная почта автора, с которым будет вестись переписка: 12 pt, по центру;
- основной текст: 12 pt, выравнивание по ширине, абзацный отступ 10 мм (**табуляцию не применять!**);
- страницы не нумеровать;
- секционные заголовки (**1. Введение**, содержащее обоснование необходимости проведенного исследования или литературного обзора, **2. Цель исследования**, **3. Материал и методы**, **4. Результаты исследования и их обсуждение**, **5. Выводы**) – 12 pt, шрифт жирный, по левому краю без абзаца, кавычек и подчеркиваний, условных сокращений, нумеруются арабскими цифрами, текст раздела продолжается на той же строке после секционного заголовка;
- мягкие переносы устанавливать;
- рисунки контрастные, оси координат, кривые и надписи на рисунках должны быть жирными и четкими;
- подписи к рисункам – 10 pt, через один интервал, ниже рисунка, по центру (если одна строка) или выравнивание по левому и правому краям (если более одной строки), одна строка пропускается после подписи к рисунку, нумерация рисунков последовательная – **Рис. 1. Рис. 2. ... Рис. N**;

- подписи к таблицам 10 pt, через один интервал, выше таблицы, по центру (если одна строка) или выравнивание по левому и правому краям (если более одной строки), одна строка пропускается после подписи таблицы, нумерация таблиц последовательная – **Таблица 1**, выравнивание вправо, предшествует подписи к таблице;

- текст в таблицах – 10 pt;

- формулы – на протяжении всей статьи формулы должны быть одного формата, примерные размеры: обычный – 12, крупный индекс – 10, формулы должны быть последовательно пронумерованы, формат номер – в правом крайнем положении от формулы в круглых скобках.

Пронумерованные рисунки и таблицы вставляются в текст. Каждая страница статьи должна быть пронумерована с обратной стороны листа.

**Конфликт интересов** – авторы подтверждают, что публикуемый ими материал не нарушает авторских и/или материальных прав третьих лиц, в том числе юридических, не являющихся авторами данной статьи.

**Благодарности** – авторы могут выразить благодарность физическим лицам и/или каким-либо организациям-грантодателям и т.п., помощь которых была существенна при проведении данного этапа исследовательской работы авторов.

Список литературы – 12 pt – оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.05-2008 «Библиографическая ссылка». Нумерация ссылок на литературу в квадратных скобках, например, [1] в порядке первого упоминания в тексте (не по алфавиту). Список литературы помещается в конце статьи в порядке ссылок в тексте (через один интервал, нумерация в виде «висячей строки», выравнивание по левому краю (если одна строка) или выравнивание по левому и правому краям (если более одной строки). Приводится полный список авторов каждой статьи, монографии или патента.

← 1 строка →

#### Список литературы

← 1 строка →

[1] Корнилов В.И. Турбулентный пограничный слой на теле вращения при периодическом вдуве/отсосе // Теплофизика и аэромеханика. – 2006. – Т. 13, № 3. – С. 369-385.

[2] Кузнецов А.Ю. Консорциум – механизм организации подписки на электронные ресурсы // Российский фонд фундаментальных исследований: десять лет служения российской науке. – М.: Науч. мир, 2003. – 2003. – С. 340-342.

[3] Тарасова В. И. Политическая история Латинской Америки: учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Проспект, 2006. – С. 305-412.

[4] Глухов В. А. Исследование, разработка и построение системы электронной доставки документов в библиотеке: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Новосибирск, 2000. – 18 с.

[5] Еськов Д.Н., Бонштедт Б.Э., Корешев С.Н., Лебедева Г.И., Серегин А.Г. Оптико-электронный аппарат // Патент России № 2122745. 1998. Бюл. № 33.

[6] Марьянских Д.М. Разработка ландшафтного плана как необходимое условие устойчивого развития города (на примере Тюмени) // Экология ландшафта и планирование землепользования: тезисы докл. Всерос. Конф. (Иркутск, 11-12 сент. 2000 г.). – Новосибирск, 2000. – С. 125-128.

[7] Литчфорд Е. У. С Белой Армией по Сибири [Электронный ресурс] // Восточный фронт Армии Генерала А. В. Колчака: сайт. – URL: <http://east-front.narod.ru/memo/latchford.htm> (дата обращения 23.08.2007).

Научное издание

**МАТЕРИАЛЫ  
ТРИНАДЦАТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ  
«НАУКА И ИННОВАЦИИ – 2018»  
ISS «SI-2018»**

**МАТЕРИАЛЫ  
ТРИНАДЦАТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ-СЕМИНАРА  
«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ:  
НАНООПТИКА, ФОТОНИКА И КОГЕРЕНТНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ»**

Ответственный за выпуск И. И. Попов

Дизайн и компьютерная верстка В. А. Козлова

Все статьи публикуются в авторской редакции

Подписано к печати 27.08.2018. Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Тип Таймс.  
Усл. печ. л. 26,27. Тираж 500 экз. Заказ № 357

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»  
424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Отпечатано в ООО издательско-полиграфическая фирма «СТРИНГ»  
424000 Йошкар-Ола, ул. Строителей, 95



Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации и Республики Татарстан, доктор физико-математических наук, профессор  
**ВАДИМ АЛЕКСЕЕВИЧ ГОЛЕНИЩЕВ-КУТУЗОВ**

## ЛАУРЕАТ КОНКУРСА

### «ОРИГИНАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ – 2018»

За разработку новой методологии диагностики рабочего состояния высоковольтной изоляции, в основу которой положен дистанционный способ измерения электрических полей вокруг изоляторов.

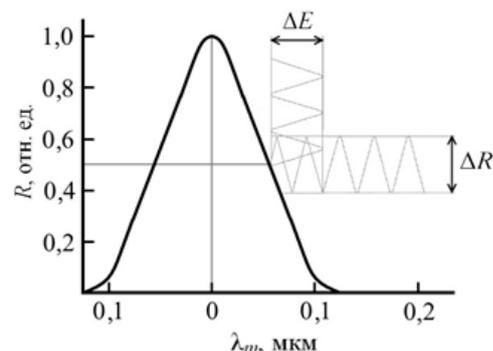
Разработан дистанционный бесконтактный метод и устройство регистрации электрических полей высокой напряженности промышленной частоты, а также их пространственной ориентации. Метод основан на применении электрооптического эффекта. В качестве регистрирующего элемента использован фотонный кристалл (электрооптический датчик на периодической доменной структуре с добротностью  $\geq 10^4$ ), который определяет изменения градиента поля

на дефекте с точностью до 1-3 %. Метод позволяет контролировать состояние высоковольтных изоляторов на линиях электропередачи и в распределительных устройствах и определять появления или усиления электрических разрядов за счет выявления областей с повышенной напряженностью электрического поля. Измерение градиентов напряженности электрического поля в этих областях позволяет определять возможное место образования дефектов в процессе эксплуатации.

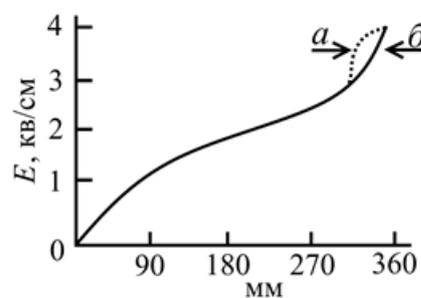
Три этапа диагностики дефектов в высоковольтных изоляторах:

1. Обнаружение локальных областей с повышенными градиентами электрических полей.
2. Измерение и компьютерный анализ характеристик частичных разрядов в различных частотных интервалах.
3. Определение вида и места расположения дефектов, степень их влияния на состояние изолятора.

Применение данной методики позволяет повысить точность дистанционного измерения напряженности градиентов электрических полей (до 10 кВ/см) на высоковольтной изоляции. Полученные в ходе экспериментов результаты подтверждают возможность промышленной применимости предложенной методики.



Зависимость значения коэффициента отражения  $R$  от изменения резонансной длины волны лазерного излучения.



Распределение напряженности поля между оконцевателями дефектного (а) и бездефектного (б) изоляторов. Изменение поля на дефекте изображено пунктиром.

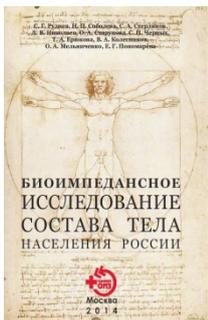


## НИКОЛАЕВ ДМИТРИЙ ВИКТОРОВИЧ

Победитель конкурса

«Оригинальный научный результат – 2018» за цикл работ в области разработки методик и программного обеспечения для биоимпедансных исследований состава тела.

Под руководством Д.В. Николаева в НТЦ «МЕДАСС» были разработаны и внедрены в практическую работу антропологов, врачей-диетологов, спортивных врачей и тренеров, а также педиатров, эндокринологов и других врачей-специалистов России и СНГ программные средства, описанные в ряде научных работ, учебных и методических пособий по биоимпедансному анализу состава тела человека.



Наряду с традиционными применениями биоимпедансного анализа состава тела для оценки питания в публикациях описаны применения биоимпедансных измерений для оценки водного баланса при почечной недостаточности и в условиях гемодиализа, мониторингования гидратации тканей легких и головного мозга, оценка риска метаболического синдрома, подбор питания при панкреатитах и нарушениях всасывания в тонком кишечнике, мониторингование региональных отеков, использование в качестве скринин-

гового инструмента в центрах здоровья, оценка гидратации слизистых в стоматологии, оценка предстартовой готовности спортсмена и эффективности проведенного учебно-тренировочного цикла в спортивной медицине.