

В РАМКАХ НАУЧНОЙ СЕССИИ НИЯУ МИФИ-2020



**XX** ВСЕРОССИЙСКАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

# ДНИ НАУКИ -2020 ОТ НИЯУ МИФИ



75 ЛЕТ  
АТОМНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
ОПЕРЕЖАЯ  
ВРЕМЯ

## Материалы конференции

Министерство науки и высшего образования РФ  
Государственная корпорация «Росатом»  
Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
ФГУП «Производственное объединение «Маяк»  
ФГУП «Южно-Уральский институт биофизики»

---

В РАМКАХ НАУЧНОЙ СЕССИИ НИЯУ МИФИ – 2020

## **XX ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

# **ДНИ НАУКИ ОТИ НИЯУ МИФИ — 2020**



**К 75-летию атомной отрасли**

***Материалы конференции***

***20 – 23 апреля 2020 г.***

ОЗЕРСК 2020

**УДК 001**  
**Д 54**

XX всероссийская научно-практическая конференция «Дни науки - 2020». 75-летию атомной отрасли: Материалы конференции. Озерск, 20 -23 апреля 2020 г. - Озерск: ОТИ НИЯУ МИФИ, 2020 – 266 с.

ISBN 978-5-905620-33-1 – 266 с.

Сборник содержит материалы тематических секций конференции:

- Химия и радиохимическая технология
- Экология и радиоэкология
- Механика, машиностроение и технология обработки материалов
- Математика. Информатика и вычислительная техника
- Информационно-измерительные технологии в атомной промышленности
- Электроэнергетика и электротехника
- Экономика и управление
- Инновационные технологии в образовании
- Гуманитарное знание: теория и практика
- Лингвистика и межкультурная коммуникация

Организационный комитет:

Сопредседатели: Мясоедов Б.Ф., академик РАН (г. Москва)  
Похлебаев М.И., генеральный директор ФГУП «ПО «Маяк»  
Иванов И.А., директор ОТИ НИЯУ МИФИ

Члены оргкомитета:

Водолага Б. К. (г. Снежинск), Воронина А. В. (г. Екатеринбург), Дмитриев Н. М. (г. Москва), Калмыков С. Н. (г. Москва), Смирнов И. В. (г. С.-Петербург), Акопян Р. Р. (г. Озерск), Ананьина Е. В. (г. Озёрск), Безногова Т. Г. (г. Озёрск), Зубаиров А. Ф. (г. Озёрск), Изарова Е. Г. (г. Озёрск), Ивойлов В. Н. (г. Озёрск), Карпеев Д. Л. (г. Озёрск), Комаров А. А. (г. Озёрск), Малышев А. И. (г. Озёрск), Нуржанова И. А. (г. Озёрск), Подзолкова Н. А. (г. Озёрск), Ползунова М. В. (г. Озёрск), Посохина С. А. (г. Озёрск), Спирина С. С. (г. Озёрск), Сулейманова И. В. (г. Озёрск), Тананаев И. Г. (г. Озёрск, г. Владивосток), Фёдорова О. В. (г. Озёрск).

ISBN 978-5-905620-33-1

© ОТИ НИЯУ МИФИ, 2020

© Авторы публикаций, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СОДЕРЖАНИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>ПРИВЕТСТВИЕ М. Н. СТРИХАНОВА .....</b>	<b>8</b>
<b>ПРИВЕТСТВИЕ Б. Ф. МЯСОЕДОВА .....</b>	<b>9</b>
<b>ПРИВЕТСТВИЕ М. И. ПОХЛЕБАЕВА.....</b>	<b>10</b>
<b>ХИМИЯ И РАДИОХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ .....</b>	<b>11</b>
<b>Науки о материалах для атомной отрасли .....</b>	<b>11</b>
<i>Андреева Н. И., Тананаев И. Г.</i>	
<b>Установка кулонометрическая потенциостатическая «УПК-19».....</b>	<b>14</b>
<i>Булаев Н. А. Чухланцева Е. В. Старовойтова О. В. Тарасенко А. А.</i>	
<b>Изучение влияния концентрации посторонних катионов на сорбцию цезия-137 .....</b>	<b>20</b>
<i>Карзанов Ю. А., Кочкина Г. В.</i>	
<b>Исследование сорбции америция-241 на различных видах сорбентов .....</b>	<b>23</b>
<i>Карзанов Ю. А., Кочкина Г. В., Обеснюк М. В.</i>	
<b>Определение содержания хрома (VI) и хрома (III) в сточных водах гальванических производств .....</b>	<b>26</b>
<i>Чеснокова А. Ю., Булаев Н. А., Федорова О. В.</i>	
<b>Особенности сульфатизации фосфатных радиоактивных концентратов .....</b>	<b>28</b>
<i>Попова К. Е., Муслимова А. В., Софронов В. Л., Буйновский А. С., Лисица В. А.</i>	
<b>Коррозионная стойкость огнеупорных материалов в расплавах боросиликатного стекла .....</b>	<b>33</b>
<i>Шайдуллин С. М., Козлов П. В., Ремизов М. Б., Жиганов А. Н.</i>	
<b>Разработка мультифункциональных препаратов для модифицированной радиофотодинамической терапии рака .....</b>	<b>37</b>
<i>Шевченко О. В., Тананаев И. Г., Медков М. А., Апанасевич В. И., Юдаков А. А., Лукьянов П. А.</i>	
<b>Синтез и микрокристаллического диоксида тория методом ИПС .....</b>	<b>40</b>
<i>Шичалин О. О., Папынов Е. К., Андреева Н. И., Тананаев И. Г.</i>	
<b>Очистка сточных вод гальванического производства от Cr (VI). .....</b>	<b>44</b>
<i>Федорова О. В., Хужина К. А., Серикова Е. В.</i>	
<b>ЭКОЛОГИЯ И РАДИОЭКОЛОГИЯ .....</b>	<b>46</b>
<b>Заболеваемость меланомой в когорте работников, подвергшихся профессиональному облучению.....</b>	<b>46</b>
<i>Банникова М. В., Рыбкина В. Л., Азизова Т. В., Григорьева Е. С.</i>	
<b>Заболеваемость катарактой в когорте работников, подвергшихся профессиональному облучению.....</b>	<b>49</b>
<i>Брагин Е. В., Азизова Т. В., Банникова М. В.</i>	

<b>Показатели заболеваемости артериальной гипертензией в когорте работников атомной промышленности .....</b>	<b>53</b>
<i>Брикс К. В., Банникова М. В., Азизова Т. В., Жунтова Г. В., Григорьева Е. С.</i>	
<b>Новые радиационно-защитные материалы. Свойства, структура.....</b>	<b>56</b>
<i>Коновалова Т. А., Бузовера М. Э.</i>	
<b>Применимость систем симуляции эпидемий .....</b>	<b>59</b>
<i>Лазарева Ю. Б., Подзолков П. Н.</i>	
<b>Цитогенетические исследования при радиационных инцидентах (обзор литературы) ..</b>	<b>63</b>
<i>Синельщикова О. А., Рыбкина В. Л., Азизова Т. В.</i>	
<b>Влияние ионизирующего излучения на теломеразную активность (обзор литературы) .....</b>	<b>68</b>
<i>Макеева В. С., Рыбкина В. Л., Азизова Т. В.</i>	
<b>Злокачественные новообразования репродуктивной системы у женщин, подвергшихся профессиональному пролонгированному облучению .....</b>	<b>72</b>
<i>Румянцева А. В., Азизова Т. В., Банникова М. В.</i>	
<b>Методы моделирования динамики показателей кроветворения при радиационном облучении .....</b>	<b>75</b>
<i>Осолец С. В., Азизова Т. В., Козедуб А. С.</i>	
<b>Влияние доброкачественных пролиферативных заболеваний на распространенность предиктивного маркера онкогенеза .....</b>	<b>83</b>
<i>Рабинович Е. И., Поволоцкая С. В., Сокольникова С. С.</i>	
<b>Стромально-паренхиматозные взаимоотношения в легочной ткани при пневмофиброзе у работников, подвергшихся профессиональному облучению .....</b>	<b>87</b>
<i>Сычугов Г. В., Казачков Е. Л., Азизова Т. В., Григорьева Е. С., Ревина В. С.</i>	
<b>Экологические аспекты нефтяного загрязнения природных вод, в том числе, вод Мирового океана.....</b>	<b>90</b>
<i>Юдаков А. А., Буравлев И. Ю., Самусь М. А., Тананаев И. Г.</i>	
<b>О влиянии облучения на состояние проатерогенных факторов иммунитета .....</b>	<b>95</b>
<i>Ослина Д. С., Рыбкина В. Л., Азизова Т. В.</i>	
<b>МЕХАНИКА, МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ .....</b>	<b>99</b>
<b>Оценка неоднородности радиационно-защитных материалов с применением АСМ.....</b>	<b>99</b>
<i>Бузовера М. Э., Бурлаков В. А.</i>	
<b>Методы компенсации размерного износа мерного инструмента .....</b>	<b>102</b>
<i>Козлов А. В., Полковникова О. О., Самойлова С. И.</i>	
<b>Разработка математической модели, учитывающей отклонения номинальных размеров при печати на 3D-принтере NEO .....</b>	<b>106</b>
<i>Кольжецов Д. А., Морозова А. В.</i>	



<b>Оценка эффективности технологии дезактивации гидрокавитационным методом.....</b>	<b>112</b>
<i>Комаров А. А., Липина Ю. Е., Маклаков А. И., Кузнецова Н. А., Сахненко О. А.</i>	
<b>Можно ли резать сталь струёй воды? .....</b>	<b>115</b>
<i>Лисицын С. Г., Леонтьева Н. В.</i>	
<b>Система технического зрения (СТЗ) автоматизированного производства.....</b>	<b>118</b>
<i>Ахлюстина В. В., Логунова Э. Р.</i>	
<b>МАТЕМАТИКА. ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА .....</b>	<b>120</b>
<b>Средние <math>\nu</math>-поперечники классов Харди – Соболева функций, аналитических в полуплоскости .....</b>	<b>121</b>
<i>Акопян Р. Р.</i>	
<b>Неравенство Турана для алгебраических многочленов между равномерной нормой производной и среднеквадратичной нормой полинома .....</b>	<b>122</b>
<i>Валеев Р. А.</i>	
<b>Определение диаметра наночастицы <math>^{239}\text{PuO}_2</math> с использованием нейтронно-индуцированного метода.....</b>	<b>124</b>
<i>Введенский В. Э., Сытко С. А., Бобов Г. Н.</i>	
<b>О многочленах, наименее уклоняющихся от нуля на отрезке, с ограничением на расположение нулей .....</b>	<b>130</b>
<i>Пестовская А. Э.</i>	
<b>Модуль контроля версий программы обработки исходных данных телеметрической информации .....</b>	<b>132</b>
<i>Газизов В. В.</i>	
<b>Информационная система управления техническим обслуживанием и ремонтом станков с ЧПУ .....</b>	<b>133</b>
<i>Баляс В. Н., Кардашин А. В., Матвеев Н. И., Цимбалюк Б. Р., Зубаиров А. Ф.</i>	
<b>Система контроля учебного процесса.....</b>	<b>137</b>
<i>Кардашин А. В.</i>	
<b>Фреймворк для обнаружения и распознавания лиц.....</b>	<b>140</b>
<i>Матвеев Н. И.</i>	
<b>Экскурс в историю: методы защиты ПО в 1990-х годах.....</b>	<b>143</b>
<i>Постолов Д. И.</i>	
<b>Автоматизированное рабочее место сотрудника учебно-методического управления... </b>	<b>145</b>
<i>Рогов К. Ю.</i>	
<b>Умное управление техническим обслуживанием и ремонтом.....</b>	<b>147</b>
<i>Сёмин Е. Н., Минаев А. С., Войцех П. Р., Михалёв В. Р., Зубаиров А. Ф.</i>	
<b>Процессы математизации и компьютеризации науки и образования .....</b>	<b>150</b>
<i>Бармин А. В., Жильцова О. Ю.</i>	

<b>ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....</b>	<b>155</b>
<b>Беспроводные системы контроля и управления доступом .....</b>	<b>155</b>
<i>Елисеев Н. В., Мирошкин И. С.</i>	
<b>ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА.....</b>	<b>158</b>
<b>The process of remote data collection via the computer vision system.....</b>	<b>158</b>
<i>Romanova G. V., Sivkov S. I.</i>	
<b>Создание установки по L- и C- ячейкам для диагностики организма человека.....</b>	<b>162</b>
<i>Горячев М. В., Юламанова Р. Р.</i>	
<b>Создание метода на основе L- и C- ячеек для анализа свойств веществ .....</b>	<b>166</b>
<i>Левичев Д. Г., Шаймурзина Л. Р., Зубова Н. В.</i>	
<b>ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ .....</b>	<b>171</b>
<b>Институциональные условия диверсификации предприятий ОПК .....</b>	<b>171</b>
<i>Иванова Е. М.</i>	
<b>Экономическое обоснование необходимости замены деревянного транспортно-упаковочного контейнера для подвесок тепловыделяющих сборок металлическим....</b>	<b>175</b>
<i>Ананьина Н. В., Лобанов В. С.</i>	
<b>Перспективы создания инновационной площадки «IT-куб» в Озерском городском округе.....</b>	<b>178</b>
<i>Серегина И. Т.</i>	
<b>ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ .....</b>	<b>183</b>
<b>Необходимые основания умения анализировать профессиональные ситуации.....</b>	<b>183</b>
<i>Акопян О. В., Ананьина Е. В.</i>	
<b>К вопросу о применении технологии развития критического мышления при обучении английскому языку учащихся старших классов .....</b>	<b>184</b>
<i>Бредихина И. А., Чельшева А. С.</i>	
<b>Проектирование цифровых ресурсов языкового и литературного образования в рамках реализации Федерального проекта «Цифровая школа».....</b>	<b>187</b>
<i>Войтко С. А., Теличко А. В.</i>	
<b>К вопросу о бакалавриате в системе отечественного высшего образования .....</b>	<b>190</b>
<i>Горбачев А. В., Авраменко Н. А., Лобковская П. А.</i>	
<b>Нормативное обеспечение применения дистанционных образовательных технологий и электронного обучения при реализации образовательных программ высшего образования .....</b>	<b>195</b>
<i>Зубаиров А. Ф.</i>	
<b>Продуктивная технология обучения атомной и ядерной физике студентов технического вуза.....</b>	<b>201</b>
<i>Зубова Н. В.</i>	

<b>Балинтовская группа как форма психологической работы с педагогами общеобразовательной школы.....</b>	<b>206</b>
<i>Фаткуллина М. Б.</i>	
<b>ГУМАНИТАРНОЕ ЗНАНИЕ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА .....</b>	<b>210</b>
<b>Уникальные формы философского мышления.....</b>	<b>210</b>
<i>Борчиков С. А.</i>	
<b>Мироподобие как гармония.....</b>	<b>214</b>
<i>Войцехович В. Э.</i>	
<b>Дерево и камень как средовые истоки глубины исторической памяти .....</b>	<b>217</b>
<i>Комаров А. А.</i>	
<b>К вопросу об отражении действительности в естественном языке и коммуникации с точки зрения логики и философии мироподобия.....</b>	<b>221</b>
<i>Луговская Е. Г.</i>	
<b>Краткий очерк философии бесконечноподобия .....</b>	<b>225</b>
<i>Моисеев В. И.</i>	
<b>Можно ли мыслить обоими полушариями одновременно .....</b>	<b>227</b>
<i>Мухаметшин И. И.</i>	
<b>Поэтическое слово как время внутреннего мира .....</b>	<b>231</b>
<i>Подзолкова Н. А.</i>	
<b>Метод и истина при полноте интегрального подхода .....</b>	<b>235</b>
<i>Шашков И. И., Максимова Н. Б.</i>	
<b>От эстетического мышления к утилитарному.....</b>	<b>239</b>
<i>Парутин К. А.</i>	
<b>Содружество и сотворчество как пример максимальной реализации творческого потенциала .....</b>	<b>242</b>
<i>Шмуть М. А.</i>	
<b>ЛИНГВИСТИКА И МЕЖКУЛЬТУРНАЯ КОММУНИКАЦИЯ .....</b>	<b>246</b>
<b>Образ мистики в художественном тексте.....</b>	<b>246</b>
<i>Зубаирова К. Ф., Ползунова М. В.</i>	
<b>Эмотивная лексика.....</b>	<b>250</b>
<i>Тарасова И. А., Ползунова М. В.</i>	
<b>Трудности перевода английских пословиц и поговорок на русский язык .....</b>	<b>254</b>
<i>Пургина Т. А., Тухватулина И. Д.</i>	
<b>Периодизация проникновения русизмов в немецкий язык .....</b>	<b>259</b>
<i>Баранин М. И., Безногова Т. Г.</i>	
<b>АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ.....</b>	<b>264</b>



## ПРИВЕТСТВИЕ М. Н. СТРИХАНОВА

**Уважаемые коллеги! Дорогие друзья!**

От имени руководства НИЯУ МИФИ и от себя лично приветствую организаторов и участников XX всероссийской научно-практической конференции «Дни науки ОТИ НИЯУ МИФИ-20», посвященной 75-летию атомной отрасли. Конференция проходит в Озерском технологическом институте – филиале №1 «Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». Озерск – один из крупнейших «атомных» городов России, обладающий могучим научно-техническим потенциалом, многоуровневой системой образования, развитой социальной инфраструктурой.



В основе организации конференции лежит необходимость обмена опытом и знаниями, совместного обсуждения научно-технической готовности развертывания многих перспективных технологий, влияющих на устойчивое развитие атомной энергетики в предстоящие годы.

Особое внимание в ходе конференции планируется уделить молодому поколению атомщиков, поскольку именно им придется продолжать научные изыскания и внедрять их в виде передовых технологий в 21 веке. Для них имеется возможность представить результаты своих исследований и видение в формате стендовых докладов, пообщаться со своими коллегами из других вузов, приобщиться к знаниям ведущих российских ученых и специалистов атомной отрасли.

Российская атомная отрасль, отличающаяся высоким уровнем технологического развития, решает оборонные и энергетические задачи, создает широкий спектр новых технологий, является локомотивом социально-экономического развития регионов.

Научно-практическая конференция «Дни науки ОТИ НИЯУ МИФИ-2020» является традиционной площадкой для поиска самых эффективных путей развития атомной промышленности и связанных с ней регионов, местом, где гражданское общество имеет возможность открыто обсудить со специалистами все волнующие людей вопросы. Уверен, что эта встреча придаст новый импульс развитию Уральского региона, будет способствовать повышению безопасности атомной.

Искренне желаю организаторам и участникам научно-практической конференции плодотворной работы в обстановке взаимопонимания и успешного достижения намеченных целей.

Ректор Национального исследовательского  
ядерного университета «МИФИ»,  
д. ф.-м. н., академик РАО

М. Н. Стриханов

## ПРИВЕТСТВИЕ Б. Ф. МЯСОЕДОВА



Дорогие участники XX Всероссийской научно-практической конференции «Дни науки ОТИ НИЯУ МИФИ – 2020», коллеги, друзья!

Поздравляю Вас с открытием научного форума, посвященного важному юбилею – 75-летию российской атомной отрасли! Как Вы знаете, легендарный Филиал №1 МИФИ, а ныне – Озерский технологический институт НИЯУ МИФИ, за долгие годы подготовил более 6 тысяч высококвалифицированных специалистов для

атомной отрасли, прежде всего, ядерного оружейного комплекса. Поэтому проведение нашей конференции «Дни науки-2020» в ОТИ НИЯУ МИФИ при поддержке градообразующего предприятия ФГУП «ПО «Маяк» не является случайным!

Наша конференция «Дни науки» в Озёрске хорошо известна во всех регионах России. Для выступления с докладами и обменом опытом конференцию посещают и студенты, и преподаватели, и известные российские ученые.

Всероссийская научно-практическая конференция «Дни науки ОТИ НИЯУ МИФИ - 2020» чрезвычайно востребована, интересна и познавательна, прежде всего за счет широкого круга обсуждаемых вопросов - от философии до физики, от радиохимии до лингвистики и межкультурной коммуникации, от радиоэкологии до экономики, истории и приборостроения. Гарантом же проведения «Дней науки» выступает ФГУП «ПО «Маяк» - флагман отечественной радиохимии, который заботится о подготовке молодых специалистов не только на градообразующем предприятии, но и на Урале в целом.

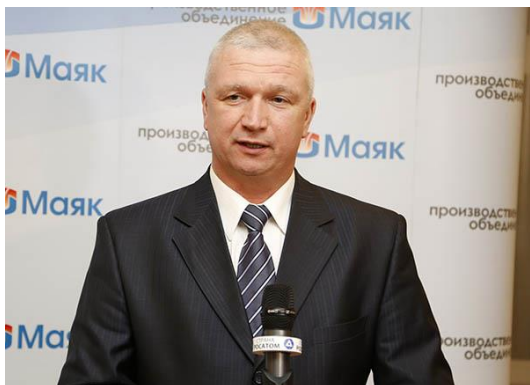
Желаю Вам новых знаний и творческих успехов в работе и во всех начинаниях. Наша конференция всегда приводит к возникновению свежих научных контактов с единомышленниками, друзьями и соратниками, работающими в смежных областях науки.

Советник Президиума РАН  
Председатель Межведомственного научного  
Совета по радиохимии при Президиуме РАН и  
ГК «Росатом»

Академик РАН

Б. Ф. Мясоедов

## ПРИВЕТСТВИЕ М. И. ПОХЛЕБАЕВА



Уважаемые участники конференции!

От всей души приветствую участников XX научно-практической конференции «Дни науки ОТИ НИЯУ МИФИ-2020», которая уже много лет проводится на базе Озерского технологического института – филиала НИЯУ МИФИ. В этом год конференция посвящена 75-летию атомной отрасли, деятельность которой навсегда вписана в историю России. 20 августа 1945 года И.В. Сталин подписал постановление о создании органа управления работами по урану - Специального комитета при

Государственном комитете обороны (ГКО) СССР. Куратором проекта был назначен Л.П. Берия, научным руководителем – И.В. Курчатов. Становление атомной отрасли дало мощный толчок развитию отечественной науки и техники, промышленного производства, обеспечило ядерный паритет и укрепило обороноспособность государства. За годы существования атомная энергетика и промышленность прошли не одно испытание, стали одной из опор национальной экономики. Госкорпорация «Росатом» в настоящее время – один из глобальных технологических лидеров, это более 274 000 сотрудников в более чем 240 предприятиях и организациях. Именно человеческий капитал является наиболее ценным ресурсом атомной отрасли в силу ее высокой технологичности и длительного цикла подготовки квалифицированных кадров.

Одной из важнейших задач, поставленных сегодня перед ФГУП «ПО «Маяк»», является инновационное развитие всех его производств на базе совершенствования существующих технологий, разработки и внедрения новых. Это невозможно выполнить без участия высококвалифицированных специалистов. Нашему предприятию нужны работники инициативные, с творческой жилкой. Очевидно, что подготовить такие кадры можно только привив со студенческой скамьи тягу к исследовательской работе. И научно-практическая конференция как раз является той площадкой, которая помогает и способствует открытию молодых научных дарований и закреплению творческой инициативной молодежи в сфере науки и высоких технологий атомной отрасли. Всем участникам конференции – творческих побед, блестящих выступлений и плодотворного общения.

Генеральный директор ФГУП «ПО «Маяк»

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'P' followed by a horizontal line and a small loop.

М. И. Похлебаев

# ХИМИЯ И РАДИОХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 546.185 + 549.057: 621.039.73  
ГРНТИ 81.09.01

## НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ ДЛЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Андреева Н. И., Тананаев И. Г.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ, г. Озёрск, Челябинская область  
Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток*

geokhi@mail.ru

Контуры современной мировой экономики складываются в формировании нового, шестого технологического уклада, характеризующегося применением наукоёмких когнитивных технологий. Научный прорыв в России сегодня - индивидуализация производства и потребление новой продукции в нанобионике, коммуникациях, персонализированной медицине, фармацевтике, а главное - развитие новых ядерных технологий. Предлагается создание новых образовательных программ в области материаловедения для атомной энергетики, обороноспособности Государства, а также базовой кафедры «Материалы для ЯОК» ФГУП «ПО «Маяк» на ОТИ НИЯУ МИФИ для концентрации усилий в проведении исследований и подготовки кадров в наиболее передовых направлениях современной науки.

*Ключевые слова:* технологический уклад, атомная энергетика, материаловедение, функциональные материалы с заданными свойствами

## MATERIALS SCIENCE FOR THE NUCLEAR INDUSTRY

Andreeva N. I., Tananaev I. G.

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk  
Far Eastern Federal University, Vladivostok*

The contours of the modern world economy are formed in the formation of a new, sixth technological order, characterized by the use of high-tech cognitive technologies. A scientific breakthrough in Russia today is the individualization of production and consumption of new products in nanobionics, communications, personalized medicine, pharmaceuticals, and most importantly, the development of new nuclear technologies. We propose the creation of new educational programs in materials science for nuclear energy, national defense, and base of the chair "Materials" of PO "Mayak" on OTI MEPhI for concentration of efforts in research and training in the most advanced areas of modern science.

*Keywords:* technological structure, nuclear power, materials science, functional materials with specified properties

Находясь в постоянном технологическом развитии, широко используя объекты окружающей среды и механизировав промышленное производство, цивилизация стремится создать максимально эффективный уровень управления государством, обществом и экономикой. Исходя из имеющейся ступени научно-технического прогресса, практики, мышления и инерции общества, формируется определенный технологический уклад как совокупность сопряжённых производств, имеющих единый технический уровень.

Переход от использования энергии воды, пара, углеводов к электроэнергии и атомной энергетике приводит к смене доминирующих в экономике технологических производств от текстильной, чёрной металлургии к электротехнике, цветной металлургии, автопромышленности, микроэлектронике и ядерной индустрии.

Сегодня контуры современной мировой экономики складываются в формировании нового, шестого технологического уклада, характеризующегося применением наукоёмких когнитивных технологий.

Ростки практического применения в био- и нанотехнологиях, генной инженерии, мембранной и квантовой технологии, фотонике, микромеханике, термоядерной энергетике пробиваются, прежде всего, в экономически развитых странах (США, Японии, КНР).

Вместе с тем, уже глобальная мировая экономика неумолимо требует создания условий для научного прорыва и в России путем индивидуализации производства и потребления новой продукции в нанобионике, транспорте, коммуникациях, персонализированной медицине и фармацевтике для достойного повышения продолжительности и качества жизни человека. Этой продукцией выступают современные материалы, качество которых превышают известные.

Полагают, что формирующийся шестой технологический уклад при сохранении нынешних темпов технико-экономического развития перейдёт в фазу зрелости в середине XXI века. России необходимо войти в элиту мирового экономического сообщества, не оставаясь отсталой сырьевой провинцией, что требует осуществления в Государстве научно-технической и технологической революции.

Прорывные технологии всегда увязаны с ключевыми материалами, лежащими в её базисе. Вспомним медный, бронзовый и железный век, отразивший важнейшие черты гончарного, горно-металлургического, ткацкого производства; позднее, уран стал базисом восхода новой ядерной эпохи и т.д. Новый же технологический уклад сегодня диктует большего – для создания, например, атомной энергетике требуются не только известные технологии получения ядерного топлива с достаточными характеристиками, но новые подходы к достижению новых качеств той же продукции. В поисках методов получения таковых возникает новая технология импульсного плазменного спекания, позволяющего фабриковать топливные таблетки из того же материала, но обладающего керамическими свойствами, чего было ранее не достигалось. Внедрение этой технологии и получение материалов с новыми характеристиками позволили увеличить степень выгорания топлива, что дает огромный экономический эффект. Более того, открываются новые подходы к переходу всей мировой атомной энергетике от использования «тепловых» реакторов к реакторам на быстрых нейтронах. Таких технологий получения материалов с заданными уникальными свойствами, позволяющими внедрить совершенно новые объекты и процессы – немало. Наша задача их выявлять и реализовывать.

В этой связи основой научного прорыва в России сегодня - индивидуализация производства и потребление новой продукции в нанобионике, коммуникациях, персонализированной медицине и фармацевтике для достойного повышения продолжительности и качества жизни человека является развитие новых ядерных технологий на основе использования ключевых материалов, лежащих в их базисе. Среди упомянутых материалов – достижения работников НИЯУ МИФИ, примененные на практике: гетерогенные металлизированные катализаторы, выступающие в процессах редокс-реакциях с участием актинидов на стадиях переработки отработавшего ядерного топлива, выделения высокоэнергетичных радионуклидов, утилизации органо-неорганических радиоактивных отходов, содержащих комплексобразующие соединения. Получены также необходимые для атомной сферы материалы для производства селективных сорбентов и экстрагентов, радиолуминесцентных светозащитных элементов, адсорбентов с целью локализации газообразных и матриц для иммобилизации жидких высокоактивных отходов. Для перехода к двухкомпонентной атомной энергетике сотрудники ОТИ НИЯУ МИФИ вовлечены



(совместно в ИХ ДВО РАН и ДВФУ) в процесс получения и изучения высокоплотных, нанодисперсных, модифицированных уран-оксидных и смесевых ядерных топливных композиций с контролируемым размером зерна и объемной пористостью. Такие материалы получают методами механохимического прессования и импульсного плазменного спекания.

Убедительным результатом НИЯУ МИФИ мирового уровня, на наш взгляд, стали шаги по воссозданию отечественной литейной промышленности за счет внедрения технологий переработки отвалов Завитинского литий-бериллиевого месторождения и получения литийсодержащих материалов для обороноспособности в РФ.

Внедренные материалы с повышенными характеристиками позволят обеспечить развитие атомной энергетики, обороноспособность РФ, ядерную медицину и изотопную продукцию.

Ученые, отказываясь от инертности мышления, на наш взгляд, должны сегодня выступать передовым научно-образовательным учреждением, в котором принимаются современные вызовы. Это значит, что коллектив ОТИ НИЯУ МИФИ должен стремиться к достижению передовых научных результатов по наиболее перспективным направлениям науки, готовит кадры для реализации упомянутых задач.

В качестве предложений может стать создание новых образовательных программ в области материаловедения для атомной энергетики, обороноспособности Государства, а также базовой кафедры «Материалы для ЯОК» ФГУП «ПО «Маяк» на ОТИ НИЯУ МИФИ для концентрации усилий в проведении исследований и подготовки кадров в наиболее передовых направлениях современной науки.

Целесообразность настоящего предложения лежит в плоскости вовлечения ОТИ НИЯУ МИФИ в Стратегию НТР Российской Федерации «Н1 - Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта». Предполагаемые научные направления в области материаловедения соответствуют Указу Президента РФ от 7 июля 2011 года № 899 «Приоритетные направления развития науки, технологий и техники», в число которых включены индустрия наносистем; энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика. В состав же перечень критических технологий Российской Федерации входят технологии получения и обработки функциональных наноматериалов.

Ожидаемыми результатами деятельности ФГУП «ПО «Маяк» и ОТИ НИЯУ МИФИ, объединенных в структуру базовой кафедры, станут: обеспечение национальной безопасности, снижение риска техногенных катастроф, ожидаемый вклад в ускорение роста ВВП и повышение конкурентоспособности экономики. Эти направления для России стратегически важны, а значит профессионалы, работающие в этих направлениях, будут всегда востребованы.

Выполнение междисциплинарных научных и аналитических исследований, проведенных на новой базовой кафедре, внесут большой вклад в формирование фундаментального научного знания по выбранной глобальной повестке; образовательный процесс, выстраиваемый вокруг прикладных и фундаментальных научных проектов.



УДК 543.551  
ГРНТИ 31.19.15

### УСТАНОВКА КУЛОНОМЕТРИЧЕСКАЯ ПОТЕНЦИОСТАТИЧЕСКАЯ «УПК-19»

Булаев Н. А. Чухланцева Е. В. Старовойтова О. В. Тарасенко А. А.

*ФГУП «Производственное объединение «Маяк»  
г. Озёрск, Челябинская область*

gloin2@mail.ru

В данной статье представлены результаты работы по внедрению новой установки кулонометрической потенциостатической «УПК-19» для определения массовых долей урана и плутония в смешанном уран-плутониевом оксидном топливе.

*Ключевые слова:* кулонометрия, МОКС-топливо, ФГУП «ПО «Маяк», электролиз, УПК-19. ПИК-100

### THE INSTALLATION OF A POTENTIOSTATIC COULOMETRIC «UPK-19»

Bulaev N. A., Chukhlantseva E. V., Starovoitova O. V., Tarasenko A. A.

*FSUE «MAYAK PA», Ozersk*

This article presents the results of work on the introduction of a new coulometric potentiostatic unit «UPK-19» for determining the mass fractions of uranium and plutonium in mixed uranium-plutonium oxide fuel.

*Keywords:* coulometry, MOX-fuel, FSUE "PA " Mayak", electrolysis, UPC-19. PIK-100

Смешанное уран-плутониевое оксидное топливо (далее – МОКС-топливо) является основным видом керамического топлива, производство которого входит в один из этапов замкнутого ядерного топливного цикла [9].

Таблетки из МОКС-топлива должны отвечать определенным требованиям: гомогенность структуры; достехиометрический состав смеси оксидов (кислородный коэффициент должен быть меньше 2); низкое содержание различных примесей; точное соотношение урана и плутония. Следует отметить, что содержание плутония в МОКС-топливе строго контролируется и имеет очень узкий диапазон допустимых значений. Поэтому, в соответствии с требованиями согласования погрешности контроля качества продукции с установленной нормой [3], необходимо, чтобы метод анализа состава МОКС-топлива обладал предельно малой погрешностью измерений (менее 0,010 отн. долей).

Известно, что одним из наиболее точных методов анализа является кулонометрический метод [6]. Учитывая состав МОКС-топлива, а также электрохимические свойства урана и плутония, предпочтительным методом анализа МОКС-топлива был выбран метод кулонометрии с контролируемым потенциалом.

В настоящее время на ФГУП «ПО «Маяк» для измерений состава МОКС-топлива применяется кулонометрический метод. В основе кулонометрической установки используется потенциостат-интегратор типа ПИК-100. Применение данной установки имеет ряд следующих недостатков:

- в составе установки имеется два измерительных блока, вследствие чего возрастает трудоемкость проведения периодической поверки;

- постоянное возрастание стоимости оборудования вследствие отсутствия конкурентоспособных и опробованных в реальных условиях средств измерений высокой точности;

– отсутствие стабильности технического обслуживания, что приводит к возрастанию рисков задержки выпуска продукции в срок.

Таким образом, целью настоящей работы является внедрение нового кулонометрического оборудования для выполнения измерений содержания урана и плутония в МОКС-топливе, а также адаптация кулонометрической методики измерений с использованием данного оборудования.

Ввиду особенностей объекта анализа, а также строгих требований к погрешности измерений, метод кулонометрии при анализе МОКС-топлива может быть реализован при выполнении следующих требований:

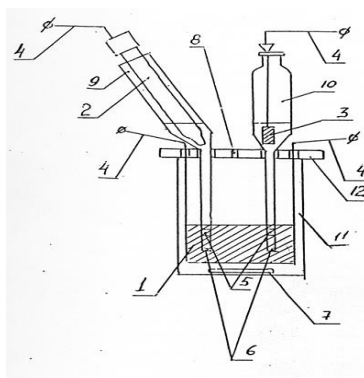
- средство измерений должно иметь малую погрешность и обеспечивать высокую стабильность приложенных потенциалов;
- структура установки должна обеспечивать возможность дистанционирования электролитической ячейки и измерительного блока;
- средство измерений должно быть доступно, иметь возможность быстрого и своевременного проведения технического обслуживания.

В качестве измерительного блока был выбран потенциостат-гальваностат Р-40Х (г. Черноголовка), поскольку он соответствует перечисленным выше требованиям.

Для реализации измерений в условиях герметичных боксов была разработана специальная конструкция штатива, позволяющая минимизировать влияние колебаний внешних условий на стабильность сигнала [11].

Электролиз раствора пробы анализируемого вещества проводили в трёхэлектродной электролитической ячейке, состав которой приведен на рисунке 1.

Кулонометрическая установка на основе потенциостата-гальваностата Р-40Х (далее – установка УПК-19) изображена на рисунке 2.



- 1 – платиновый рабочий электрод; 2 – электрод сравнения ЭСр-10103; 3 – платиновый вспомогательный электрод; 4 – токоподводы; 5 – фильтры; 6 – фриттовые трубочки; 7 – магнитный якорь; 8 – отверстие для удаления раствора; 9 – отделение электрода сравнения; 10 – отделение вспомогательного электрода; 11 – рабочее отделение ячейки; 12 – крышка ячейки

Рисунок 1 – Электролитическая ячейка

Потенциостат-гальваностат Р-40Х имеет в комплекте поставки программное обеспечение, позволяющее интегрировать ток в автоматическом режиме, поэтому вычисления количества электричества проводили с использованием данного программного обеспечения.

Для устранения влияния кислорода, образующегося в процессе окисления воды на аноде, а также кислорода из атмосферы, в результате чего при его попадании на катод возможно его восстановление, рабочее пространство ячейки продували аргоном в процессе всего анализа [12].

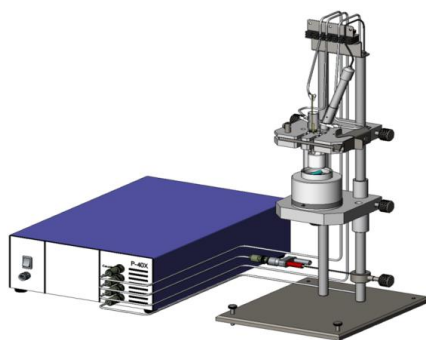


Рисунок 2 – Внешний вид установки УПК-19

Известно, что восстановление  $U(VI)$  до  $U(IV)$  и  $Pu(IV)$  до  $Pu(III)$  на платиновом электроде происходит в катодной области потенциалов, при этом возможно протекание процессов выделения газообразного водорода и насыщения поверхности катода водородом, что в свою очередь вызывает резкое увеличение фонового тока [5]. Чтобы понизить перенапряжение водорода на катоде, в состав фонового электролита ввели ионы свинца. Применение ионов свинца позволило снизить минимальное напряжение восстановления водорода вплоть до значения  $-190$  мВ.

В качестве среды был выбран раствор серной кислоты с молярной концентрацией  $0,5$  моль/дм<sup>3</sup>. Данный электролит широко применяется в кулонометрии, так как не содержит мешающих примесей, склонных к окислению и восстановлению в достаточно широком диапазоне потенциалов, предотвращает гидролиз многовалентных катионов металлов, понижает потенциал окисления плутония за счет комплексообразования, не оказывает влияния на вязкость раствора и коэффициенты диффузии ионов, практически не адсорбируется на поверхности платиновых электродов и тем самым приводит к минимизации остаточного тока и увеличивает полезный сигнал [4, 13].

Мешающее влияние нитрит-ионов, образующихся при растворении пробы в азотной кислоте, устраняли введением в ячейку раствора сульфаминовой кислоты. Для устранения влияния фторид-ионов, участвующих в качестве катализатора при растворении проб МОКС-топлива, устраняли добавлением алюминия азотнокислого [7].

Электролитические ключи вспомогательного электрода и электрода сравнения заполняли раствором серной кислоты с молярной концентрацией  $0,5$  моль/дм<sup>3</sup>.

Основными стадиями анализа являлись: растворение образца, отбор аликвоты, проведение многостадийного электролиза и вычисление результатов измерений по количеству затраченного электричества на каждой стадии процесса. Основные стадии электролиза приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные стадии электролиза МОКС-топлива

Стадия	Процесс	Реакции
1	Восстановление урана и плутония	$UO_2^{2+} + 2e^- + 4H^+ = U^{4+} + 2H_2O$ $Pu^{4+} + e^- = Pu^{3+}$
2	Выдержка электродов для удаления водорода	
3	Окисление урана и плутония	$U^{4+} + 2H_2O = UO_2^{2+} + 2e^- + 4H^+$ $Pu^{3+} - e^- = Pu^{4+}$
4	Восстановление плутония	$Pu^{4+} + e^- = Pu^{3+}$
5	Окисление плутония	$Pu^{3+} - e^- = Pu^{4+}$

Несмотря на присутствие в составе фонового электролита свинца, значение фонового тока при восстановлении урана имеют значительную величину, а их воспроизводимость не достигает необходимой стабильности даже при тщательной отдувки кислорода из растворов и соблюдении одинаковой продолжительности циклов в работе электрода. Поэтому, было решено, не определять уран непосредственно по его восстановлению, а замерить количество

электричества, пошедшее на окисление суммы урана и плутония, т.к. в этом случае фоновые токи имеют меньшую величину и лучше воспроизводятся. Совместное восстановление  $U(VI)$  до  $U(IV)$  и  $Pu(IV)$  до  $Pu(III)$  проводилось при потенциале -190 мВ (стадия 1 в таблице 1).

Для удаления водорода из пространства электрода после стадии суммарного восстановления урана и плутония проводили дополнительную стадию электролиза при потенциале 240 мВ до момента прекращения тока окисления (50 мкА) (стадия 2 в таблице 1).

Далее провели подбор потенциала и времени для совместного окисления урана и плутония. Окисление проводилось при потенциалах 750, 800 и 900 мВ в течение 2000 секунд. Диаграммы зависимости тока совместного окисления от времени представлены на рисунке 3.

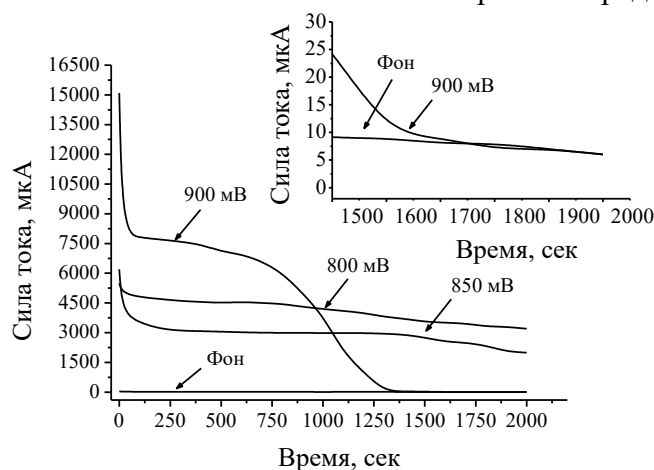


Рисунок 3 – Зависимость силы тока от времени электролиза для стадии совместного окисления урана и плутония

Из рисунка 3 видно, что на стадии суммарного окисления при потенциалах 750, 800 и 900 мВ сила тока в начале и конце электролиза зависит от потенциала. При потенциале 750 и 800 мВ электрохимическое окисление урана и плутония проходит не полностью и выход по току составляет примерно 95%. Увеличение потенциала закономерно влияет на выход по току и при потенциале 900 мВ составляет 100 %. Кроме того, при данном потенциале наблюдается снижение продолжительности окисления. Остаточный ток на данной стадии составляет 6 мкА, что соответствует 0,07 % от начального тока. Известно, что на практике электролиз считается законченным, когда ток достигает примерно 0,1 % от значения начального тока электролиза [9]. Поэтому можно сделать вывод, что окисление урана и плутония при потенциале 900 мВ в течение 1700 с проходит количественно. В дальнейших экспериментах стадию совместного окисления урана и плутония проводили при данных условиях.

В процессе исследований было замечено, что количество плутония, определенное после проведения цикла восстановления урана при отрицательном потенциале (4 стадия таблица 1), в ряде случаев оказывается несколько больше, чем количество плутония, определенное до восстановительного цикла. Вероятно, причиной данного явления является влияние полимерных форм  $Pu(VI)$ , замедляющих процесс электролиза, что и приводит к некорректным результатам измерений [10]. Поэтому, для получения достоверных результатов, плутоний следует определять на стадии последующего окисления (стадия 5).

В дальнейшем стадию восстановления плутония проводили при потенциале 260 мВ в течение 650 с.

Провели подбор потенциала для окисления плутония (5 стадия таблица 1). Из рисунка 4 видно, что при окислении плутония при потенциалах 750, 800 и 900 мВ наблюдается возрастание начального и уменьшение конечного токов. Выход по току при потенциале 900 мВ составляет 100 %. Конечный ток за вычетом фонового тока составляет порядка 2 мкА, что менее 0,1 % от значения начального тока электролиза, поэтому можно сделать вывод, что данная стадия проходит количественно [9]. Оптимальная продолжительность стадии окисления плутония составила 650 с.

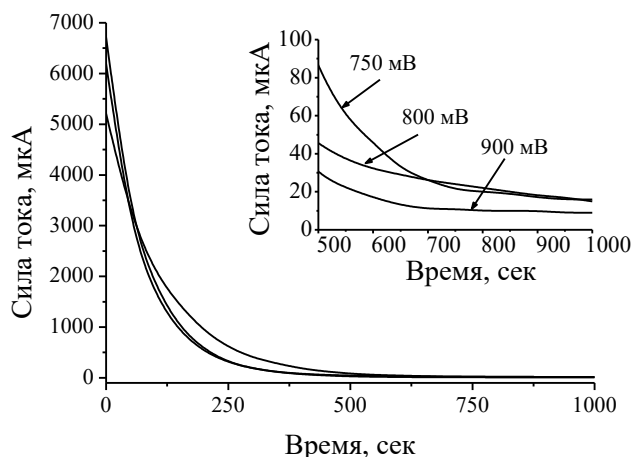


Рисунок 4 – Зависимость силы тока от времени электролиза для стадии окисления плутония (стадия 5 в таблице 1)

Таким образом, в ходе проведенных экспериментов были установлены оптимальные условия выполнения измерений, приведенные в таблице 2.

Определение суммарного содержания урана и плутония необходимо проводить по количеству электричества, пошедшего на стадию совместного окисления урана и плутония (стадия 3 в таблице 2). Определение содержания плутония проводили при потенциалах, при которых уран остается в стабильном состоянии, что дает возможность вычесть долю тока окисления плутония из суммарного тока окисления [8].

Таблица 2 – Оптимальные условия выполнения измерений

Стадия	Процесс	Потенциал, мВ	Время, сек
1	Восстановление урана и плутония	-190	1700
2	Выдержка электродов	240	120
3	Окисление урана и плутония	900	1700
4	Восстановление плутония	300	650
5	Окисление плутония	900	650

Оценивание характеристик погрешности разработанной методики измерений проводили методом стандартного образца в условиях получения экспериментальных данных в одной лаборатории в соответствии с государственным стандартом [1] и отраслевым стандартом [2].

Для оценки случайной составляющей погрешности в условиях сходимости вычислили среднее арифметическое значение определяемого параметра, среднее квадратическое отклонение (далее – СКО), верхнюю границу относительного СКО, а также доверительные границы случайной составляющей погрешности. Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты вычислений случайной составляющей погрешности

Определяемый параметр	Массовая доля плутония	Массовая доля урана	$\alpha$
Среднее арифметическое значение, %	15,671	67,679	18,801
СКО, %	0,0571	0,1899	0,0553
Верхняя граница относительного СКО, отн. доли	0,00532	0,00409	0,00429
Доверительные границы случайной погрешности, отн. доли	$\pm 0,0074$	$\pm 0,0057$	$\pm 0,0060$

Вычислили неисключённую составляющую систематической погрешности приготовления раствора смеси стандартных образцов урана и плутония, среднее арифметическое значение определяемых параметров, СКО, разность между измеренным и аттестованным значениями определяемых параметров. Провели оценку значимости систематической составляющей погрешности и вычислили показатель правильности методики измерений. Далее вычислили систематическую составляющую и суммарную погрешность измерений. Результаты вычислений приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты вычислений систематической и суммарной погрешности измерений

Определяемые параметры	Массовая доля плутония	Массовая доля урана	$\alpha$
Среднее арифметическое значение, %	16,442	69,140	19,219
Аттестованное значение, %	16,415	68,965	19,226
Оценка случайной составляющей погрешности, %	0,0923	0,2038	0,0896
Абсолютная погрешность приготовления стандартного образца, %	0,0927	0,2042	0,0904
Разность измеренного и аттестованного значений, %	0,027	0,175	0,007
Характеристика правильности, отн. доли	$\pm 0,0030$	$\pm 0,0056$	0,0047
Доверительные границы систематической погрешности, %	$\pm 0,0040$	$\pm 0,0060$	$\pm 0,0060$
Доверительные границы суммарной относительной погрешности (при $n=2$ ), отн. доли	$\pm 0,0070$	$\pm 0,0095$	$\pm 0,0085$

Из результатов, приведенных в таблицах 3 и 4, можно сделать вывод, разработанная методика измерений имеет малые значения систематической и случайной составляющих погрешность измерений, при этом случайная погрешность измерений массовой доли плутония чуть выше систематической составляющей. Для массовой доли урана и  $\alpha$  случайная и систематическая погрешности имеют близкие значения.

В ходе исследования метрологических характеристик установлена суммарная погрешность измерений. Данная погрешность менее 0,010 отн. долей, следовательно, разработанная методика удовлетворяет требованию по низкой погрешности измерений.

#### Библиографический список

1. ГОСТ Р. 8.736-2011 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения М.: Издательство стандартов, 2013– Введ. 2013-01-01.
2. ГОСТ 95 10353-2008 Отраслевая система обеспечения единства измерений. Алгоритмы оценки метрологических характеристик при аттестации методик выполнения измерений. – Введ. 2008-31-03.
3. ГОСТ 95 10460-2000 Отраслевая система обеспечения единства измерений. Порядок определения и установления норм на контролируемые параметры в НД на продукцию и норм точности. Согласование норм точности. – Введ. 2001-08-20.
4. Васильев В. П. Термодинамические свойства растворов электролитов: Учебное пособие для химических специальных вузов / В. П. Васильев. – М.: Высшая школа, 1982. - 320 с.
5. Глесстон С. Введение в электрохимию. - М.: Изд-во ИЛ, 1951. - 769 с.
6. Комиссаренко А. А. Кулонометрические методы анализа: Учебно-методическое пособие / А. А. Комиссаренко, И. Н. Дмитриевич, О. В. Федорова / Под общей. ред. В. А. Басова. – Санкт-Петербург: Ризограф ГОУВПО, 2009. – 50 с.



7. Момотов В. Н., Ерин Е. А. Кулонометрические методы определения урана и плутония / Радиохимия. 2017. Т.59. № 1. - С. 3-25.
8. Неудачина Л. К., Петрова Ю. С., Лакиза Н. В. и др. Электрохимические методы анализа: руководство к лабораторному практикуму / Учебно-методическое пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 136 с.
9. Самойлов А. Г., Волков В. С., Солонин М. И. Тепловыделяющие элементы ядерных реакторов: Учебник для вузов. - М.: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1996. - 400 с.
10. Склярченко И. С., Чубукова Т. М. Определение урана и плутония из одной пробы методом кулонометрии с контролируемым потенциалом / Журнал аналитической химии. 1990, Т. 45. № 3. - С. 562 – 567.
11. Техническое средство с номером в госреестре 70702-18. Описание типа прибора. Потенциостаты-гальваностаты типа Р: Свидетельство № 69380 до 28.03.2023. / Произведен предприятием: ИП Ю. А. Астафьева, г.Черноголовка.
12. Установка потенциостатическая-кулонометрическая «УПК-19»: Руководство по эксплуатации ЖГИЦ.414315.001 РЭ. – г Озерск: ФГУП «ПО «Маяк», 2020. – 10 с.
13. Davies W., Gray W., McLeod K. C. Coulometric determination of uranium with a platinum working electrode, Talanta, Volume 17, Issue 10, October 1970, Pages 937-944.

**УДК 546.36**  
**ГРНТИ 31.15.23**

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОСТОРОННИХ КАТИОНОВ НА СОРБЦИЮ ЦЕЗИЯ-137**

Карзанов Ю. А., Кочкина Г. В.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Озёрск, Челябинская область*

karzanov.yura007@gmail.com

В данной статье рассмотрено влияние концентрации посторонних катионов на сорбцию цезия-137. Проанализирована степень сорбции цезия-137 ферроцианидом железа-калия. Рассчитан коэффициент распределения между раствором и сорбентом. Сделаны выводы по влиянию присутствующих ионов калия на сорбцию цезия-137.

*Ключевые слова:* цезий, сорбция, сорбент, очистка, промышленные воды, коэффициент распределения, изотопы, химия, посторонние катионы.

## **STUDY OF THE EFFECT OF FOREIGN CATION CONCENTRATION ON CAESIUM- 137 SORPTION.**

Karzanov Y. A., Kochkina G. V.

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

This article discusses the effect of foreign cation concentration on cesium-137 sorption. The degree of sorption of cesium-137 with ferrocyanide of iron-potassium was analyzed. Coefficient of distribution between solution and sorbent is calculated. Conclusions were drawn on the effect of the potassium ions present on caesium-137 sorption.

*Keywords:* cesium, sorption, sorbent, purification, industrial waters, distribution coefficient, isotopes, chemistry, extraneous cations.

Для извлечения цезия-137 из радиоактивно-загрязненных поверхностных и сточных вод используют различные методы: соосаждение, сорбцию, экстракцию, мембранные методы и др.

В работе рассмотрен метод сорбции с применением ферроцианида железа-калия. Смешанные ферроцианиды имеют кубическую решетку, построенную из чередующихся в узлах ионов  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Me}^{z+}$  (где Me – Fe, Zn, Co, Ni, Cu, Cd и др.), связанных CN-мостиками. Ионообменные свойства ферроцианидов обусловлены способностью к эквивалентному и обратимому замещению подвижных катионов [1].

Известно также, что ионы металлов удерживаются в пустотах отрицательно заряженной ферроцианидной решетки за счет сил электростатического и дисперсионного взаимодействия тем сильнее, чем больше размеры этих ионов [3]. Ряд селективности для щелочных металлов имеет вид:

$$\text{Ti}^+ \approx \text{Cs}^+ > \text{Rb}^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Li}^+.$$

Из всех щелочных металлов цезий обладает максимальной способностью к внедрению в ферроцианидную решетку и потому легко вытесняет калий и часть многовалентного металла из смешанных солей [2].

Исследования проводили в статических условиях на модельных растворах KCl концентрацией от 0,1 до  $1 \cdot 10^{-6}$  моль/дм<sup>3</sup>, в которые вносили раствор цезия-137 известной удельной активностью.

В полиэтиленовые стаканы вместимостью 200 см<sup>3</sup> помещали навески сорбента - ферроцианида железа-калия (50 мг), 50 см<sup>3</sup> модельного раствора с удельной активностью  $1,4 \cdot 10^2$  Бк/см<sup>3</sup>, закрывали крышкой, ставили на перемешивающее устройство ЛАБ-ПУ-01 и выдерживали заданное время (5, 10, 20, 30, 40 минут). После этого с помощью дозатора были отобраны пробы объемом 0,1 см<sup>3</sup>, помещены на чистую мишень и высушены. Полученные сухие пробы были измерены на бета-радиометре УМФ-2000 с экспозицией 100 с.

По результатам измерений суммарной бета-активности исходной и «равновесной» проб рассчитывали степень сорбции и коэффициент распределения по формулам:

$$S = \left( 1 - \frac{A_{\text{ср}}}{A_{0,\text{ср}}} \right) * 100\% \quad (1)$$

$$K_d = \frac{S}{1 - S} * \frac{V}{m} \quad (2)$$

Результаты экспериментов приведены на графиках 1, 2.

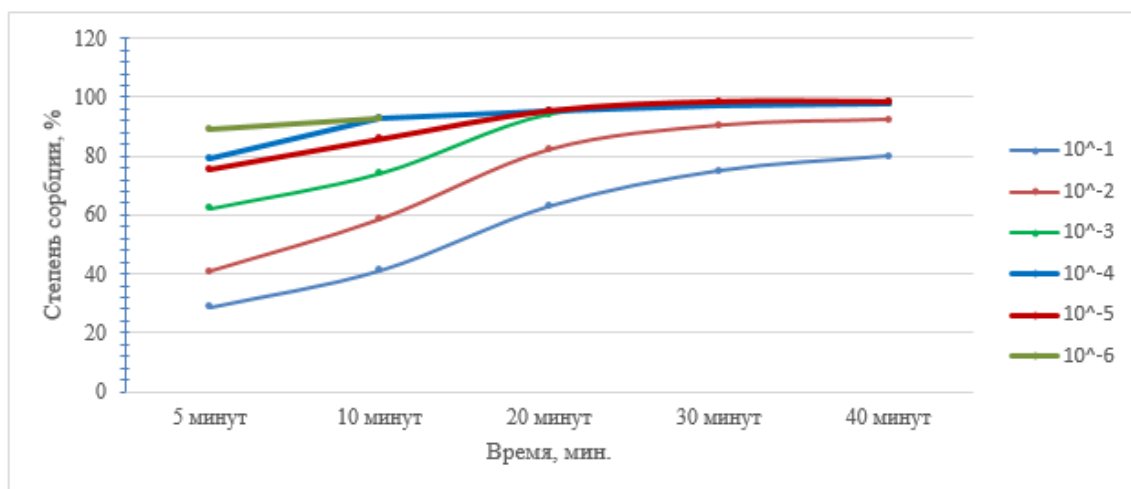


Рисунок 1 – График зависимости степени сорбции от времени при разных концентрациях катионов калия в растворе

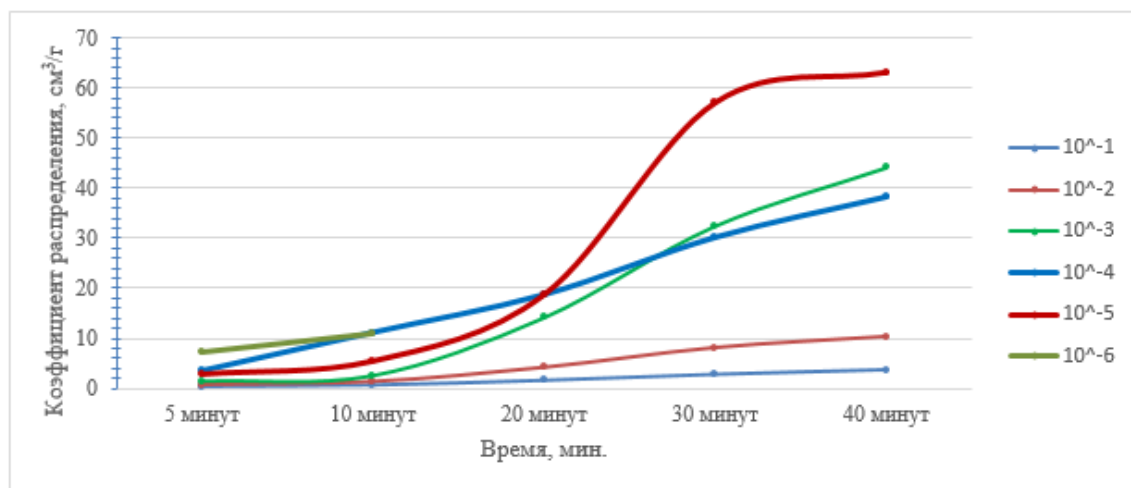


Рисунок 2 – График зависимости коэффициента распределения от времени при разных концентрациях катионов калия в растворе

Результаты экспериментов показали, что присутствие в растворе ионов калия концентрацией  $1 \cdot 10^{-1}$ ,  $1 \cdot 10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup> оказывает влияния на сорбцию цезия-137 (особенно в первые минуты сорбции),  $K_d$  не превышает 10 см<sup>3</sup>/г во всем временном интервале исследований. При концентрациях же ионов калия равных  $1 \cdot 10^{-3}$  –  $1 \cdot 10^{-6}$  моль/дм<sup>3</sup> снижения сорбции цезия-137 во всем временном интервале исследований практически не происходит, степени сорбции при этом достигают 97 – 98%.

Таким образом, сорбция цезия-137 ферроцианидными сорбентами возможна из засоленных растворов.

#### Библиографический список

1. Тананаев И.В., Сейфер Г.Б., Харитонов Ю.А. Химия ферроцианидов – М.: Наука, 1971. – 320 с.
2. В. Ф. Олонцев, д.т.н., профессор; Е. А. Сазонова, к.х.н., нач. отдела; Е. А. Фарберова, к.х.н., доцент, В. В. Олонцев, к.м.н., доцент, Научный центр порошкового материаловедения ГОУ ВПО ПГТУ, Пермский институт железнодорожного транспорта, Саратовский военно-медицинский институт. Создание сорбента и фильтров на его основе для поглощения радионуклидов цезия-137 из питьевой воды. 2010.
3. Способ извлечения радионуклидов цезия из водных растворов: пат. 2658292 Рос. Федерация: МПК G21F 9/12, C02F 1/28 / Егорин А.М., Токарь Э.А., Земскова Л.А., Авраменко В.А., Сергиенко В.И.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИХ ДВО РАН). - №2017122663; заявл. 27.06.2017; опубл. 20.06.2018 Бюл. №17.

УДК 546.798.23  
ГРНТИ 31.15.23

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ АМЕРИЦИЯ-241 НА РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ СОРБЕНТОВ

Карзанов Ю. А., Кочкина Г. В., Обеснюк М. В.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ*

*г. Озёрск, Челябинская область*

karzanov.yura007@gmail.com

В данной статье рассмотрены проблемы очистки сточных вод от америция-241. Проанализирована степень сорбции америция-241 на различных видах сорбентов (органических, неорганических). На основе проведенного исследования предложен наиболее эффективный сорбент для выделения америция-241 из промышленных сбросов. Также выявлены некоторые достоинства и недостатки наиболее, на первый взгляд, эффективных сорбентов.

*Ключевые слова:* америций, сорбция, сорбент, промышленные сбросы, извлечение, химия, изотопы, радиоактивные вещества, отходы, очистка.

## INVESTIGATION OF AMERICIUM-241 SORPTION ON DIFFERENT TYPES OF SORBENTS

Karzanov Y. A., Kochkina G. V., Obesnyuk M. V.

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

This article discusses the problems of treatment of waste water from americium-241. The degree of americium-241 sorption on different types of sorbents (organic, inorganic) was analyzed. Based on the conducted study, the most effective sorbent is proposed for extraction of americium-241 from industrial discharges. Some advantages and disadvantages of the most, at first glance, effective sorbents have also been identified.

*Keywords:* americium, sorption, sorbent, industrial discharges, extraction, chemistry, isotopes, radioactive substances, waste, purification.

Первый способ получения америция-241 был открыт в 1944 году Г. Сиборгом, Л. Морганом и Р. Джеймсом при облучении плутония-239 нейтронами по реакции:



В дальнейшем изотоп  $Am^{241}$  получали при бомбардировке  $U^{238}$   $\alpha$ -частицами с энергией 40 МэВ.

В настоящее время известны соединения америция в трех-, четырех-, пяти- и шестивалентном состояниях. В водных растворах америций находится в следующих ионных формах:  $Am^{+3}$ ,  $Am^{+4}$ ,  $AmO_2^+$ ,  $AmO_2^{2+}$ . Химически наиболее устойчивым является трехвалентное состояние америция.

$Am$  является альфа- и бета-излучателем, имеет хорошую растворимость и большую подвижность в окружающей среде, при попадании внутрь организма данный изотоп очень токсичен для человека. Потенциальная экологическая опасность загрязнения окружающей среды  $Am$ -241 обусловлена его быстрым распространением со временем, особенно в водных системах [1].

Для выделения и очистки америция используют в основном ионный обмен, экстракцию и осаждение из водных растворов.

Для выделения или разделения трансплутониевых элементов (ТПЭ) на производстве используют сильнокислотные катиониты типа КУ-2 или Дауэкс-50 и сильноосновные аниониты АВ-17 и дауэкс-1 [2].

ТПЭ сорбируются катионитами из растворов хлорной, азотной и галогенводородных кислот при концентрациях менее 1 моль/дм<sup>3</sup>. Более концентрированные растворы используются для отделения ТПЭ от ряда других элементов. Водные и водно-спиртовые растворы концентрированной соляной кислоты применяются также для отделения ТПЭ и РЗЭ.

Для вымывания ценных компонентов из фазы смолы были исследованы наиболее эффективные элюенты для америция - цитраты, лактаты, тартраты. При использовании оксикарбоновых кислот (молочная, лимонная) полного отделения америция не было достигнуто [3].

Целью данной работы являлось изучение сорбции Am-241 из модельных водных растворов различными сорбентами.

В качестве сорбентов были выбраны: шунгит с размером частиц от 1 мм до 2 мм, шунгит с размером частиц 2 мм, торфяной гумин, древесные опилки. Для простоты были введены следующие условные обозначения: шунгит (1 мм < ФР < 2 мм) – «Ш», шунгит (ФР = 2 мм) – «2Ш», торфяной гумин – «Г», опилки (модифицированные) – «ОМ», шунгит (модифицированный) – «ШМ».

Исследования проводили в статических условиях на водопроводной воде, в которую вносили азотнокислый америций-241 с известной активностью, по стандартной методике.

В полиэтиленовые стаканы вместимостью 200 см<sup>3</sup> помещали навески сорбентов (300 мг) и заливали по 25 см<sup>3</sup> раствора с активностью 55,2 Бк/ см<sup>3</sup> Бк/л (рН= 5,5). Стаканы закрывали крышкой, ставили на перемешивающее устройство ЛАБ-ПУ-01 и выдерживали заданное время (15, 30, 45, 90 минут, 7 суток). Затем раствор переносили на фильтр, фильтрат анализировали на остаточное содержание америция.

Определение америция-241 в растворах до и после сорбции проводили на альфа-радиометре УМФ-2000.

По результатам измерений суммарной альфа-активности исходной и «равновесной» проб рассчитывали степень сорбции и коэффициент распределения по формулам:

$$S = \left( 1 - \frac{A_{\text{ср}}}{A_{0,\text{ср}}} \right) * 100\% \quad (1)$$

$$K_d = \frac{S}{1 - S} * \frac{V}{m} \quad (2)$$

Результаты экспериментов приведены на графике 1.

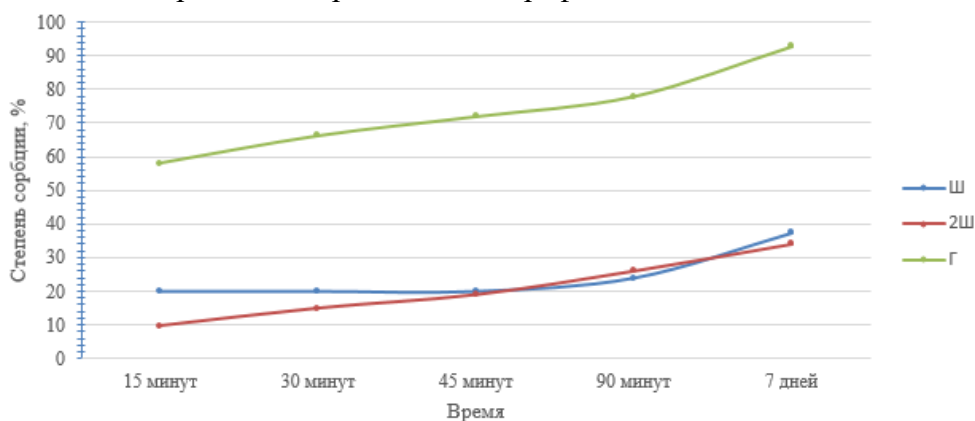


Рисунок 1 – График зависимости степени сорбции от времени на разных сорбентах

Результаты экспериментов показали, что эффективное время сорбции америция-241 составляет 90 минут, а наиболее специфичным к данному элементу оказался торфяной гумин, степень сорбции составляет 78% ( $K_d = 295 \text{ см}^3/\text{г}$ ).

Следующим этапом исследований была попытка провести модификацию шунгита и древесных опилок, на основании патента №2172208 – «Способ получения тонкослойных ферроцианидных сорбентов» [4].

Полученные сорбенты – «ШМ» и «ОМ» соответственно, протестировали на сорбционную эффективность. Результаты проверки сорбции америция-241 на модифицированных сорбентах, приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты проверки «ОМ» на сорбционную эффективность

	Степень сорбции, %		Коэффициент распределения, $\text{см}^3/\text{г}$	
	ШМ	ОМ	ШМ	ОМ
15 минут	20	35	21	45
30 минут	30	57	36	110
90 минут	31	79	38	313

Результаты экспериментов показали, что при использовании шунгита, модифицированного ферроцианидом железа (III), степень сорбции америция-241 возросла примерно в 1,5 раза и составила 31%.

Незначительное увеличение степени сорбции шунгитом может быть связано с тем, что при максимальном заполнении емкости ферроцианида железа (III), при последующей выдержке может происходить вымывание  $\text{Am}^{241}$  из функциональных групп ферроцианида железа (III). Требуется дальнейшее изучение.

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать вывод, что наиболее эффективными сорбентами по отношению к трехвалентному америцию-241 являются обработанный торфяной гумин и древесные опилки, модифицированные ферроцианидом железа (III).

#### Библиографический список

1. Величко Б.А., Венсковский Н.У., Ровный С.И., Медведев В.П. Фитосорбенты тяжелых металлов. Ч. II. - М.: Изд-во РУДН, 2002. - 117 с., илл.
2. Лызлова Е.В. Выделение и концентрирование актинидов из азотнокислых растворов с применением новых ионообменных материалов, 2014. – 147 с.
3. Сиборг Г.Т. Химия актинидных элементов. / Г.Т. Сиборг, Д.Д. Кац. – М.: Издательство главного управления по использованию атомной энергии при совете министров СССР, 1960. – 542 с.
4. Способ получения тонкослойных ферроцианидных сорбентов: пат. 2172208 Рос. Федерация: МПК В 01 J 20/02, 20/30 / Меркушин А.О., Медведев В.П., Резчиков Д.Е.; заявитель и патентообладатель Озёрский технологический институт Московского инженерно-физического института (технического Университета). - №99107252/12; заявл. 06.04.1999; опубл. 20.08.2001.



УДК 54.062  
ГРНТИ 31.19.15

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ХРОМА (VI) И ХРОМА (III) В СТОЧНЫХ ВОДАХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Чеснокова А. Ю., Булаев Н. А., Федорова О. В.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Озёрск, Челябинская область*

gloin2@mail.ru

В данной работе представлена оценка воздействия соединений Cr (III) и Cr (VI) на окружающую среду и организм человека. Проведено фотометрическое определение содержания Cr (III) и Cr (VI) в сточных водах гальванического производства.

*Ключевые слова:* хром, гальваническое производство, тяжелые металлы, фотометрический метод, сточные воды.

## DETERMINATION OF CHROMIUM (VI) AND CHROMIUM (III) CONTENT IN WASTE WATER OF ELECTROPLATING PLANTS

Chesnokova A. Yu., Bulaev N. A., Fedorova O. V.

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

This paper presents an assessment of the impact of SG (III) and SG (VI) compounds on the environment and the human body. Photometric determination of the content of SG (III) and SG (VI) in waste water of galvanic production was carried out.

*Keywords:* chrome, electroplating production, heavy metals, photometric method, waste water.

Гальваническое производство – это одно из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды, в основном поверхностных и подземных вод, из-за образования большого количества сточных вод, а также большого количества твердых отходов, в частности от реагентного способа нейтрализации сточных вод.

Соединения металлов, переносимые сточными водами гальванического производства, оказывают очень вредное воздействие на экосистему «водоем–почва–растение–животный мир–человек».

Они обладают токсическим, канцерогенным (вызывают злокачественные новообразования.), мутагенным (могут вызвать изменения наследственности), тератогенным (способны вызвать уродства у рождающихся детей) и аллергенным действием.

Кроме того, некоторые неорганические соединения оказывают негативное воздействие на микроорганизмы очистных сооружений, прерывая или задерживая процессы биологической очистки сточных вод. Токсичные металлы в водоемах оказывают вредное воздействие на флору и фауну и ухудшают самоочищение водоемов.

Соединения трех- и шестивалентного хрома попадают в поверхностные воды в результате выщелачивания породы (хромит, крокоит и т.д.). Некоторые количества поступают в процессе разложения организмов и растений, из почв. Значительные количества могут быть сброшены в водоемы со сточными водами гальванических цехов, красильных цехов текстильных предприятий, кожевенных заводов и химических предприятий.

При большом содержании соединения Cr(VI) и Cr(III) обладают канцерогенными свойствами. Наиболее опасными являются соединения Cr(VI).

Предельно допустимые концентрации (ПДК) хрома в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования составляет: для Cr(VI) - 0.05 мг/дм<sup>3</sup>, для Cr(III) - 0.5 мг/дм<sup>3</sup>. [2]

Металлический хром не токсичен, а соединения Cr (III) и Cr (VI) оказывают негативное влияния на организм человека. Так, они вызывают раздражение кожи, что, в свою очередь, приводит к дерматитам.

В случае отравления соединениями хрома могут возникнуть понос и рвота с кровью. Когда в организм поступает большое количество пыли, которая содержит соединения хрома, развивается пневмония.

При остром отравлении соединениями хрома происходит их накопление в печени, почках и эндокринных железах. Вывод соединений хрома из организма осуществляется через почки. Поэтому отравление этими соединениями поражает почки и слизистые оболочки мочевыводящих путей [3].

Для выбора метода удаления хрома из вод гальванических производств необходимо определить содержание и форму состояния хрома в сточных водах. Таким образом, определение хрома в сточных водах гальванических предприятий представляет практический интерес.

В рамках выполнения данной работы было определено общее содержание хрома в сточных водах реального гальванического производства, определены формы состояния катиона и содержание хрома (VI) и хрома (III). Определение осуществлялось согласно ГОСТ 31956-2012.

Метод определения хрома (VI) заключается в измерении поглощения света в диапазоне длин волн от 540 до 550 нм окрашенного (красно-фиолетового) комплексного соединения, которое образуется в результате реакции 1,5-дифенилкарбазида с дихромат-ионами пробы анализируемой воды в кислой среде, и определении хрома (VI) по величине оптической плотности раствора. [1]

Чтобы определить общее содержание хрома, соединения хрома предварительно переводили в хром (VI) путем окисления надсернокислым аммонием, а затем проводили определение содержания хрома (VI) в обработанной пробе с 1,5-дифенилкарбазидом.

Содержание хрома (III) определяли как разность между содержанием общего хрома и хрома (VI).

Перед проведением анализа было проведено построение градуировочной характеристики. Градуировочные растворы готовились с использованием государственного стандартного образца состава раствора ионов хрома (VI).

К анализу были представлены пробы водных стоков гальванического производства.

Результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты анализа определения содержания хрома в стоках гальванического производства

Проба	Содержание хрома (VI), мг/дм <sup>3</sup>	Содержание хрома (III), мг/дм <sup>3</sup>	Превышение ПДК	
			хром (VI)	хром (III)
Белая лента 1	$4,66 \cdot 10^4$	$3,21 \cdot 10^3$	в $9,32 \cdot 10^5$ раз	в $6,42 \cdot 10^3$ раз
Белая лента 2	$4,90 \cdot 10^4$	$3,4 \cdot 10^2$	в $9,80 \cdot 10^5$ раз	в $6,80 \cdot 10^2$ раз
Черная лента	$5,37 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^2$	в $1,07 \cdot 10^6$ раз	в $4,80 \cdot 10^2$ раз
Красная лента	$1,51 \cdot 10^4$	$3,8 \cdot 10^3$	в $3,02 \cdot 10^5$ раз	в $7,60 \cdot 10^3$ раз

Из таблицы видно, что содержание хрома (VI) в водных стоках гальванического производства превышает ПДК примерно в 1 000 000 раз, а хрома (VI) – в 8 000 раз.

Таким образом, исходя из проведенных исследований, сделан вывод о необходимости очистки сточных вод гальванических производств от соединений хрома осадительным методом, который основан взаимодействии ионов хрома (VI) с реагентом-восстановителем в

кислой среде и последующим добавлением осадителя. В качестве реагента-восстановителя используется щавелевая кислота. Осаждение проводится хлоридами щелочноземельных металлов или хлоридом магния после предварительного добавления карбоната натрия.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 31956-2012. Вода. Методы определения содержания хрома (VI) и общего хрома.
2. ГН 2.1.5.689-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
3. Будников, Г.К. Тяжёлые металлы в экологическом мониторинге водных систем. // Соросовский образовательный журнал. - N 5, 1998. - С.23.

УДК 546.05.

ГРНТИ 31.17.15

### ОСОБЕННОСТИ СУЛЬФАТИЗАЦИИ ФОСФАТНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Попова К. Е., Муслимова А. В., Софронов В. Л., Буйновский А. С., Лисица В. А.

*Северский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Северск*

ksenya.ksenia.popova@mail.ru

При переработке монацитовых концентратов особую сложность представляет отделение редкоземельных элементов от радиоактивных примесей, в частности, от тория. Статья посвящена обзору способов отделения тория в виде малорастворимых соединений. Рассмотрены условия осаждения пирофосфата тория из растворов переработки монацита, и образование пирофосфата тория на стадии спекания, а также возможность образования пирофосфата титана при тех же условиях.

*Ключевые слова:* монацит, торий, редкоземельные элементы, сульфатизация, пирофосфаты

### CHARACTERISTICS OF THE PHOSPHATE RADIOACTIVE CONCENTRATES SULPHATISATION

Popova K. E., Muslimova, A. V., Sofronov V. L., Bujnovskij A. S., Lisitsa V. A.

*STI NRNU MEPhI, Seversk*

The major problem with the monazite concentrate processing resides in the separation of rare earth elements from radioactive impurities, especially thorium. The article considers the review of thorium separating methods in the form of low-solubility species. The conditions of the thorium pyrophosphate precipitation from monazite-processing leaching and the formation at the sulfuric treatment are reviewed.

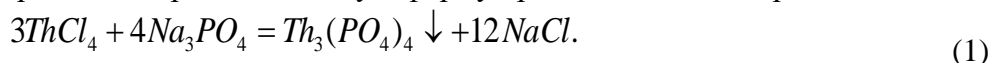
*Keywords:* monazite, thorium, rare earth element, sulphatisation, pyrophosphates

При переработке РЗЭ-содержащих руд и концентратов особую сложность представляет вопрос отделения радиоактивных элементов. В одном из основных источников редкоземельных элементов (РЗЭ) – фосфатном минерале монаците – радиоактивной примесью является торий. Известные методы отделения тория основаны на осаждении его соединений

из сернокислотных растворов выщелачивания монацита, или на экстракции из азотнокислых растворов с применением растворов трибутилфосфата; второй вариант более эффективен.

Достаточно давно известен факт образования малорастворимых пирофосфатов тория при сульфатизации монацита при температурах более 230-250 °С. Это является негативным фактором, если ториевый концентрат является целевым продуктом переработки. Но если приоритетным является получение дезактивированного РЗ-концентрата, данную особенность можно использовать для отделения тория на стадии сульфатизации. В этой связи нужно изучить условия образования пирофосфатов тория, имеющиеся в литературных данных.

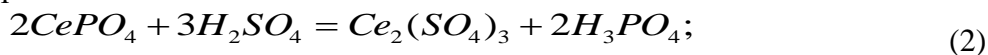
Мета-, орто- и пирофосфаты малорастворимы в воде и кислотах, и могут быть выделены даже из очень кислых растворов. Например, растворимость пирофосфата тория в воде составляет  $6,1 \cdot 10^{-5}$  г/дм<sup>3</sup> [5, с. 181]. Вследствие диссоциации фосфорной кислоты преимущественно по первой ступени из растворов осаждаются преимущественно кислые фосфаты тория, причем нестехиометрического состава, например,  $\text{Th}(\text{HPO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  [2, с. 16]. Так как из водных растворов нормальный фосфат осадить фосфорной кислотой практически невозможно, то в качестве осадителей применяют растворы солей, например, для выделения  $\text{Th}_3(\text{PO}_4)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  можно использовать  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  или  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ . Осадок имеет студенистый вид, и может быть переведён в кристаллическую форму при длительном нагревании:



Метафосфат  $\text{Th}(\text{PO}_3)_4$  образуется взаимодействием  $\text{ThCl}_4$  и  $\text{HPO}_3$  при высокой температуре. Гипофосфат  $\text{ThP}_2\text{O}_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  выделяется в виде аморфного осадка при взаимодействии раствора нитрата тория с гипофосфатом натрия. В воде, кислотах и щелочах нерастворим; при прокаливании переходит в пирофосфат тория.

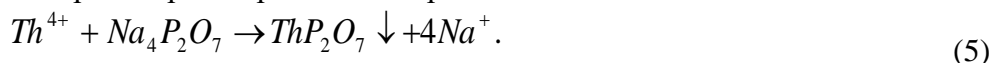
Пирофосфат тория (ПТ) является весовой формой (после прокалики) для гравиметрического определения тория, хотя и для него имеется оговорка о возможной нестехеометричности [2, с. 146]. В источнике [3, с. 45] описан способ получения безводного ПТ из кристаллогидрата при нагревании до 540 °С, а в работе [2, с. 141] – при обезвоживании средней соли в вакууме при 850 °С. При дальнейшем прокаливании получить диоксид тория из пирофосфата и фосфата практически невозможно. Свежеосажденный осадок ПТ растворим в избытке осадителя с образованием устойчивого комплекса. Например, пирофосфат хорошо растворяется в растворах карбоната аммония и оксалатов щелочных металлов вследствие образования растворимых комплексов, но не растворяется в разбавленных кислотах.

На образовании фосфатов и пирофосфатов тория в кислых растворах основана технология разделения тория и РЗЭ из растворов сернокислотного разложения монацита методом ступенчатой нейтрализации [1, с. 85-100]. Процесс разложения можно описать следующими реакциями:



Таким образом, продукты сульфатизации монацита всегда будут содержать достаточно большое количество фосфорной кислоты. Избыточно введенная серная кислота и образующаяся по реакциям (2-3) фосфорная кислота при выщелачивании создают кислую среду, обычно с  $\text{pH} \ll 1$ . Торий может быть осажден из таких растворов при  $\text{pH} = 1,0-1,2$  (в виде  $\text{ThP}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), а РЗЭ – при  $\text{pH} = 2,3-4,5$ . Нейтрализацию можно проводить добавлением аммиака [17, с. 75-80; 16, с. 192], гидроксида натрия, оксида магния [18, с. 1-2], оксидов РЗЭ [13, с. 1], при многократном разбавлении растворов [13, с. 1; 15, с. 204; 11, с. 450-462; 10, с. 809-1104]. Растворы выщелачивания сульфатного спека, получаемого после разложения монацита, обычно уже достаточно сильно разбавлены из-за ограниченной растворимости сульфатов РЗЭ (соотношение Т:Ж может достигать 20-30 л:1 кг концентрата [1, с. 114]).

В источнике [4, с. 38] указан способ осаждения ПТ пирофосфорной кислотой или пирофосфатом натрия из растворов солей тория:



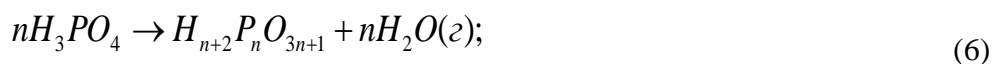
В работе [12, с. 809-810] раствор выщелачивания разбавляют и нейтрализуют, постепенно добавляя раствор аммиака до  $pH = 1$ , и далее нагревают до кипения. При нагревании происходит диссоциация фосфорной кислоты с отщеплением воды по схеме:  $2H_3PO_4 \xrightarrow{-H_2O} H_4P_2O_7$ , в результате чего торий далее осаждается (до 98-99%) в виде пирофосфатов. По всей вероятности, кроме пирофосфата осаждается кислый ортофосфат тория  $Th(HPO_4)_2$  [1, с. 114].

Процесс сульфатизации монацита, как правило, проводят при температуре около  $200^\circ C$  [1, с. 114]. При температуре от  $230^\circ C$  до  $250^\circ C$  образуется практически не растворимый в сернокислых растворах пирофосфат тория, за счет чего на стадии выщелачивания достигается отделение части тория. Таким образом, при спекании механизм образования фосфатов иной, а форма фосфата зависит в основном от температуры спекания. С ростом температуры происходит дальнейшая дегидратация пирофосфатов с образованием полифосфатов.

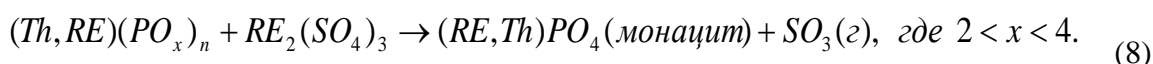
В источнике [14, с. 253-267] на основании результатов рентгенофазового, термогравиметрического и электронномикроскопического анализов предложен следующий механизм разложения монацита при последовательном нагревании:

1) при  $250^\circ C$  более 90% РЗЭ и тория переходит в сульфаты (2-4);

2) при  $400-500^\circ C$  извлечение тория, фосфора и редкоземельных элементов снижается за счет образования нерастворимых комплексных полифосфатов тория – РЗЭ. Предлагается, что образование данных полифосфатов связано с дегидратацией ортофосфорной кислоты, образующейся в начальной реакции монацита с серной кислотой:



3) в интервале  $650-800^\circ C$  частично восстанавливается структура исходного монацита восстановлена, что приводит к снижению извлечения редкоземельных элементов до 55%. Авторы статьи связали это с предположительной реакцией между полифосфатами тория-РЗЭ и сульфатами РЗЭ:



4) при  $900^\circ C$  образуется осадок торий-фосфатного типа (пирофосфата тория), что приводит к резкому снижению извлечения тория и фосфора, но выщелачивание редкоземельных элементов достигает почти 100%.

В исследованиях по разработке фторамонийно-сернокислотной переработки монацита (принципиальная схема приведена на рисунке 1; исследование первой стадии гидрофторирования было представлено в статье [5, с. 102-103]).





Рисунок 1 – Принципиальная блок-схема процесса фтораммонийно-сернокислотной переработки МК с нумерацией потоков

При дальнейшей сульфатизации было также показано образование пирофосфата тория при 300°C, и впервые указано на образование пирофосфата титана и фосфата железа [6, с. 156-158]. В монацитовых концентратах содержатся минералы титана, например, анатаз (0-3%), монацитовые рутил (0,1-4%), ильменит (0-2%), ильменорутит, микролит, титанит (0-1%) и т.д. [7, с. 17-26], поэтому также необходимо рассмотреть вопрос образования фосфатов и пирофосфатов титана. В литературе представлено недостаточно сведений об условиях образования пирофосфатов титана. Так, в патенте [9, с. 1-2] предложен способ получения пирофосфата титана, заключающийся в совместном окислении  $\text{TiCl}_4$  и  $\text{POCl}_3$  кислородом при 1000°C. Более близкими к условиям переработки монацита являются способы взаимодействия различных титансодержащих веществ с фосфорной кислотой. Например, пирофосфат титана можно получить при прокаливании до 800°C осадка, полученного при взаимодействии  $\text{TiCl}_4$  с концентрированной фосфорной кислотой, но из-за гидролиза по группам  $(\text{PO}_4)^{3-}$  образуется продукт нестехиометрического состава. При взаимодействии гидратированного диоксида титана с удельной поверхностью меньше 50 м<sup>2</sup>/г с фосфорной кислотой при 400-450°C в течение 23 ч получаемый продукт также имеет нестехиометрический состав.

#### Заключение

1 Рассмотрены литературные источники, связанные с образованием фосфатных соединений тория при различных условиях, в том числе при переработке монацита. Показано, что при осаждении пирофосфата тория из различных кислых растворов в качестве осадителя лучше использовать растворы пирофосфорной кислоты или пирофосфата натрия. При переработке сульфатных растворов выщелачивания монацита в связи с присутствием в растворах фосфорной кислоты достаточно нейтрализовать при помощи аммиака, гидроксида натрия, оксидов РЗЭ и т.д. pH раствора до 1,0-1,2 при нагревании до кипения. При этом состав получаемого осадка может быть нестехиометричным, содержать кислые ортофосфаты тория, а в присутствии примесей – содержать значительные количества РЗЭ.

2 При сульфатизации монацита образование пирофосфата тория происходит при температурах более 230-250°C (по другим данным – более 300°C), за счёт чего возможно отделение значительной части тория от РЗЭ еще на стадии вскрытия концентрата. Кроме того, при схожих условиях происходит и образование пирофосфата титана при разложении монацита, хотя при синтезе чистого пирофосфата титана температуры его образования значительно выше (400-450°C).



## Библиографический список

1. Андриенко О.С., Андропов М.О., Ануфриева А.В. и др. Радионуклиды в технологии переработки концентратов редких и редкоземельных металлов: монография / под ред. Н. П. Лавёрова. – Томск: Изд-во НТЛ, 2015. – 280 с.
2. Бекман И.Н. Неорганическая химия. Радиоактивные элементы. – М.: Юрайт, 2017. – 399 с.
3. Бойко В.И., Власов В.А., Жерин И.И. и др. Торий в ядерном топливном цикле. – М.: Руда и металлы, 2006. – 359 с.
4. Жерин И.И., Амелина Г.Н. Химия тория, урана, плутония: учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2010. – 147с.
5. Муслимова А.В., Буйновский А.С., Молоков П.Б., Софронов В.Л. Взаимодействие монацита и бифторида аммония // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – №2(330). – С. 95-107.
6. Нефедов Р.А. Синтез и свойства фтораммонийных комплексных соединений редкоземельных металлов ( $NH_4LnF_4$ ): дисс. ... канд. хим. наук. – Томск, 2013. – 127 с.
7. Репина С.А., Попова В.И., Баженова Л.Ф. Минералогия монацитовых концентратов ОГУ «Уралмонацит» // Уральский минералогический сборник. – 2008. – №15. – С. 17-26.
8. Киргинцев, А.Н. Растворимость неорганических веществ в воде. Справочник. – Л.: Химия, 1972. – 248 с.
9. Титов В.П., Якубовская С.В, Якулович Н.А., Писарчик Н.М. Способ получения пирофосфата титана: пат. SU1101407A. – №3583340/23-26 заявл. 26.04.83; опубл. 07.07.84 Бюл. №25.
10. Bayers A.G., Audrieth L. F. // Nucl. Sci. Abstrs. 1950. V.4. P. 809-1104.
11. Bohm C. R. // Chem Ind. 1906. V.29. P. 450-462.
12. Buyers A. G., Audrieth L. F. // Nuclear Sci. Abstracts. 1950. V.4. P. 809-810.
13. Cuthbert F. L. Thorium production technology / F. L. Cuthbert. Addison.Wesley, USA, 1958.
14. Demol J., Ho E., Senanayake G. Sulfuric acid baking and leaching of rare earth elements, thorium and phosphate from a monazite concentrate: Effect of bake temperature from 200 to 800 °C // Hydrometallurgy. 2018. V.179. P. 253-267.
15. Grainger L. // Uranium and Thorium. Lond. 1958. V. VIII. P. 204.
16. Liao Ch.-Sh., Zhang B., Jia J.-T. A decomposition method of bastnasite: pat. CN101186977A. – № CN 2006101145888 appl. 16.11.06; publ. 28.05.08.
17. Vijayalakshmi, R., Mishra, S. L., Singh, H., Gupta, C. K. Processing of xenotime concentrate by sulphuric acid digestion and selective thorium precipitation for separation of rare earths // Hydrometallurgy. 2001. V.61. P. 75-80.
18. Zellmann R., Muller R. Process for the manufacture of reactive thorium oxide and its transformation into thorium salts: pat. № US2099325A. – Appl. 22.06.32; publ. 16.11.37.

УДК 621.039.736  
ГРНТИ 58.91.31

## КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РАСПЛАВАХ БОРОСИЛИКАТНОГО СТЕКЛА

Шайдуллин С. М., Козлов П. В., Ремизов М. Б., Жиганов А. Н.

*ФГУП «Производственное объединение «Маяк», г. Озёрск  
Северский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ, г. Северск  
Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ, г. Озёрск*

cpl@po-mayak.ru

Боросиликатное стекло характеризуется рядом преимуществ: с одной стороны, большей емкостью по отношению к продуктам деления, химической и радиационной стойкостью, с другой стороны отличается более высокой температурой варки. Оно обладает повышенной коррозионной активностью. Срок службы печей, как правило, лимитируется не общим неудовлетворительным состоянием всей огнеупорной кладки, а разрушением (часто аварийным) ограниченного числа конструктивных элементов варочного бассейна и газового пространства в зонах варки и максимальных температур. В данной работе проведены испытания коррозионной стойкости огнеупорных материалов в расплавах боросиликатного стекла.

*Ключевые слова:* боросиликатное стекло, высокоактивные отходы, огнеупорный материал, остекловывание, коррозионная стойкость.

## CORROSION RESISTANCE OF REFRACTORIES IN BOROSILICATE GLASS MELTS

Shaidullin S. M., Kozlov P. V., Remizov M. B., Zhiganov A. N.

*FSUE «Mayak PA», Ozersk  
STI NRNU MEPhI, Seversk  
OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

Borosilicate glass has a number of advantages: on the one hand, it has a higher capacity in relation to fission products, chemical and radiation resistance, and on the other hand, it has a higher cooking temperature. It has an increased corrosion activity. The service life of furnaces, as a rule, is limited not by the General unsatisfactory condition of the entire refractory masonry, but by the destruction (often accidental) of a limited number of structural elements of the cooking pool and gas space in the cooking zones and maximum temperatures. In this paper, tests of the corrosion resistance of refractory materials in borosilicate glass melts are carried out.

*Keywords:* borosilicate glass, high-level waste, refractory material, corrosion resistance.

Метод остекловывания обеспечивает перевод жидких ВАО в стеклообразное состояние для последующего безопасного длительного хранения. В настоящее время промышленные установки по остекловыванию ВАО работают в России, США, Франции, Великобритании, Германии и Японии. Функционируют они с применением двух технологий остекловывания – в электропечах прямого электрического нагрева и в индукционных печах. Наиболее распространенной, отработанной и производительной является первая технология.

Ориентировочно в 2026 г. на ФГУП «ПО «Маяк» должен быть запущен новый комплекс остекловывания, универсальный по составу отверждаемых ЖРО. Согласно разработанной концепции нового комплекса остекловывания в его составе предполагается использование двух эвакуируемых плавителей прямого электрического нагрева на

алюмофосфатном стекле и эвакуируемого малогабаритного плавителя прямого электрического нагрева на боросиликатном.

Боросиликатное стекло характеризуется (по сравнению с алюмофосфатным стеклом) рядом преимуществ: большей емкостью по отношению к продуктам деления, химической и радиационной стойкостью, устойчивостью к раскristализации [1]. В то же время, боросиликатное стекло отличается более высокой температурой варки (1100-1200 °С). Указанное стекло в расплавленном состоянии обладает повышенной коррозионной активностью (в сравнении с силикатным стеклом), которая дополнительно усиливается при включении ряда компонентов отходов, таких как сера, никель, железо, хром и некоторых других. Срок службы печей, как правило, лимитируется не общим неудовлетворительным состоянием всей огнеупорной кладки, а разрушением (часто аварийным) ограниченного числа конструктивных элементов варочного бассейна и газового пространства в зонах варки и максимальных температур [2]. Например, скорость коррозии огнеупоров на уровне стекломассы может быть от двух до пяти раз больше, чем на всей площади огнеупорной кладки ниже зеркала стекломассы [3]. Существенный вклад также дает межшовная коррозия, возникающая вследствие превышения нормативных зазоров в кладке.

Помимо огнеупоров кладки прямому контакту с расплавом подвергаются и другие конструкционные материалы: металл электродов, материалы вспомогательных систем (карманов для термопар, перемешивающих устройств и т.п.).

Цель настоящей работы состояла в поиске наиболее устойчивых в расплавах боросиликатных стекол огнеупорных керамических материалов отечественного производства для изготовления систем перемешивания стекломассы. Для этого были проведены испытания образцов ряда современных материалов со стеклообразующим составом, включающим высокое содержание коррозионно-активных компонентов, а также осуществлено сравнение испытанных образцов по показателям коррозионной стойкости (скорость, характер и степень коррозии) и сделан предварительный выбор огнеупоров с наилучшими показателями.

Для проведения исследований коррозионных показателей были отобраны две марки и два типа огнеупорных материалов (керамические огнеупоры марки МКР и огнеупорный материал из реакционно спеченного карбида кремния) отечественного производства (АО «Подольскогнеупор», ООО «НТЦ «Луч», соответственно).

Перечень образцов и их характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень исследуемых образцов огнеупоров

№ п/п	Марка образца	Характеристика материала	Плотность кажущаяся, г/см³	Производитель
Керамические огнеупоры марки МКР				
1	МКР-95 Корунд	95,0 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,0	АО «Подольскогнеупор»
2	МКР-60 Мулитокремнеземистый	60,0 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,4	
Огнеупорный материал из карбида кремния				
3	Карбид кремния	97,82 % SiC	3,21	ООО «НТЦ «Луч»

Химический состав огнеупоров представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав огнеупоров

№ п/п	Марка образца	Массовое содержание соединения, %				
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiC	Si
1	МКР-95	>95-99 %	-	-	-	-
2	МКР-60	>40-60 %	<56%	<0,7-0,8%	-	-
3	Карбид кремния	0,92	0,12	0,48	97,82	0,17

Для проведения испытаний материалов в качестве коррозионно-активной среды было выбрано боросиликатное стекло, массовый состав которого в пересчете на оксиды представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Состав стекла, использованный в качестве коррозионно-активной среды в испытаниях

Компонент	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	CaO
Содержание, %	22,24	19,00	0,44	5,97	45,42	2,82	0,90	0,05	2,96	0,20

Для проведения испытаний была взята за основу методика, разработанная в Государственном институте стекла и заключающаяся в определении потери массы или объема материала в единицу времени контакта огнеупора с расплавом стекла.

В статических условиях образцы огнеупоров подвергаются максимальной коррозии по уровню расплава, что определяет характер разъедания при эксплуатации огнеупоров в промышленных стекловаренных печах. Проведение испытаний в статических условиях осуществлялось путем выдержки при температуре 1150 °С в течение 52 ч частично погруженных в расплав стекла на глубину около 27 мм образцов материалов в алундовых тиглях. В настоящей работе в статическом режиме были испытаны все три образца, имеющих в распоряжении и описанных выше. Образцы марки МКР представляли собой фрагменты керамических трубок, МКР-95 с внешним и внутренним диаметром 6,5 и 4,5 мм и МКР-60 с внешним и внутренним диаметром 6,5 и 2,5 мм. Образец карбида кремния имел форму параллелепипеда с размерами 5×12 мм в поперечном сечении.

Извлечение образцов огнеупоров из стекломассы производилось при расплавленном состоянии стекла механическим путем. Образующийся слой глазури на образце после остывания и затвердения удалялся азотной кислотой концентрации 4 моль/л, которая не оказывает влияние на образцы из-за их высокой кислотной стойкости.

При проведении статических испытаний определялась линейная скорость коррозии на уровне стекломассы ( $v_k$ , мм/сутки) по следующей формуле:

$$v_k = \frac{24 \cdot (d_{cp} - d'_{cp})}{2 \cdot \tau} \quad (1)$$

где  $d_{cp}$  – средняя толщина образца на уровне стекломассы до испытаний, мм;

$d'_{cp}$  – средняя толщина образца на уровне стекломассы после испытаний, мм;

$\tau$  – продолжительность испытаний, ч;

2 – коэффициент, учитывающий разъедание образца с двух сторон.

Линейные размеры образцов измерялись штангенциркулем с точностью до 0,1 мм.

Величина объемной степени эрозии огнеупоров в статических условиях ( $\Delta V$ , % об.) определялась по изменению в процессе испытаний объема погруженной в расплав стекломассы части образца:

$$\Delta V = \frac{V - V'}{V} \cdot 100 \quad (2)$$

где  $V$  – объем погруженной части образца до испытания, см<sup>3</sup>;

$V'$  – объем погруженной части образца после испытания, см<sup>3</sup>.

Дополнительно рассчитывали потерю массы образцами, отнесенную к величине поверхности контакта образца с расплавом (мг/см<sup>2</sup>). Масса образцов в граммах определялась взвешиванием на аналитических весах с точностью до четвертого знака.

Согласно данным, представленным на рисунке 1, наибольшую потерю массы продемонстрировали образцы № 2 (мулитокремнезем) и № 3 (карбид кремния). По сравнению с данными, полученными при испытаниях огнеупоров марки SUPRAL RK30S и RK50S используемые в зарубежных печах остекловывания, в алюмофосатном стекле (10 мг/см<sup>2</sup> и 2,5 мг/см<sup>2</sup>), которое обладает большей коррозионной активностью по сравнению с

боросиликатным стеклом, испытанные образцы продемонстрировали большую порю массы [4].

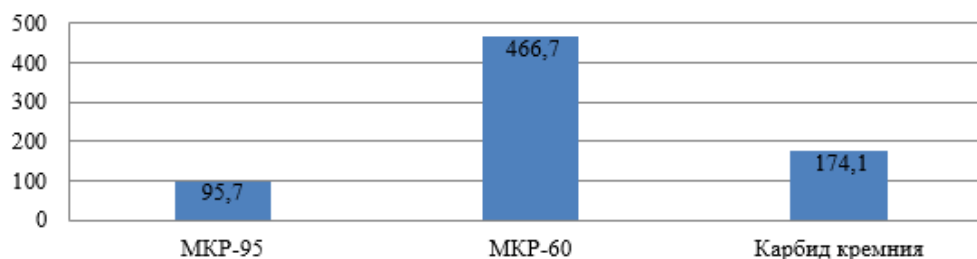


Рисунок 1 – Массы образцов до и после испытаний, мг/см²

Оценивая линейные скорости коррозии (см. рисунок 2) и объемные степени эрозии (см. рисунок 3) для испытанных в статическом режиме материалов очевидно превосходство первого образца (корунд) с содержанием  $Al_2O_3$  95,0 % над остальными материалами.

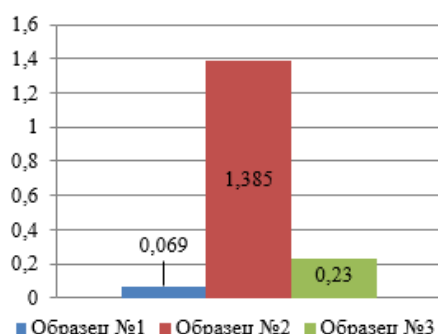


Рисунок 2 – Линейные скорости коррозии для испытанных в статическом режиме материалов, мм/сут.

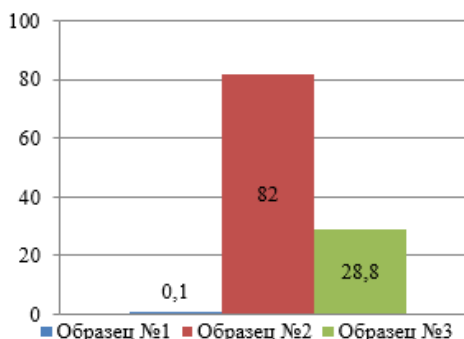


Рисунок 3 – Объемные степени эрозии для испытанных в статическом режиме материалов, %

По итогам проведенной работы можно сделать вывод, что наибольшую коррозионную устойчивость в статических испытаниях проявил корундовый огнеупор с содержанием оксида алюминия не менее 95 %, что позволяет рассматривать его в качестве перспективного для изготовления элементов перемешивающих устройств для печей остекловывания ВАО на боросиликатном стекле.

#### Библиографический список

1. Козлов П.В., Ремизов М.Б., Беланова Е.А., Власова Н.В., Орлова В.А., Мартынов К.В. Модификация состава алюмофосфатных стёкол с имитаторами ВАО для повышения их устойчивости. 1. Влияние модификаторов на вязкость и кристаллизационную способность расплавов // Вопросы радиационной безопасности. 2019. № 1. С. 3–15.
2. Токарев В.Д., Игнатьев С.С., Попов О.Н. Анализ службы огнеупорных материалов в ваннах стекловаренных печах // Стекло и керамика. — 2006. — № 5. — С. 19-22.
3. Станек Я. Электрическая варка стекла / Под ред. Гуляна Ю.А. / перев. с чешского Андрияшина Б.С. — М.: Легкая индустрия, 1979. — 248 с.
4. Ремизов М.Б., Козлов П.В., Казадаев А.А., Гаспарян М.Д., Соколов В.А., Медведев В.П., Малинкович М.Л. Коррозионные испытания бадделеитокорундовых и хромсодержащих огнеупорных материалов в расплавах алюмофосфатных стекол // Вопросы радиационной безопасности. 2017. № 3. С. 3–12.

УДК 616-006.04+615.849.1  
ГРНТИ 31.15.29

## РАЗРАБОТКА МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ РАДИОФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ РАКА

Шевченко О. В., Тананаев И. Г., Медков М. А., Апанасевич В. И., Юдаков А. А., Лукьянов П. А.

*Дальневосточный федеральный университет,  
Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН,  
Институт химии ДВО РАН,  
Тихоокеанский государственный медицинский университет,  
г. Владивосток*

tarakovaolga@gmail.com

Разработаны методы получения бинарных комплексов Хлорина Е6 с европием, а также конъюгатов на основе полиэтиленимина для терапии глубоких опухолей, содержащих модули хелатора ионов европия и фолиевой кислоты как вектора доставки к онкоклеткам. Показана их хорошая биосовместимость и эффективность в генерации активных форм кислорода в экспериментах *ex vivo*.

*Ключевые слова:* фотосенсибилизатор, активные формы кислорода, гамма-облучение, фотодинамическая терапия, радиотерапия; онкология.

## DEVELOPMENT OF MULTIFUNCTIONAL PREPARATIONS FOR MODIFIED RADIOPHOTODYNAMIC THERAPY OF CANCER

Shevchenko O. V., Tananaev I. G., Medkov M. A., Apanasevich V. I., Yudakov A. A., Lukyanov P. A.

*Far Eastern Federal University,  
Pacific Institute of Bioorganic Chemistry. G.B. Elyakova FEB RAS,  
Institute of Chemistry FEB RAS,  
Pacific State Medical University,  
Vladivostok*

The methods for producing binary complexes of chlorin E6 with europium and conjugates based on polyethyleneimine containing chelator of europium ion modules and folic acid as a delivery vector to cancer cells for the treatment of deep tumors have been developed. We have shown their good biocompatibility and effectiveness in generating reactive oxygen species in *ex vivo* experiments.

*Keywords:* photosensitizer; reactive oxygen species, gamma radiation, photodynamic therapy, radiotherapy, oncology.

На сегодняшний день в России развитие высокотехнологичной медицинской помощи (ВМП) поддерживается Правительством и входит в список приоритетных направлений научно-технологического развития Российской Федерации [1, с. 30]. Подразумевается медицинская помощь с применением высоких медицинских технологий для лечения сложных заболеваний. ВМП может быть оказана по ряду профилей, одним из которых является онкология. В клинической практике одним из современных, но малоизученных методов лечения является фотодинамическая терапия (ФДТ). Более исследован этот метод для лечения различных инфекционных заболеваний и поверхностных новообразований.

Метод ФДТ на практике основан на введении онкобольшим фоточувствительного вещества – фотосенсибилизатора (ФС), способного избирательно накапливаться преимущественно в опухолевых тканях. В результате при лазерном облучении они вступают в фотодинамические реакции, генерируя активные формы кислорода (АФК), которые вызывают окислительное повреждение клеток опухоли, приводящее к их гибели. Одним из



ограничений метода является глубина проникновения лазерного излучения в биологическую ткань [1]. Используемые в клинической практике препараты возбуждаются светом в области 620–690 нм. Проницаемость биологических тканей в этом диапазоне незначительна – всего несколько миллиметров (Рисунок 1).

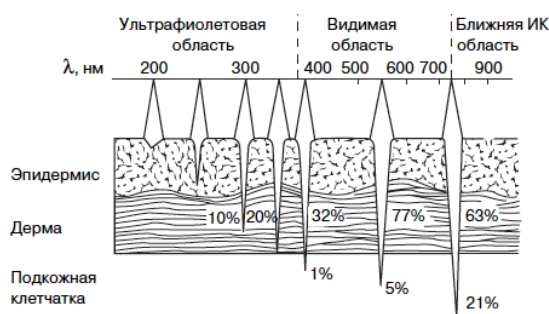


Рисунок 1 – Дифференциальная светопроницаемость кожи [2, с. 32]

Известно, что максимальная проницаемость тканей находится в дальней красной и ближней инфракрасной областях спектра (750–1500 нм). То есть максимумы поглощения основных ФС выходят за пределы тканевого оптического окна (700 – 1100 нм), где большинство тканевых хромофоров, включая окси и дезоксигемоглобин, меланин и жир имеют только слабое поглощение.

Из вышесказанного ясно, что перспективной задачей является создание фотосенсибилизаторов, способных достигать опухолей различной локализации и обеспечивающих эффективную генерацию АФК при гамма-облучении. В этом плане возможным решением является использование европия, флуоресценция которого может возбуждаться гамма-лучами при проведении радиотерапии и передавать свою энергию люминесценции фотосенсибилизатору, например, Фотодитазину (хлорину Е6).

Синтезирован бинарный комплекс Фотодитазина с европием, в котором на одну молекулу европия приходится 4 молекулы хлорина Е6, присутствие которого определяли с помощью оптических и флуоресцентных параметров. Определена стехиометрия комплекса: на одну молекулу европия приходится 4 молекулы Хлорина Е6. Полученный бинарный комплекс обладает низкой аффинностью компонентов друг к другу и способен легко диссоциировать в биологических средах: константа связывания Фотодитазина с ионами европия составляет только  $4,4 \times 10^4 \text{ M}^{-1}$  [3, с. 103]. Более стабильные конъюгаты были получены карбодиимидным методом на основе высокомолекулярного полиэтиленimina (PEI) с модулем фотосенсибилизатора хлорина Е6; а также модуль диэтилентриаминпентауксусной кислоты (DTPA) как хелатора ионов европия и модулем фолевой кислоты (FA) для векторной доставки к онкоклеткам с высокой экспрессией рецептор FA.

Важнейшим показателем функциональности полученных препаратов является их способность генерировать патологичные для онкоклеток активные формы кислорода. Первоначально препараты подвергались жесткому УФ-облучению в течение 30 минут. Результаты представлены на Рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, эффективность конъюгата PEI-E6-DTPA-FA-Eu при концентрации хлорина Е6 1,25 мкг/мл в 9,2 раза выше, нежели у бинарного комплекса Eu-E6. С другой стороны, при одинаковых концентрациях, нормированных по Е6, эффективность комплексов Eu-E6, PEI-E6 и, собственно, Е6, приблизительно равны.

На заключительном этапе исследовали способность комплексов к генерации АФК при гамма-облучении. Предварительно был проведен эксперимент по подбору дозы облучения от 1 до 6 Грей. Показано, что максимально эффективной является доза в 2 Грея. Большие значения приводят к снижению их эффективности в связи с возможной деструкцией фотосенсибилизатора при жестком облучении.

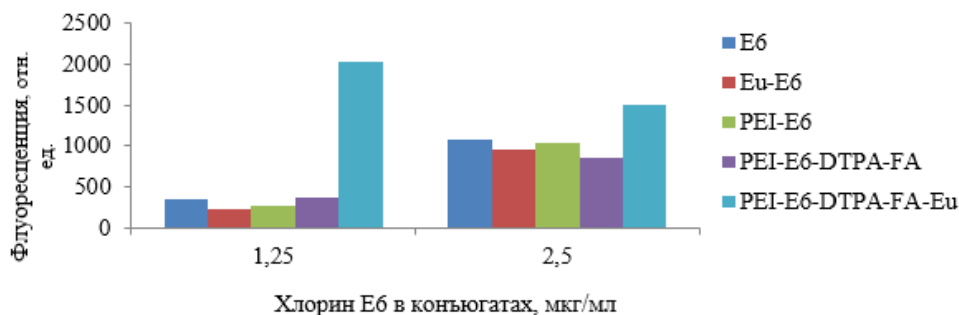


Рисунок 2 - Генерация активных форм кислорода конъюгатами при УФ-облучении

Из Рисунка 3а видно, что бинарный комплекс гораздо более эффективно генерирует активные формы кислорода, нежели непосредственно Фотодитазин.

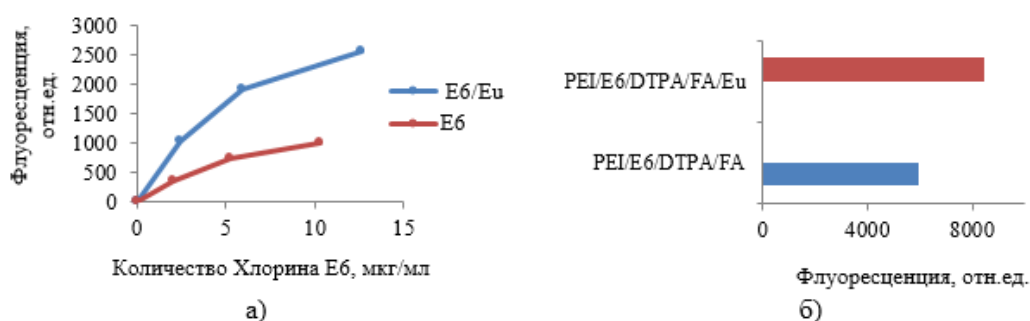


Рисунок 3 - Генерация АФК при гамма-облучении комплексов: а) бинарного комплекса. б) PEI-E6-DTPA-FA и PEI-E6-DTPA-FA-Eu при концентрации 1 мкг/мл.

При сравнительном анализе конъюгатов PEI-E6-DTPA-FA и PEI-E6-DTPA-FA-Eu можно отметить, что включение европия в структуру комплекса значительно усиливает генерацию активных форм кислорода (Рисунок 3б).

Таким образом, нами синтезированы комплексы и конъюгаты на основе Фотодитазина, эффективно генерирующие активные формы кислорода при гамма-облучении. Мультифункциональные конъюгаты содержат модули фотосенсибилизатора, хелатора ионов европия и модули фолиевой кислоты как векторной молекулы для доставки к ее рецепторам.

#### Библиографический список

1. Горбунов С. Н., Никонов Е. Л. Оказание высокотехнологичной медицинской помощи населению Российской Федерации: анализ нормативных документов. // Вестник Росздравнадзора. – 2008. – №. 2. – С. 30-38.
2. Миронов А. Ф. Фотодинамическая терапия рака—новый эффективный метод диагностики и лечения злокачественных опухолей //Соросовский образовательный журнал. – 1996. – Т. 2. – №. 8. – С. 32-40.
3. Шевченко О. В., Панкратов Н.Р., Фильштейн А.П., Медков М.А., Апанасевич В.И., Тананаев И.Г., Лукьянов П.А. Молекулярные комплексы хлорина Е6 и европия для радиофотодинамической терапии. // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2020. – №. 2. – С. 103-107.

УДК 546.185 + 549.057: 621.039.73  
ГРНТИ 81.09.01

## СИНТЕЗ И МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИОКСИДА ТОРИЯ МЕТОДОМ ИПС

Шичалин О. О., Папынов Е. К., Андреева Н. И., Тананаев И. Г.

*Институт химии Дальневосточного отделения РАН, г. Владивосток*

*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток*

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ, г. Озёрск*

*Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, г. Москва*

geokhi@mail.ru

Проведено исследование по синтезу микрокристаллического мезопористого порошка  $\text{ThO}_2$  и его консолидации по технологии искрового плазменного спекания (ИПС) при 1000–1600 °С. Изучена динамика усадки  $\text{ThO}_2$ , фазовый состав, микроструктуру и плотность керамических изделий таблеточного типа. Результаты показали, что высокоскоростная консолидация ИПС порошка при 1600 °С и давлении 80 МПа позволяет получать  $\text{ThO}_2$  керамику с теоретической плотностью 95.2 %. Исследование показывает целесообразность и перспективность дальнейшего изучения с целью возможной адаптации технологии ИПС для атомной индустрии.

*Ключевые слова:* искровое плазменное спекание, торий, топливные композиции

## SYNTHESIS OF MICROCRYSTALLINE THORIUM DIOXIDE BY PULSED PLASMA SINTERING

Shichalin O. O., Papinov E. K., Andreeva N. I., Tananaev I. G.

*Institute of Chemistry of the Far Eastern Branch of the RAS, Vladivostok*

*Far Eastern Federal University, Vladivostok*

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

*Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry RAS, Moscow*

A study was carried out on the synthesis of microcrystalline mesoporous  $\text{ThO}_2$  powder and its consolidation using spark plasma sintering (IPS) technology at 1000–1600 °C. The dynamics of  $\text{ThO}_2$  shrinkage, phase composition, microstructure, and density of tablet-type ceramic products were studied. The results showed that the high-speed consolidation of IPS powder at 1600 °C and a pressure of 80 MPa allows one to obtain  $\text{ThO}_2$  ceramics with a theoretical density of 95.2%. The study shows the feasibility and prospects of further study with a view to possible adaptation of IPS technology for the nuclear industry.

*Keywords:* spark plasma sintering, thorium, fuel compositions

$\text{ThO}_2$  является основной ядерного топливного цикла, реализуемого на изотопе тория Th-232 [1]. Современная атомная энергетика выделяет особое место ториевому ядерному топливу и позиционирует его как одну из альтернатив для замены U-235. Это связано с большей доступностью тория, его лучшими теплофизическими свойствами, высокой температурой плавления, повышенной теплопроводностью и низким коэффициентом теплового расширения.  $\text{ThO}_2$  относительно инертен, имеет повышенную устойчивость к окислению и радиационному воздействию по сравнению с диоксидом урана ( $\text{UO}_2$ ) [2]. В дополнение, при выработке такого топлива нарабатывается меньшее количество трансурановых элементов, что соответствует режиму нераспространения ядерного оружия при использовании  $\text{ThO}_2$  в традиционных легководных реакторах [3]. Перспективы использования  $\text{ThO}_2$  ядерного топлива экспериментально изучаются на реакторах китайского

(HTR-10), канадского (CANDU), индийского (AHWR) производства, а также реакторов HTGR на гелиевом охлаждении [3–5]. Опыт показывает, что, наряду с очевидными преимуществами, имеются серьезные недостатки такого топлива. В частности, проблема заключается в высоком гамма-излучении дочернего изотопа U-232, образующегося при распаде Th-232. Кроме этого, на стадии переработки облученного ядерного топлива отмечена низкая способность ThO<sub>2</sub> к растворению в азотной кислоте, что является обязательной процедурой, и, в результате, усложняются традиционные технологии его выделения из отходов и фабрикация порошков регенераторов в топливное изделие требуемого качества.

В виду необходимости наработки ThO<sub>2</sub> из нитратной системы, как основного сырьевого компонента для топлива, в промышленности ориентируются на различные технологические способы. В частности, активно развивается синтез дисперсного ThO<sub>2</sub> переводом нитрата тория в оксалат тория Th(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O осадительным синтезом с последующей кальцинацией осадка [6,7]. Метод осаждения оксалата привлекателен в технологическом применении для переработки и разделения ядерных отходов [8] в виду своей универсальности, так как позволяет формировать оксалаты с одним катионом (например, Th(IV) или U(IV)), а также двух и более (например, Th(IV)+U(IV)) [6,9]. Однако важным фактором остается выбор условий отжига оксалатных солей с целью получения чистого и пригодного для топливных изделий оксидного сырья, а также его последующего спекания. Сложность заключается в механизме превращения оксалата в оксид при термодеструкции. При низкой температуре происходит дегидратация, при более высокой оксалатная группа разлагается на CO, CO<sub>2</sub>, карбонаты или оксокарбонаты металла в зависимости от газовой среды. В каждом отдельном случае присутствует вероятность содержания примесей в оксидном порошке, а также возможно изменение дисперсности и пористости его частиц, что сказывается на качестве конечного топлива и может усложнять технологический процесс его производства. Результат комплексного исследования в работе [7] описывает прямое влияния путей осаждения оксалата, его измельчения и гомогенизации (смешения), а также температуры прокаливания порошков ThO<sub>2</sub> на основе оксалата, включая параметры размера и пористости зерна, на эффективность спекания и качество топливных таблеток. В литературе отмечено, что ряд негативных факторов значителен для традиционных способов консолидации порошка, но применение нестандартных способов решений позволяет снизить их влияние на режимы изготовления и качество изделий. В частности, известна современная технология искрового плазменного спекания (ИПС), перспективы которой уже доказаны для широкого ряда керамических систем в работах [10–15], в том числе и для UO<sub>2</sub> [16–18]. Уникальные возможности ИПС для консолидации ThO<sub>2</sub> были рассмотрены только в нескольких работах [19–21], где реализовывалось спекание коммерческих порошков ThO<sub>2</sub> керамического сорта заданной чистоты и дисперсности, а также получали смешанные торий-урановые системы. Формирование керамики на основе порошка ThO<sub>2</sub> с применением ИПС, который был синтезирован из оксалата Th(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O, было изучено только в одном исследовании [22]. В указанной работе исследователи успешно реализовали спекание образцов с использованием порошков ThO<sub>2</sub> двух видов, синтезированного по методике [7] и коммерческого типа, после чего провели сравнение характеристик плотности конечных изделий. Несмотря на высокую значимость достигнутых результатов, которые обосновали влияние размера зерна на эффективность спекания и конечные характеристики изделия, в указанном исследовании использовались только наноразмерные порошки ThO<sub>2</sub> (13, 19 и 34 нм), синтез которых сложен и дорогостоящ. При этом единственным варьируемым параметром процесса ИПС была скорость разогрева (50, 100 и 200 °С/мин), температурный режим был неизменен (1600 °С) и его выбор не обсуждался.

В этой связи, цель работы заключается в синтезе и последующем искровом плазменном спекании микрокристаллического порошка ThO<sub>2</sub>, полученного из оксалатного комплекса, в том числе, исследование состава и структуры, а также плотности топливных таблеток в зависимости от температуры спекания.

В работе реализован и описан полный цикл процесса получения образцов топливных изделий на основе диоксида тория. Синтезирован микрокристаллический (средний размер зерна 3–4 мкм) мезопористый ( $S_{уд.} = 17 \text{ м}^2/\text{г}$ ) порошок  $\text{ThO}_2$  путем прямого осаждения оксалатного комплекса металла из нитратного раствора с последующей его кальцинацией. Проведена высокоскоростная консолидация полученного порошка по технологии ИПС и получены образцы плотной  $\text{ThO}_2$  керамики. По дилатометрическим зависимостям исследовано влияние ИПС разогрева в интервале 1000–1600 °С на динамику спекания и установлено, что усадка порошка протекает в несколько стадий при разной температуре разогрева и вызвана механическим и термическим воздействием. Методами РФА, РЭМ и металлографии установлена стабильность фазового состава образцов керамики и выявлены их структурные изменения, связанные с ростом зерна и исключением пористости, при повышении температуры ИПС. Определено, что теоретическая плотность полученных образцов в пределах 95.2 % достигается при 1600 °С за 17 минут одного цикла спекания. Установлено, что микротвердость керамики снижается 598–336 HV с ростом температуры из-за значительной агломерации мелких пор в крупные дефекты в межзеренном пространстве. По результатам исследования показано, что изготовление изделий топливного назначения эффективно реализуется по технологии ИПС при более привлекательных технологических режимах с использованием микрокристаллических порошков, взамен менее доступному наноразмерному сырью.

#### Финансирование работы

Синтез и физико-химические исследования исходных порошков проведены при финансовой поддержке Российского научного фонда проект № 17-73-20097. В исследовании было использовано оборудование междисциплинарного ЦКП в области нанотехнологий и новых функциональных материалов и ЦКП лаборатории механических испытаний и структурных исследований материалов (ДВФУ, г. Владивосток), а также ЦКП «Дальневосточный центр структурных исследований» (Институт химии ДВО РАН, Владивосток).

#### Библиографический список

1. T. Ault, S. Krahn, A. Croff, Thorium fuel cycle research and literature: Trends and insights from eight decades of diverse projects and evolving priorities, *Ann. Nucl. Energy.* 110 (2017) 726–738. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2017.06.026>.
2. U.E. Humphrey, M.U. Khandaker, Viability of thorium-based nuclear fuel cycle for the next generation nuclear reactor: Issues and prospects, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 97 (2018) 259–275. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.019>.
3. M.B. Schaffer, Abundant thorium as an alternative nuclear fuel Important waste disposal and weapon proliferation advantages, *Energy Policy.* 60 (2013) 4–12. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.04.062>.
4. K. Anantharaman, V. Shivakumar, D. Saha, Utilisation of thorium in reactors, *J. Nucl. Mater.* 383 (2008) 119–121. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2008.08.042>.
5. D. Wojtaszek, A. V. Colton, B.P. Bromley, G.W.R. Edwards, A. Levinsky, A scenario analysis of once-through thorium fuel cycles with pressure tube HWRs in Canada, *Ann. Nucl. Energy.* 111 (2018) 152–162. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2017.09.004>.
6. V. Tyrpekl, J.F. Vigier, D. Manara, T. Wiss, O. Dieste Blanco, J. Somers, Low temperature decomposition of U(IV) and Th(IV) oxalates to nanograined oxide powders, *J. Nucl. Mater.* 460 (2015) 200–208. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2015.02.027>.
7. T. Wangle, V. Tyrpekl, S. Cagno, T. Delloye, O. Larcher, T. Cardinaels, J. Vleugels, M. Verwerft, The effect of precipitation and calcination parameters on oxalate derived  $\text{ThO}_2$  pellets, *J. Nucl. Mater.* 495 (2017) 128–137. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2017.07.046>.



8. F. Abraham, B. Arab-Chapelet, M. Rivenet, C. Tamain, S. Grandjean, Actinide oxalates, solid state structures and applications, *Coord. Chem. Rev.* 266-267 (2014) 28–68. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2013.08.036>.
9. N. Clavier, N. Hingant, M. Rivenet, S. Dobbade, N. Dacheux, N. Barfe, F. Abraham, X-ray diffraction and  $\mu$ -raman investigation of the monoclinic- orthorhombic phase transition in  $\text{Th}_{1-x}\text{U}_x(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  solid solutions, *Inorg. Chem.* 49 (2010) 1921–1931. <https://doi.org/10.1021/ic902343r>.
10. N.P. Simonenko, E.P. Simonenko, Spark plasma sintering of nanopowders in the  $\text{CeO}_2$ - $\text{Y}_2\text{O}_3$  system as a promising approach to the creation of nanocrystalline intermediate- temperature solid electrolytes, *Ceram. Int.* 44 (2018) 19879–19884. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.07.249>.
11. T.L. Simonenko, M. V. Kalinina, N.P. Simonenko, E.P. Simonenko, O. V. Glumov, N.A. Mel'nikova, I. V. Murin, O.O. Shichalin, E.K. Papynov, O.A. Shilova, V.G. Sevastyanov, N.T. Kuznetsov, Synthesis of  $\text{BaCe}_{0.9-x}\text{Zr}_x\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$  nanopowders and the study of proton conductors fabricated on their basis by low-temperature spark plasma sintering, *Int. J. Hydrogen Energy.* 44 (2019) 20345–20354. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.05.231>.
12. Tokita, Spark Plasma Sintering (SPS) Method, Systems, and Applications, in: S. Somiya (Ed.), *Handb. Adv. Ceram. Mater. Appl. Process. Prop.*, 2nd ed., Elsevier Inc., 2013: pp. 1149–1178. <https://doi.org/10.1016/B978-012654640-8/50007-9>.
13. E.P. Simonenko, N.P. Simonenko, A.N. Gordeev, E.K. Papynov, O.O. Shichalin, A.F. Kolesnikov, V.A. Avramenko, V.G. Sevastyanov, N.T. Kuznetsov, Study of the thermal behavior of wedge-shaped samples of  $\text{HfB}_2$ –45 vol %  $\text{SiC}$  ultra-high-temperature composite in a high-enthalpy air flow, *Russ. J. Inorg. Chem.* 63 (2018) 421–432. <https://doi.org/10.1134/S0036023618040186>.
14. E.K. Papynov, O.O. Shichalin, I.Y. Buravlev, A.S. Portnyagin, Reactive Spark Plasma Synthesis of Porous Bioceramic Wollastonite, *Russ. J. Inorg. Chem.* 65 (2020) 263–270. <https://doi.org/10.1134/S0036023620020138>.
15. E.K. Papynov, O.O. Shichalin, M.A. Medkov, D.N. Grishchenko, I.A. Tkachenko, A.N. Fedorets, V.S. Pechnikov, A. V. Golub, I.Y. Buravlev, I.G. Tananaev, V.A. Avramenko, Spark Plasma Sintering of Special-Purpose Functional Ceramics Based on  $\text{UO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ , *Glas. Phys. Chem.* 44 (2018) 632–640. <https://doi.org/10.1134/S1087659618060159>.
16. L. Ge, G. Subhash, R.H. Baney, J.S. Tulenko, E. McKenna, Densification of uranium dioxide fuel pellets prepared by spark plasma sintering (SPS), *J. Nucl. Mater.* 435 (2013) 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2012.12.010>.
17. E.K. Papynov, O.O. Shichalin, A.Y. Mironenko, A. V Ryakov, I. V Manakov, P. V Makhrov, I.Y. Buravlev, I.G. Tananaev, V.A. Avramenko, V.I. Sergienko, Synthesis of High-Density Pellets of Uranium Dioxide by Spark Plasma Sintering in Dies of Different Types, *Radiochemistry.* 60 (2018) 362–370. <https://doi.org/10.1134/S1066362218040045>.
18. Z. Chen, G. Subhash, J.S. Tulenko, Master sintering curves for  $\text{UO}_2$  and  $\text{UO}_2$ - $\text{SiC}$  composite processed by spark plasma sintering, *J. Nucl. Mater.* 454 (2014) 427–433. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2014.08.023>.
19. L. Malakkal, A. Prasad, J. Ranasinghe, E. Jossou, D. Oladimeji, B. Szpunar, L. Bichler, J. Szpunar, The effect of SPS processing parameters on the microstructure and thermal conductivity of  $\text{ThO}_2$ , *J. Nucl. Mater.* 527 (2019) 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2019.151811>.
20. M. Saoudi, D. Staicu, J. Mouris, A. Bergeron, H. Hamilton, M. Naji, D. Freis, M. Cologna, Thermal diffusivity and conductivity of thorium- uranium mixed oxides, *J. Nucl. Mater.* 500 (2018) 381–388. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2018.01.014>.
21. H. Muta, Y. Murakami, M. Uno, K. Kurosaki, S. Yamanaka, Thermophysical properties of  $\text{Th}_{1-x}\text{U}_x\text{O}_2$  pellets prepared by spark plasma sintering technique, *J. Nucl. Sci. Technol.* 50 (2013) 181–187. <https://doi.org/10.1080/00223131.2013.757468>.



22. V. Tyrpekl, M. Cologna, D. Robba, J. Somers, Sintering behaviour of nanocrystalline ThO<sub>2</sub> powder using spark plasma sintering, J. Eur. Ceram. Soc. 36 (2016) 767–772. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2015.11.006>.

УДК 54.062  
ГРНТИ 31.15.35

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ Cr (VI).

Федорова О. В., Хужина К. А., Серикова Е. В.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ,  
г.Озёрск, Челябинская область*

*elizaveta.752@yandex.ru*

В работе рассмотрены вопросы очистки производственных гальванических сточных вод. Целью данной работы является очистка сточных вод от Cr (VI). Очистка производилась с помощью ионного обмена на анионите АВ-17 в динамическом режиме. Сорбция эффективна и коэффициент превышает 99%.

*Ключевые слова: хром, ионный обмен, анионит, сточные воды, гальванические производства.*

## CR (VI) REMOVAL FROM GALVANIC PRODUCTION WASTEWATER

Fedorova O. V., Khuzhina K. A., Serikova E. V.

*OTI MEPhI, Ozersk*

The paper deals with the treatment of industrial galvanic wastewater. The aim of this work is to remove Cr (VI) from wastewater. It was carried out using ion exchange on anion exchange resin AB-17 in a dynamic mode. Sorption is effective and the coefficient exceeds 99%.

*Keywords: chromium, ion exchange, anion exchange resin, wastewater, galvanic production.*

Состав производственных сточных вод зависит от характера производственного процесса и отличается большим многообразием.

Гальваническое производство является одним из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды, главным образом поверхностных и подземных водоёмов. Это происходит из-за образования большого объёма сточных вод, содержащих вредные примеси тяжёлых металлов, неорганических кислот и щелочей, поверхностно-активных веществ и других высокотоксичных соединений, а также большого количества твёрдых отходов, особенно от реагентного способа обезвреживания сточных вод, содержащих тяжёлые металлы в малорастворимой форме.

В настоящее время тяжёлые металлы занимают лидирующее место среди наиболее опасных факторов в общем загрязнении окружающей среды.

Целью данной работы является очистка сточных вод от Cr(VI). Задача обусловлена необходимостью получения информации о наиболее эффективных методиках очистки вод гальванического производства от Cr (VI).

Существующие методы очистки сточных вод гальванического производства подробно изучены и представлены в литературных источниках. На основе данных методов внедряются комплексные технологии, производится различное оборудование для очистных сооружений.

Сорбционные методы являются наиболее распространенными для выделения хрома из сточных вод гальванопроизводства.

Ионообменное извлечение металлов из сточных вод позволяет рекуперировать ценные вещества с высокой степенью извлечения. Данный метод основан на применении катионитов и анионитов, сорбирующих из обрабатываемых сточных вод катионы и анионы растворенных солей. В процессе фильтрования обменные катионы и анионы заменяются катионами и анионами, извлекаемыми из сточных вод. Это приводит к истощению обменной способности материалов и необходимости их регенерации.

Очистка сточных вод производилась на анионите АВ-17 в динамическом режиме. При концентрации шестивалентного хрома в растворе от 800 до 1400 экв/дм<sup>3</sup> обменная емкость анионита АВ-17 составляет 270 - 376 моль-экв/м<sup>3</sup>. ПДК Cr(VI) в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования составляет 0,05 мг/дм<sup>3</sup>.

Содержание хрома в растворах определяли фотометрическим методом ПНД Ф 14.1: 2: 4.52-96 с использованием дифенилкарбазида. Методика предназначена для измерения показателей состава питьевых, природных и сточных вод. Результаты изучения кинетики сорбции хрома представлены в таблице 1, содержание (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)<sup>2-</sup> в исходном растворе = 5 мг/дм<sup>3</sup>, масса загрузки смолы = 0,01 кг.

Таблица 1. Результаты серии экспериментов.

№ пробы	Скорость пропускания раствора, мл/мин	Содержание (Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sup>2-</sup> в десорбате, С <sub>2</sub>	Степень очистки	Превышение ПДК
1	4	0,062 мг/ дм <sup>3</sup>	98,7%	24%
2	1	0,025 мг/ дм <sup>3</sup>	99,5%	-
3	0,66	ниже предела обнаружения	>99,5%	-

По результатам, представленным в таблице 1, можно сделать вывод, что сорбция на анионите АВ-17 эффективна и коэффициент очистки при скорости пропускания раствора через смолу менее 1 мл/мин превышает 99%.

Результаты исследования могут представлять интерес не только для студентов и специалистов, связанных с ядерной технологией применения тория, но и для широкого круга исследователей, работающих в области разработок методов очистки гальванических вод от тяжелых металлов.

#### Библиографический список

1. Винокуров Е.Г., Мешалкин В.П., Василенко Е.А., Невмятулина Х.А., Бурухина Т.Ф., Бондарь В.В. Системный анализ эффективности и конкурентоспособности технологий хромирования // Теоретические основы химической технологии. - 2016. - Т. 50, № 5. - С. 551-560.
2. Долина Л.Ф., Решетняк Т.П. очистка сточных вод промышленных предприятий природными металлами, 2018.
3. Клименко Т.В. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов // Современные научные исследования и инновации. 2017.
4. Каратаев О.Р., Кудрявцева Е.С., Мингазетдинов И.Х.: очистка сточных вод от ионов шестивалентного хрома, 2019.
5. Шестаков И.Я., Васильева Е.А., Ремизов И.А.: очистка воды от ионов хрома в диафрагменном электролизёре, 2016.

# ЭКОЛОГИЯ И РАДИОЭКОЛОГИЯ

УДК [57+61]:539.1.047  
ГРНТИ 76.29.49

## ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ МЕЛАНОМОЙ В КОГОРТЕ РАБОТНИКОВ, ПОДВЕРГШИХСЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ ОБЛУЧЕНИЮ

Банникова М. В., Рыбкина В. Л., Азизова Т. В., Григорьева Е. С.

*ФГУП Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России  
г. Озёрск, Челябинская область*

clinic@subi.su

В последние десятилетия отмечается устойчивая тенденция к росту рака кожи, в том числе в когортах лиц, подвергшихся различным видам облучения. Однако до сих пор остается неясной оценка риска и характер зависимости доза-эффект при пролонгированном облучении с низкой мощностью дозы. Поэтому целью настоящего исследования являлась оценка заболеваемости меланомой кожи в когорте работников ПО «Маяк», подвергшихся профессиональному пролонгированному облучению с низкой мощностью дозы.

*Ключевые слова:* меланома кожи, заболеваемость, профессиональное хроническое облучение

## MELANOMA INCIDENCE IN A COHORT OF WORKERS EXPOSED TO IONIZING RADIATION

Bannikova M. V., Rybkina V. L., Azizova T. V., Grigoryeva E. S.

*Southern Urals Biophysics Institute, Ozersk*

A consistent growth of skin cancer rates has been observed during the last decade in various population groups including cohorts of individuals exposed to ionizing radiation at different scenarios. However, there is little information on the levels of risk and shape of dose-response following exposures at low dose rates over prolonged periods. The present study was aimed to assess the incidence of skin melanoma in a cohort of Mayak Production Association workers exposed to ionizing radiation at low dose rates over prolonged periods.

*Keywords:* skin melanoma, incidence, occupational chronic radiation exposure

### Материал и методы

Это исследование является ретроспективным когортным исследованием. Изучаемая когорта включала всех работников производственного объединения (ПО) «Маяк» (первого в России крупного предприятия атомной промышленности, расположенного на Южном Урале, вблизи города Озерск), впервые нанятых на один из основных заводов (реакторы, радиохимический, плутониевый) в период с 1 января 1948 г. по 31 декабря 1982 г., не зависимо от пола, возраста, национальной принадлежности, профессии, продолжительности работы и других характеристик, – 22377 человек (25,4% – женщины).

Период наблюдения за когортой начинался от даты найма на один из основных заводов и продолжался до первого из следующих событий: даты установления диагноза ЗНО кожи; даты смерти; 31 декабря 2013 г. для живых работников, проживающих в г. Озёрск (резиденты); даты «последней медицинской информации» для работников-резидентов с неизвестным жизненным статусом и для тех работников, кто выехал из г. Озёрск (мигранты).

К концу периода наблюдения жизненный статус известен для 95 % членов изучаемой когорты; 53,5% из них умерли и 46,5% живы. Средний возраст на момент смерти у мужчин составил  $61,52 \pm 13,63$  лет, у женщин –  $70,4 \pm 12,44$  лет, а средний возраст тех, кто жив –  $68,50 \pm 10,40$  и  $76,59 \pm 9,75$  соответственно.

На основе медико-дозиметрической базы данных «Клиника» [6] были идентифицированы все верифицированные случаи меланомы кожи (МК) в изучаемой когорте работников – 60 случаев (37 случая (61,7%) у мужчин и 23 случаев (38,3%) у женщин). Следует отметить, что МК были подтверждены гистологическим исследованием в 100% случаев.

#### *Дозиметрия*

В исследовании использованы поглощенные дозы внешнего гамма-излучения и нейтронного излучения дозиметрической системы работников «Маяка» - 2008 («ДСРМ-2008»), разработанной в рамках программы российско-американского сотрудничества [7]. В ДСРМ - 2008 доступны поглощенные дозы на 18 органов, но, к сожалению, отсутствует доза на кожные покровы, поэтому в настоящем исследовании была использована индивидуальная поглощенная доза равномерного гамма-излучения на глубине 10 мм в точке ношения дозиметра –  $H_p(10)$  эквивалент (далее обозначен как «доза внешнего гамма-облучения») и индивидуальная поглощенная доза нейтронного излучения на глубине 10 мм в месте ношения дозиметра –  $H_p(10)n$  эквивалент (далее обозначен как «доза внешнего нейтронного облучения») [8]. Средняя суммарная доза внешнего гамма-облучения у мужчин составила  $0,54 \pm 0,76$  Зв (95 % процентиль 2,21 Зв; минимум – максимум: 0 – 8,43 Зв;), у женщин –  $0,44 \pm 0,65$  Зв (95 % процентиль 1,87 Зв; минимум – максимум: 0 – 6,83 Зв), а средняя суммарная доза нейтронного облучения –  $0,034 \pm 0,080$  Зв (минимум – максимум: 0 – 2,64 Зв) и  $0,033 \pm 0,092$  Зв (минимум – максимум: 0 – 1,15 Зв) соответственно.

#### *Статистический анализ*

Настоящий анализ был ограничен периодом проживания в г. Озёрск, т.к. информация о заболеваниях, результатах ежегодного обследования кожи и нерадиационных факторах была недоступной для мигрантов после их выезда из г. Озёрск. Сравнение проводилось внутри изучаемой когорты работников ПО «Маяк». Из исследования были исключены 43 работника, подвергшиеся острому гамма-нейтронному облучению высокой мощности, приведшему к развитию острой лучевой болезни, и 698 работника, у которых отсутствовала медицинская информация в связи с потерей медицинских карт.

Для проведения анализа данные были организованы в многомерные таблицы.

Стандартизованные показатели заболеваемости МК на 100000 работников и 95 % доверительные интервалы (ДИ) были рассчитаны с использованием стандартного пакета Statistica 10.0. Стандартизация проводилась косвенным методом с использованием внутреннего стандарта.

Кусочная лог-линейная модель, называемая также анализом по точкам перегиба (Joinpoint Regression Program, version 4.0.4; Statistical Research and Applications Branch, National Cancer Institute), без ограничений на расположение узлов или точек перегиба использовалась для построения временных трендов и для оценки годовых процентных изменений (АРС) показателей заболеваемости. Использовались двусторонние критерии статистической значимости, при уровне значимости 0,10 (без поправки на автокорреляцию).

Информацию о заводе учитывали за весь период наблюдения. Качественный показатель принимал значения: «плутониевый завод», «радиохимический завод» «реакторы».

Сведения об отношении работников к курению учитывались за весь период наблюдения и оценивались с помощью качественного показателя, который принимал значения: неизвестно, никогда не курил, когда-либо курил.

Сведения об отношении работников к употреблению алкоголя учитывались также за весь период наблюдения и оценивались с помощью качественного показателя, который принимал значения: «не употребляет», «умеренно», «злоупотребление», «неизвестно».

## Результаты

В изучаемой когорте работников ПО «Маяк» за весь период наблюдения были зарегистрированы 60 случаев МК в течение 571462 человеко-лет наблюдения. Преобладающее большинство случаев МК зарегистрированы у работников в возрасте старше 50 лет (85,0%) (Таблица 1). Известно, что возраст является одним из основных факторов риска развития ЗНО [3 – 5].

Таблица 1 – «Грубые» показатели заболеваемости меланомой кожи в изучаемой когорте в зависимости от пола и возраста работников (на 100 тыс.)

Достигнутый возраст, лет	Мужчины		Женщины	
	Число случаев	Показатели	Число случаев	Показатели
< 50	6	$2,23 \pm 0,91$	3	$3,34 \pm 1,93$
50 – 59	13	$18,48 \pm 5,13^b$	3	$8,95 \pm 5,17$
60 +	18	$29,44 \pm 6,94$	17	$36,45 \pm 8,84^b$

Примечания:  
<sup>a</sup> – статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ) при сравнении мужчин и женщин;  
<sup>b</sup> – статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ) при сравнении с предыдущим возрастом

Преобладающее большинство случаев МК зарегистрировано в период 1986 – 2013 гг. (86,7%), что обусловлено, прежде всего, достигнутым возрастом работников изучаемой когорты в этот период.

Стандартизованные показатели заболеваемости МК у мужчин составили  $8,51 \pm 1,46$  и у женщин –  $8,78 \pm 2,27$  на 100 000 работников. Стандартизованные показатели заболеваемости МК в изучаемой когорте работников существенно увеличивались к концу периода наблюдения (рисунок 1). Выявлена тенденция к увеличению МК у мужчин ( $APC = 2,37$ ,  $p = 0,2$ ) (рисунок 1). Полученные результаты хорошо согласуются с результатами других исследований и подтверждают общую закономерность – рост заболеваемости ЗНО кожи [1 – 3].

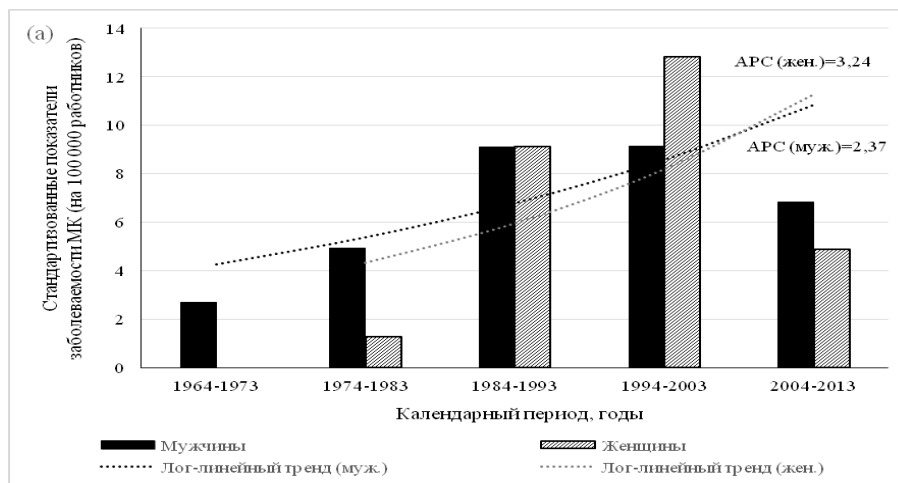


Рисунок 1 – Стандартизованные показатели заболеваемости МК в изучаемой когорте работников

## Заключение

Заболеваемость меланомой кожи в когорте работников, подвергшихся профессиональному хроническому облучению, зависела от пола, достигнутого возраста работников и календарного периода установления диагноза. Выявлен статистически значимый рост заболеваемости меланомой кожи к концу периода наблюдения, как у мужчин, так и у женщин.

Библиографический список

1. Ferlay J, Shin HR, Bray F, Forman D, Mathers C, Parkin DM (2010) GLOBOCAN 2008 v1.2 cancer incidence and mortality worldwide: IARC CancerBase No. 10 (Internet). Lyon, France: International Agency for Research on Cancer; available from <http://globocan.iarc.fr>
2. Dermatooncologiya (malignant skin neoplasms, primary skin lymphomas). Atlas: eds Kungurova NV. Ekaterinburg: MaksInfo; 2016. [in Russian]
3. Risk of solid cancers following radiation exposure: Estimates for the UK population. Report of the Independent Advisory Group on Ionising Radiation Doc HPA, RCE-19, 2011 1–258 ([www.gov.uk/government/publications/radiation-risk-of-solid-cancers-following-exposure](http://www.gov.uk/government/publications/radiation-risk-of-solid-cancers-following-exposure)).
4. Rastrelli M, Tropea S, Rossi CRand Alaibac M: Melanoma: epidemiology, risk factors, pathogenesis, diagnosis and classification. In Vivo. 2014; 28:1005–1011. PMID: 25398793
5. Bauer A, Diepgen TL and Schmitt J. Is occupational solar ultraviolet irradiation a relevant risk factor for basal cell carcinoma? A systematic review and meta-analysis of the epidemiological literature British Journal of Dermatology. 2011; 165:612–625. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2011.10425.x> PMID: 21605109
6. Azizova TV, Day RD, Wald N, Muirhead CR, O'Hagan JA, Sumina MV, et al. The ``clinic° medical-dosimetric database of Mayak production association workers: Structure, characteristics and prospects of utilization. Health Phys. 2008; 94:449–58. <https://doi.org/10.1097/01.HP.0000300757.00912.a2> PMID:18403966
7. Vasilenko EK, Scherpelz RI, Gorelov MV, Strom DJ, Smetanin. MY. External Dosimetry Reconstruction for Mayak Workers. AAHP Special Session Health Physics Society Annual Meeting, 2010. ([http://www.hpsl.org/aaHP/public/AAHP\\_Special\\_Sessions/2010\\_Salt\\_Lake\\_City/pm-1.pdf](http://www.hpsl.org/aaHP/public/AAHP_Special_Sessions/2010_Salt_Lake_City/pm-1.pdf))
8. ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2–4). <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2007.10.003> PMID: 18082557

УДК 617.741-004.1-053.9

ГРНТИ 76.29.56

# **ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ КАТАРАКТОЙ В КОГОРТЕ РАБОТНИКОВ, ПОДВЕРГШИХСЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ ОБЛУЧЕНИЮ**

Брагин Е. В., Азизова Т. В., Банникова М. В.

*ФГУП Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России*

*г. Озёрск, Челябинская область*

[clinic@subi.su](mailto:clinic@subi.su)

Заболеваемость катарактой в когорте работников ПО «Маяк» статистически значимо зависела от нерадиационных факторов риска (курение, наличие сопутствующей глаукомы и/или высокой степени миопии). Не выявлено влияния индекса массы тела, артериальной гипертензии и статуса употребления алкоголя на заболеваемость катарактой в изучаемой когорте работников. Заболеваемость катарактой была статистически значимо выше у работников, подвергшихся внешнему гамма-облучению в суммарной дозе более 1,0 Гр, по сравнению с работниками, подвергшимися облучению в более низких дозах.

*Ключевые слова:* старческая катаракта, показатели заболеваемости, факторы риска, внешнее облучение, ПО «Маяк»



## CATARACT INCIDENCE IN A COHORT OF WORKERS EXPOSED TO IONIZING RADIATION

Bragin E. V., Azizova T. V., Bannikova M. V.

*Southern Urals Biophysics Institute, Ozersk*

Cataract incidence in a cohort of Mayak PA workers was significantly associated with non-radiation risk factors (smoking, concomitant glaucoma and/or severe myopia). Body mass index, hypertension and alcohol consumption were shown to have no effect on the cataract incidence in the study worker cohort. The cataract incidence was significantly increased in those workers who had been externally exposed to gamma rays at cumulative doses exceeding 1 Gy compared to those who had been exposed at lower gamma doses.

**Keywords:** senile cataract, incidence rates, risk factors, external exposure to ionizing radiation, Mayak PA

### Введение

Катаракта является ведущей причиной нарушения зрения в пожилом возрасте [1, 2, 3] и наиболее частой причиной слепоты (33%) [4]. Распространенность катаракты в возрасте более 50 лет составляет 47,8% [2]. Катаракта является многофакторным заболеванием. В результате многочисленных исследований были установлены факторы, способствующие развитию катаракты: ультрафиолетовое и инфракрасное излучение, диабет, артериальная гипертензия, ожирение, курение, длительное использование кортикостероидных препаратов, предшествующие травмы и воспалительные заболевания глаз, хирургическое лечение глаз, заместительная гормонотерапия, злоупотребление алкоголем, высокая миопия и наследственная предрасположенность [5 – 10]. Кроме того, известно, что хрусталик является одним из наиболее радиочувствительных органов у человека, и воздействие ионизирующего излучения высокой мощности приводит к развитию катаракты [11, 12].

### Цель исследования

Целью исследования являлась оценка показателей заболеваемости старческой катарактой в когорте работников, подвергшихся профессиональному пролонгированному облучению, в зависимости от нерадиационных и радиационных факторов.

### Материалы и методы

Заболеваемость катарактой изучена в когорте работников ПО «Маяк», первого в России предприятия атомной промышленности, впервые нанятых на один из основных заводов (реакторы, радиохимический, плутониевый) в 1948 – 1958 гг., и наблюдавшихся до конца 2008 г. (12210 чел.). Для достижения целей исследования были идентифицированы все случаи катаракты вне зависимости от причин ее возникновения (3100 случаев), зарегистрированные в изучаемой когорте, на основе медико-дозиметрической базы данных «Клиника» [13]. Большинство случаев (94%) приходилось на долю старческой катаракты. В настоящее исследование включены только верифицированные случаи старческой катаракты – 2523 случая (далее по тексту «катаракта»). Наибольшее количество случаев катаракты, как у мужчин, так и у женщин, было впервые зарегистрировано в возрасте от 61 до 70 лет (53,8%), наименьшее (0,71%) – в возрасте до 40 лет. Средний возраст на момент установления диагноза составил  $62,88 \pm 0,26$  лет, медиана (минимум, максимум) – 65(18; 89) у мужчин, и  $64,88 \pm 0,28$  лет, медиана (минимум, максимум) – 67(21; 89) у женщин. Причем, средний возраст на момент установления диагноза «катаракта» у женщин был статистически значимо выше по сравнению с мужчинами, что хорошо согласуется с литературными данными [14].

Статистический анализ включал расчет не стандартизованных («грубых») и стандартизованных (по полу и возрасту) показателей заболеваемости катарактой. Стандартизация проводилась косвенным методом с использованием в качестве внутреннего стандарта распределения всей изучаемой когорты работников ПО «Маяк» по полу и возрасту.

Показатели заболеваемости рассчитывали на 100000 работников в соответствии с методами медицинской статистики [15].

Так как работники изучаемой когорты в процессе трудовой деятельности подвергались пролонгированному внешнему гамма-облучению, было изучено влияние суммарной дозы облучения на заболеваемость катарактой. В исследовании использованы суммарные дозы облучения, рассчитанные на основе дозиметрической системы работников ПО «Маяк» «ДСРМ – 2008» [16].

### Результаты

В результате анализа показателей заболеваемости катарактой в изучаемой когорте в зависимости от пола и возраста работников показано, что стандартизованные показатели заболеваемости катарактой у женщин были статистически значимо выше по сравнению с мужчинами ( $1109,96 \pm 37,75$  и  $1000,54 \pm 24,66$  на 100 тыс., соответственно). Показатели заболеваемости катарактой статистически значимо зависели от возраста работников, как среди мужчин, так и среди женщин, что обусловлено возрастной природой изучаемой патологии (старческая катаракта). Наиболее высокие показатели заболеваемости катарактой были зарегистрированы у мужчин и у женщин в возрасте старше 60 лет.

«Грубые» показатели заболеваемости катарактой ожидаемо увеличивались к концу периода наблюдения, что связано с увеличением возраста работников изучаемой когорты. Стандартизованные показатели заболеваемости находились примерно на одном уровне в течение всего периода наблюдения (Рис.1).

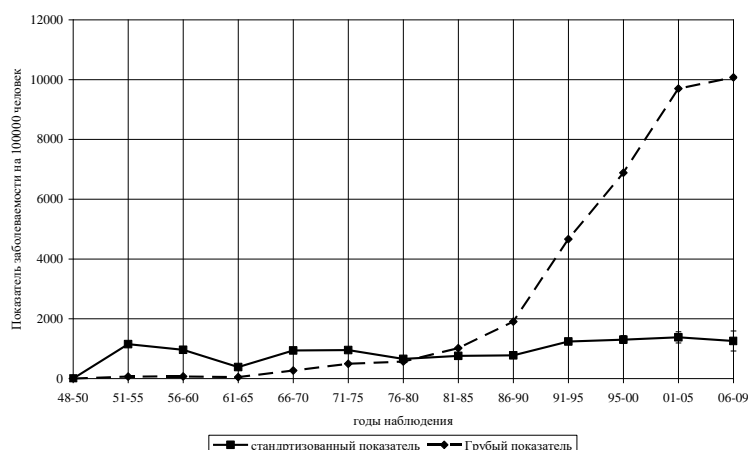


Рисунок 1 – «Грубые» и стандартизованные показатели заболеваемости катарактой в изучаемой когорте работников

В результате анализа заболеваемости катарактой в зависимости от нерадиационных и радиационных факторов риска было показано, что:

- Заболеваемость катарактой была статистически значимо выше у мужчин с индексом курения от 0 до 20 пачка\*лет по сравнению с группой некурящих мужчин.
- Показатели заболеваемости катарактой у мужчин были статистически значимо выше в группах работников с сопутствующей глазной патологией (глаукома и/или высокая степень миопии), по сравнению с работниками без такой патологии; в то же время у женщин статистически значимых различий не выявлено, что, по-видимому, связано с меньшей статистической мощностью исследуемой группы.
- Не выявлено влияния индекса массы тела, артериальной гипертензии и статуса употребления алкоголя на заболеваемость катарактой в изучаемой когорте работников.
- Стандартизованные показатели заболеваемости катарактой как у мужчин, так и у женщин, подвергшихся внешнему гамма-облучению в суммарной дозе более 1,0 Гр, были статистически значимо выше, по сравнению с работниками, подвергшимся облучению в меньших дозах.

- Не выявлено влияния нейтронного облучения на заболеваемость катарактой.

### **Заключение**

Анализ показателей заболеваемости катарактой в когорте работников, подвергнувшихся профессиональному облучению, показал, что развитие катаракты зависит как от нерадиационных (пол, достигнутый возраст, курение, наличие сопутствующей глазной патологии и др.), так и радиационных (внешнее гамма- облучение) факторов.

### **Библиографический список**

1. Гуськова А.К., Байсоголов Г.Д. Лучевая болезнь человека. – М.: Медицина, 1971.
2. Мерков А.М., Поляков Л.Е. Санитарная статистика (пособие для врачей). – М.: Атомиздат, 1975, 245 с.
3. Abraham A.G., Condon N.G., West Gower E. The new epidemiology of cataract. *Ophthalmol Clin North Am.* 2006; 19(4):415–425.
4. Resnikoff S., Pascolini D., Etya'ale D., Kocur I., Pararajasegaram R., Pokharel G.P., Mariotti S.P. Global data on visual impairment in the year 2002. *Bull World Health Organ* 2004; 82(11):844–851.
5. Foster A. Cataract and “Vision 2020-the right to sight” initiative. *Br J Ophthalmol* 2001; 85(6):635–637.
6. Pascolini D., Mariotti S.P. Global estimates of visual impairment: 2010. *Br J Ophthalmol* 2012; 96(5):614–618.
7. Vrensen G.F. Early cortical lens opacities: a short overview. *Acta Ophthalmol.* 2009; 87(6):602–610.
8. Navarro Esteban J.J., Gutierrez Leiva J.A., Valero Caracena N., Buendia Bermejo J., Calle Puron M.E., Martinez Vizcaino V.J. Prevalence and risk factors of lens opacities in the elderly in Cuenca, Spain. *Eur J Ophthalmol.* 2007; 17(1):29–37.
9. Kanthan G.L., Mitchell P., Burlutsky G., Wang J.J. Fasting blood glucose levels and the longterm incidence and progression of cataract – the Blue Mountains Eye Study. *Acta Ophthalmol.* 2011; 89(5):e434–8.
10. Rahman A., Yahya K., Shaikh A., Fasih U., Zuberi B.F. Risk factors associated with Pre-senile Cataract. *Pak J Med Sci.* 2011; 27(1):145–148.
11. Wu R., Wang J.J., Mitchell P., Lamoureux E.L., Zheng Y., Rochtchina E., Tan A.G., Wong T.Y. Smoking, Socioeconomic Factors, and Age-Related Cataract. *Arch Ophthalmol.* 2010; 128(8):1029–1035.
12. Tan J.S., Wang J.J., Younan C., Cumming R.G., Rochtchina E., Mitchell P. Smoking and the long-term incidence of cataract: the Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmic Epidemiol.* 2008; 15(3):155–161.
13. Otake M., Schull W.J. A review of forty-five years study of Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors. *Radiation cataract. J. Radiat. Res.* 1991; 32 Suppl:283–293.
14. Azizova T.V., Day R.D., Wald N., Muirhead C.R., O'Hagan J.A., Sumina M.V., Belyaeva Z.D., Druzhinina M.B., Teplyakov I.I., Semenikhina N.G., Stetsenko L.A., Grigoryeva E.S., Krupenina L.N., Vasilenko E.K. The "Clinic" medical-dosimetric database of Mayak production association workers: structure, characteristics and prospects of utilization. *Health Phys.* 2008; 94(5):449–458.
15. West S. Epidemiology of cataract: accomplishments over 25years and future directions. *Ophthalmic Epidemiol.* 2007; 14(4):173–178.
16. Khokhryakov V.V., Khokhryakov V.F., Suslova K.G., Vostrotin V.V., Vvedensky V.E., Sokolova A.B., Krahenbuhl M.P., Birchall A., Miller S.C., Schadilov A.E., Ephimov A.V. Mayak Worker Dosimetry System 2008 (MWDS-2008): Assessment of internal alpha-dose from measurement results of plutonium activity in urine. *Health Phys.* 2013; 104(4):366–378.

УДК 61  
ГРНТИ 76.29.30

## ПОКАЗАТЕЛИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ В КОГОРТЕ РАБОТНИКОВ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Брикс К. В., Банникова М. В., Азизова Т. В., Жунтова Г. В., Григорьева Е. С.

*ФГУП Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России  
г. Озёрск, Челябинская область*

clinic@subi.su

Статья посвящена оценке показателей заболеваемости артериальной гипертензией (АГ, I10 – I14 коды МКБ-10) в когорте работников предприятия атомной промышленности. Результаты настоящего исследования продемонстрировали, что стандартизованные показатели заболеваемости АГ у работников изучаемой когорты статистически значимо зависели от пола, достигнутого возраста, индекса массы тела и отношения к алкоголю.

*Ключевые слова:* артериальная гипертензия, показатели заболеваемости, предприятие атомной промышленности

## ARTERIAL HYPERTENSION INCIDENCE RATES IN A COHORT OF NUCLEAR WORKERS

Briks K. V., Bannnikova M. V., Azizova T. V., Zhuntova G. V., Grigoryeva E. S.

*Southern Urals Biophysics Institute, Ozersk*

The article is devoted to the assessment of the incidence rates of hypertension (I10 – I14 ICD-10 codes) in a cohort of workers nuclear industry. It was shown, that standardized incidence rates for hypertension among workers of the study cohort were significantly associated with sex, attained age, body mass index and alcohol consumption.

*Keywords:* hypertension, incidence rates, nuclear industry.

### *Введение*

Важнейшим фактором сердечно-сосудистого риска является артериальная гипертензия (АГ). По оценке экспертов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в 2010 году в общемировом масштабе повышенное артериальное давление (АД) стало причиной примерно 9,4 миллиона смертей, привело к утрате 162 миллионов лет жизни и внесло свой вклад в развитие 50 % всех случаев ишемической болезни сердца, инсультов и сердечной недостаточности. С повышением АД связано 18 % всех смертей и 40 % летальных исходов среди больных сахарным диабетом [1, с. 551].

### *Материалы и методы*

Изучаемой когортой являлась когорта работников ПО «Маяк», впервые нанятых на один из основных заводов (реакторный, радиохимический или плутониевый) в 1948 – 1982 годах и наблюдавшихся до конца 2008 года. Когорта включала 22377 работников, из них 25 % составили женщины. Жизненный статус на 31 декабря 2008 год был известен у 95 % членов когорты; при этом известно, что 53,5 % из них умерли, а 46,5 % — живы.

В рамках настоящего исследования был проведен анализ показателей заболеваемости АГ в зависимости от различных нерадикационных факторов риска.

Статистическая обработка первичных данных была проведена с использованием стандартного пакета *Statistica 6.0*. Стандартизация проводилась косвенным методом с использованием внутреннего стандарта – распределения по полу и возрасту всей изучаемой

когорты работников ПО «Маяк» в целом. Показатели заболеваемости рассчитывали на 1000 работников в соответствии с методами медицинской статистики.

#### *Результаты исследования*

По состоянию на 31 декабря 2008 года в изучаемой когорте работников было зарегистрировано 8047 случаев АГ.

Заболеваемость АГ как у мужчин, так и у женщин изучаемой когорты статистически значимо повышалась с увеличением возраста работников, что согласуется с результатами других эпидемиологических исследований, проведенных в нашей стране и за рубежом [5, р. 2363] – рис. 1.

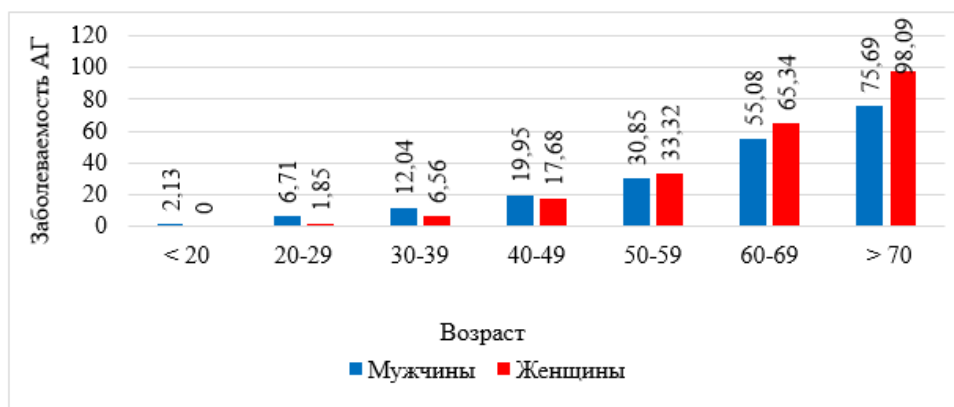


Рисунок 1 – Показатели заболеваемости АГ в изучаемой когорте в зависимости от пола и возраста работников (на 1000 работающих)

Заболеваемость АГ у мужчин изучаемой когорты была значимо выше соответствующего показателя у женщин в возрастной группе 20 – 50 лет. Однако после 50 лет картина полностью менялась, и заболеваемость АГ у женщин становилась значимо выше соответствующего показателя у мужчин. Этот феномен можно объяснить гормональной перестройкой в перименопаузальном периоде, проявляющейся дефицитом женских половых гормонов, дигидроэпиандростерона сульфата, избытком кортизола и андрогенов [4, р. 460]. Аналогичные различия показателей заболеваемости между мужчинами и женщинами были получены и в других исследованиях. Показано, что до 40 лет АГ чаще регистрируется среди мужчин, в то время как у лиц старших возрастных групп отмечается существенное увеличение заболеваемости АГ среди женщин, так называемый, «гендерный диморфизм» АГ. В возрасте 40 – 49 лет распространенность АГ у женщин составляет 34,7 %, в 50–59 лет — 57 %, а у лиц старше 65 лет — 68 %, что значительно выше, чем в мужской популяции сопоставимого возраста. Фрамингемское исследование показало, что возрастные изменения артериального давления (АД) одинаковы у обоих полов, однако у молодых женщин АД ниже, чем у мужчин того же возраста; но различия постепенно стирались и изменяли направление после 60 лет. Также в исследовании было выявлено, что риск развития АГ у лиц среднего и пожилого возраста достигает почти 90 %, а в возрасте моложе 40 лет риск развития АГ у мужчин в два раза выше, чем у женщин.

Заболеваемость АГ в зависимости от ИМТ, зарегистрированного на предварительном медицинском осмотре, представлена на рисунке 2.

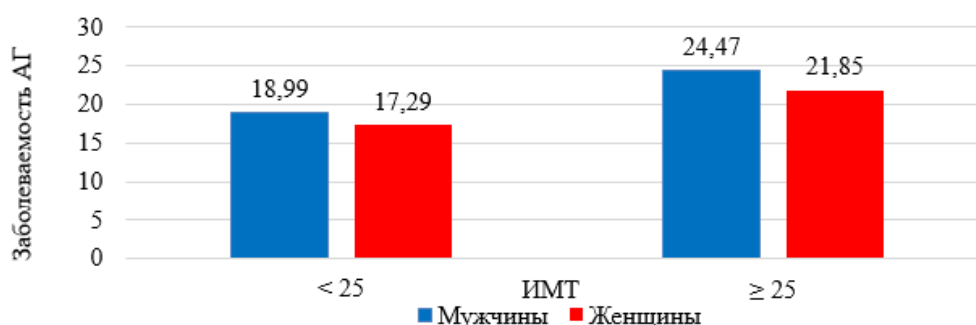


Рисунок 2 – Показатели заболеваемости АГ в зависимости от ИМТ с учетом пола работников (на 1000 работающих)

Выявлено, что заболеваемость АГ была значимо выше у мужчин и женщин изучаемой когорты, у которых на предварительном медицинском осмотре был зарегистрирован ИМТ более 25 кг/м<sup>2</sup> по сравнению с теми работниками, у которых была нормальная масса тела ( $p < 0,05$ ).

Хорошо известно, что ожирение является не только одним из основных факторов, часто сочетающихся с АГ, но и патогенетическим фактором повышения АД [3, p.262]. При ожирении риск развития АГ – фактора, значительно повышающего риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, таких как инфаркты и инсульты, увеличен втрое по сравнению с лицами с нормальной массой тела. Как показано в исследовании INTERSALT, на каждые 4,5 кг прибавки веса систолическое АД (САД) увеличивается на 4,5 мм рт. ст. Фрамингемское исследование показало, что САД и диастолическое АД (ДАД) возрастают с повышением ИМТ. На каждые лишние 4,5 кг САД повышается на 4,4 мм рт. ст. у мужчин и на 4,2 мм рт. ст. у женщин.

В изучаемой когорте работников заболеваемость АГ была значимо выше у мужчин, страдающих хроническим алкоголизмом, по сравнению с работниками, не употребляющими и умеренно употребляющими алкоголь (рис. 3). У женщин статистически значимых различий не выявлено, что, по-видимому, объясняется меньшей распространенностью употребления алкоголя среди женщин и, как следствие, небольшой статистической мощностью исследования.

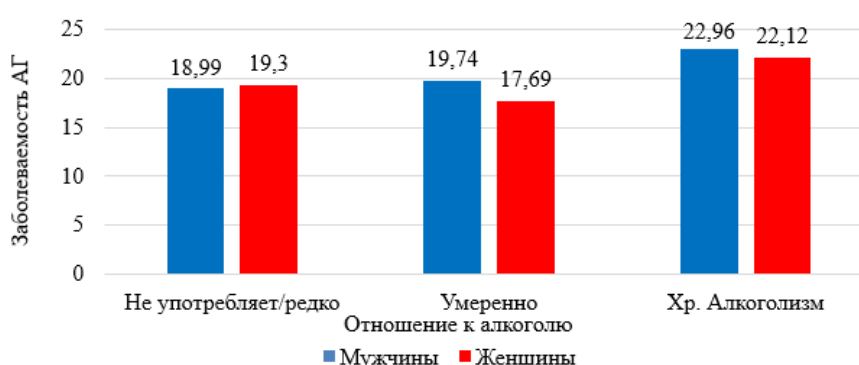


Рисунок 3 – Показатели заболеваемости АГ в зависимости от статуса употребления алкоголя с учетом пола работников (на 1000 работающих)

Начиная с 1970-х годов было проведено более 40 эпидемиологических исследований, касающихся вопроса изучения взаимосвязи между отношением к употреблению алкоголя и повышенным АД [2, с. 364]. Обнаружена линейная зависимость уровня АД (или распространенности АГ) в популяциях от количества потребляемых спиртных напитков. Установлено, что алкоголь ослабляет эффекты антигипертензивной терапии, а его прессорное действие сохраняется в течение 1–2 недель после употребления.



### *Выводы*

Результаты настоящего исследования показали, что:

1. заболеваемость АГ как у мужчин, так и у женщин изучаемой когорты статистически значимо повышалась с увеличением возраста работников;
2. заболеваемость АГ была значимо выше у мужчин и женщин изучаемой когорты, у которых на предварительном медицинском осмотре был зарегистрирован ИМТ более 25 кг/м<sup>2</sup> по сравнению с теми работниками, у которых была нормальная масса тела ( $p < 0,05$ );
3. в изучаемой когорте работников заболеваемость АГ была значимо выше у мужчин, страдающих хроническим алкоголизмом, по сравнению с работниками, не употребляющими и умеренно употребляющими алкоголь.

### Библиографический список

1. Гринштейн Ю.И., Петрова М.М. и др. Распространенность артериальной гипертензии в крупном промышленном регионе (по данным эпидемиологического исследования ЭССЕ-РФ). // ЕКЖ. – 2016. – №3. С. 551-559.
2. Жиров И. В., Винникова М. А., Агибалова Т. В. Алкоголь и женское сердце: влияние на сердечно-сосудистую заболеваемость и сердечно-сосудистый континуум. // Сердце. – 2006. – №5(7). – С.364-367.
3. Khoo CM, Liew CF, Chew SK, Tai ES. The impact of central obesity as a prerequisite for the diagnosis of metabolic syndrome. // Obesity (Silver Spring). – 2007. – № 15(1). – P. 262-269.
4. Langenickel T, Buttgereit J, Pagel I. Characterization of an animal model of menopausal hypertension in SHR. // Hypertension. – 2003. – №43(2). – P. 460-463.
5. Wolf-Maier K., Cooper R.S. et al. Hypertension prevalence and blood pressure levels in 6 European countries, Canada and the United States. // J Am Med Assoc. – 2003 – №289(18). – P. 2363-2369.

**УДК 620.22**

**ГРНТИ 87.01.01**

### **НОВЫЕ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. СВОЙСТВА, СТРУКТУРА.**

Коновалова Т. А., Бузоверя М. Э.

*Саровский физико-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Саров*

*konovalova0720@gmail.com, mebuzoverya@gmail.com*

На сегодняшний день задача по защите персонала от ионизирующих излучений и радиоактивных загрязнений остается актуальной. Перспективным для защиты от различных видов излучений считается применение полимерных материалов и композитов на их основе. В работе в результате комплексного исследования с применением оптической и атомно-силовой микроскопии была дана структурная характеристика нового типа радиационно-защитного материала. Показано влияние структуры на линейный коэффициент поглощения, характеризующий защитные свойства материала.

*Ключевые слова:* радиационно-защитные материалы, композиционные материалы, атомно-силовая микроскопия, структура материала, коэффициент поглощения.

## NEW RADIATION PROTECTION MATERIALS. PROPERTIES, STRUCTURE.

Konovalova T. A. Buzoverya M. E.

*SarPhTI National Research Nuclear University MEPhI, Sarov*

To date, the task of protecting personnel from ionizing radiation and radioactive contamination remains relevant. The use of polymer materials and composites based on them is considered promising for protection against various types of radiation. In this work, as a result of a comprehensive study using optical and atomic force microscopy, a structural characterization of a new type of radiation-protective material was given. The influence of the structure on the linear absorption coefficient, which characterizes the protective properties of the material, is shown.

**Keywords:** radiation-protective materials, composite materials, atomic force microscopy, material structure, absorption coefficient.

Эксплуатация предприятий ядерного топливного цикла и ликвидация последствий аварий на них, применение ионизирующих излучений в медицине и технике, развитие космических исследований привели к возникновению проблем, связанных с радиоактивным загрязнением биосферы, попаданием радиоактивных веществ в живые организмы и в среду их обитания (атмосферу, гидросферу, почву). В частности, актуальной задачей является защита персонала, работающего в радиационно-опасных условиях, связанных как с потоками излучения «закрытых» источников (радиоактивные препараты, реакторы, рентгеновские и ускорительные установки), так с радиоактивными веществами от «открытых» радиоактивных источников (отходы ядерной промышленности, «открытые» радиоактивные препараты и т.д.).

Применение полимерных материалов и композитов на их основе для защиты от различных видов излучений получило достаточно широкое распространение в последние годы. С точки зрения защиты от гамма-излучения композитные материалы на основе полимеров считаются перспективными для изготовления средств индивидуальной защиты: накладок, фартуков, манжет и др. Подобные материалы востребованы также в таких областях как ядерная медицина, научные исследования, эксплуатация и ремонт радиационно-опасных объектов [1].

Технологии создания рентгенозащитных полимерматричных композитов базируются на введении в полимерную матрицу частиц материалов, обладающих высокими коэффициентами поглощения гамма-квантов (например, Pb, W и их соединения) [59].

Комбинируя состав полимерной матрицы и химический состав внедрённых частиц можно создавать различные типы материалов, отвечающие различным потребностям и критериям защиты при различных эксплуатационных воздействиях – от элементов рентгенозащитной одежды до изготовления деталей и корпусов приборов и оборудования. Цель создания композиционных материалов (КМ) заключается в оптимальном использовании свойств матрицы и наполнителя и взаимодействия между ними.

Известно, что качество радиационно-защитных материалов (РЗМ) и защитные свойства зависят напрямую от структуры материала. Критерием для оценки радиационно-защитных свойств КМ и его компонентов служит линейный коэффициент ослабления. Линейный коэффициент поглощения представляет собой характеристику защитных свойств материала, количественно характеризующую относительную долю энергии квантов излучения, потерянную в веществе вследствие поглощения и рассеяния на единицу их пробега.

Цель работы – исследование защитных свойств и структуры образцов новых РЗМ.

### **Экспериментальная часть.**

Исследованы два образца разного состава. Образцы были изготовлены и переданы к структурному анализу сотрудниками Мордовского Государственного университета им. П.Огарёва. Исследуемые материалы отличаются от традиционных РЗМ, так как имеют

эластичную самоклеющуюся основу. Линейный коэффициент поглощения материалов был измерен сотрудниками РФЯЦ ВНИИЭФ в ходе радиационных испытаний.

Первый уровень оценки делался методом оптической микроскопии на микроскопе Universal Microscope при увеличении  $\times 200$ . Следующий уровень оценки структуры проводился методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) с использованием микроскопа Solver Next производства ОАО НТ-МДТ г. Зеленоград. Все измерения проводились на воздухе при нормальных условиях в полуконтактном режиме сканирования (tapping-mode), кантилеверы серии NSG10/W2C. Скорость сканирования 0.6Hz, размер сканов от  $90 \times 90 \mu\text{m}$ . Анализ АСМ сканов производился с помощью пакета программ для анализа изображений Nova для СЗМ Solver Next.

### Результаты и их обсуждение.

Исходные характеристики образцов, включая коэффициенты поглощения, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики образцов до облучения

№	Образец	Линейный коэф. $\mu$ , $\text{см}^{-1}$	Свинцовый эквивалент образца, мм
Для гамма-квантов с энергией 59 кэВ			
1	СМ4В5	23,338	1,99
2	СМ4Н5	0,548	0,005
Для гамма-квантов с энергией 661 кэВ			
3	СМ4В5	0,763	0,278
4	СМ4Н5	0,090	0,033

Видно, что коэффициенты поглощения образцов сильно отличаются. Представляло интерес выявить разницу в структуре этих материалов. На рисунке 1 представлена поверхность образцов, полученная на оптическом микроскопе.

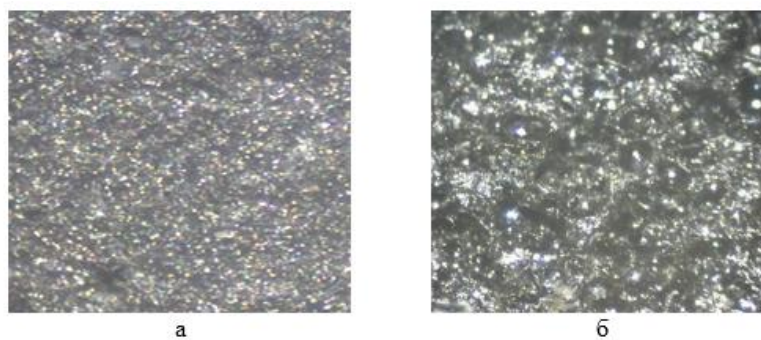


Рисунок 1 – Микроструктура:  
а – образца СМ4В5; б – образца СМ4Н5,  $\times 200$

Микроструктура образца СМ4В5 отличается от структуры образца СМ4Н5 (рис.1). Материал образца более плотный и однородный. Материал образца СМ4Н5 неоднородный, пористый, имеет каркасную/ячеистую структуру. Распределение наполнителя неравномерное.

При АСМ- исследовании образцов также было зафиксировано структурное отличие (рис.2). Структура образца СМ4В5 представляет собой металл-полимерную сетку в эластичной матрице (рис.2б). Образец СМ4Н5 имеет на этом масштабном уровне другой тип структуры: слабосвязанные металл-полимерные агрегаты, неравномерно распределенные в эластичной матрице (рис.2а).

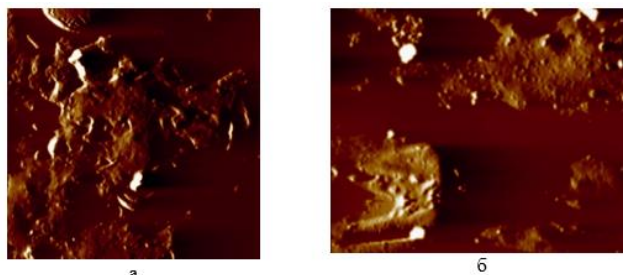


Рисунок 2 – АСМ-скан, размер 90х90мкм: а – образца СМ4В5; б - образца СМ4Н5

В таблице 2 приведены характеристики шероховатости образцов.

Таблица 2 – Значения параметров микрорельефа

Наименование	Sa, мкм	h, мкм	Max, мкм
СМ4В5	0.220	2.400	1.726
СМ4Н5	0.175	1.776	1.137

У более структурированного материала образца СМ4В5 значение параметров шероховатости поверхности выше.

#### **Заключение.**

1. В результате комплексного исследования методами оптической и атомно-силовой микроскопии дана структурная характеристика образцов нового типа радиационно-защитного материала.

2. Показано влияние структуры материала на коэффициент поглощения.

3. Материал с высоким коэффициентом поглощения представляет собой металло-полимерную сетку в плотной эластичной матрице. Материал с низким коэффициентом поглощения имеет структуру в виде рыхлых металл-полимерных слабосвязанных фрагментов в эластичной матрице.

#### **Библиографический список:**

1. Бормотов А. Н, Прошин А. П., Баженов Ю. М., Данилов А. М., Соколова Ю. А. Полимерные композиционные материалы для защиты от радиации. М.: Палеотип; 2006.

**УДК 616-036.22, 51-76, 004.942**  
**ГРНТИ 87.33.33**

## **ПРИМЕНИМОСТЬ СИСТЕМ СИМУЛЯЦИИ ЭПИДЕМИЙ**

Лазарева Ю. Б., Подзолков П. Н.

*Тюменский государственный университет*  
*г. Тюмень*

ppodzolhoff@gmail.com

В статье разбираются опасности пандемических эпидемий в современном мире. Дается оценка последствий неправильной информированности населения о механизмах распространения инфекций. Описываются существующие системы математического и компьютерного моделирования эпидемий. Представляется разрабатываемая «система визуализации вирусной активности» для персонального использования.

**Ключевые слова:** эпидемия, пандемия, вирус, инфекция, SIR, виртуалистика, система визуализации вирусной активности.

## APPLICABILITY OF EPIDEMIC SIMULATION SYSTEMS

Lazareva J.B., Podzolkov P.N.

University of Tyumen, Tyumen

The article deals with the dangers of pandemic epidemics in the modern world. An assessment of the consequences of poor public awareness about the mechanisms of the infection spread is given. The existing systems of mathematical and computer modeling of epidemics are described. A developed «viral activity visualization system» for personal use is presented.

**Keywords:** epidemic, pandemic, virus, infection, SIR, virtualistics, viral activity visualization system.

Во все времена одним из вопросов, которым задавался практически каждый человек, помимо конечности своей жизни, был вопрос об исходе всего человечества. Каким он будет? Когда? И одной из неизменных идей была и остаётся до сих пор идея апокалиптического конца. В зависимости от времени преобладали различные варианты такого исхода. Локальные географические катаклизмы, такие как наводнения, землетрясения и извержения вулканов, существовали всегда, и их боязнь появилась раньше других. Так, например, возникла легенда о Всемирном потопе. Угроза метеоритного удара тоже существовала всегда, и потому находит своё отражение в литературе с давних времён. Параллельно с ростом технического прогресса в XX веке возникали идеи техногенных апокалипсов, в частности все виды радиационных катастроф. Во второй половине XX века вновь набрала популярность идея угрозы из космоса, но уже с акцентом на внеземной разум. Так в разные времена появлялись и набирали популярность разные апокалиптические концепции, связанные непосредственно со временем, с тем, что происходит в науке и мире в целом.

К концу XX века частично научную подоплёку нашла идея, активно развивавшаяся ещё с начала века. Это идея зомби апокалипсиса, которая теперь всё больше начала приобретать инфекционную первичность. Мейнстримом вновь, как и в XIII веке, становится идея вирусного апокалипсиса. В кинематографе, литературе, игровой индустрии всё больше получают развитие идеи именно *катастроф заражения*. И как всегда это происходит не «на пустом месте». Причинами подобных тенденций являются, в том числе, реальные угрозы нескольких вирусных вспышек, произошедших за последние десятилетия. Если многие аспекты культуры указывают на одну и ту же проблему, значит эта проблема действительно захватила умы людей. Когда человек потребляет продукты культурной индустрии (фильмы, книги, спектакли), он сопереживает персонажами и часто мысленно «подставляет» себя на их место. Для многих людей в последнее время стало интересно моделировать именно ситуации эпидемиологического характера, продумывая при этом своё поведение в таких ситуациях.

Действительно, существует мнение о том, что пандемия – это угроза XXI века. Казалось бы, медицина не стоит на месте и уже не должна допускать таких страшных последствий эпидемий, какие переживало человечество в Средние века. Однако появился новый фактор, усиливающий риски пандемии — это свобода и простота перемещения. Не случайно говорят, что «мир стал меньше». Помимо доступных социальных взаимодействий посредством Всемирной Паутины, открытость границ для большинства стран и их жителей тоже стала реальностью. Если раньше путь в соседнюю губернию был рискованным и долгим, то теперь каждый человек в течение десяти часов может оказаться на другом материке. Так вирусная инфекция COVID-2019 приобрела пандемический характер распространяясь всего лишь из одной точки мира в считанные месяцы.

Опасность этой вирусной вспышки и других подобных — отдельная тема, которую постоянно изучают специалисты многих областей. Однако важно понимать, что не только сама болезнь, тяжесть её протекания и смертность составляют опасность для устойчивости человеческого мира. Любая пандемия подобных масштабов — это в первую очередь



экономический удар. После карантина на многих предприятиях Китая проблемы с поставками появились у большинства технических индустрий мира: у всех разом возник дефицит комплектующих. Также серьёзные экономические сдвиги происходят из-за поведения людей. Одним из самых страшных факторов любой катастрофы является паника. А именно она заставляет людей скупать гречку и туалетную бумагу в магазинах Москвы в марте 2020 года. С другой стороны, излишняя лояльность граждан к опасности вируса тоже критична и даст таковому больше шансов на всеобщее заражение. **Таким образом, мощной защитой от опасности разрушения мирового баланса инфекционным ударом будет формирование правильного мышления людей.** Необходимо развеивать появляющиеся мифы и добиваться у каждого человека должного соотношения юмора и серьёзности по отношению к возникшей проблеме.

Такой баланс должен создаваться воздействием различных источников. Конечно, большинство из них для современного человека находятся в медиапространстве. Так часть блогеров и медийных личностей будут давать новые поводы для страха, другая часть вместе с юмористическими сообществами будет смеяться в лицо нарастающей панике. Кто-то будет давать практические советы, например, по изготовлению антисептика в домашних условиях. При этом постоянным источником информации для всех должны оставаться официальные данные о распространении болезни. Они должны давать самую достоверную информацию об опасностях вируса. Однако правильная оценка предоставленных цифр и является одной из самых сложных задач. Идеальным вариантом для человека было бы предоставление вероятностной оценки заражения и смерти именно его самого в конкретных условиях при совершении им самим каких-либо конкретных действий.

В научной статистике уже давно разработаны различные методы анализа эпидемий для оценки глобальной картины. Такое моделирование эпидемий позволяет изучать механизмы их распространения, оценивать направления их развития и формировать адекватные меры контроля. Так одним из самых простых, но надёжных методов является *метод математического моделирования SIR* (susceptible-infected-recovered) предложенный У. Кермаком и А. Маккендриком в 1927 году. Существует некоторое количество вариантов этого метода, но общим для всех является наличие изначальных переменных, таких как вероятность заражения, вероятность смерти или выздоровления. Существует также SIR модели в графах, которые дают некоторое визуальное представление о процессе распространения болезни [3]. Технически более сложный анализ процессов распространения представляют индивидуум-ориентированные модели. Такие модели предназначены не для оценки общих характеристик эпидемий, а для более подробного анализа всех факторов и их вероятностей, воздействующих на конкретного индивидуума [1]. Предположительно, можно применить индивидуум-ориентированную модель для большого количества индивидов с использованием высоких вычислительных технологий для максимально точного анализа распространения эпидемии в глобальных масштабах с учётом максимального количества факторов.

Такие системы компьютерного моделирования эпидемий можно классифицировать как проявление виртуалистики в медицине. Лидером в работе с виртуальностью является игровая индустрия [2]. Как несложно догадаться, темы эпидемий она тоже коснулась. Так в 2012 году британская компания Ndemic Creations разработала биологический стратегический симулятор *Plague Inc.* В связи с распространением инфекции COVID-2019 с начала 2020 года выручка iOS версии приложения выросла на 275%. В некотором смысле, данная игра сделала революцию в сознании людей. Основной задачей игры является не противодействие вирусу, а наоборот его распространение. Все меры защиты, которые применяет население виртуального мира мешают игроку достичь победы. Таким образом, *у людей формируется понимание основных тенденций распространения эпидемии и эффективности конкретных мер защиты.* Например, «раздражающий» игровое сообщество остров Гренландия, который с большим трудом поддавался заражению, действительно остаётся одним из немногих не



охваченных нынешней пандемией мест. Конечно, данную игру ни в коем случае нельзя рассматривать как достоверную компьютерную модель, в силу, как минимум, грубых биологических ошибок. Однако она создаёт понимание общемировых факторов риска, таких как мутируемость вирусов и др., и эффективности мер защиты, таких как закрытие границ государств, введение карантинных мер, разработка вакцин.

Другой стороной формирования правильного мышления могла бы стать разработка локальных симуляционных систем. Целью работы таких систем может являться не точный расчёт распространения инфекции в глобальных масштабах и разработка методов её контроля, а формирования понимания персональной опасности или отсутствия таковой для людей. То есть предлагается некий программный продукт, который мог бы демонстрировать каждому человеку механизмы распространения вируса в локальных ситуациях при учёте максимального количества факторов. Так чтобы каждый мог смоделировать и увидеть динамику эпидемии в любых настраиваемых условиях. Конечно, такой продукт не будет давать высокой конкретной точности в силу скромности мощностей персональных компьютеров, но будет с достаточной достоверностью демонстрировать влияние каждого конкретного фактора.

Разрабатываемая нами «система визуализации вирусной активности» работает для нескольких первичных факторов, таких как размеры ареала, за рамки которого не происходит миграция, количества индивидуумов, вирулентность, смертность, длительность инкубационного периода, время протекания болезни. Система находится на стадии разработки, но уже можно оценить значимость некоторых факторов. Конечно, такие же выводы можно сделать, используя стандартную SIR модель, но целью же данного продукта является именно простота использования, возможность настройки своих параметров и их множественность. Данную систему можно классифицировать как индивидуум-ориентированную модель, однако при её разработке исследование литературы по данным моделям ещё не проводилось.

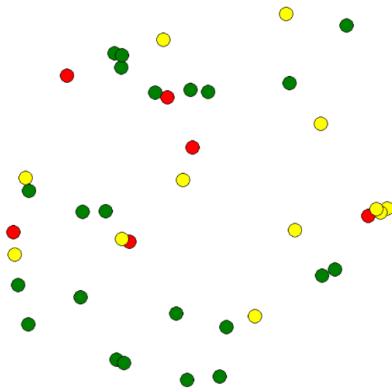


Рисунок 1 – Пример работы системы визуализации вирусной активности (1 кадр)

На рисунке 1 изображен один кадр из анимированной визуализации, запущенной со случайными параметрами системы. Цвета являются эквивалентами стадий заражения: зелёный, жёлтый и красный цвета символизируют соответственно здоровую особь, инкубационный период особи и больную особь.

Планируется расширение набора первичных параметров. Хотелось бы учитывать те факторы, которые интересуют людей больше всего: использование антисептиков, лицевых масок, введение карантинных мер и так далее. Используя публикуемые данные об эффективности каждого средства, можно задавать стандартные значения вероятностей данных переменных, так чтобы пользователь видел изменения в скорости распространения вируса при их применении.

На данный момент значения параметров носят локальный системный характер, и их калибровка по реальным данным ещё не производилась. Такая калибровка необходима для

создания коэффициентов доведения до абсолютных (реальных) значений или хотя бы выравнивания соотношений переменных между собой. Подобная калибровка планируется. Также возможно произвести сравнения получаемых данных с различными SIR моделями. Результатом может быть как дополнительная калибровка переменных, так и создание новых уравнений SIR модели с дополнительными переменными.

Наблюдаемым преимуществом в анализе значимости эпидемиологических факторов нашей системы над простейшими SIR моделями является, например, дифференциация вероятности встречи индивидуумов и вирулентности. Вероятность встречи — фактор производный и зависит от нескольких параметров, таких как размер ареала, количество индивидов и т.д. А вирулентность — фактор присущий конкретной инфекции. Это позволяет, например, сравнивать эпидемиологии различных инфекций при идентичных условиях распространения.

Таким образом, мы разрабатываем систему, предназначенную для формирования правильного понимания условий распространения эпидемий. С помощью такой системы пользователь сможет моделировать локальные ситуации распространения инфекции при различном поведении индивидов. На основе полученных данных он сможет решать, как относится к данной эпидемии и какими мерами защиты пользоваться. Возможно, это поможет избежать как излишней паники, так и необоснованной лояльности населения.

#### Библиографический список

1. Сорокин П.А. Классификация методов индивидуум-ориентированного моделирования // Исследовано в России. – 2003. – Т. 6. – С. 574-578.
2. Подзолков П.Н. Проблемы общей виртуалистики в медицине // Философские проблемы биологии и медицины: Феномен биорациональности. – 2019. – №. 13. – С. 127-130.
3. Xu X.J. et al. Geographical effects on epidemic spreading in scale-free networks // International Journal of Modern Physics. 2006. V. 17. №. 12. P. 1815-1822.

УДК 577.34  
ГРНТИ 34.49.19

### ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ РАДИАЦИОННЫХ ИНЦИДЕНТАХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Синельщикова О. А., Рыбкина В. Л., Азизова Т. В.

*ФГУП Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России  
г. Озёрск, Челябинская область*

clinic@subi.su

Литературные данные свидетельствуют о том, что цитогенетический анализ, как стабильных, так и нестабильных хромосомных aberrаций, может быть использован для биологической оценки дозы при радиационных авариях, независимо от того, когда произошло облучение, было оно острым или хроническим.

*Ключевые слова:* радиационный инцидент, цитогенетический анализ, хромосомные aberrации

**CYTOGENETIC STUDIES IN RADIATION INCIDENTS (REVIEW ARTICLE)**

Sinelschikova O. A., Rybkina V. L., Azizova T. V.

*Southern Urals Biophysics Institute, Ozersk*

Data of literature suggest that cytogenetic of chromosomal aberrations (stable and unstable) can be used for biological dosimetry in radiation accidents, regardless of the time and of exposure.

**Keywords:** radiation incidents, cytogenetic analyses, chromosomal aberrations

**Введение**

Современное общество немыслимо без развития атомной энергетики, повсеместного использования медицинской и промышленной рентгенографии. В тоже время любые источники ионизирующих излучений; предприятия, использующие ядерное топливо или перерабатывающие ядерные материалы, являются радиационно-опасными объектами.

В настоящее время облучение персонала в дозах, превышающих допустимые пределы, возможно только при возникновении аварийных и нештатных ситуаций в процессе производства, хранения, переработки радионуклидов, при проведении ремонтных работ. Также радиационные инциденты возможны в повседневной жизни, или в результате противоправных действий. В мире в 1999 – 2011 г. произошло 18 радиационных инцидентов, связанных с облучением человека.

**Материалы и методы**

Поиск литературных источников проводился по базам данных MEDLINE в поисковой системе PubMed, CyberLeninka, elibrary.ru. Поиск проводился с использованием терминов: радиационный инцидент, цитогенетический анализ, хромосомные aberrации, гамма-облучение. В обзоре использованы полнотекстовые источники литературы на русском и английском языках. Поиск литературы окончен в марте 2020 года. Включающим фактором было наличие данных цитогенетических исследований при радиационных инцидентах.

**Результаты и обсуждение**

Е. Janet Tawn с соавторами (2017) описали инцидент, когда работник повредил кожные покровы руки во время работы с плутонием. Накопленная доза внешнего гамма-облучения до инцидента составляла 23 мГр. Количество плутония на поверхности раны было относительно большим (518 – 555 КБк), проникновение глубоким – 1,5 см. После первого иссечения альфа-активность составила – 144 КБк, в месте раны – 181 КБк. В течении 15 дней проводилась хелатотерапия с использованием диэтилен-триамин-пентацетиновой кислоты, после чего альфа-активность в ране снизилась до 33 КБк. Цитогенетический анализ (ЦГА) лимфоцитов периферической крови проводили 6 раз в течении 10 лет после поступления плутония через рану кисти руки. Кровь культивировали в течении 48 часов с использованием стандартных методов ЦГА с использованием окрашивания по Романовскому, для оценки нестабильных aberrаций (НСА), таких как дицентрические хромосомы (ДХ), центрические кольца (ЦК), ацентрические фрагменты (АФ). Для последних 2-х образцов (5 и 6), проводили анализ G-band для выявления стабильных и НСА. Результаты анализов 6 образцов проводимых для подсчета НСА, (анализировали по 500 клеток) через 12 месяцев после облучения: ДХ – 14, ЦК – 1, АФ – 22; через 124 месяца после облучения – ДХ – 25, ДФ – 0, АФ – 12. Результаты G-band анализа на 100 клеток: через 84 месяца – 12 клеток с ДХ; через 124 месяца – 7 клеток с инверсиями, простыми транслокациями (ТР), 9 клеток с ДХ. Частота нестабильных комплексных aberrаций оставалась высокой в течении всего времени, вероятно отражая прямое воздействие плутония, который депонировался в регионарных лимфатических узлах. Последний ЦГА, также выявил клетки со стабильными aberrациями (СА) с гораздо более высокой частотой относительно нестабильных клеток [3].

J. N. Lucas и соавторы (1992) исследовали инцидент, который произошел в 1985 году. Женщина 33 лет инкорпорировала около 35 ГБк тритиевой воды. Биодозиметрия включала

измерение частоты ДХ в лимфоцитах периферической крови. Цитогенетический анализ (ЦГА) через 39 дней после аварии показал 34 дицентрика на 1000 клеток, в то время как фоновая частота на 1000 клеток составляет 1,3 дицентрика. Результаты дозиметрии показали, что поглощенная доза в костном мозге у женщины составила около 0,4 Гр. Шесть лет спустя провели FISH анализ и обнаружили: 44 транслокации на 1000 клеток при фоновой частоте – 8 транслокаций на 1000 клеток; 12 клеток с ДХ, частота которых уменьшилась в три раза [7].

Joe N. Lucas (1997), описал инцидент произошедший в 1985 году. Швейцарский специалист вдохнул пары оксида трития, что привело к облучению в дозе на весь организм 0,44 Зв, определенной на основе анализов мочи, и 0,42 Зв на основе анализа ДХ, измеренных в течении 1 месяца после острого ингаляционного воздействия. В 1992 году, через 6 лет после инцидента, провели ЦГА с использованием FISH-метода окраски хромосом для измерения СА. Доза, оцененная в 0,44 Зв, хорошо совпадала с результатами дозиметрии, полученным при анализе мочи сразу после аварии. Через 11 лет после инцидента по анализу дицентриков была определена доза, равная 0,36 Зв [4].

C. Lindholm с соавторами (1996) описали инцидент, в котором трое братьев похитили источник  $Cs^{137}$  из хранилища радиоактивных отходов в Эстонии, Киисе 21.10.1994 года. Один из братьев взял источник и положил его в карман своей куртки и забрал домой, где он хранился в течении 4 недель в кухонном шкафу. Он умер через 2 недели, в то время его смерть не связали с действием радиации. Позже его 13 летний пасынок, взял источник в руки; он был госпитализирован 17.11.1994 года из-за волдырей, появившихся на его руках; был диагностирован «лучевой ожог», вызванный радиационным воздействием. Результат ХА показал 45 ДХ, 32 АФ, 4 ЦК; суммарная доза составила 2,7 Гр. Еще трое жителей этого дома, где находился источник, также подвергались воздействию радиации в течении 4 недель. Для всех пострадавших провели ЦГА лимфоцитов периферической крови и определили дозу. У первого брата были выявлены 24 АФ, 6 АК, 35 ДХ; суммарная доза составила 2,2 Гр. У второго брата были выявлены 21 АФ, 3 АК, 27 ДХ; суммарная доза составила 1,7 Гр. У жителя дома – 78 летней женщины, диагностировали острую лучевую болезнь средней тяжести. В результате ЦГА (анализировали по 500 клеток: 12 АФ, 2 ЦК, 44 ДХ). определили суммарную дозу – 2,7 Гр. Частоты СА на основе анализа FISH были сопоставимы с частотами ДХ [6].

Qing-Jie Liu с соавторами (2013), изучали инцидент, который произошел 19 – 27 ноября 1992 года в Синьчжоу, провинция Шаньси, Китай. Мужчина нашел источник  $^{60}Co$  (396 ГБк) и хранил его в кармане куртки, не подозревая об опасности. Он умер 2.12.1992 г. Его жена на 19 неделе беременности помогала ухаживать за ним и периодически подвергалась воздействию источника в течении нескольких дней. 30.12.1992 года на 41 день после аварии у нее взяли общий анализ крови для оценки биологической дозы. Доза в 2,3 Гр была установлена с использованием ЦГА. Учитывая клинические симптомы, а также физическую и биологическую оценку дозы, был поставлен диагноз: костномозговая форма острой лучевой болезни средней степени тяжести. УЗИ на 36 неделе, показало внутриутробную задержку роста плода. Девочка родилась 24.03.93 года на 37 недели беременности. Дозы у женщины, подсчитанные на основе ЦГА (частоты ДХ и ЦК): на 41 день после аварии – 2,3 Гр, через 16 лет – 0 Гр. По FISH анализу: 41 день – 3,03 Гр (ретроспективная доза), через 16 лет – 0, 76 Гр. У девочки по ДХ, через 7,5 лет – 0,47 Гр, через 16 лет – 0 Гр. По FISH анализу, через 16 лет – 0, 6 Гр. Доза внутриутробного облучения, рассчитанная для девочки в момент радиационного воздействия, составила 1,82 Гр (поглощенная доза в тканях плода, подвергшегося внутриутробному воздействию, была ретроспективно оценена в соответствии с поправочным коэффициентом дозы, рассчитанной по данным матери). Радиационно-индуцированные ДХ и ЦК, со временем элиминировались; частота транслокаций, определенных на основе FISH метода, также снизилась [8].

В. Уао с соавторами (2010), представили данные исследования связанные с радиационной аварией, произошедшей 21.10.2004 г. в провинции Китая Шаньдун-Цзинин. Двое мужчин подверглись воздействию гамма-излучению от источника  $^{60}Co$  с текущей

активностью  $1,42 \times 10^{15}$  Бк. В образцах крови обоих пострадавших после культивирования в течении 52 и 56 часов соответственно метафазы не наблюдались. У 1-го пострадавшего метафазы не наблюдались в костном мозге после 52 и 56 часов культивирования, тогда как через 72 часа наблюдалось 19 метафаз, из которых 14 были пригодны для анализа. Количество ДХ и ЦК составило 137 в 14 метафазах. У 2-го пациента метафазы наблюдались в образце костного мозга через 52 часа культивирования, все метафазы кроме двух содержали ДХ и ЦК – на 100 метафаз 467 транслокаций. Дозы, оцененные по ЦГА для 1-го пострадавшего, составили 20 Гр, а для 2-го – 8,8 Гр. Расчет доз по ЦГА анализу соответствовал клиническим симптомам [1].

Zhi-Dong Wang с соавторами (2015), изучали аварию, которая произошла 11 апреля 2008 года в китайской провинции Шанси, 5 пострадавших подверглись гамма-облучению от источника  $^{60}\text{Co}$  в диапазоне 1,7 – 14,5 Гр. Один пациент умер через 62 дня из-за желудочно-кишечной формы лучевой болезни, другой через 1,5 года от туберкулеза. Остальные жертвы находились под медицинским наблюдением в течении 5 лет с повторными ЦГА. Кроме того, были проведены цитогенетические исследования – методами – G-Band и FISH для выявления в лимфоцитах периферической крови стабильных транслокаций и для ретроспективной дозиметрии. Результаты ЦГА показали, что число НСА аберраций уменьшалось каждый год, снизилось на  $\approx 20 - 40\%$  от исходного уровня к 5 году. Результаты показали, что частоты транслокаций у трех жертв, выявленных методом G-Band, оставались стабильными в течении 5 лет. Через 5 лет после облучения частоты транслокаций у трех жертв (G-Band и FISH) были аналогичными [10].

Во Yao с соавторами (2013) также описали аварию, которая произошла 11.04.2008 г. в китайской провинции Шанси, в городе Тайюань при использовании  $^{60}\text{Co}$ , по ошибке 5 китайских рабочих вошли в комнату и подверглись гамма-облучению различной степени тяжести. Биологические дозы оценивались путем подсчета ДХ и ЦК. Кривая доза-эффект, которая была разработана ранее, использовалась для оценки дозы у первой жертвы, получившей самую большую дозу – 12,4 Гр. Дозы для остальных жертв, оцененные по шкале ДХ и ЦК составили 3,4 Гр; 2,5 Гр; 2,2 Гр; 2,1 Гр, соответственно. [2].

R. Kanda с соавторами (2002), исследовали инцидент, который произошел 30.09.1999 г. в японском городе Токай-Мура, (авария критического характера). У трех рабочих на объекте, в возрасте 35, 39, и 54 лет, подвергшихся гамма-нейтронному облучению, развился острый лучевой синдром. Эквивалентные дозы рентгеновского облучения, оцененные с помощью ЦГА, составили: у 1 – 24,5 Гр; 2 – 8,3 Гр; 3 – 3 Гр. Эти значения совпадали с физическими дозами. У 1 рабочего при культивировании более 48 часов на 78 клеток – частота ДХ – 9,17, ЦК – 2,41. У второго рабочего на 175 клеток – ДХ – 2,74, ЦК – 0,55. У 3 рабочего на 600 клеток ДХ – 0,57, ЦК – 0,17. Хромосомные аберрации в клетках крови 3 пациента наблюдались в течении 14 месяцев после аварии [5].

H. Thierens с соавторами (2005), описали инцидент, который произошел 04.10.2002 года. Мужчина 41 года обратился за медицинской помощью в январе 2003 г. с жалобами на локализованные поражения кожи на животе и на спине, которые возможно, были вызваны радиационным воздействием около 3 месяцев назад, во время осмотра им рентгеновской трубки, используемой для контактной лучевой терапии – (50 КБк). Его профессиональные дозиметрические записи соответствовали кумулятивной дозе 75,35 мЗв до момента взятия крови. Для оценки дозы, полученной техником в результате аварии, через 6 месяцев после инцидента, был взят 1 образец крови. С использованием лабораторных кривых доза-эффект *in vitro*, была установлена эквивалентная суммарная доза на все тело 0,6 – 0,7 Гр. Второй образец крови был взят через 18 месяцев после облучения, в дополнение к ДА, провели FISH анализ, для выявления стабильных аберраций, этот образец также использовался для ретроспективной дозиметрии. Цитогенетические данные по ДХ: через 6 месяцев – на 962 просмотренные метафазы – 36 метафаз с ДХ, через 18 месяцев на 980 метафаз – 19 с ДХ. Показатели FISH



анализа через 18 месяцев на 1524 просмотренные метафазы – 37 с транслокациями. По анализу ДХ оценка дозы составила 0,75 Гр, по МЯТ – 0,96 Гр, с помощью FISH метода – 0,79 Гр [9].

### **Заключение**

Таким образом, имеющиеся литературные данные свидетельствуют о том, что цитогенетический анализ, как стабильных, так и нестабильных хромосомных aberrаций, может быть использован для биологической оценки дозы при радиационных авариях, независимо от того, когда произошло облучение, было оно острым или хроническим.

### **Библиографический список**

1. B. Yao, B. R. Jiang, H. S. Ai. Biological dose estimation for two severely exposed patients in a radiation accident in Shandong Jining, China, in 2004 // *Int. J. Radiat. Biol.* – 2010. – Vol. 86. – No. 9. – P. 800–808.
2. Bo Yao, Yufang Li, Guangxian Liu, Mei Guo, Juan Bai, Qiuhong Man. Estimation of the biological dose received by five victims of a radiation accident using three different cytogenetic tools // *Mutation Research.* – 2013. – Vol. 751. – P. 66– 72.
3. Janet Tawn E., G. B Curwen, A. E. Riddell. Chromosome analysis in a case of a plutonium contaminated wound // *J. Radiol. Prot.* – 2017. – Vol. 37. – P. 13–18.
4. Joe N. Lucas. Chromosome Translocations: A Biomarker for Retrospective Biodosimetry // *Environmental Health Perspectives.* – 1997. – Vol. 105. – No. 6. – P.1433–1436.
5. Kanda R., Minamihisamatsu M., Hayata I. Dynamic analysis of chromosome aberrations in three victims of the Tokai-mura criticality accident // *Int. J. Radiat. Biol.* – 2002. – Vol. 78. – No. 9. – P.857–862.
6. Lindholm C., Salomaa S., Tekkel M. Biodosimetry after accidental radiation exposure by conventional chromosome analysis and FISH // *Int. J. Radiat. Biol.* – 1996. – Vol. 70. – No. 6. – P.647–656.
7. Lucas J .N., Poggensee M., Straume T. The persistence of chromosome translocations in a radiation worker accidentally exposed to tritium // *Cytogenet Cell Genet.* – 1992. – Vol. 60. – P. 255–256.
8. Qing-Jie Liu, Xue Lu, Hua Zhao. Cytogenetic analysis in 16-year follow-up study of a mother and fetus exposed in a radiation accident in Xinzhou, China // *Mutation Research.* – 2013. – Vol. 755. – P. 68–72.
9. Thierens H., De Ruyck K., Vral A., De Gelder V. Cytogenetic biodosimetry of an accidental exposure of a radiological worker using multiple assays // *Radiation Protection Dosimetry.* – 2005. – Vol. 113. – No. 4. – P. 408–414.
10. Wanga Zhi-Dong, Zhanga Xue-Qing, Dua Jie. Continuous cytogenetic follow-up, over 5 years, of three individuals accidentally irradiated by a cobalt-60 source, Xue Lub // *Mutation Research.* – 2015. – Vol. 779. – P. 1–4.



УДК [57+61]:: 539.1.047  
ГРНТИ 34.49.19

## ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТЕЛОМЕРАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Макеева В. С., Рыбкина В. Л., Азизова Т. В.

*ФГУП Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России  
г. Озёрск, Челябинская область*

clinic@subi.su

Теломераза – обратная транскриптаза, ответственная за удлинение теломер хромосом. В норме теломераза не экспрессируется в большинстве соматических клеток. Косвенно теломераза участвует в репарации двунитевых разрывов ДНК. В обзоре рассмотрено влияние ионизирующего излучения на активность теломеразы. Показано, что экспрессия теломеразы увеличивается под влиянием ионизирующего излучения.

*Ключевые слова:* теломераза, ионизирующее излучение; репарация ДНК

## EFFECT OF RADIATION ON TELOMERASE ACTIVITY

Makeeva V. S., Rybkina V. L., Azizova T. V.

*Southern Urals Biophysics Institute, Ozersk*

Telomerase is a reverse transcriptase that elongates telomeres. It isn't expressed in most differentiated cells, such as normal somatic cells. Indirectly telomerase is involved in DNA DBS repair process. In this article, we considered the effect of radiation on telomerase activity. It has been shown that expression of telomerase increases by effect of radiation.

*Keywords:* telomerase, radiation, DNA repair process

### Введение

Термин «теломера» был предложен Германом Мёллером в 1932 г. и происходит от древнегреческих слов «telos» – конец и «meros» – часть.

Теломеры – это специализированные нуклеопротеиновые комплексы, локализованные на концах хромосом эукариот, в форме «защитного колпачка». У человека они состоят из tandemных повторов 5'-TTAGGG-3' последовательностей ДНК, не несущих генетической информации, и ассоциированными с ними белков.

По завершении каждой репликации ДНК теряется небольшое количество нуклеотидов (т.н. «концевая недорепликация», А.М. Оловников, 1971 г.) [15] из-за того, что ДНК-полимеразная система оставляет недореплицированными 3'-концы материнских цепей ДНК, т.е. новые цепи оказываются укороченными с 5'-концов. То есть теломеры укорачиваются после каждого деления клетки. Этот механизм действует как «молекулярные часы», ограничивающие количество клеточных делений, тем самым регулируя продолжительности жизни клетки [6].

Постоянное укорочение теломер в различных типах клеток может быть компенсировано двумя механизмами теломерного удлинения: посредством активации специализированной обратной транскриптазы – теломеразы [4] (характерно для соматических, половых и раковых клеток) и через ALT (Alternative Lengthening of Telomeres) – альтернативное удлинение теломер путем гомологичной рекомбинации, независимой от активности теломеразы (характерно для раковых клеток) [1].

Теломераза – специализированная обратная транскриптаза, состоящая из каталитической субъединицы, обладающей активностью обратной транскриптазы (hTERT, human Telomerase Reverse Transcriptase), которая с помощью РНК-субъединицы (hTR или

hTERC, human Telomerase RNA Component) синтезирует теломерную ДНК *de novo* [3]. Она удлиняет теломеры, присоединяя тандемные последовательности ДНК (TTAGGG) к 3'-концу цепи. Белок дискерин (DCN1) включается в состав теломеразного комплекса на стадии его формирования и регулирует активность теломеразы [8].

Теломераза активируется более чем в 85% опухолевых клеток, но практически не обнаруживается в большинстве нормальных клеток. Её экспрессия инактивирована в большинстве дифференцированных клеток, поэтому теломеры их хромосом укорачиваются после каждого клеточного деления [14].

Взаимодействие теломера/теломеразы является важным элементом в определении геномной стабильности и клеточного репликативного потенциала. Когда геном клетки поврежден, она может претерпеть онкотрансформацию. Активация теломеразы позволяет таким клеткам преодолевать клеточное старение и поддерживать стабильность их теломер во время пролиферации. Тем самым теломераза повышает устойчивость опухолевых клеток, в том числе к облучению, путем защиты теломер и усиления восстановления повреждений ДНК.

Активность теломеразы может индуцироваться ионизирующим излучением.

### **Материалы и методы**

Поиск литературных источников осуществлялся по базам данных MEDLINE в поисковой системе PubMed, eLibrary. Поиск проводился с использованием следующих терминов: теломераза, ионизирующее излучение, влияние радиации на теломеразу, радиационно-индуцированная активность теломеразы. В обзоре использованы полнотекстовые источники литературы на английском языке. Поиск литературы окончен в марте 2020. Включающим фактором было наличие данных о влиянии ионизирующего излучения на активность теломеразы.

### **Результаты и обсуждение**

При изучении влияния рентгеновского облучения на активность теломеразы в спленоцитах мышей *in vivo* и *in vitro* Prakash Hande M. и др. (1998) обнаружили значительное увеличение активности фермента сразу после острого облучения во всех исследуемых ими дозах (0,5 Гр; 1 Гр; 2 Гр и 3 Гр). Дозозависимый эффект наблюдался в диапазоне от 0 до 2 Гр и был менее выражен при 3 Гр [5].

Повышенная активность фермента сохранялась в течение первых 2 и 4 недель, а также на 56 день после облучения. Дополнительно уровень активности теломеразы значительно отличался в контрольной группе по сравнению с облученными группами в дозах 2 и 3 Гр на 224 день после облучения [5].

Ученые показали, что теломераза может индуцироваться сразу после повреждающего воздействия ИИ как *in vivo*, так и *in vitro*. То есть повышенная активность фермента – это реакция клетки на повреждение ДНК, служащая для репарации и воссоединения хромосом [5].

Neuhof D. с соавторами (2001) помимо увеличения активности теломеразы после острого облучения в дозе 4 Гр обнаружили удлинение теломер человеческих лимфобластов (+1,3 т.н.п.) через 14 дней после облучения, обусловленное повышенной активностью данного фермента. Также ученые приводят данные о том, что индукция активности теломеразы, как правило, не контролируется TP53-зависимым путём [11].

Rubio и соавторы [2004], проведя исследование влияния генотоксических агентов (ИИ, блеомицин, перекись водорода) на длину теломер и теломеразу, обнаружили, что теломераза влияет на реакцию клетки на стресс косвенно, изменяя длину теломер, путем удлинения самых коротких теломер. Длинные теломеры ею не удлиняются [13].

M. Chen и соавторы, проведя исследование случай-контроль у больных раком желудка, выявили дозозависимый эффект увеличения активности теломеразы в контрольной группе. Изменения наблюдались в диапазоне 0,01 – 1 Гр. Ученые обнаружили, что индуцированная  $\gamma$ -облучением активация теломеразы ассоциируется со статистически значимым повышенным риском рака желудка ( $p < 0,001$ ) в контрольной группе [2].

Natarajan M. с соавторами (2008) приводят данные о том, что облучение с низкой ЛПЭ ( $\gamma$ -облучение) может индуцировать активность теломеразы в первичных эндотелиальных клетках аорты, и что регулятором активации является ядерный фактор  $\kappa B$  (NF- $\kappa B$ ). Облучение в дозах от 0,1 до 6 Гр может вызывать зависимость от дозы и времени индукцию активности теломеразы. Индукция наблюдалась после низкой дозы в 0,1 Гр и достигала максимума при 2 Гр (такие же результаты были получены при 4 и 6 Гр). После 8 Гр индукция фермента снижалась. При облучении в дозе 2 Гр индукция фермента начала увеличиваться через 8 часов после облучения, достигала максимума через 24 часа (увеличилась в 4 раза по сравнению с исходной) и начала снижаться через 36 часов после облучения. Радиационно-индуцированная теломеразная активность регулируется на уровне транскрипции путем запуска активации промотора каталитической субъединицы теломеразы (hTERT). NF $\kappa B$  активируется после облучения и опосредует повышенную регуляцию активности теломеразы путем связывания с  $\kappa B$ -связывающим сайтом промотора гена TERT. Более того, удаление сайта узнавания  $\kappa B$  на промоторе теломеразы или его ингибирование нарушает радиационно-индуцированную активацию теломеразы. [10].

Ученые посредством генной инженерии получили данные о том, что  $\gamma$ -облучение с низкой ЛПЭ при дозе 2 Гр может селективно индуцировать транскрипцию гена теломеразы [10].

Milanovic D. и соавторы (2006) исследовали влияние рентгеновского облучения на активность теломеразы в стимулированных ФГА человеческих мононуклеарных клетках периферической крови (PMBC, peripheral blood mononuclear cells). Облучение в дозах 2 — 4 Гр вызывало стойкий повышенный уровень теломеразной активности через 4 часа после облучения [9].

Х.Не и соавторы, проведя свое исследование людей с раком желудка, обнаружили, что после  $\gamma$ -облучения активность теломеразы значительно повысилась у онкобольных, в отличие от группы контроля. Также ученые выявили, что повышенная активность теломеразы ассоциировалась с увеличением риска рака желудка у контрольной группы. Был отмечен дозозависимый эффект между индуцированной  $\gamma$ -облучением активностью теломеразы и риском рака желудка. Исследователи отметили дополнительный модулирующий эффект образа жизни (курение, употребление алкоголя), возраста, но не пола на индуцированную  $\gamma$ -излучением активность теломеразы [7].

Nuta O. с соавторами для исследования роли теломеразы в радиационно-индуцированной нестабильности генома использовали клеточную линию фибробластов крайней плоти человека (BJ) и её клон, клеточную линию фибробластов КП (крайней плоти), иммортализованную посредством трансфекции теломеразы (BJ1-hTERT). В отличие от BJ, BJ1-hTERT демонстрировали активность теломеразы. Анализ выживаемости не выявил существенных различий между BJ и BJ1-hTERT при разных дозах облучения. Т.е. hTERT не оказывает значительного влияния на клетки [12].

Уровни индукции и репарации ДНР были одинаковыми в нормальных и иммортализованных фибробластах [12].

Однако, BJ1-hTERT показали более низкие уровни радиационно-индуцированных ДНР (двунитевых разрывов) и более эффективную кинетику их репарации. Клоногенность не была изменена, также как индукция микроядер и образование фокусов  $\gamma H2AX$  в фазе G1 клеточного цикла [12].

В клеточной линии BJ, фиксированной через 4 часа после облучения в дозе 1 Гр, было обнаружено 52 % клеток с разрывами хроматид, а в BJ1-hTERT – 44 % в G2 фазе клеточного цикла. Мультиаберрантные клетки были обнаружены только в BJ. Это говорит о том, что экспрессия hTERT придает хромосомную стабильность фибробластам КП, подвергшимся облучению, в G2 фазе КЦ [12].

Ученые предполагают, что hTERT участвует в репарации ДНК, но не в защите от повреждений. Функции hTERT в ответе на повреждения ДНК связаны с гомологичной

рекомбинацией, поскольку данный тип репарации происходит именно в G2 фазу клеточного цикла [12].

### Вывод

Таким образом, исследование экспрессии теломеразы и её активности перспективно как в радиологии, так и в радиобиологии.

Вышеприведенные исследования подтверждают возможную роль теломеразы в клеточном радиационном ответе. Во многих из них продемонстрирована зависимость индукции теломеразы от дозы. Что касается практического применения, то, теоретически, детекцию теломеразы сразу после облучения и/или в короткие сроки после облучения можно использовать как биодозиметрический метод при радиационных инцидентах.

Выявлено статистически значимое повышение уровня END-1 у облученных лиц по сравнению с контрольной группой.

Содержание ADMA, CRP и MPO в основной группе статистически значимо не отличалось от соответствующих показателей в контрольной группе.

### Библиографический список

1. Молекулярная биология. Учебное пособие для студентов медицинских вузов / Н. Н.
2. Мушкambarов, С. Л. Кузнецов. М.: ООО «Медицинское информационное агенство», 2003. 544 с.: ил.
3. Bryan T.M., Englezou A., Gupta J., Bacchetti S., Reddel R.R. Telomere elongation in immortal human cells without detectable telomerase activity // EMBO J. 1995. Vol. 14. P. 4240–4248.
4. Chen M. Irradiation-Induced Telomerase Activity and the Risk of Lung Cancer // Cancer. 2007. Vol. 109. No. 6. P. 11571163.
5. Greider C. W, Blackburn E.H. A telomeric sequence in the RNA of tetrahymena telomerase required for telomere repeat synthesis // Nature. 1998. Vol. 337. No. 331. P.7.
6. Greider C. W., E.H. Blackburn. Identification of a specific telomere terminal transferase activity in Tetrahymena extracts // Cell. 1985. Vol. 43. P. 405–413.
7. Hande Prakash M. Induction of telomerase activity by in vivo Xirradiation of mouse splenocytes and its possible role in chromosome healing // Mut Res. 1998. Vol. 404. P. 205214.
8. Harley C.B. Telomere loss: mitotic clock or genetic time bomb? // Mutat. Res. 1991. Vol. 256. P. 271–282.
9. He X. Irradiation-induced telomerase activity and gastric cancer risk: a case-control analysis in a Chinese Han population // BMC Cancer. 2010. Vol. 10. P. 19.
10. Jackson M., Bas M. Bavelaar, Radiolabeled oligonucleotides targeting the RNA subunit of telomerase inhibit telomerase and induce DNA damage in telomerasepositive cancer cells // Cancer Research. 2019. Vol. 79. No. 18. P. 46274637.
11. Milanovich D. Changes in telomerase activity after irradiation of human peripheral blood mononuclear cells (PBMC) in vitro // Radiation Protection Dosimetry. 2006. Vol. 122. No. 14. P. 173175.
12. Natarajan M. Induced telomerase activity in primary aortic endothelial cells by lowLET  $\gamma$ radiation is mediated through NF $\kappa$ B activation // The British Journal Of Radiology. 2008. Vol. 81. P. 711720.
13. Neuhof D., Ruess A., Wenz F., Weber, K. J. Induction of Telomerase Activity by Irradiation in Human Lymphoblasts // Radiat. Res. 2001. Vol. 155. P. 693–697.
14. Nuta O., Rothkamm K., Darroudi F. The role of telomerase in radiation-induced genomic instability. Radiat. Res. 2020. Vol. 193. P. 000–000.
15. Rubio M.A. Telomere length mediates the effects of telomerase on the cellular response to genotoxic stress // Experimental Cell Research. 2004. Vol. 298. P. 1727
16. Wright W.E., M.A. Piatyszek, W.E. Rainey, W. Byrd, J.W. Shay. Telomerase activity in human germline and embryonic tissues and cells // Dev. Genet. 1996. Vol. 18. P. 173– 179.

УДК 618-019  
ГРНТИ 76.29.49

## **ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫЕ НОВООБРАЗОВАНИЯ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ У ЖЕНЩИН, ПОДВЕРГШИХСЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ ПРОЛОНГИРОВАННОМУ ОБЛУЧЕНИЮ**

Румянцева А. В., Азизова Т. В., Банникова М. В.

*ФГУП Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России  
г.Озёрск, Челябинская область*

clinic@subi.su

В статье представлена описательная характеристика злокачественных новообразований (ЗНО) репродуктивной системы в когорте женщин, подвергшихся профессиональному пролонгированному облучению. Рассмотрена структура ЗНО женских репродуктивных органов. Показана зависимость заболеваемости ЗНО женских репродуктивных органов от достигнутого возраста.

*Ключевые слова:* злокачественные новообразования репродуктивной системы, женщины, профессиональное облучение.

## **REPRODUCTIVE CANCERS IN FEMALES OCCUPATIONALLY EXPOSED TO IONIZING RADIATION OVER PROLONGED PERIODS**

Rumyantseva A. V., Azizova T. V., Bannikova M. V.

*Southern Urals Biophysics Institute, Ozersk*

The paper provides descriptive characteristics of reproductive cancers in a cohort of females occupationally exposed to ionizing radiation over prolonged periods. A pattern of female reproductive cancer is analyzed. The reproductive cancer incidence was shown to be associated with the attained age.

*Keywords:* reproductive cancers, females, occupational radiation exposure.

Злокачественные новообразования (ЗНО) женских репродуктивных органов занимают одно из первых мест в структуре общей онкологической заболеваемости и смертности женского населения во многих странах мирах, в том числе и в Российской Федерации (РФ) [4, с. 67].

В РФ среди всех ЗНО, диагностированных у женщин в 2017 году, ЗНО репродуктивных органов (рак тела матки, рак шейки матки, рак яичника) составили 17,4%, а в структуре смертности женского населения 15,4% [3, с. 10].

Прогнозируется дальнейший рост заболеваемости ЗНО репродуктивной системы у женщин, обусловленный, с одной стороны, усилением отрицательного воздействия на организм постоянно увеличивающегося количества факторов риска, связанных с внешней и внутренней средой, с другой стороны, повышением выявляемости за счет использования современных методов диагностики [2, с. 116].

**Цель** настоящего исследования – оценить структуру и заболеваемость ЗНО репродуктивной системы у женщин, подвергшихся профессиональному пролонгированному облучению.

### **Материал и методы**

На основе профессиональных маршрутов и информации, содержащейся в медико-дозиметрической базе данных «Клиника» была сформирована когорта женщин (5689 человек), впервые нанятых на предприятие атомной промышленности ПО «Маяк» в 1948 – 1982 гг. и



наблюдавшихся до 31.12.2019 г. [7, с. 449]. В изучаемой когорте все женщины подвергались профессиональному пролонгированному облучению. У всех женщин были оценены поглощенные дозы внешнего гамма-излучения в органах репродуктивной системы (матка и яичник). У 37,3% женщин, у которых была измерена альфа-активность инкорпорированных радионуклидов, была рассчитана поглощенная доза внутреннего альфа-излучения в яичниках.

Наибольшее количество женщин (83,1%) были наняты на предприятие в репродуктивном возрасте; средний возраст на момент найма составил  $27,32 \pm 0,11$  лет (здесь, и далее  $\pm$  стандартное отклонение).

### Результаты и обсуждение

На основе медико-дозиметрической базы данных «Клиника» по состоянию на 31 декабря 2019 г. в изучаемой когорте были идентифицированы 152 (2,7%) женщины с верифицированными ЗНО репродуктивной системы. Следует отметить, что у 5 женщин зарегистрированы первично-множественные ЗНО репродуктивных органов: у двух женщин рак тела матки сочетался с раком шейки матки, у одной женщины рак тела матки сочетался с раком яичника и у двух женщин рак вульвы сочетался с раком матки и раком большой срамной губы. Таким образом, у 152 женщин изучаемой когорты были диагностированы 157 случаев ЗНО репродуктивной системы.

У 10,5% женщин ЗНО репродуктивной системы были диагностированы в репродуктивном (детородном) возрасте (с 18 до 45 лет).

В структуре заболеваемости ЗНО у женщин изучаемой когорты ЗНО женских репродуктивных органов (коды МКБ-10: C51, C51.0, C52, C53, C54, C55, C56, C57.0) составили 11,0%.

Структура ЗНО репродуктивной системы в изучаемой когорте женщин представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Структура ЗНО репродуктивной системы у женщин изучаемой когорты

ЗНО репродуктивной системы	Код МКБ-10	Количество случаев	%
ЗНО вульвы	C51	5	3,2
ЗНО большой срамной губы	C51.0	1	0,6
ЗНО влагалища	C52	2	1,3
ЗНО шейки матки	C53	39	24,8
ЗНО тела матки	C54	72	45,9
ЗНО яичника	C56	37	23,6
ЗНО маточной трубы	C57.0	1	0,6
Всего:		157	100,0

Данные представленные в таблице 1, свидетельствуют о том, что ЗНО тела матки заняли первое место (45,9%), на втором месте – ЗНО шейки матки (24,8%), на третьем месте – ЗНО яичника (23,6%). Наименьший вклад в структуру ЗНО женских репродуктивных органов вносили ЗНО большой срамной губы (0,6%) и ЗНО маточной трубы (0,6%).

Одним из основных факторов риска развития ЗНО является возраст. Распределение женщин в зависимости от возраста на момент установления диагноза ЗНО репродуктивной системы представлено в таблице 2.



Таблица 2 – Распределение женщин в зависимости от возраста на момент установления диагноза

ЗНО репродуктивной системы	Код МКБ-10	Возраст, годы					
		< 40	40 – 49	50 – 59	60 – 69	>70	Всего
		Количество, (%)					
ЗНО тела матки	C54	2 (2,8%)	4 (5,6%)	18 (25,0%)	26 (36,1%)	22 (30,6%)	72 (100,0%)
ЗНО шейки матки	C53	6 (15,4%)	11 (28,2%)	9 (23,1%)	8 (20,5%)	5 (12,8%)	39 (100,0%)
ЗНО яичника	C56	0 (0,0%)	5 (13,5%)	9 (24,3%)	13 (35,1%)	10 (27,0%)	37 (100,0%)
ЗНО маточной трубы	C57.0	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (100,0%)	0 (0,0%)	1 (100,0%)
ЗНО влагалища	C52	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (50,0%)	1 (50,0%)	2 (100,0%)
ЗНО большой срамной губы	C51.0	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (100,0%)	1 (100,0%)
ЗНО вульвы	C51	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (20,0%)	4 (80,0%)	5 (100,0%)
Все ЗНО репродуктивной сферы		8 (5,1%)	20 (12,7%)	36 (22,9%)	50 (31,8%)	43 (27,4%)	157 (100,0%)

Как видно из данных представленных в таблице 2, у преобладающего большинства женщин (82%), ЗНО репродуктивной системы были установлены в возрасте 50 лет и старше (в период менопаузы), в возрасте до 40 лет было установлено лишь 8 случаев. Минимальный (19 лет) и максимальный (89 лет) возраст на момент установления диагноза зарегистрирован у женщин с ЗНО шейки матки. Средний возраст на момент установления диагноза среди всех случаев ЗНО репродуктивной системы составил  $61 \pm 12,5$  лет.

Проведенный анализ показал, что первое место в структуре ЗНО репродуктивных органов изучаемой когорты женщин занял рак тела матки, второе – рак шейки матки и третье – рак яичника, что хорошо согласуется со структурой заболеваемости ЗНО репродуктивных органов у женского населения РФ [3, с. 10].

Заболеваемость ЗНО репродуктивных органов в изучаемой когорте женщин зависела от возраста; преобладающее большинство случаев было выявлено в возрастных группах старше 50 лет, в основном в период менопаузы. Доказано, что возраст и гормональный статус является основными факторами риска развития ЗНО репродуктивных органов [5, с. 115; 6, с. 92; 1, с. 76].

### Заключение

Таким образом, в структуре ЗНО репродуктивных органов в когорте женщин, подвергшихся профессиональному пролонгированному облучению, первое место занял рак тела матки.

Заболеваемость ЗНО женских репродуктивных органов, как и ожидалось, зависела от достигнутого возраста; средний возраст на момент установления диагноза составил 61 год. На следующем этапе исследования планируется анализ показателей заболеваемости и риска ЗНО репродуктивных органов с учетом радиационных и нерадикационных факторов.

Библиографический список

1. Бабаева Н.А., Ашрафян Л.А., Антонова И.Б., Алешикова О.И., Ивашина С.В. Роль гормональных нарушений в канцерогенезе опухолей женской репродуктивной системы. // Акушерство и Гинекология: новости. мнения, обучение. – 2017. – №1. – С. 76-82.
2. Гордиенко В.П., Капитоненко Н.А., Павлов А.В., Савельева Е.П., Вахненко А.А. Заболеваемость и смертность при раке органов репродуктивной системы в отдельно взятом регионе. Дальневосточный медицинский журнал. – 2010. – №2. – С. 116-120.
3. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Злокачественные новообразования в России в 2017 году (заболеваемость и смертность). МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России; – М.: 2018 – 250 с.
4. Минаков С.Н. Заболеваемость и смертность от рака молочной железы и женских половых органов (шейки матки, тела матки, яичников) в Московской области в 2015 году. // Злокачественные опухоли. – 2017 г. – N1(22). – С.67-69.
5. Сулейманова Н.Д. Факторы риска злокачественных новообразований женских половых органов. // Вестник новых медицинских технологий. – 2014. – №1(21). – С.115-121.
6. Шихнабиева Н.Д. Региональные особенности женщин пожилого и старческого возраста от злокачественных новообразований половых органов. // Клиническая геронтология. – 2010. – №9-10. – С.92-93.
7. Azizova T.V., Day R.D., Wald N., Muirhead C.R., O'Hagan J.A., Sumina M.V., Belyaeva Z.D., Druzhinina M.B., Teplyakov I.I. et al. The «Clinic» medical-dosimetric database of Mayak production association workers: structure, characteristics and prospects of utilization // Health Phys. – 2008. –№ 94. – P. 449–58.

УДК 546.42

ГРНТИ 34.49.03

# **МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВЕТВОРЕНИЯ ПРИ РАДИАЦИОННОМ ОБЛУЧЕНИИ**

Осовец С. В., Азизова Т. В., Козедуб А. С.

*ФГУП Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России  
г. Озёрск, Челябинская область*

clinic@subi.su

В работе рассмотрены методы оценки и моделирования динамики показателей кроветворения при радиационном облучении человека и животных. При сравнительном анализе предлагаемых методов выявлены их достоинства и недостатки, а также показана необходимость многостороннего подхода к построению математических моделей и расчетных алгоритмов для описания динамики кроветворения.

*Ключевые слова:* моделирование, динамика показателей кроветворения, радиационное облучение, дифференциальные уравнения, регрессионные модели.

## METHODS FOR MODELING THE DYNAMICS OF HEMATOPOIETIC PARAMETERS UNDER RADIATION EXPOSURE

Osovets S. V., Azizova T. V., Kozedub A. S.

*South Ural Institute of Biophysics, Ozersk*

The paper considers methods for evaluating and modeling the dynamics of hematopoietic parameters during radiation exposure of humans and animals. The comparative analysis of the proposed methods reveals their advantages and disadvantages, and also shows the need for a multi-sided approach to the construction of mathematical models and computational algorithms for describing the dynamics of hematopoiesis.

**Keywords:** modeling, dynamics of hematopoietic parameters, radiation exposure, differential equations, regression models.

### Введение

Реакция системы кроветворения человека и животных на острое и хроническое облучение выражается в поддержании динамического равновесия в условиях постоянного действия повреждающего фактора и конкуренции процессов гибели и восстановления клеток крови.

Экспериментальные исследования на животных позволяют выяснить механизмы, обеспечивающие функционирование системы кроветворения в условиях воздействия радиации [1, 2]. Однако последующая экстраполяция гематологических данных от животных к человеку является трудно разрешаемой проблемой, как в методологическом, так и в практическом плане [3]. Таким образом, количественное описание и построение математических моделей динамики кроветворения применительно к человеческому организму при остром хроническом облучении представляет собой, в определенной степени, отдельную область исследований в радиационной медицине и биологии [4-7].

На настоящий момент времени в качестве основных методов статистического анализа и математического моделирования показателей кроветворения при радиационном облучении человека и животных можно выделить следующие направления:

- описательная статистика и анализ временных рядов;
- метод построения и анализ регрессионных динамических моделей;
- аналитическое моделирование кинетики показателей кроветворения;
- численное моделирование динамики кроветворения;

*Целью настоящего исследования* является информационно-аналитический обзор имеющихся методов статистического анализа и способов построения моделей динамики показателей кроветворения для человека и животных при радиационном облучении.

### I. Описательная статистика и анализ временных рядов

Описательная статистика вариационного ряда показателей кроветворения включает в себя следующие *основные характеристики*: среднее; медиана; мода; дисперсия; стандартное отклонение; стандартная ошибка среднего; размах и коэффициент вариации.

Описательная статистика, как первый этап статобработки материала по кроветворению при облучении человека и животных, дает полезную оценочную информацию, но ее недостаточно для более глубокого анализа и прогностики на основе только дескриптивных статистических характеристик. Поэтому в качестве дальнейшего шага в развитии статистического анализа показателей кроветворения необходим динамический подход к таким данным. Одним из классических методов такой обработки эмпирических данных является *анализ временных рядов* [8, 9].

Как пример анализа таких временных рядов в радиационной биологии рассмотрим динамику месячного изменения (в течение года) у животных такого интегрального

показателя как  $LD_{50}$  [4]. Результаты этих исследований представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Значение  $LD_{50}$  для некоторых видов животных в различные месяцы

Месяц	$LD_{50}$ , Гр				
	Собаки	Кролики	Крысы		Мыши
			Беспородные	Вистар	
Январь	4.5	6.05	5.80	6.35	4.67
Февраль	4.47	5.95	5.82	6.03	3.68
Март	4.48	5.40	5.86	6.07	6.53
Апрель	4.45	5.10	5.88	6.27	4.59
Май	4.49	4.70	5.98	6.39	3.45
Июнь	4.27	4.80	5.75	6.45	4.38
Июль	4.16	4.40	5.66	6.52	5.80
Август	3.90	4.70	5.60	6.63	6.88
Сентябрь	3.9	4.65	5.65	6.16	4.56
Октябрь	3.92	5.35	5.94	5.91	4.29
Ноябрь	3.98	6.90	5.90	6.19	4.35
Декабрь	4.33	7.15	5.91	6.40	5.30
Среднегодовая	4.28	5.27	5.80	6.28	4.99

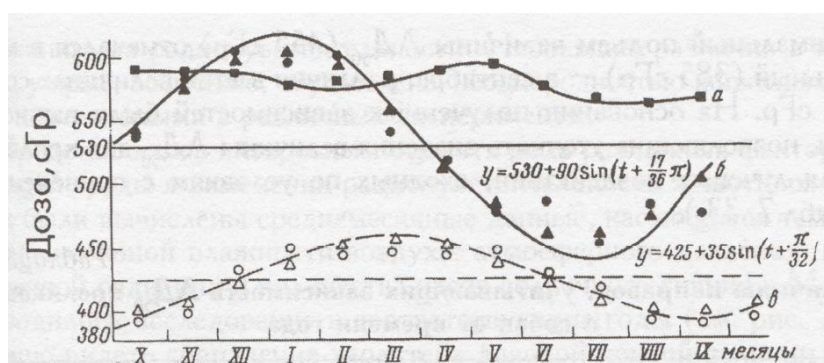


Рисунок 1 – Сезонное изменение радиочувствительности (по критерию  $LD_{50}$ ) у некоторых животных: а – крысы; б – кролики; в – собаки [4]

Помесячные данные, представленные в таблице 1 для собак, кроликов, крыс и мышей показывают, что такому интегральному критерию как  $LD_{50}$  радиочувствительность животных в течение года меняется, но наиболее наглядно такие периодические изменения видны из рисунка 1. Рисунок показывает, что в течение года радиочувствительность крыс практически не изменялась (по критерию  $LD_{50}$ ), а вот сезонные изменения радиочувствительности кроликов и собак имели четко выраженный периодический характер и описывались простой моделью в виде временной зависимости:

$$LD_{50} = a + b \sin(t + \alpha\pi), \quad (1)$$

где  $a, b, \alpha$  – параметры модели;  $t$  – время (мес.) (для кроликов  $a = 530$  сГр;  $b = 90$  сГр;  $\alpha = 17/36$ ; для собак  $a = 425$  сГр;  $b = 35$  сГр;  $\alpha = 1/32$ ).

В общем случае любой стационарный временной ряд, описывающий динамику колебаний того или иного показателя (например, - показателя крови  $X(t)$  при хроническом облучении человека или животного) может быть представлен как сумма среднего значения  $\bar{X}$  и ряда синусоид и косинусоид:

$$X(t) = \bar{X} + \sum_i a_i \cos w_i t + \sum_i b_i \sin w_i t, \quad (2)$$

где  $a, b, w_i$  – параметры конечного ряда Фурье.

При обработке данных по динамике кроветворения анализ данных как временных рядов, вероятнее всего, позволяет выявить скрытую периодичность (помесячную или годовую) в изменении *радиочувствительности* исследуемого биологического объекта и, как следствие, установить возможные *количественные критерии* такой радиочувствительности, а также оценить временные тренды. В настоящее время прикладной анализ временных рядов располагает широким арсеналом различных количественных подходов и методов к динамическим данным: сглаживание временных рядов, фильтрация данных от случайных ошибок, выявление трендов и скрытых периодичностей, использование для анализа операций ковариации и свертки, вычисления автокорреляций и т.д.

## II. Метод регрессионных динамических моделей (МРДМ)

Данный метод является сравнительно новым синтетическим подходом к анализу динамических рядов и, в частности, к динамике кроветворения [11]. Он естественным образом позволяет использовать методы регрессионного анализа применительно к эмпирическим данным, представленным в виде временных динамических рядов.

При изучении воздействия радиации на клетки периферической крови при хроническом  $\gamma$ -облучении, к примеру, работников ПО «Маяк» [11] в качестве детерминирующих факторов ХЛБ рассматривались следующие: мощность дозы внешнего облучения (Гр/год), накопленная доза внешнего облучения (Гр), время контакта (годы от начала работы).

В этом случае общая регрессионная динамическая модель имела следующий вид:

$$X_t = \alpha_0 + \alpha_1 P_t + \alpha_2 D_t + \alpha_3 T_t + \varepsilon_t. \quad (3)$$

где  $X_t$  – количество клеток крови (в % от входного анализа) в виде динамического ряда;  $P_t$  – динамический ряд по мощности дозы (Гр/год);  $D_t$  – накопленная доза внешнего облучения (Гр);  $T_t$  – время от начала контакта с радиацией (годы);  $\varepsilon_t$  – динамический ряд для случайной составляющей;  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  – параметры модели. *Примечание:* индекс  $t$  у всех динамических переменных ( $X_t, P_t, D_t, T_t$ ) меняется от 0 до 20 лет (годы контакта).

В качестве характерного примера использования динамической регрессионной модели типа (3) на рисунке 2 приведены результаты расчетов вместе с эмпирическими данными по тромбоцитам периферической крови у мужчин (работников ПО «Маяк») с диагнозом ХЛБ.

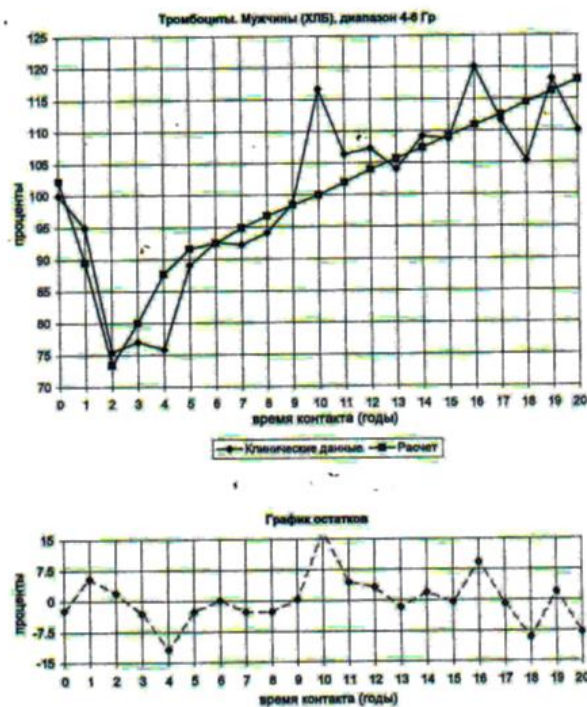


Рисунок 2 – Динамическая регрессионная модель и эмпирические данные по тромбоцитам периферической крови работников ПО «Маяк»



Как правило, при хроническом внешнем облучении наиболее значимым фактором воздействия на организм человека, наряду с накопленной дозой, является мощность дозы (темпа накопления дозы за наблюдаемый период контакта с радиацией), которая оказывает наибольшее влияние в первые годы от начала контакта. Фактор времени от начала контакта в течение всего исследуемого периода выступает в качестве *восстанавливающего фактора* показателей периферической крови до нормы и даже несколько выше нормы. Найденные закономерности динамики изменения тромбоцитов (рис. 2) при ХЛБ, хорошо согласуются с динамикой изменения мощности дозы и динамикой накопления суммарной дозы за двадцатилетний период наблюдения.

Таким образом, метод динамических регрессионных моделей для количественного оценивания динамики кроветворения при хроническом внешнем облучении представляет собой достаточно простой и перспективный способ модельного описания эмпирических данных.

### III. Аналитическое моделирование кинетики показателей кроветворения

Аналитическим моделям кинетики кроветворения (в том числе при воздействии радиации) посвящено значительное число работ и монографий отечественных и зарубежных авторов. В качестве наиболее простой модели кинетики эритропоэза, в которой на основе теории автоматического регулирования [12] используется принцип обратной связи, кратко рассмотрим систему дифференциальных уравнений и решения, полученные в работе В. Г. Тяжеловой [13]. Такая модель при любом характере внешнего воздействия, ведущего к существенному уменьшению эритроцитов в крови, демонстрирует, в общем, как идет кинетика восстановления ткани после вывода ее из стационарного состояния (гомеостаза). Итак, имеем следующую систему дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\begin{cases} \frac{dn_1}{dt} = k(N - n_3) - \frac{n_1}{T_1}, \\ \frac{dn_2}{dt} = \frac{n_1}{T_1} - \frac{n_2}{T_2}, \\ \frac{dn_3}{dt} = \frac{n_2}{T_2} - \frac{n_3}{T_3}. \end{cases} \quad (4)$$

где  $n_1, n_2, n_3$  – число клеток пролиферирующего, созревающего и функционального пулов (примечание: здесь в пролиферирующий пул включены и стволовые клетки);  $T_1, T_2, T_3$  – средние времена пребывания клеток в этих пулах;  $k$  – коэффициент обратной связи;  $t$  – текущее время;  $N$  – требуемое число клеток функционального пула (норма).

Данная модель пригодна для описания восстановления пролиферирующей системы, например, после кровопускания (при этом  $n_3$  отличается от требуемого), а также для описания *пострадиационного восстановления* с момента возобновления митотической активности ткани (при этом все три переменные  $n_1, n_2, n_3$  – отличны от требуемых значений за счет того, что первоначальное действие облучения приводит к уменьшению пула пролиферирующих клеток, а последующая задержка митотического деления обуславливает опустошение и созревающего, и функционального пулов).

Очевидно, что в стационарном состоянии (норме) скорости переходов из одного пула в другой должны быть равны и в этом случае из (4) следует, что должно выполняться следующее соотношение:

$$\frac{\bar{n}_1}{T_1} = \frac{\bar{n}_2}{T_2} = \frac{\bar{n}_3}{T_3} = k(N - \bar{n}_3), \quad (5)$$

где  $\bar{n}_1, \bar{n}_2, \bar{n}_3$  – установившийся уровень клеток. Соотношение (5) хотя и выглядит простым, но является весьма существенным в анализе кинетики восстановления ткани.

В зависимости от конкретных значений параметров и начальных условий, задаваемых для системы дифференциальных уравнений (4), ее решение может быть представлено либо



суммой трех экспонент (апериодическое решение), либо суммой апериодического и колебательных решений. В первом случае имеем:

$$X(t) = A_1 e^{-\frac{t}{\tau_1}} + A_2 e^{-\frac{t}{\tau_2}} + A_3 e^{-\frac{t}{\tau_3}}. \quad (6)$$

Во втором случае решение выглядит следующим образом:

$$X(t) = A_4 e^{-\frac{t}{\tau_4}} + A_5 e^{-\frac{\xi}{T}} \cos(wt + \varphi), \quad (7)$$

где  $w = (2\pi\sqrt{1-\xi^2})/T$ .

Здесь параметры  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, \varphi$  определяются через начальные условия, а  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$  и  $\tau_4, \xi, T$  зависят от параметров системы  $Q$  (восстановительный параметр) и параметра  $k$ .

В цитируемой работе показано, что даже такая простая модель, состоящая из трех линейных дифференциальных уравнений первого порядка, позволяет в первом приближении описать разнообразную кинетику восстановления, происходящую в кроветворной ткани в результате действия радиационного фактора.

Для модельного описания закономерностей формирования поражения в системе кроветворения при протяженном и хроническом  $\gamma$ -облучении был также предложен метод описания динамики изменения числа лейкоцитов в периферической крови с использованием модели Блэра [14, 15].

#### IV. Численное моделирование динамики кроветворения

Несмотря на то, что в XXI веке ведущую роль в радиационной биологии и медицине играют молекулярно-генетические исследования, моделирование динамики кроветворения при остром и особенно хроническом облучении человека и животных остается актуальной и до конца не решенной проблемой, как в теоретическом, так и практическом плане. Это обусловлено тем, что на ядерных производствах в настоящее время важно исследовать влияние облучения на кроветворную систему и иммунитет при небольших и малых дозах и мощностях доз в отдаленные периоды времени. В связи с длительными полетами человека в космос хроническое воздействие внешнего излучения на организм космонавтов также остается актуальной для исследователей проблемой. Из множества работ посвященных моделированию динамики кроветворения при радиационном воздействии на человека и животных можно выделить, как обобщающие следующие три публикации: отчет профессора Е.Е. Ковалева и О.А. Смирновой, представленный в Военновоздушное ведомство США [16], который был посвящен оценке радиационного риска на основе концепции учета индивидуальной вариабельности и радиочувствительности кроветворной системы млекопитающих при остром и хроническом облучении; после этого были опубликованы еще две фундаментальные монографии О.А. Смирновой, - одна в серии «Математическая биология, биофизика» [17] в 2006 году, и, наконец, завершающая монография в 2011 году в издательстве «Springer» на английском языке [18].

Численное моделирование динамики кроветворения млекопитающих при радиационном воздействии реализуется с помощью, как правило, нелинейной системы дифференциальных уравнений первого порядка и с учетом начальных условий. Такой подход позволяет количественно описать в едином ключе всю цепочку кроветворения: начиная от стволовых и коммитированных клеток, затем три основных процесса дифференцировки клеток: лимфопоэз, эритропоэз и гранулоцитопоэз и, наконец, заканчивая зрелыми клетками функционального отдела. Недостатком численного моделирования динамики кроветворения является *сложность математических моделей* и большое обилие констант и подгоночных параметров (до нескольких десятков параметров по каждому ростку кроветворения). Основным достоинством такого моделирования является возможность хорошей численной подгонки (fitting) практически к любым эмпирическим данным.

В качестве *иллюстративного примера* приведем результаты расчетов по модели лимфопоэза [19].

Данная модель была использована для аппроксимации данных по динамике показателей периферической крови у лиц, перенесших Чернобыльскую аварию. На рисунке 3 представлены данные по динамике лимфоцитов периферической крови (в относительных единицах) для четырех групп с дозами облучения от 0.4 до 3.3 Гр.

Результаты численных расчетов по модели лимфопоэза представлены в виде штриховых кривых, которые аппроксимируют эмпирические данные.

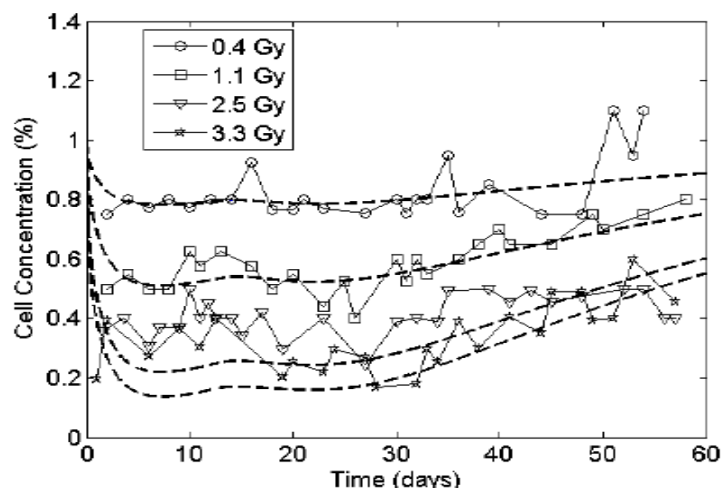


Рисунок 3 – Численная аппроксимация данных по динамике лимфоцитов периферической крови при различных дозах облучения на основе модели лимфопоэза [19].

Из рисунка видно, что с помощью представленной модели лимфопоэза можно с достаточной точностью численно описать динамику гематологических данных у лиц, пострадавших при Чернобыльской аварии.

Подобные численные подходы к моделированию динамики кроветворения были использованы и при хроническом внешнем облучении космонавтов [20-23].

Таким образом, несмотря на сложность численного способа моделирования динамики кроветворения при остром или хроническом облучении человека и животных, он остается одним из немногих универсальных методов количественного описания подобных эмпирических данных.

### Заключение

Рассмотренные выше методы статистического анализа и способы моделирования динамики показателей кроветворения у человека и животных при радиационном облучении выявили их взаимную дополняемость и прикладную значимость при количественной оценке влияния радиации на организм млекопитающих.

Описательная статистика и анализ временных рядов позволяют выполнить первичную обработку эмпирических данных по динамике кроветворения, выявить временные тренды и оценить изменение радиочувствительности в наблюдаемый период. Метод регрессионных динамических моделей при хроническом облучении работников атомных производств, предоставляет возможность хорошего количественного описания динамики показателей периферической крови на основе знания дозовых характеристик, измеренных в течение изучаемого периода (динамика накопления суммарной дозы и динамика мощности дозы).

Аналитическое моделирование кинетики показателей кроветворения дает возможность количественного описания всей цепочки динамики кроветворения, начиная от отдела стволовых клеток и заканчивая функциональным отделом по каждому из трех кроветворных ростков. При таком способе моделирования динамики кроветворения необходимы, как правило, подробные экспериментальные данные, полученные при хроническом облучении животных.

Способ численного моделирования динамики кроветворения человека и животных при хроническом облучении является наиболее универсальным, но, с другой стороны, и наиболее сложным в плане практической реализации.

Следует подчеркнуть, что по сравнению с острым (аварийным) облучением человека, хроническое облучение в диапазоне малых и средних доз (и мощностей доз) работников атомных производств, в плане изучения динамики кроветворения, а также воздействия радиации на иммунную систему, остается в настоящее время *одной из актуальных задач* в области радиационной медицины и радиационной безопасности.

#### Библиографический список

1. Щербова Е.Н., Груздев Г.Г. Определение числа стволовых клеток по числу колоний недифференцированных клеток в костном мозге облученных животных. // Радиобиология. – 1982. – Т. 22. Вып. 3. – С. 346-351.
2. Муксинова К.Н., Мушкачева Г.С. Клеточные и молекулярные основы перестройки кроветворения при длительном радиационном воздействии. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 159 с.
3. Тяжелова В.Г. Кинетический принцип в межвидовых экстраполяциях. – М.: Наука, 1988. – 192 с.
4. Теоретические основы радиационной медицины. – М.: Изд. АТ, 2004. – Т. 1. – 992 с.
5. Аклеев А.В. Хронический лучевой синдром у жителей прибрежных сел реки Теча. – Челябинск: Книга, 2012. – 464 с.
6. Соколов В.В., Грибова И.А. К методологии оценки показателей крови и костного мозга человека. – М.: Медицина, 1970.
7. Гуськова А.К., Байсоголов Г.Д. Лучевая болезнь человека. – М.: Медицина, 1971. – 384 с.
8. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. – М.: Мир, 1976. – 755 с.
9. Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. – М.: Мир, 1982. – 428 с.
10. Кремер Н.Ш., Путко Б.А. Эконометрика: Учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 311 с.
11. Заключительный отчет «Изучение неопухолевых эффектов в когорте работников ПО «Маяк». / Т.В. Азизова, М.В. Сумина, Г.В. Шунтова, С.В. Осовец и др. – Озерск: ЮУрИБФ, 2011. – 131 с.
12. Айзерман М.А. Лекции по теории автоматического регулирования. – М.: Физматгид, 1958. – 403 с.
13. Межсистемные взаимодействия при радиационном поражении (теоретические предпосылки и модели). – Пушино: Институт биологической физики, 1978. – 142 с.
14. Соматические эффекты хронического гамма-облучения. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 200 с.
15. Дэвидсон Г.О. Биологические последствия общего гамма-облучения человека. – М.: Атомиздат, 1960. – 108 с.
16. Kovalev E.E., Smirnova O.A. Estimation of Radiation Risk Based on the Concept of Individual Variability of Radiosensitivity. // Armed Forces Radiobiology Research Institute, Bethesda, AFRRI Contract Report 96-1, June 1996. 198 p.
17. Смирнова О.А. Радиация и организм млекопитающих: модельный подход. – Ижевск, 2006. – 224 с.
18. Smirnova O.A. Environmental Radiation Effects on Mammals: A Dinamical Modeling Approache. – New York: Springer, 2011, 195 pp.
19. Shaowen Hu, Smirnova O.A., Cacinotta F.A. A biomathematical model of lymphopoiesis following severe radiation accidents-potential use for dose assessment. // Health Phys. 102 (4): 425-436; 2012.
20. Смирнова О.А. Математическое моделирование циклической кинетики гемопоэза. // Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1989. – № 1. – С. 41-45.

21. Зухбая Т.М., Смирнова О.А. О стимулирующем эффекте пролонгированного радиационного воздействия с небольшими мощностями доз на лимфопоз млекопитающих. // Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1989. – № 1. – С. 47-51.
22. Смирнова О.А. Математическое моделирование основных жизненно важных систем организма облученных млекопитающих. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. – М.: МГУ, 1992. – 48 с.
23. Смирнова О.А., Зухбая Т.М. Стимулирующий эффект пролонгированного радиационного воздействия с малыми мощностями доз на гранулоцитопоз. // Космическая биология и авиакосмическая медицина. 1991. – № 3. – С. 40-42.

УДК 616–006.3.03  
ГРНТИ 76.03.31

### **ВЛИЯНИЕ ДОБРОКАЧЕСТВЕННЫХ ПРОЛИФЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ПРЕДИКТИВНОГО МАРКЕРА ОНКОГЕНЕЗА**

Рабинович Е. И., Поволоцкая С. В., Сокольникова С. С.

*ФГУП Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России  
г. Озёрск, Челябинская область*

lab8@subi.su

Изучали влияние доброкачественных пролиферативных заболеваний на распространенность предиктивного маркера злокачественного роста (соотношения цАМФ/цГМФ) среди выборки из работников Производственного Объединения «Маяк». Показано, что доброкачественные опухоли в 2 раза реже дают стойкое повышение цАМФ/цГМФ в моче по сравнению со злокачественными новообразованиями.

*Ключевые слова:* Производственное объединение «Маяк», циклические нуклеотиды, цАМФ/цГМФ, доброкачественные опухоли, предраковые состояния, злокачественные новообразования

### **INFLUENCE OF BENIGN PROLIFERATIVE DISEASES ON THE OF PREDICTIVE ONCOMARKERS PREVALENCE**

Rabinovich E. I., Povolotskaya S. V., Sokolnikova S. S.,

*Southern Urals Biophysics Institute, Ozersk*

The effect of benign proliferative diseases in sample of workers employed at “Mayak” Production Association on the level the cAMP/cGMP ratio as a predicative marker of malignant growth was studied. It was proved that benign tumors are 2 times less likely to give a persistent increase of the cAMP/cGMP in urine compared to malignant neoplasms.

*Keywords:* “Mayak” Production Association, cyclic nucleotides, cAMP/cGMP, benign tumors, precancerous states, malignant neoplasms.

Раннее выявление рисков заболевания на доклинической стадии является важнейшим аспектом обсуждаемой в настоящее время концепции персонифицированной или предикативной медицины. В настоящее время методы диагностики злокачественных опухолей

(ЗНО), применяемые в медицине, определяют уже сформировавшиеся опухоли. Ни один из известных сывороточных онкомаркеров не используется для предсказания злокачественных заболеваний из-за их низкой информативности на ранней стадии заболевания. Как известно, ЗНО характеризуются неограниченным ростом и нарушением дифференцировки клеток. Циклические нуклеотиды (ЦН) непосредственно включаются в неопластическую трансформацию клеток, оказывая влияние на пролиферацию и дифференцировку клеток [7]. Циклические нуклеотиды – это нуклеотиды, в молекулах которых остаток фосфорной кислоты, связываясь с углеродными атомами рибозы в 5' и 3' положениях, образует кольцо. Наиболее изученными являются два вида ЦН: цАМФ (циклический аденозин 3'5'–монофосфат) и цГМФ (циклический гуанозин 3'5'–монофосфат). В тканях животных и человека они служат посредниками в осуществлении многообразных функций различных гормонов и других биологически активных соединений [7].

В лаборатории радиационной биохимии ЮУрИБФ был разработан и запатентован способ доклинической диагностики опухолевого роста у экспериментальных животных [3]. В результате проведенных исследований было выявлено, что устойчивое повышение соотношения цАМФ/цГМФ («положительный» ЦН-тест) в моче может свидетельствовать о перестройке метаболизма в сторону онкологического неблагополучия и может рассматриваться в качестве предиктивного маркера онкогенеза [2]. Показано, что данный тест обладает высокой диагностической чувствительностью (85%), диагностической эффективностью 68%, предсказательной ценностью положительного результата 73% [5]. Особенностью метода является его абсолютная не инвазивность и возможность многократного тестирования, так как определение анализов проводится в моче. Апробация способа ранней диагностики опухолевого процесса в клинических условиях была проведена в выборке из когорты Производственного Объединения (ПО) «Маяк», сформированной на основании сверхнормативного воздействия ионизирующего излучения в период профессиональной деятельности. Было выявлено, что у лиц с положительным ЦН-тестом относительный риск развития злокачественных опухолей был примерно в 3 раза выше, чем у лиц без положительного теста [6]. На основе данных разработок метод был защищен патентом [3].

Известно, что есть целый ряд заболеваний, в том числе доброкачественные пролиферативные заболевания (ДПЗ), которые могут сопровождаться изменениями уровней цАМФ и цГМФ в жидкостях организма экспериментальных животных и человека [7,10,12]. Доброкачественные гиперпластические процессы половой сферы, имеют в настоящее время широкое распространение среди женщин (до 50%) и мужчин (до 75%) [8,11]. В популяции широко представлены также доброкачественные опухоли кожи и подкожной клетчатки. Однако четких отличий в выраженности или в частоте изменений в системе циклических нуклеотидов между доброкачественными и злокачественными пролиферативными процессами в литературе нам не удалось найти. Данная работа была предпринята с целью изучения связи между наличием доброкачественных опухолей и частотой повышения соотношения циклических нуклеотидов, что может быть полезным для экспертной оценки полученных результатов и разработки подходов к дифференцировке между реакцией организма на развитие ДПЗ и ЗНО.

Статистический анализ был проведен с использованием базы данных «Онкопрогноз», содержащей медико-дозиметрические персональные характеристики. Сформированная выборка из работников ПО «Маяк» включала 417 человек, подвергавшихся в процессе профессиональной деятельности техногенному радиационному воздействию. Всем представителям группы в течение нескольких лет проводился длительный мониторинг, включавший определение циклических нуклеотидов (цАМФ и цГМФ) в моче через каждые 4-6 мес. Наличие ДПЗ уточняли по медицинской документации (архивные и текущие амбулаторные карты). К группе доброкачественных пролиферативных заболеваний были отнесены доброкачественные опухоли (ДО) и предраковые состояния [5]. Для разделения



положительных и отрицательных результатов пользовались дискриминационной величиной или точкой разделения [4]. Положительным ЦН-тест считали, если величина соотношения цАМФ/цГМФ была равна или превышала дискриминационную величину и повторялась не менее 3-х раз в ходе мониторинга [4]. Классификацию гистотипов доброкачественных опухолей проводили согласно [5]. Статистическую значимость различий рассчитывали по [6].

Мы анализировали распространенность положительного ЦН-теста («Т+») среди носителей ДПЗ, которые, по анамнестическим сведениям, существовали до начала мониторинга. В качестве «внутреннего» контроля использовали ту часть из обследованной группы, среди которой не было заболеваний, провоцирующих изменение ЦН-теста.

Таблица 1 – Распространенность лиц с положительным ЦН-тестом среди группы с различными пролиферативными заболеваниями

Группа	N (число в группе)	Лица, с «положительным» ЦН-тестом		P-value по Альтхам (95% уровень значимости)
		n	% от N	
Внутренний контроль	199	32	16,1	
Доброкачеств.пролиферативные заболевания	98	20	20,4	<b>0,17</b>
Доброкачественные опухоли	85	16	18,8	<b>0,27</b>
Предраковые заболевания	13	4	28,6	<b>0,07</b>
Злокачественные новообразования	7	3	43,0	<b>0,032*</b>
В зависимости от кол-ва ДПЗ / чел				
1 ДПЗ/чел	68	13	19,1	<b>0,26</b>
2 ДПЗ/чел и более	30	7	23,3	<b>0,14</b>
В зависимости от гистотипа ДО				
- эпителиальные	31	6	19,3	<b>0,27</b>
- мезенхимальные	56	10	17,8	<b>0,34</b>
Примечание: * – различия с контрольной группой статистически значимы				

Как следует из таблицы 1, статистически значимые различия в доле лиц с положительным ЦН-тестом среди носителей ДПЗ и лицами группы внутреннего контроля отсутствуют. При этом не удалось выявить отличий частоты положительного теста в зависимости от числа ДПЗ на одного обследованного, не отмечено также зависимости от гистологического типа доброкачественных опухолей. Дополнительное исследование доли положительного теста при разной длительности существования ДО также не выявило различий. В отличие от этого, распространенность положительного ЦН-теста среди лиц, у которых в период проводимого мониторинга были диагностированы ЗНО различной локализации, составила 43%, что статистически значимо отличается от частоты в контрольной группе ( $p\text{-value}=0,032$ ). Промежуточное положение занимает группа с предраковыми заболеваниями, в которой доля лиц с «положительным» ЦН-тестом в 1,5 раза превышала долю лиц в контрольной группе, однако различие не было статистически значимым, возможно из-за маленькой численности подгруппы ( $p\text{-value}=0,07$ ). На экспериментальных моделях получены данные о том, что нарушения в системе циклических нуклеотидов могут сопровождать развитие ДПЗ, особенно предракового характера [1,9].

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что доброкачественные опухоли примерно в 2 раза реже дают стойкое повышение предиктивного маркера опухолевого роста (соотношения цАМФ/цГМФ в моче) по сравнению со злокачественными новообразованиями. Можно думать, что чувствительность ЦН-теста к злокачественному перерождению более высока, чем к доброкачественному пролиферативному процессу. Эти результаты мы рассматриваем как предварительные и планируем провести многофакторный

анализ с последующей разработкой подходов к персонифицированной оценке прогнозируемого риска развития ЗНО.

#### Библиографический список

1. Арутюнян, М.В. Содержание циклических нуклеотидов и серотонина в крови больных с новообразованиями толстой кишки / М.В. Арутюнян, А.П. Макарян, А.А. Акопян, А.М. Агабелян, А.С. Агабелян. // Փորձաքննական և կլինիկական բժշկություն (Экспериментальная и клиническая медицина). – 1989. – № 29.–№6. – Р. 544–549. – ISSN 0514-7484.
2. Кисельгоф (Рабинович) Е.И. Соотношение между циклическими нуклеотидами мочи при динамическом исследовании у крыс с радиогенными опухолями / Е.И. Кисельгоф (Рабинович), В.К. Лемберг, Г.С. Мушкачева. // Радиобиология. – 1991. – Т. 31. – № 2. – С. 227–231.
3. Патент № 1704563 СССР, МКИ 5G 01 N 33/48. Способ обнаружения опухолевого процесса у экспериментальных животных: № 4258225: заявлено 08.06.87: опубл. 1992 / Мушкачева Г.С., Кисельгоф (Рабинович) Е.И., Лемберг В.К.
4. Патент № 2471192 Российская федерация С2, МПК G01N 33/50. Способ прогнозирования злокачественного новообразования: № 2010154755: заявлено 30.12.2010: опубл. 27.12.2012 / Рабинович Е.И.
5. Рабинович, Е.И. Информативность теста соотношения циклических нуклеотидов при прогнозировании злокачественных опухолей в эксперименте / Е.И. Рабинович, С.Н. Соколова. // Вопр. онкол. – 1996. – Т. 42. – № 4. – С. 45–48.
6. Рабинович, Е.И. Опыт использования циклических нуклеотидов в качестве молекулярно-биологических маркеров индивидуального канцерогенного риска / Е.И. Рабинович, С.В. Поволоцкая, В.А. Турдакова, С.Н. Соколова. // Медицина экстремальных ситуаций. – 2012. – №4. – С.89–97.
7. Федоров Н.А., Радудовацкий М.Г., Чехович Г.Е. Циклические нуклеотиды и их аналоги в медицине. – М. : Медицина, 1990. – 192с.
8. Шрамко, С.В. Полиферативные доброкачественные и злокачественные заболевания репродуктивных органов у жительниц г. Новокузнецка: анализ динамики демографических показателей / С.В. Шрамко, Л.Г. Баженова, М.В. Чифранова // Медицина в Кузбассе. – 2016. – Т.15. – №3. – С.56–62.
9. Almeida M. Q., Stratakis C. A. How does cAMP/Protein kinase A signaling lead to tumors in the adrenal cortex and other tissues? // Mol. Cell Endocrinol.– 2011.– Vol. 336.– № 1-2. – P.162–168.
10. Fajardo A. M., Piazza G. A., Tinsley H.N. The Role of Cyclic Nucleotide Signaling Pathways in Cancer: Targets for Prevention and Treatment // Cancers. – 2014. – Vol. 6. – P. 436–458.
11. Navara G., Galliano A, Garde M., Ficcaro V., Boccon Gibod., Artibani W. Critical review of guidelines for BPW diagnosis and treatment strategy // Eur Urol Suppl. – 2006. – Vol. 5. – P. 418–429.
12. Uckert S., Kuczyk M.A. Cyclic nucleotide metabolism including nitric oxide and phosphodiesterase-related targets in the lower urinary tract // Handb. Exp. Pharmacol. – 2011. – Vol. 202. – P. 527–542.

УДК [57+61]:: 539.1.047

**СТРОМАЛЬНО-ПАРЕНХИМАТОЗНЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ В ЛЕГОЧНОЙ  
ТКАНИ ПРИ ПНЕВМОФИБРОЗЕ У РАБОТНИКОВ, ПОДВЕРГШИХСЯ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ ОБЛУЧЕНИЮ**

Сычугов Г. В., Казачков Е. Л., Азизова Т. В., Григорьева Е. С., Ревина В. С.

*ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации, г. Челябинск**ФГУП Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России, г. Озёрск, Челябинская область*

clinic@subi.su

Результаты настоящего исследования показали связь между внутренним альфа-облучением от инкорпорированного плутония-239 и особым видом пневмофиброза (плутониевый пневмофиброз), существенно отличающимся от пневмофиброза, развивающегося в исходе хронической обструктивной болезни легких и застойной сердечной недостаточности. Основной объем фиброзной ткани в очагах ППФ у работников, подвергшихся внутреннему альфа-облучению, представлен коллагеновыми волокнами IV и V типов. Полученные данные могут свидетельствовать о различных механизмах развития легочного фиброза в зависимости от характера повреждающего фактора.

*Ключевые слова:* морфология, альфа-облучение, пневмофиброз

**STROMA-PARENCHYMA INTERACTIONS IN LUNG TISSUES OF INDIVIDUALS  
WITH LUNG FIBROSIS WHO WERE OCCUPATIONALLY EXPOSED TO IONIZING  
RADIATION**

Sychugov G. V., Kazachkov E. L., Azizova T. V., Grigoryeva E. S., Revina V. S.

*Chelyabinsk State Medical Academy, Chelyabinsk**Southern Urals Biophysics Institute, Ozersk*

The study demonstrated the association of a specific type of lung fibrosis (plutonium-induced lung fibrosis, PuLF) that considerably differs from lung fibrosis with internal exposure to alpha particles of incorporated plutonium-239. PuLF is developed as an outcome of chronic obstructive pulmonary diseases and congestive heart failure. Fibrotic tissues in PuLF foci in workers internally exposed to alpha radiation mostly consists of collagen IV and V fibers. The observed data give evidence to distinctive mechanisms of lung fibrosis depending on a damage-inducing factor.

*Keywords:* morphology, alpha radiation, lung fibrosis

**Введение**

Радиационно-индуцированный пневмонит и легочный фиброз представляют собой поражения легких, характеризующиеся интерстициальным ремоделированием, которое ведет к нарушению функции легких. Они являются результатом массового и хронического производства активных форм кислорода, ингибирования антиоксидантных ферментов, а также высвобождения нескольких медиаторов воспаления [1].

Реконструкция и анализ доз профессионального облучения работниками, могут внести существенный вклад в понимание радиационного воздействия на персонал, оценку и прогнозирование радиационно-обусловленных онкологических и неопухолевых заболеваний [2].

Низкие и высокие дозы облучения вызывают различные сигнальные события на молекулярном уровне и могут включать различные механизмы реагирования. Поиск надежных биомаркеров воздействия ионизирующего излучения в человеческой популяции по-

прежнему представляет большой интерес, поскольку они могут иметь большой потенциал для осуществления надзора за лицами, подвергавшимися профессиональному облучению.

Целью данного исследования является анализ состава стромы и паренхимы легкого и определение роли стромально-паренхиматозных взаимоотношений в развитии плутоний-обусловленного пневмофиброза и поствоспалительного пневмофиброза у работников ПО «Маяк», подвергшихся профессиональному облучению.

#### **Материал и методы исследования**

Изучены морфологические особенности пневмофиброза на аутопсийном материале 125 работников ядерного предприятия ПО «Маяк», идентифицированных на основе медико-дозиметрической базы данных «Клиника» [3], с учетом суммарной поглощенной в легких дозы пролонгированного внутреннего альфа-облучения и внешнего гамма-облучения. Материал исследования составили 3 группы тканевых образцов легкого (фиксированные в формалине и залитые в парафиновые блоки). В 1 группу были включены 56 случаев с диагнозом плутониевого пневмофиброза (ППФ), во 2 группу 34 случая с пневмофиброзом другого генеза, в том числе в исходе хронических воспалительных заболеваний легких (ПФДГ); в 3-ю группу – 35 случаев без легочной патологии (БЛП). С целью проведения обзорной микроскопии образцы ткани легкого окрашивали гематоксилином и эозином. Для определения соединительно-тканного каркаса легочной стромы и очагов пневмофиброза парафиновые срезы окрашивали по методу ван Гизона (выявление общего объема фиброза); по Гомори (на ретикулиновый каркас легочной стромы), по Вейгерту (на эластические волокна).

Во всех случаях проводилось иммуногистохимическое (ИГХ) исследование аутопсийного материала. Для иммунного окрашивания использовали пероксидазный метод с полимерной системой детекции (Histofine® Simple Stain MAX PO MULTI, Япония). Срезы инкубировали с моно- и поликлональными антителами к коллагену I типа (polyclone, Abbiotec, USA), коллагену IV типа (polyclone, Abbiotec, USA), коллагену V типа (polyclone, Abbiotec, USA).

Количественное исследование проводили с помощью программы компьютерного анализа изображений «Морфология 5.1» (ВидеоТест, Россия). При этом рассчитывали относительную плотность изучаемых структур по отношению к общей площади исследуемого кадра (об%) согласно описанной ранее методике [4]. Статистические вычисления проводились с использованием программы “Microsoft® Office Excel® 2007” с расчетом медианы и верхнего и нижнего квартилей – Me(QL;QU).

#### **Результаты и обсуждение**

При исследовании образцов 1 группы очаги пневмофиброза (ПФ) определялись преимущественно в периферических отделах легочной паренхимы. Как правило, ПФ был представлен довольно крупными очагами склероза, местами сливающимися в обширные поля. Между фиброзными очагами определялись прослойки сохраненной легочной альвеолярной ткани. В образцах 2 группы ПФ имел «сетчатое» строение, фиброзные волокна определялись перибронхиально и периваскулярно. Поля сохранившейся легочной паренхимы занимали большую площадь, чем в 1 группе, при этом легочная гистоархитектоника подвергалась меньшей трансформации. При этом коллаген I и V типа определялся исключительно в стенках легочных сосудов, в то время как коллаген IV типа составлял наибольшую долю в очагах ПФ. В образцах 3 группы ПФ был выражен незначительно или отсутствовал. В отличие от 1 и 2 группы в легочном каркасе превалировали ретикулярные, а не коллагеновые волокна. Коллаген I и V типа определялся исключительно в стенках легочных сосудов.

Наиболее выраженный ПФ отмечен в 1 группе наблюдений. По сравнению со 2 группой фиброз был выраженнее на 11%, а с 3 группой – на 40%.

Ретикулиновый каркас легочной ткани был наиболее сохранен в образцах 3 группы. При ПФ любого генеза количество ретикулярных волокон снижалось незначительно. В

содержании эластических волокон отмечено выраженное их огрубение и повышение содержания при плутониевом и поствоспалительном ПФ.

Содержание коллагена I типа в группах изменялось незначительно. Аналогичная картина наблюдалась при исследовании коллагена IV типа. При этом коллаген V типа наиболее значительно и достоверно повышался при ППФ. Состав соединительнотканного каркаса легочной стромы и ПФ в исследуемых группах представлен в таблице 1.

Были исследованы корреляционные взаимосвязи между изучаемыми параметрами, а также суммарными поглощенными дозами и продолжительностью альфа- и гамма-излучения.

При плутониевом пневмофиброзе выявлены положительные корреляционные взаимосвязи умеренной степени между суммарной поглощенной в легких дозой внутреннего альфа-излучения на год диагностики ПФ и огрубением тонкого ретикулярного легочного каркаса (коэффициент ранговой корреляции Спирмена ( $r$ ) составил 0,312,  $p < 0,05$ ), а также отрицательные корреляционные взаимосвязи умеренной степени с содержанием коллагена 5 типа ( $r = -0,33$ ;  $p < 0,05$ ). При поствоспалительном пневмофиброзе взаимосвязи между альфа-облучением и разрушением ретикулярных волокон не определялись, а корреляционная связь с коллагеном 5 типа имела противоположный знак ( $r = 0,53$ ;  $p < 0,05$ ). Кроме того, выявлялась умеренная отрицательная корреляционная связь с содержанием коллагена I типа ( $r = -0,37$ ;  $p < 0,05$ ).

Продолжительность альфа облучения до года диагностики ПФ показала умеренную отрицательную корреляционную связь с содержанием эластических волокон в образцах ППФ ( $r = -0,41$ ;  $p < 0,05$ ). В группе ПФДГ подобная связь не обнаруживалась, но определялась умеренная отрицательная корреляционная связь с содержанием коллагена I типа ( $r = -0,39$ ;  $p < 0,05$ ).

Таблица 1 – Состав соединительнотканного каркаса легочной стромы и очагов пневмофиброза (в объемных процентах от общего объема образца, об%)

Показатель	Общий фиброз	Ретикулиновые волокна	Эластические волокна	Эпителиальные структуры	Collag IV	Collag I	Collag V
1 группа							
n	56	56	56	56	56	56	56
Me	<b>12,07</b>	<b>7,904</b>	<b>7,591</b>	<b>3,318</b>	<b>7,309</b>	<b>2,058</b>	<b>2,6</b>
QL	8,29	5,086	5,514	2,19	4,691	0,927	1,78
QU	16,682	10,821	10,326	6,456	9,788	3,025	4,319
2 группа							
n	34	34	34	34	34	34	34
Me	<b>10,837</b>	<b>7,525</b>	<b>7,305</b>	<b>3,68</b>	<b>8,175</b>	<b>1,708</b>	<b>1,448</b>
QL	8,798	2,266	5,387	2,661	5,377	1,106	1,043
QU	12,999	9,992	8,194	4,89	11,24	2,529	2,618
3 группа							
n	35	35	35	35	35	35	35
Me	<b>8,626</b>	<b>9,061</b>	<b>5,991</b>	<b>5,608</b>	<b>7,184</b>	<b>1,856</b>	<b>1,775</b>
QL	6,259	5,585	4,326	2,689	4,804	1,294	0,888
QU	11,422	12,196	7,99	7,681	10,34	3,926	3,522

При анализе корреляционных взаимосвязей суммарной поглощённой в легких дозы внешнего гамма-излучения на год диагностики ПФ определялись умеренные отрицательные корреляционные связи с содержанием эластических волокон ( $r = -0,36$ ;  $p < 0,05$ ) и коллагена V типа ( $r = -0,37$ ;  $p < 0,05$ ) в группе ППФ. В образцах 2 группы определялись положительные



корреляционные связи с содержанием реткулярных волокон ( $r = 0,36$ ;  $p < 0.05$ ) и общей плотностью легочного фиброза ( $r = 0,50$ ;  $p < 0.05$ ).

Статистически значимых корреляционных взаимосвязей между продолжительностью гамма-облучения до года диагностики ПФ и изучаемыми параметрами в группе ППФ не обнаружено. В группе ПФДГ выявлена только отрицательная взаимосвязь продолжительности гамма облучения и содержания эластических волокон ( $r = -0,45$ ;  $p < 0.05$ ).

### **Заключение**

Результаты настоящего исследования показали связь между внутренним альфа-облучением от инкорпорированного плутония-239 и особым видом пневмофиброза (плутониевый пневмофиброз), существенно отличающимся от пневмофиброза, развивающегося в исходе хронической обструктивной болезни легких и застойной сердечной недостаточности. Основной объем фиброзной ткани в очагах ППФ у работников, подвергшихся внутреннему альфа-облучению, представлен коллагеновыми волокнами IV и V типов. Полученные данные могут свидетельствовать о различных механизмах развития легочного фиброза в зависимости от характера повреждающего фактора.

### **Библиографический список**

1. Yahyapour R., Amini P., Saffar H., Motevaseli E., Farhood B., Pooladvand V., Shabeeb D., Musa A.E and Najafi M. Protective Effect of Metformin, Resveratrol and Alpha-lipoic Acid on Radiation-Induced Pneumonitis and Fibrosis: A Histopathological Study. *Current Drug Research Reviews* (2019) 11: 111. <https://doi.org/10.2174/2589977511666191018180758>.
2. Botbayev D., Ravegnini G., Sammarini G., Kazymbet P., Cilli E., Serventi P., Khanseitova A., Alzhanuly B., Belkozhaev A., Aitkhozhina N., Bakhtin M., Lodi V., Hrelia P., & Angelini S. (2019). Absence of mutations in the human interferon alpha-2b gene in workers chronically exposed to ionising radiation, *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 70(2), 104-108. doi: <https://doi.org/10.2478/aiht-2019-70-3202>.
3. Азизова Т.В., Тепляков И.И., Григорьева Е.С., Власенко Е.В., Сумина М.В., Дружинина М.Б., Беляева М.В., Крупенина Л.Н. Медико-дозиметрическая база данных «Клиника» работников ПО «Маяк» и их семей // *Мед. радиология и радиационная безопасность*. – 2009. – Т. 54. – № 5. – С.26 – 35.
4. Sychugov G., Azizova T., Osovets S., Kazachkov E., Revina V. & Grigoryeva E. (2020) Morphological features of pulmonary fibrosis in workers occupationally exposed to alpha radiation, *International Journal of Radiation Biology*, DOI: 10.1080/09553002.2020.1721601.

**УДК 504.064**

**ГРНТИ 34.35.51**

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД, В ТОМ ЧИСЛЕ, ВОД МИРОВОГО ОКЕАНА**

Юдаков А. А., Буравлев И. Ю., Самусь М. А., Тананаев И. Г.

*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток  
Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ, г. Озёрск*

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

Проблема охраны окружающей природной среды приобретает особую остроту в связи с загрязнением водоемов нефтью и нефтепродуктами. При добыче и транспортировке нефти в морскую среду поступает до 8 млн. тонн углеводородов в год. Поэтому поиск перспективных

методов очистки и реабилитации загрязненной морской среды от нефти и нефтепродуктов имеет большое значение. Получены новые гидрофобных адсорбенты на основе еносиликата методом гидрофобизации в газовой среде. Установлены оптимальные режимы гидрофобизации в газовой среде. Экспериментально выявлено, что благоприятными условиями термической обработки является гидрофобизации в температурном диапазоне 500–550 °С. Изучены адсорбционные свойства полученного гидрофобного пеносиликата в статических и динамически условиях. В статических условиях степень очистки воды от нефтепродуктов достигает 91,2 %, в динамических условиях при скорости фильтрации 7 мл/мин – 87,7 %.

*Ключевые слова:* нефть, нефтепродукты, морская среда, экология, функциональные материалы

## ECOLOGICAL ASPECTS OF OIL POLLUTION OF NATURAL WATERS, INCLUDING THE WATERS OF THE WORLD OCEANS

Yudakov A. A., Buravlev I. Yu., Samus M. A., Tananaev I. G.

*Far Eastern Federal University, Vladivostok  
OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

The problem of environmental protection is becoming especially acute in connection with the pollution of water bodies by oil and oil products. When oil is extracted and transported to the marine environment, up to 8 million tons of hydrocarbons are delivered per year. Therefore, the search for promising methods for cleaning and rehabilitation of polluted marine environment from oil and oil products is of great importance. New hydrophobic enosilicate-based adsorbents were obtained by hydrophobization in a gaseous medium. The optimal modes of hydrophobization in a gas medium are established. It was experimentally revealed that hydrophobization in the temperature range 500–550 °C is favorable for heat treatment. The adsorption properties of the obtained hydrophobic foam silicate were studied under static and dynamic conditions. In static conditions, the degree of water purification from oil products reaches 91.2%, in dynamic conditions at a filtration rate of 7 ml / min - 87.7%.

*Keywords:* oil, oil products, marine environment, ecology, functional materials

Синтезирован ряд гидрофобизированных материалов на основе высокопористого сыпучего пеносиликата (ПС) плотностью 50–300 кг/м<sup>3</sup> и фракционным составом до 15 мм. ПС представляет собой рентгеноаморфную фазу, пронизанную замкнутыми и открытыми порами разного диаметра. ПС является близким аналогом вспученного перлита и вермикулита, и обладая высокой удельной поверхностью он является перспективным в процессах улавливания, очистки и рекуперации. Синтезированные сорбенты были получены методом гидрофобизации ПС. Для формирования качественных плёнок при гидрофобном модифицировании необходимо удаление остаточной влаги из пор материала его глубоким прогревом. Для обеспечения эффективного конвективного прогрева и сушки пористых сорбентов было применено нагревание в атмосфере перегретого водяного пара. Камера герметизируется и вакуумируется до остаточного давления 10–60 кПа после чего включается нагрев. По мере испарения воды из испарителя происходит заполнение объема рабочей камеры водяным паром, который благодаря высокой теплоемкости и теплопроводности, обеспечивает эффективную теплопередачу от нагреваемых стенок камеры к обрабатываемому материалу. После выравнивания давления с атмосферным осуществляется сброс избыточного давления в атмосферу. По завершению выделения пара и прогрева до заданной температуры выпуск в атмосферу перекрывается и система вакуумируется в заранее подготовленный ресивер с остаточным давлением 5–10 кПа. Вакуумированная рабочая камера разогревается до 350–400 °С, после чего вносится гидрофобизатор (вакуумное масло) в количестве 1–2 мл

на 1 л. Обрабатываемого сорбента, и осуществляется выдержка в течении 10–30 мин. для обеспечения испарения, по мере испарения наблюдается повышение остаточного давления до 25–40 кПа. После отключения нагрева для повышения давления до 80–100 кПа вносится расчетное количество воды, что благоприятствует конденсации паров гидрофобизатора на обрабатываемом сорбенте. При высокотемпературной обработке (500–550 °С) сорбента в качестве гидрофобизатора использовалось дизельное топливо. Два режима отличаются количеством гидрофобизатора при низкотемпературной обработке количество гидрофобизатора зависит от количества сорбента, а при высокотемпературной от объема камеры. При высокой температуре процесс гидрофобизации проходит с образованием на поверхности раздела (минеральной подложки и гидрофобизатора) хемосорбционных соединений и при остывании до температуры конденсации гидрофобизатора образовавшаяся пленка достраивается за счет процессов физической адсорбции (конденсации). Физическая конденсация достраивает пленку и придает ей полную гидрофобность. Таким образом, процесс гидрофобизации проводится при начальной температуре сырья от 350 °С и далее до остывания. Этот процесс по сути состоит в замене водной пленки на водоотталкивающую, поэтому без максимального удаления воды процесс невозможен. При высокой температуре алюмосиликаты являются катализаторами крекинга длинных углеродных цепочек и на поверхности образуются непереломные углеводородные соединения переменного состава, обладающие высокой адгезией. Признаками крекинга является появление коричневого окраса на поверхности, а также характерный запах ароматических углеводородов.

**Методика исследования гидрофобных сорбентов.** Синтез проводили в круглых колбах на 1 л. В каждую колбу помещали навеску исходного пеносиликата, 0,1 мл дизельного топлива и дистиллированную воду. Перемешивание в процессе исследования осуществляли с помощью лабораторной мешалки ЭЛ-1 со скоростью перемешивания 600 об/мин. Массовую концентрацию нефтепродукта  $X$ , мг/дм<sup>3</sup>, в пробе воды рассчитывали по формуле:  $X = \frac{X_{изм} \cdot V_{эк} \cdot K}{V} - X_{хол}$  (1), где  $X_{изм}$  – результат измерения массовой концентрации нефтепродукта в элюате на концентратометре, мг/дм<sup>3</sup>;  $V_{эк}$  – объем четыреххлористого углерода, использованного для проведения экстракции;  $K$  – коэффициент разбавления, т.е. соотношение объемов мерной колбы и аликвоты элюата;  $V$  – объем пробы анализируемой воды;  $X_{хол}$  – результат измерения массовой концентрации нефтепродукта в холостой пробе, мг/дм<sup>3</sup>.

Величины адсорбций рассчитывались по формуле (1):  $\Gamma = \frac{(C_{исх} - C_{рав}) \cdot V}{m \cdot 1000}$  (2), где  $C_{исх}$  – исходная концентрация адсорбата, ммоль/л;  $C_{рав}$  – равновесная концентрация адсорбата, ммоль/л;  $m$  – масса навески углеродного волокна, г;  $V$  – объем раствора, мм;  $\Gamma$  – адсорбция, ммоль/г. Из полученных результатов определили количество ДТ, которое изменилось в

процессе адсорбции, рассчитали степень очистки по формуле (2):  $\eta = \frac{C_{исх} - C_{рав}}{C_{исх}} \cdot 100\%$  (3), где  $C_{исх}$  – концентрация ДТ в начале эксперимента, мг/л;  $C_{рав}$  – концентрация в ходе эксперимента, мг/л.

**Адсорбционная емкость.** Установлено, что сорбционная емкость у гидрофобизированного пеносиликата в низкотемпературном режиме больше, чем у исходного материала. Также при обработке материала в высокотемпературном режиме наблюдается ухудшение сорбционных свойств сорбента. Показано, что адсорбционная ёмкость ПС-исходного, ПС-НТ и ПС-ВТ (г/г) по ДТ составляет 4,32, 4,57 и 1,63, а по вакуумному маслу – 5,83, 6,79 и 6,35.

**Водопоглощение.** Показано, что значения водопоглощения гидрофобизированных и исходных образцов ПС-исходного, ПС-НТ и ПС-ВТ (W) составляют 384,15, 374,23 и 99,75%. Установлено, что температурный режим обработки пеносиликата влияет на его гидрофобные свойства. Чем больше температура обработки, тем выше водоотталкивающие свойства. В случае с низкотемпературной обработкой среднедистиллятные нефтепродукты дают

неудовлетворительные результаты (вероятно из-за низкой температуры кипения), поэтому в качестве гидрофобизатора на ПС-НТ использовалось вакуумное масло. Экспериментально было установлено, что поверхность образца ПС-НТ после обработки парами гидрофобизатора (в частности, вакуумное масло) почти не приобретает гидрофобных свойств. Отсутствие гидрофобности поверхности ПС-НТ позволяет сделать вывод об границах применения метода гидрофобизации в газовой фазе с пеносиликатом. Результаты, полученные при исследовании сорбентов на гидрофобность можно объяснить тем, что процесс гидрофобизации минеральной поверхности состоит в замене водной пленки на водоотталкивающую, поэтому без максимального удаления воды процесс становится неэффективным. Именно поэтому низкотемпературная обработка сорбентов в процессе приобретения материалов гидрофобных свойств становится мало результативной.

**Результаты очистки воды** от ДТ с применением ПС-исх и модифицированных пеносиликатов (ПС-НТ и ПС-ВТ) приведены в табл. 1-3. Адсорбция протекала при pH среды 6,72 и температуре 25 °С.

Таблица 1 – Результаты адсорбции НП с поверхности воды в статических условиях на ПС-исх

Время контакта, мин	Г, г/г	С <sub>исх</sub> , мг/л	С <sub>рав</sub> , мг/л	Степень очистки η, %
20	0,1141	90	32,87	63,47
40	0,1243		27,78	69,13
70	0,1319		23,42	73,97
100	0,1377		20,82	76,86
160	0,1381		20,49	77,23
1440 (24 ч)	0,1385		20,31	77,43

Таблица 2 – Результаты адсорбции НП с поверхности воды в статических условиях на ПС-НТ

Время контакта, мин	Г, г/г	С <sub>исх</sub> , мг/л	С <sub>рав</sub> , мг/л	Степень очистки η, %
20	0,1138	90	32,86	63,48
40	0,1356		21,89	75,67
70	0,1566		11,41	87,31
100	0,1588		10,12	88,75
160	0,1602		9,67	89,25
1440 (24 ч)	0,1608		9,51	89,43

Таблица 3 – Результаты адсорбции НП с поверхности воды в статических условиях на ПС-ВТ

Время контакта, мин	Г, г/г	С <sub>исх</sub> , мг/л	С <sub>рав</sub> , мг/л	Степень очистки η, %
20	0,1338	90	22,91	74,55
40	0,1465		16,27	81,91
70	0,1572		10,64	88,17
100	0,1613		9,30	89,66
160	0,1636		8,01	91,10
1440 (24 ч)	0,1640		7,88	91,24

Как видно из таблиц 6–8 при адсорбции на образце ПС-ВТ была достигнута максимальная степень очистки 91,24 % при снижении концентрации ДТ с 90 до 7,88 мг/л за время контакта 24 ч.

**Адсорбция в динамических условиях.** С целью определения возможности очистки сточных вод от нефти и нефтепродуктов с помощью сорбентов изучены их сорбционные характеристики в динамических условиях путем пропускания очищаемого раствора через неподвижный слой адсорбента. При определении характеристик сорбции в динамических условиях учитывались скорость пропускания воды и исходная концентрация нефти. Исследования эффективности сорбентов оценивались для воды, загрязненной нефтью с

концентрацией 90 мг/л. Предварительно были проведены исследования по оценке степени очистки вод в зависимости от скорости пропускания через слой неподвижного сорбента 7 и 16 мл/мин (выбрана объемная скорость пропускания воды). Колонку наполняли сорбентом, раствор (1000 мл) подавали сверху, прохождение раствора через слой сорбента осуществлялось самотеком. При концентрации нефти в воде 900 мг/л и при объеме пропущенного раствора 1000 мл, раствор пропускали со скоростью фильтрации 7 мл/мин. Отбирались две пробы по 500 мл и определялась их концентрация. Полученные данные по очистке воды загрязненной нефтью с концентрацией 90 мг/л и скоростью фильтрования 16 мл/мин, сведены в табл. 4.

Второй стадией было определение влияния скорости пропускания загрязненной воды на степень ее очистки. Для этого раствор пропускали через слой сорбента со скоростью 16 мл/мин при той же концентрации. Полученные данные сведены в табл. 5. При очистке воды скорость фильтрации играет важную роль, так как продолжительность контакта воды с сорбентом составляет секунды, и очень важно, чтобы за это короткое время вода успела полностью очиститься от нефти.

Таблица 5 – Адсорбция загрязненной воды при скорости фильтрации 7 мл/мин

Виды сорбентов	Концентрация, мг/л			
	1 проба	Степень очистки, %	2 проба	Степень очистки, %
ПС-исх.	13,99	84,5	14,65	83,7
ПС-НТ	11,96	86,7	12,48	86,1
ПС-ВТ	10,82	87,9	11,02	87,7

Таблица 6 – Адсорбция загрязненной воды при скорости фильтрации 16 мл/мин

Виды сорбентов	Концентрация, мг/л			
	1 проба	Степень очистки, %	2 проба	Степень очистки, %
ПС-исх.	15,02	83,3	15,6	82,6
ПС-НТ	13,96	84,5	14,21	84,2
ПС-ВТ	12,45	86,2	13,14	85,4

Таким образом, из полученных данных следует, что нефтепродукт интенсивно адсорбируется до образования монослоя на поверхности сорбента. Степень очистки воды от нефтепродуктов для материала, гидрофобно-модифицированного на режиме повышенной температуры, превышает значения, достигаемые сорбентом, модифицированным при низкой температуре. В статических условиях степень очистки для образцов ПС-ВТ достигает 91,2 %, а для ПС-НТ 89,4 %. В динамических условиях максимальная степень очистки достигает 87,7 % при оптимальной скорости фильтрации 7 мл/мин на сорбенте ПС-ВТ.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-03-000119*



УДК 571.27; 614.876  
ГРНТИ 34.43.55; 34.49

## О ВЛИЯНИИ ОБЛУЧЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ПРОАТЕРОГЕННЫХ ФАКТОРОВ ИММУНИТЕТА

Ослина Д. С., Рыбкина В. Л., Азизова Т. В.

ФГУП Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России  
Озерск, Челябинская область

oslina@subi.su

В обзоре рассмотрено влияние излучения на проатерогенные факторы врожденного и приобретенного иммунитета. Приведены литературные данные, свидетельствующие о том, что хроническое облучение может инициировать более раннее начало атеросклероза благодаря проатерогенному эффекту провоспалительных цитокинов Т-хелперов и В-клеток 1 и 2 типа.

*Ключевые слова:* ионизирующее излучение, облучение, сердечно-сосудистые заболевания, атеросклероз, врожденный и приобретенный иммунитет.

## MODIFICATING INFLUENCE OF RADIATION EXPOSURE ON PROATHEROGENIC IMMUNITY FACTORS

Osline D. S., Rybkina V. L., Azizova T. V.

*Southern Urals Biophysics Institute, Ozersk*

In the article, the proatherogenic factors of innate and adaptive immunity under modifying influence of radiation exposure are reviewed. Obtained data give evidence to early outbreak of atherosclerosis due to proinflammatory cytokines, Th lymphocytes and B1 and B2 cells as a result of chronic radiation exposure.

*Keywords:* occupational exposure, ionizing radiation, cardiovascular disease, atherosclerosis, innate immunity, adaptive immunity.

### Введение

Атеросклероз – это наиболее частая патология коронарных, периферических, мозговых артерий. Образование бляшек, окклюзирующих просвет сосуда, в субэндотелиальном слое интимы больших и средних артерий приводит к развитию значительного стеноза, который уменьшает кровоток и вызывает тканевую гипоксию [16, с. 1112]. Наиболее тяжелые осложнения атеросклероза, инфаркт миокарда (ИМ) и инсульт, представляют собой наиболее частые причины смерти во всем мире [14, с. 547]. Несмотря на большой объем исследований, посвященных анализу роли излучения в развитии атеросклероза, влияние излучения на проатерогенные факторы врожденного и приобретенного иммунитета по-прежнему недостаточно изучено.

Целью работы была подготовка обзора литературных данных о влиянии облучения на состояние проатерогенных факторов иммунитета. Поиск литературных источников был проведен по базам данных MEDLINE в поисковой системе PubMed, CyberLeninka, elibrary.ru, с использованием терминов: врожденный и приобретенный иммунитет, атеросклероз, ионизирующее излучение, облучение. Поиск литературы окончен в марте 2020 года.

### Развитие сосудистого воспаления при накоплении ЛПНП

Ранее атеросклероз рассматривался как заболевание, связанное с накоплением холестерина, вызванное задержкой липопротеинов, содержащих липопротеины низкой плотности (ЛПНП) в интима артерий. В результате этого процесса образуются жировые

инфильтраты богатые лейкоцитами, которые макроскопически выглядят как бляшки. ЛПНП в интиме модифицируются в ходе окислительных реакций с активными формами кислорода (АФК) [15, с. 1605]. Окисленные фосфолипиды вызывают воспаление артериальной стенки, связываясь с толл-подобными рецепторами (TLRs), группой высоко экспрессированных распознающих паттерны рецепторов (PRRs), которые активируют провоспалительный сигнальный путь [4, с. 340]. Макрофаги захватывают нативные и окисленные ЛПНП путем микропиноцитоза или фагоцитоза. Внутриклеточные холестериновые микрокристаллы в макрофагах активируют инфламмосомы, что вызывает превращение про-IL-1 $\beta$  в его биологически активную форму. IL-1 $\beta$  является главным провоспалительным цитокином, который усиливает экспрессию многих других провоспалительных цитокинов и С-реактивного белка CRP [5, с. 1357].

#### **Аутоиммунные реакции в патогенезе атеросклероза**

В настоящее время считается, что атеросклероз – это хроническое воспалительное заболевание с аутоиммунным компонентом. О развитии аутоиммунного ответа свидетельствует наличие антител против ЛПНП и других атеросклеротических антигенов как у всех пациентов, больных атеросклерозом, так и в экспериментах на животных, а также присутствие Т-и В-клеток в бляшке [10, с. 138]. CD4<sup>+</sup> Т-клетки в бляшках у человека распознают окисленные ЛПНП, связываясь с презентированными главным комплексом гистосовместимости (МНС) пептидными эпитопами АроВ [11, с. 1130]. Кроме того, при атеросклерозе выявляются антитела (IgG) против ЛПНП, окисленных ЛПНП, и АроВ [12, с. 152]. Вместе взятые, эти данные свидетельствуют о том, что ЛПНП являются аутоантигенами, которые запускают аутоиммунный ответ против собственных белков атеросклеротической бляшки. По мере прогрессирования атеросклероза, протективный аутоиммунный ответ превращается в патогенный.

#### **Роль различных субпопуляций клеток в патогенезе атеросклероза**

После презентации антигена антиген-презентирующими клетками, Т-клетки в местах атеросклеротических поражений дифференцируются в различающиеся по своим функциональным свойствам подтипы Т-хелперов: Th1, Th2, Th17, Т-регуляторные клетки (Treg), Т-фолликулярные хелперные клетки (Tfh) и регуляторные клетки 1 типа (TR1). В патогенезе атеросклероза наибольшую роль играют Th1, поскольку продуцируют провоспалительные цитокины: IFN- $\gamma$ , IL-2, IL-3, TNF и лимфотоксин (LT) [19, с. 2421]. Регуляторные CD4<sup>+</sup> Т-клетки (Tregs), могут проявлять антиатерогенные свойства, секретируя противовоспалительный цитокин IL-10 и стабилизирующий бляшку TGF- $\beta$ , что угнетает пролиферацию провоспалительных Т-эффекторных клеток [6, с. 280]. Многочисленные клинические данные свидетельствуют об обратном соотношении содержания Tregs и тяжестью атеросклероза. Низкий уровень Treg является предиктором кардиоваскулярных событий [25, с. 2000].

Только небольшое количество В-клеток обнаруживается в атеросклеротической бляшке; большинство В-клеток находятся в адвентиции. Различают два типа В-лимфоцитов: В1-клетки, которые секретируют IgM независимо от Т-клеток, и В2-клетки, которые нуждаются в активации фолликулярными Т-хелперами (TFH), и секретируют IgG. IgM, продуцируемые В1-клетками, связываются со специфичными окисленными неоэпитопами на ЛПНП и эпитопами на апоптотических клетках [8, с. 443]. При сердечно-сосудистых заболеваниях IgM, распознающие эпитопы на ЛПНП или АроВ, обратно коррелировали с тяжестью атеросклероза, осложнениями и их исходами [23, с. 2218]. Роль IgG-антител при атеросклерозе противоречива: одни данные свидетельствуют о том, что IgG-антитела против АроВ усиливают развитие атеросклероза [24, с. 71], другие – что защищают от него [22, с. 2313]. Титры IgG-антител к нативным и окисленным ЛПНП или АроВ имеют положительную связь с тяжестью атеросклероза у мышей и людей [3, с. 765]. Таким образом, врожденный В1-ответ, вероятно, является атеропротективным, а адаптивный В2-ответ – проатерогенным.

#### **Влияние облучения**

Влияние излучения на проатерогенные и атеропротективные факторы врожденного и приобретенного иммунитета изучено недостаточно. В нескольких исследованиях выявлено повышение экспрессии CD8 (маркера Т-цитотоксических лимфоцитов) в крови лиц, подвергшихся хроническому облучению по сравнению с необлученными лицами [2, с. 843], или, наоборот, снижение этого показателя [1, с. 5]. Однако в большинстве исследований не было найдено отличий в уровне экспрессии этого кластера дифференцировки [18, с. 493]. Не менее противоречивы результаты исследований содержания Т-хелперов (CD4+) у лиц, подвергшихся хроническому облучению. В ряде работ не выявлено различий в экспрессии этого кластера дифференцировки на лимфоцитах периферической крови [9, с. 101], другие исследователи отмечали снижение экспрессии [20, с. 659]. У лиц, работающих на объектах по уничтожению ядерного оружия в течение четырёх лет, была отмечена тенденция к повышению уровня экспрессии CD4 [7, с. 324]. Поскольку Т-хелперы оказывают проатерогенное действие, то снижение их количества при хроническом облучении, выявленное в большинстве исследований, может оказаться благоприятным фактором. При хроническом облучении может наблюдаться как снижение содержания В-лимфоцитов по сравнению с контрольными значениями [21, с. 108], так и отсутствие выраженных различий [17, с. 363]. Профиль экспрессии цитокинов у лиц, подвергшихся хроническому облучению носит, в основном провоспалительный характер [13, с. 897]. Так как провоспалительные цитокины способствуют развитию атеросклероза, хроническое облучение, скорее всего, оказывает проатерогенный эффект.

### **Заключение**

Атеросклероз – это хроническое воспалительное заболевание сосудистой стенки, которое запускается в основном врожденным иммунным ответом посредством миелоидных клеток таких как моноциты и макрофаги. Воздействие ионизирующего излучения может инициировать более раннее начало или усиливать развитие атеросклероза. Учитывая противоречивый характер имеющихся данных, необходимо продолжать исследование роли иммуномодулирующего влияния облучения в патогенезе атеросклероза, с целью уточнения механизмов развития негативных последствий облучения и разработки средств и способов их коррекции.

### **Библиографический список**

1. Аклеев А.В., Овчарова Е.А. Иммунный статус людей, подвергшихся хроническому радиационному воздействию, в отдалённые сроки // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2007. – Т. 52. – № 3. – С. 5–9.
2. Орадовская И.В., Радзивил Т.Т., Антипин В.Т., Левенко Ю.Н. Состояние иммунной реактивности лиц, профессионально контактирующих с  $^{239}\text{Pu}$  // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1997. – Т. 37. – № 6. – С. 843–854.
3. Bjorkbacka H., Alm R., Persson M., Hedblad B., et al. Low levels of apolipoprotein b-100 autoantibodies are associated with increased risk of coronary events // Arterioscler Thromb. Vasc. Biol. – 2016. – Vol. 36. – P. 765–771.
4. Curtiss L.K, Tobias P.S. Emerging role of Toll-like receptors in atherosclerosis // J Lipid Res. – 2009. – Vol. 50. – P. 340–345.
5. Duewell P., Kono H., Rayner K.J., Sirois C.M., et al. Nlrp3 inflammasomes are required for atherogenesis and activated by cholesterol crystals // Nature. – 2010. – Vol. 464. – P. 1357–1361.
6. Foks A.C., Lichtman A.H., Kuiper J. Treating atherosclerosis with regulatory T cells // Arterioscler Thromb Vasc Biol. – 2015. – Vol. 35. – P. 280–287.
7. Godekmerdan A., Ozden M., Ayar A., Gursu M.F., et al. Diminished cellular and humoral immunity in workers occupationally exposed to low levels of ionizing radiation // Arch. Med. Res. – 2004. – Vol. 35. – No 4. – P. 324–328.

8. Hosseini H., Li Y., Kanellakis P., Tay C., et al. Phosphatidylserine liposomes mimic apoptotic cells to attenuate atherosclerosis by expanding polyreactive IgM producing B1a lymphocytes // *Cardiovascular research*. – 2015. – Vol. 106. No. 3. – P. 443–452.
9. Hrycek A., Czernecka-Micinska A., Klucinski P., Badowski R. Peripheral blood lymphocytes and selected serum interleukins in workers operating X-ray equipment // *Toxicol. Lett.* – 2002. – Vol. 132. – No 2. – P. 101–107.
10. Jonasson L., Holm J., Skalli O., Bondjers G., et al. Regional accumulations of T cells, macrophages, and smooth muscle cells in the human atherosclerotic plaque // *Arteriosclerosis*. – 1986. – Vol. 6. – P. 131–138.
11. Kimura T., Kobiyama K., Winkels H., Tse K., et al. Regulatory CD4(+) T cells recognize MHC II molecule-restricted peptide epitopes of apolipoprotein b // *Circulation*. – 2018. – Vol. 138. – P. 1130–1143.
12. Kimura T., Tse K., Sette A., Ley K. Vaccination to modulate atherosclerosis // *Autoimmunity*. – 2015. – Vol. 48. – P. 152–160.
13. Konemann S., Bolling T., Malath J. Time and dose-dependent changes of intracellular cytokine and cytokine receptor profile of Ewing tumour subpopulations under the influence of ionizing radiation // *Int. J. Radiat Biol.* – 2003. – Vol. 79 (11). – P. 897–909.
14. Kruk M.E., Gage A.D., Joseph N.T., Danaei G., et al. Mortality due to low-quality health systems in the universal health coverage era. A systematic analysis of amenable deaths in 137 countries // *Lancet*. – 2018.
15. Ley K., Miller Y.I., Hedrick C.C. Monocyte and macrophage dynamics during atherogenesis // *Arterioscler Thromb Vasc Biology*. – 2011. – Vol. 31. – P. 1506–1516.
16. Libby P. Inflammation in atherosclerosis // *Nature*. – 2002. – Vol. 420. – P. 868–874.
17. Okunieff P., Chen Y., Maguire D.J., Huser A.K. Molecular markers of radiation-related normal tissue toxicity // *Cancer Metastasis Rev.* – 2008. – Vol. 3. – P. 363–374.
18. Rees G.S., Daniel C.P., Morris S.D., Whitehouse C.A., et al. Occupational exposure to ionizing radiation has no effect on T- and B-cell total counts or percentages of helper, cytotoxic and activated T-cell subsets in the peripheral circulation of male radiation workers // *Int. Radiat. Biol.* – 2004. – Vol. 80. – No 7. – P. 493–498.
19. Robertson A.K., Hansson G.K. T cells in atherogenesis: For better or for worse? // *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* – 2006. – Vol. 26. – P. 2421–2432/
20. Rybkina V.L., Azizova T.V., Adamova G.V., et al. Expression of blood serum proteins and lymphocyte differentiation clusters after chronic occupational exposure to ionizing radiation // *Radiation and Environmental Biophysics*. – 2014. – Vol. 53. – No 4. – P. 659–670.
21. Rybkina V.L., Bannikova M.V., Adamova G.V., Azizova T.V., et al. Immunological markers of chronic occupational radiation exposure // *Health Physics*. – 2018. – Vol. 115. No 1. – P. 108–113.
22. Schiopu A., Frendeus B., Jansson B., Soderberg I., et al. Recombinant antibodies to an oxidized low-density lipoprotein epitope induce rapid regression of atherosclerosis in APOBec-1(–/–)/low-density lipoprotein receptor(–/–) mice // *Journal of the American College of Cardiology*. – 2007. – Vol. 50. – P. 2313–2318.
23. Sjogren P., Fredrikson G.N., Samnegard A., et al. High plasma concentrations of autoantibodies against native peptide 210 of APOB-100 are related to less coronary atherosclerosis and lower risk of myocardial infarction // *European heart journal*. – 2008. – Vol. 29. – P. 2218–2226.
24. Tay C., Liu Y.H., Kanellakis P., Kallies A., et al. Follicular B cells promote atherosclerosis via T cell-mediated differentiation into plasma cells and secreting pathogenic immunoglobulin G // *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* – 2018. – Vol. 38. – P. 71–84.
25. Wigren M., Bjorkbacka H., Andersson L., Ljungcrantz I., et al. Low levels of circulating CD4+Foxp3+ t cells are associated with an increased risk for development of myocardial infarction but not for stroke // *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* – 2012. – Vol. 32. – P. 2000–2004.

# МЕХАНИКА, МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

УДК 678  
ГРНТИ 55.09.39

## ОЦЕНКА НЕОДНОРОДНОСТИ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АСМ

Бузоверя М. Э., Бурлаков В. А.

*Саровский физико-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Саров*

mebuzoverya@gmail.com, slawa062210@yandex.ru

В данном исследовании проводится оценка микроскопической неоднородности дисперсного состава образцов радиационно-защитного материала методами сканирующей атомно-силовой микроскопии. Научная новизна работы заключается в применении метода атомно-силовой микроскопии и последующей систематизации данных, позволяющих получить представление об особенностях исследуемого образца. В результате исследования был проведен качественный и количественный анализ распределения частиц наполнителя в реальных образцах РЗМ.

*Ключевые слова:* атомно-силовая микроскопия, радиационно-защитный материал, дисперсный состав, полимер-матричный композит, бутилкаучук, микроструктура, геометрические размеры наполнителя.

## ESTIMATION OF HETEROGENEITY OF RADIATION PROTECTION MATERIALS USING AFM

Buzoveria M. E., Burlakov V. A.

*SarPTI NRNU MEPhI, Sarov*

In this study, the microscopic heterogeneity of the dispersed composition of radiation-protective material samples is evaluated using scanning atomic force microscopy. The scientific novelty of the work consists in the application of the method of atomic force microscopy and the subsequent systematization of data that allows you to get an idea about the features of the sample under study. As a result of the study, a qualitative and quantitative analysis of the distribution of filler particles in real REM samples was performed.

*Keywords:* atomic force microscopy, radiation-protective material, dispersed composition, polymer-matrix composite, butyl rubber, microstructure, geometric dimensions of the filler.

Целью данного исследования является оценка микроскопической неоднородности дисперсного состава образцов радиационно-защитного материала методами сканирующей атомно-силовой микроскопии. Многокомпонентные полимер-матричные композиты считаются перспективными материалами для создания радиационно-защитных материалов (РЗМ). Качество композитов на основе полимерной матрицы в значительной мере определяется свойствами наполнителя, а также степенью диспергирования наполнителя в полимере. Большинство работ, посвящённых оценке композиционной однородности резин и степени диспергирования наполнителя в них, обычно основаны на данных, полученных с помощью разнообразных методик оптической и электронной микроскопии. В сравнении с



этими традиционными методами исследования, применение зондовой микроскопии, в частности атомно-силовой, как показывает практика, позволяет получить более подробную информацию о степени дисперсии наполнителя, 3-х мерные изображения с высоким пространственным разрешением и контрастом, а также исследовать различные локальные свойства поверхности. Атомно-силовая микроскопия (АСМ) позволяет выявлять особенности геометрии поверхности материалов с микро- и нано-метровым разрешением, что важно при исследовании композитов с дисперсным наполнением. Последующая цифровая обработка данных дает возможность глубокого анализа различных характеристик поверхности.

#### **Экспериментальная часть**

Объектами исследования служили 2 образца композита на основе бутылкаучука. В 1-ом образце наполнителем служит барий, а во втором – вольфрам. Для формирования полной характеристики качества резин сравнивали показатели однородности ПКМ: размеры частиц дисперсной фазы наполнителя и их распределение.

Исследование состояния поверхности проводили с помощью сканирующего атомно-силового микроскопа SOLVER PRO (NT-MDT) (производство Россия, Зеленоград).

За показатель микроскопической однородности образцов РЗМ были приняты геометрические размеры наполнителя, установленные методами сканирующей микроскопии в полу-контактном режиме сканирования на воздухе с использованием кремниевого конического зонда марки NSG 10. Для визуализации результаты измерения рельефа были представлены в виде топографической карты (высота отображается цветом) и трехмерных изображений. Обработка полученных АСМ-изображений осуществлялась с помощью программного обеспечения ACM Solver Next.

#### **Результаты и их обсуждение**

В настоящей работе отрабатывался алгоритм оценки неоднородности РЗМ методом атомно-силовой микроскопии.

На рисунке 1 представлены АСМ-изображения, характерные для исследованных образцов композитов в исходном состоянии.

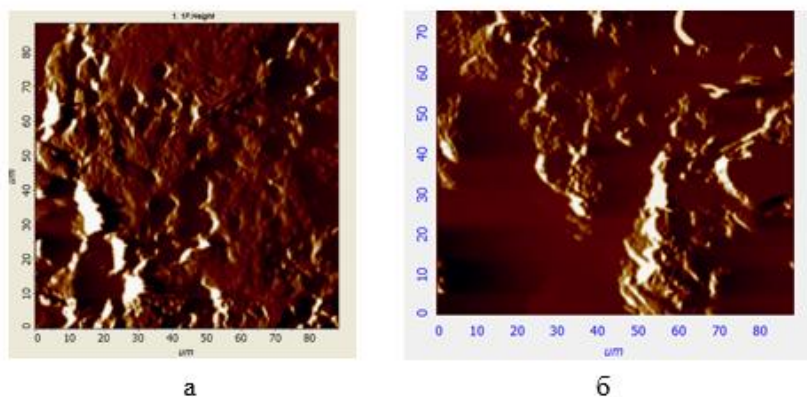


Рисунок 1 – АСМ-изображение, размер 90х90мкм: а – образец 1; б – образец 2

Основными элементами микроструктуры поверхности образцов являются эластичная матрица, в которой распределен наполнитель в полимерной связке. В ходе исследований было установлено, что на профиле рельефа наполнитель имеет самую большую величину высоты.

Оценка состояния поверхности образцов проводилась по результатам обработки рельефа по штатной программе Grain Analysis. Программа позволяет получать сечения для всех частиц на одинаковом относительном уровне, находить основные геометрические параметры частиц, такие как площадь сечения, объем, средний размер, максимальный размер, максимальную высоту, координаты центров тяжести объектов и другие. Позволяет получать гистограммы распределения.

В таблице 1 представлены результаты обработки АСМ-сканов поверхностей образцов размером 90х90 мкм. Параметры, приведенные в таблице 1: Z – высота, X – поперечный размер частицы, Max – максимальное значение, Min – минимальное значение величины.

Таблица 1 – Значение размеров частиц наполнителя, вычисленных модулем «Grain Analysis»

Наименование	Количество	Z		X	
		Max, мкм	Min, мкм	Max, мкм	Min, мкм
Образец 1	468	1.3	0,4	3.24	0.34
Образец 2	96	2,2	0.7	8.77	0.36

Сравнение распределения частиц по размерам (рисунок 2, рисунок 3, таблица 1), показало, что в образце 1 наполнитель более мелкодисперсен и однороден, менее склонен к агрегатированию.

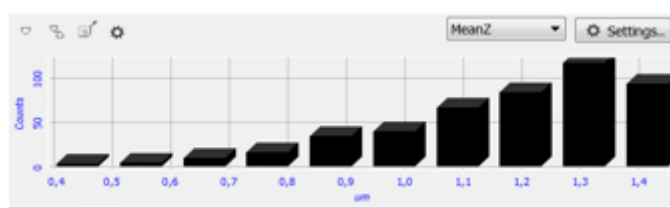


Рисунок 2 – Гистограмма распределения частиц по высоте Z в образце 1 (мкм)

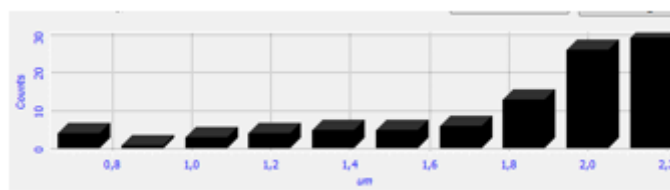


Рисунок 3 – Гистограмма распределения частиц по высоте Z в образце 2 (мкм)

#### Заключение

1. Методом АСМ был проведен качественный и количественный анализ распределения частиц наполнителя в реальных образцах РЗМ.
2. Применение АСМ расширяет возможности оценки состояния диспергирования наполнителей в композитах на полимерной основе.
3. Являясь высокочувствительным, метод АСМ позволяет выявить отличия в микроструктуре композита, что особенно важно при создании новых композиционных материалов.

#### Библиографический список

1. Липатов Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров. – М.: Химия, 1977. – 304с.
2. Миронов В.Л. Основы сканирующей микроскопии. Нижний Новгород: РАН, 2004. – 110с.

УДК 621.91.02  
ГРНТИ 55.19.13

## МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ РАЗМЕРНОГО ИЗНОСА МЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА

Козлов А. В., Полковникова О. О., Самойлова С. И.

*Трёхгорный технологический институт - филиал НИЯУ МИФИ  
г. Трёхгорный, Челябинская область*

a\_kozlov55@mail.ru, ksyxa\_8@mail.ru, swetlanas220598@gmail.com

В результате высокого давления, температуры и скорости относительного перемещения, контактные поверхности инструмента в процессе эксплуатации изнашиваются. Невысокая размерная стойкость инструмента является одной из причин снижения точности обработки. Из-за низкой размерной стойкости инструмента операции обработки поверхностей с точными размерами, малопроизводительны и трудоёмки.

Ключевые слова: базирование, мерный инструмент, размерный износ, обработка отверстий, обработанная поверхность, обрабатываемая поверхность, поверхность резания.

## METHODS FOR COMPENSATING DIMENSIONAL WEAR OF MEASURING TOOL

Kozlov A. V., Polkovnikova O. O., Samoilova S. I.

*Trekhgorny Technological Institute TTI NIIU MEPHI, Trekhgorny*

As a result of high pressure, temperature and speed of relative displacement, the tool contact surfaces wear out during operation. The low dimensional stability of the tool is one of the reasons for reducing the accuracy of processing. Due to the low dimensional stability of the tool, surface treatment operations with precise dimensions are inefficient and time-consuming.

Keywords: cutting tool, basing, measuring tool, dimensional wear, hole machining, machined surface, machined surface, cutting surface.

**Введение:** в качестве критерия износа обычно принимают линейный износ по задней поверхности, допустимая величина которого регламентируется в зависимости от технологических ограничений, таких как резкое увеличение шероховатости поверхности, возникновение вибраций технологической системы и потеря инструментом исходного размера [6]. Низкая размерная стойкость инструмента усложняет и делает более трудоёмкой обработку точных поверхностей. Так, при обработке глубоких отверстий, размерный износ инструмента приводит к образованию конических отверстий, а при обработке отверстий небольшой длины в деталях из высокопрочных материалов – к существенному уменьшению от детали к детали диаметров отверстий.

**Основная часть.** В случае использования для обработки отверстий регулируемых инструментов, их размерный износ можно компенсировать. Для компенсации износа используются и адаптивные системы подналадки, применение которых сдерживается из-за их большой сложности и невысокой надёжности. Ещё сложнее компенсировать размерный износ нерегулируемых мерных лезвийных инструментов, которые широко используются при обработке отверстий. Для восстановления рабочего размера таких инструментов чаще всего производят замену режущих пластин, реже осуществляют напыление или наплавку на рабочие поверхности слоя инструментального материала, либо применяют специальные методы термообработки, приводящие к сильным температурным деформациям, вследствие которых размеры инструментов увеличиваются [2]. Все эти методы малоэффективны и повышают срок службы инструментов незначительно.

Рассмотрим базирование выглаживающего кулачка инструмента одностороннего резания по обработанной поверхности (рис. 1) диаметр инструмента переносится на заготовку практически без изменений. Такое базирование наблюдается в случае осевого отставания кулачка от вершины режущего лезвия, которое находится по формуле 1

$$\tau < \frac{S}{2}, \quad (1)$$

где  $S$  – осевая подача инструмента за 1 оборот.

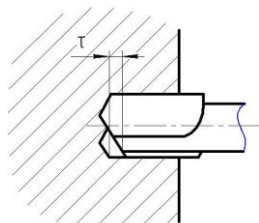


Рисунок 1 – Схема базирования инструмента по обработанной поверхности

Представим методы управления размерами отверстий, обработанных инструментами одностороннего резания путём изменения соотношения  $\tau$  и  $S$ . Так, если расстояние между вершинами лезвия и кулачка обеспечивается в пределах, представленных в формуле 2, то кулачок в процессе обработки базируется на поверхности резания (рис. 2) [3].

$$\left(\frac{S}{2} - \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi}\right) < \tau < \frac{S}{2}, \quad (2)$$

где  $t$  – глубина резания;

$\varphi$  – главный угол в плане режущего лезвия.

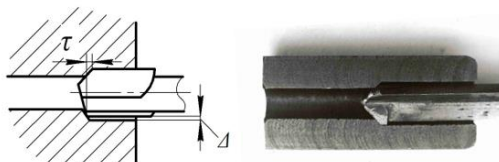


Рисунок 2 – Схема базирования инструмента по поверхности резания.

При условии 3

$$\frac{S}{2} - \frac{D_{\text{ин}} - d}{\operatorname{tg} \varphi^1} < \tau < \frac{D_{\text{ин}}}{\operatorname{tg} \varphi^2} + \frac{S}{2} - \frac{D_{\text{ин}} - d}{2\operatorname{tg} \varphi^1} - \frac{d}{\operatorname{tg} \varphi^2}, \quad (3)$$

где  $D_{\text{ин}}$  – диаметр инструмента;

$d$  – диаметр предварительно обработанного отверстия;

$\varphi^1$  – главный угол в плане режущего лезвия;

$\varphi^2$  – угол заточки кулачка.

А соотношении углов в плане  $\varphi^1 > \varphi^2$  инструмент базируется на кромку, образованную пересечением предварительно обработанного отверстия и поверхности резания (рис. 3).

Используя формулу 4, получаем, что кулачок, опережающий режущее лезвие, будет базироваться на обрабатываемую поверхность (рис. 4).

$$\tau < \left(\frac{S}{2} - \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi}\right), \quad (4)$$

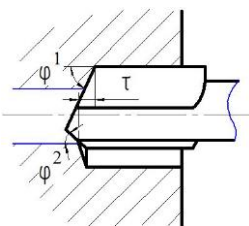


Рисунок 3 – Схема базирования по кромке.

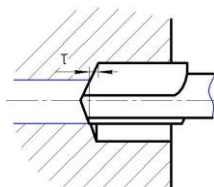


Рисунок 4 – Схема базирования по обрабатываемой поверхности.

Сравним схемы базирования по обрабатываемой поверхности и по поверхности резания. Полученные отверстия отличаются в два раза, что можно увидеть на рисунке 5.

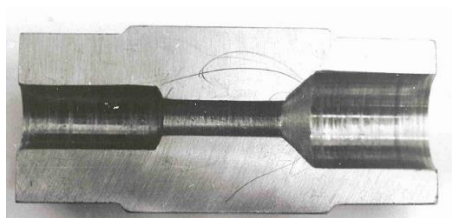


Рисунок 5 – Отверстия при различных схемах базирования режущего инструмента

Рассмотрим конкретные примеры процессов обработки отверстий, с компенсацией размерного износа, применяемых инструментов при различном их базировании.

Пример 1. Инструмент, диаметр которого уменьшился вследствие размерного износа, затачивается так, чтобы кулачок в процессе обработки базировался на поверхность резания (рис. 6). Причём расстояние между вершинами кулачка и лезвия  $\tau$  определяется из соотношения 5

$$D_0 = D_{ин} + \left( \frac{S}{2} - \tau \right) \cdot tg\varphi, \quad (5)$$

Измеряя диаметр инструмента, по мере необходимости производят его переточку, обеспечивая расчётную величину  $\tau$ .

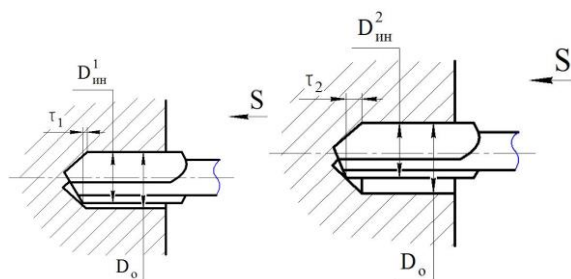


Рисунок 6 – Сохранение диаметра обрабатываемого отверстия при уменьшении диаметра инструмента.

Пример 2. В случае многопроходной обработки отверстий большой длины [2] (рис.7) инструмент 1, например, расточной резец изнашивается, в силу чего образованное отверстие будет коническим. Тогда на следующем переходе обработку осуществляют инструментом, базирующимся своим кулачком на поверхность конического отверстия. За счёт конусности



отверстия, инструмент 2 будет отклоняться в радиальном направлении на величину текущего размера износа  $\delta_{p1}$  инструмента 1, а сам инструмент 2 будет иметь текущий размерный износ  $\delta_{p2}$ . Уравняв величины размерных износов инструментов 1 и 2, т.е. обеспечив  $\delta_{p1} = K \delta_{p2}$  можно получить отверстие неизменного диаметра. При этом коэффициент  $K$  учитывает конструктивную особенность инструмента 1. Так, для инструментов одностороннего резания  $K = 2$ , а для двухлезвийных инструментов  $K = 1$ . Обеспечение заданной пропорциональности размерных износов достигается соответствующими режимами резания, применяемыми инструментальными материалами и прочими условиями обработки.

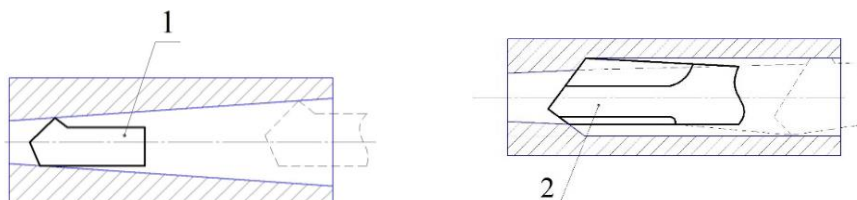


Рисунок 7 – Компенсация размерного износа инструмента

Пример 3. Обработку предварительно образованного отверстия осуществляют инструментом, кулачок которого опирается на переходную кромку (рис. 8). В этом случае компенсация размерного износа может быть обеспечена несколькими способами.

Во-первых, аналогично описанному методу в примере 1, т.е. изменением величины  $t$ . Во-вторых, обеспечением такой пропорциональности размерных износов, которая автоматически компенсирует износы инструментов на первом и втором переходах.

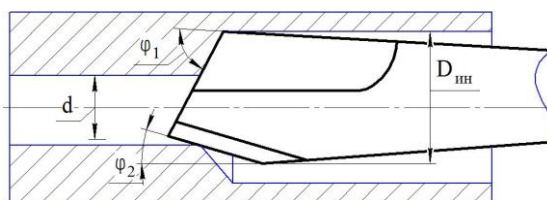


Рисунок 8 – Получение отверстия неизменного диаметра при увеличении износа инструмента.

**Результат.** Получены схемы базирования инструмента по обработанной и обрабатываемой поверхностям, по поверхности резания и по кромке. Так же представлена схема получения отверстия неизменного диаметра при увеличении износа инструмента.

**Заключение.** Описанные выше методы компенсации размерных износов существенно повышают срок эксплуатации инструментов за пределами его размерной стойкости, просты и экономичны. Они могут с успехом использоваться для повышения срока службы всех концевых мерных инструментов, так как качественно все закономерности формообразования, свойственные инструментам одностороннего резания, присущи и лезвийным инструментам, лезвия которых имеют отличающиеся режущие свойства.

#### Библиографический список

1. Дерябин, И.П. Исследование стойкости многогранных неперетачиваемых пластин при токарной обработке титановых сплавов / Дерябин И.П., Миронова И.Н., Гималетдинов А.А., Сусев С.Л. // Приоритетные направления современных научных исследований XXI века. – Трёхгорный, 2016. – С. 66-72.
2. Дечко, Э.М. Сверление глубоких отверстий в сталях / Э.М. Дечко; – Минск: Высшая школа, 1979. – 231 с.
3. Лакирев, С.Г. Моделирование процессов формообразования отверстий мерными концевыми инструментами при автоматизированном проектировании технологических процессов / С.Г. Лакирев, Я.М. Хилькевич, А.В. Козлов // Проблемы автоматизации

технологических процессов в машиностроении: Тез. докл. Межреспубликанской научно-технической конференция, – Волгоград: ВПИ. 1889 – с.17-18.

4. Лакирев, С.Г. Эксплуатация концевой мерной линейки за пределами её размерной стойкости / С.Г. Лакирев, Я.М. Хилькевич, А.В. Козлов // В кн. Совершенствование машиностроительных материалов, конструкций машин и методов обработки деталей: Тематический сборник научных трудов. – Челябинск: ЧГТУ, 1990 – с. 23-28
5. Левченко, А.И. Повышение эффективности автоматизированного процесса сверления глубоких отверстий: Автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.13.07 «Автоматизация технологических процессов» / А.И. Левченко; – Севастополь, 2001. – 18 с.
6. Черпаков Б.И. Металлорежущие станки: Учебник для нач. проф. образования / Б.И. Черпаков, Т.А. Альперович. — М.: Издательский центр «Академия», 2003. — 368 с.

УДК 62-503.56  
ГРНТИ 55.69.99

### **РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ, УЧИТЫВАЮЩЕЙ ОТКЛОНЕНИЯ НОМИНАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ПРИ ПЕЧАТИ НА 3D-ПРИНТЕРЕ NEO**

Кольжецов Д. А., Морозова А. В.

*Трёхгорный технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Трёхгорный, Челябинская область*

a-nastya\_1999@mail.ru

В данной работе производились исследования с целью изучения воздействия настройки 3D-печати на изменение размеров напечатанных изделий и создание программы, при помощи которой будет достигаться более точная печать.

Полученные результаты исследований легли в основу создания приложения для принтера NEO, которое позволило оптимизировать настройки качества печати для данного 3D-принтера. Это привело к получению наименьших отклонений от номинальных значений.

*Ключевые слова:* 3D-принтер, 3D-печать, модель, деталь, номинальный размер, отклонение размера, точность, исследование, размер.

### **DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL THAT TAKES INTO ACCOUNT DEVIATIONS IN NOMINAL SIZES WHEN PRINTING ON A NEO 3D PRINTER**

Kolzhetsov D. A., Morozova A. V.

*TTI NRNU MEPhI, Trekhgorny*

In this work, research was carried out to study the impact of 3D printing settings on changing the size of printed products and creating a program that will achieve more accurate printing.

The obtained research results formed the basis for creating an application for the NEO printer, which allowed us to optimize the print quality settings for this 3D printer. This resulted in the smallest deviations from the nominal values.

*Keywords:* 3D printer, 3D printing, model, part, nominal size, size deviation, accuracy, research, size.

3D-печать – это быстрое создание реальной модели по ее виртуальному образу. Технологический процесс 3D-печати представляет собой послойное создание будущего предмета без использования форм или дополнительной оснастки.

В последние годы технология 3D-печати становится всё более актуальной. Существует большое количество различных методов печати. Данные методы позволяют получать детали любой формы, в следствии чего данная технология нашла широкое применение в любой сфере деятельности человека [2].

Самой распространенной технологией 3D-печати является технология FDM-печати (Fused Deposition Modeling – моделирование методом послойного наплавления). Сущность метода заключается в том, что нить определенного диаметра из пластика разогревается до определенной температуры и через печатную головку подаётся на печатный стол. Печатная головка наносит полученный расплавленный пластик с заданной точностью тонкими слоями на печатный стол 3D-принтера. Слои наносятся друг на друга, соединяются между собой и отвердевают, постепенно формируя готовую деталь.

Стоит отметить, что данная технология 3D-печати не всегда отвечает требованиям к качеству и точности напечатанной детали. На отклонения размеров деталей влияют режимы печати, которые задаются при его настройке. Это следствие недостаточного научного обеспечения технологий 3D-печати, отсутствие информации о методах управления качеством изделий. В связи с этим, изучение указанных аспектов проблемы является актуальной научно-технической задачей [3].

Поэтому актуальность данной работы заключается в повышении эффективности 3D-печати.

Целью работы является изучение воздействия настройки 3D-печати на изменение размеров напечатанных изделий и создание программы, при помощи которой будет достигаться более точная печать.

Одной из главных задач является получение готовых изделий с минимальными отклонениями от номинальных размеров. Возможным решением может послужить создание программы, позволяющей выполнить анализ смоделированной электронной модели детали. Она позволит печатать детали более высокой точности.

Представленная работа содержит описание проведенных экспериментов, полученные результаты которых послужили основой для создания программы, которая позволила печатать детали с минимальными отклонениями от номинальных размеров.

### **Основная часть**

В ходе проведения исследований потребовалось напечатать образцы деталей, для определения отклонений размеров. Печать деталей происходила на 3D-принтере NEO, установленном в лаборатории Трехгорного технологического института. В качестве материала для печати использовался PLA-пластик. Общий вид 3D-принтера представлен на рисунке 1.

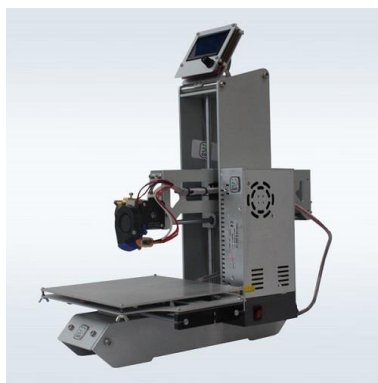


Рисунок 1 – 3D-принтер NEO

Настройка параметров печати производилась с помощью слайсера CURA. Это приложение является наиболее распространенным и позволяет настраивать параметры печати для многих 3D-принтеров. Так же данное приложение имеет ряд стандартных настроек печати [1].

Для выявления отклонений размеров от номинального значения была смоделирована деталь, которая имеет различные геометрические формы, позволяющие оценить качественные параметры печати данного 3D-принтера. На рисунке 2 представлена напечатанная модель детали.

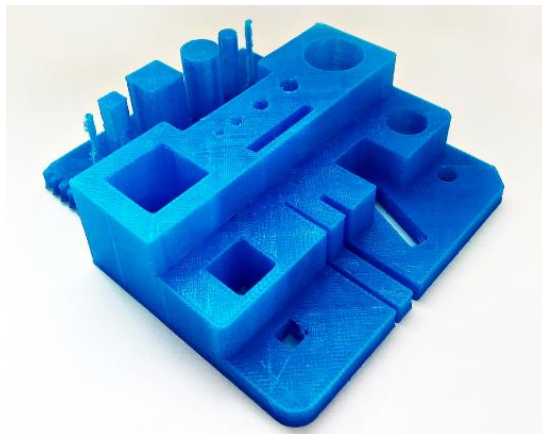


Рисунок 2 – Напечатанная деталь

Проведя литературный обзор существующей информации о воздействии на точность размеров, удалось выделить следующие показатели:

- 1) плотность заполнения;
- 2) экструзионный множитель;
- 3) высота слоя;
- 4) толщина стенки;

5) базовые настройки печати [4]. Слайсер CURA предоставляет четыре типа печати: Faster print, Normal print, High print, Ulti print. Каждый тип содержит определенные настройки печати.

Было решено провести опыт, который позволит оценить каждый тип печати и сравнить полученные образцы с эталонной моделью. В процессе опыта были исследованы 4 детали по одному для каждого типа печати.

Измерения проводились с помощью штангенциркуля фирмы "Ермак" с ценой деления 0,02 мм. На рисунке 3 представлено изображение штангенциркуля "Ермак".



Рисунок 3 – Штангенциркуль "Ермак"

В ходе измерений и анализа распечатанных деталей, была выявлена максимальная погрешность при печати, которая составила 0,26 мм, что подтверждает заявленную точность

3D-принтера. Мелкие элементы, такие как зубчатая рейка с шагом 1 мм и отверстия до 2 мм, не отвечали заданной форме.

#### **Определение отклонений размеров**

Для определения точности напечатанных размеров детали, были выбраны 5 размеров. После измерения они были занесены в таблицу, так же были определены абсолютное и относительное отклонения. На рисунке 4 представлены измеряемые размеры.

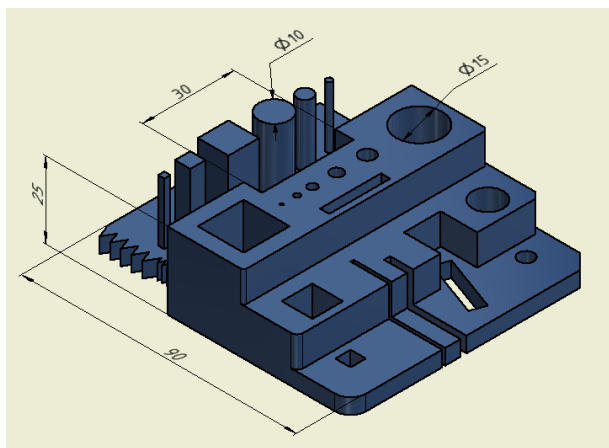


Рисунок 4 – Изменяемые размеры

#### **Определение отклонений размеров в зависимости от высоты печатных слоев**

Значительное влияние на точность размеров оказывает высота печатных слоев: первого слоя и последующих [7]. Для определения отклонений размеров были распечатаны образцы кубиков с гранью 25 мм. Для получения более достоверных данных было напечатано в каждом стандартном типе печати по 3 образца. На рисунке 5 изображен образец напечатанного кубика.

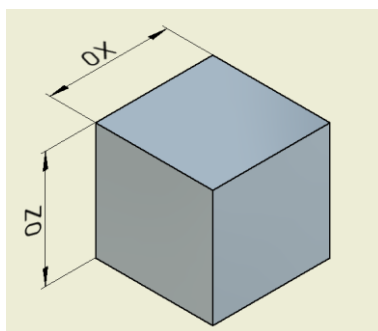


Рисунок 5 – Образец напечатанного кубика

#### **Определение отклонений размеров в зависимости от экструзионного множителя**

В базовых параметрах экструзионный множитель равен 100% [5]. Для определения его воздействия на отклонение были распечатаны по три кубика со стороной 25 мм на каждый тип печати с разными экструзионными множителями: 90% и 110%.

Проведя анализ данных была выявлена зависимость: чем больше экструзионный множитель, тем наружные размеры увеличиваются, а внутренние уменьшаются.

#### **Определение отклонений размеров в зависимости от толщины стенки**

Одним из параметров, который так же оказывает воздействие на точность печати является толщина стенки. Толщина стенки является основным параметром, характеризующим прочность детали [6].

Для определения воздействия толщины стенки были исследованы кубики со стороной 25 мм.



Проанализировав данные, можно сделать вывод, что толщина стенки влияет на точность получаемых размеров. Так же можно выделить, что при толщине стенки равном 2, достигается наименьшее отклонение от номинального размера.

На основе полученных данных исследований была разработана программа, позволяющая печатать детали более высокой точности.

### Описание программы

Данная программа позволяет повысить точность печати 3D-принтера NEO. Она работает совместно с программой Компас-3D. Для работы с программой потребуется 3D модель детали, выполненная в Компас-3D и сама программа Компас-3D. На рисунке 6 представлено рабочее пространство программы «Настройка печати 3D-принтера NEO».

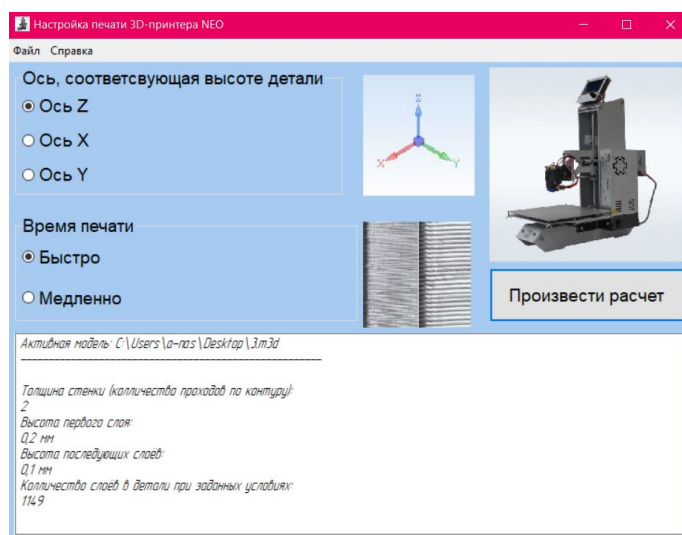


Рисунок 6 – Рабочее пространство программы

Рабочее пространство программы содержит область, в которую необходимо перенести готовую 3D-модель детали или открыть её в Компас-3D. После чего необходимо выбрать ось ориентации детали, а также время печати. Стоит отметить, что время печати будет влиять на шероховатость боковых поверхностей. Чем больше время печати, тем качественнее и с меньшей шероховатостью получится поверхность.

После выбора оси расположения и времени печати программа произведет расчёт и выведет на экране параметры, которые необходимо задать в слайсере.

Для проверки данной программы были напечатаны три партии по шесть тестовых деталей, четыре из которых были напечатаны со стандартными настройками принтера и две с использованием разработанной программы. Во всех деталях контролировалась четыре размера. На рисунке 7 представлены измеряемые размеры образца 2.

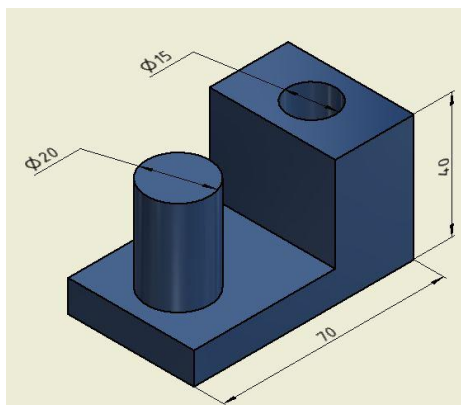


Рисунок 7 – Измеряемые размеры образца 2

По полученным данным можно сделать вывод, что при использовании данной программы детали изготавливаются с наименьшими отклонениями, как при быстрой, так и при медленной печати.

### **Заключение**

Подводя итог изучению изменения размеров деталей, напечатанных на 3D-принтере NEO, в зависимости от параметров печати, которые оказывают воздействие на размеры, можно сделать следующие выводы:

- 1) данный принтер имеет погрешность в печати 0,10-0,26 мм, в следствии чего печать мелких частей (размером менее 2 мм) становится невыполнимой на данном принтере;
- 2) проведя исследование в области влияния типа печати на размеры деталей, выявлены значительные отклонения от номинальных размеров;
- 3) рассматривая каждый параметр печати в отдельности можно выделить следующее:
  - размеры куба со стороной 25 мм по осям OX и OZ после печати значительно отличаются от номинальных размеров;
  - размеры куба со стороной 25 мм после изменения значения экструзионного множителя значительно отличаются от номинальных размеров, а также выявлена пропорциональная зависимость отклонений размеров от экструзионного множителя;
  - размеры куба со стороной 25 мм после изменения толщины стенки значительно отличаются от номинальных размеров, наиболее оптимальные показатели были достигнуты при числе проходов равном 2.

Полученные результаты исследований легли в основу создания приложения для принтера NEO, которое позволило оптимизировать настройки качества печати для данного 3D-принтера, что привело к получению наименьших отклонений от номинальных значений.

### **Библиографический список**

1. Валетов В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы). Учебное пособие. Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. 63 с.
2. ГОСТ Р 57911-2017 Изделия, полученные методом аддитивных технологических процессов. Термины и определения.
3. ГОСТ Р 57558-2017/ISO/ASTM 52900:2015 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1. Термины и определения.
4. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении. Санкт-Петербург: Издательство политехнического университета, 2013. 222 с.
5. Камоничкин Д.Т. Процент заполнения в 3D-печати [Электронный ресурс] / Сайт центра аддитивного производства. 2017. 04 февраля. – URL: <https://www.st3d.ru/5-zapolnenie/> (дата обращения: 05.02.2020).
6. Нарисава И. Прочность полимерных материалов. М.: Химия. 1987. 400 с.
7. Шкуро А.Е., Кривоногов П.С. Технологии и материалы 3Д-печати. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. 2017. 98 с.

УДК 628.168.2  
ГРНТИ 55.69.99

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ДЕЗАКТИВАЦИИ ГИДРОКАВИТАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Комаров А. А., Липина Ю. Е., Маклаков А. И.,  
Кузнецова Н. А., Сахненко О. А.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ,  
ФГУП «Производственное объединение «Маяк»  
г.Озёрск, Челябинская область*

AAKomarov@mephi.ru, YELipina@mephi.ru

Одна из проблем деятельности объектов атомной промышленности и радиохимических производств является необходимость сокращения количества МРАО, которые накапливались на протяжении долгих лет функционирования этих предприятий из-за отсутствия эффективных и малоотходных методов их переработки.

*Ключевые слова:* дезактивация, металлические радиоактивные отходы, гидрокавитационная установка.

## ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF DECONTAMINATION TECHNOLOGY WITH A HYDRO-CAVITATION APPROACH

Komarov A. A., Lipina Yu. E., Maklakov A. I.,  
Kuznetsova N. A., Sachnenko O. A.

*ОТИ МЭФИ, Озерск  
FSUE «MAYAK PA», Ozersk*

One of the problems of the activities of nuclear facilities and radiochemical facilities is the need to reduce the number of MRAOs that have accumulated over the long years of operation of these enterprises due to the lack of effective and low-waste methods for their processing.

*Keywords:* decontamination, metallic radioactive waste, hydro-cavitation installation.

Работа по исследованию эффективности гидрокавитационного метода дезактивации проводилась совместно с ФГУП «ПО «Маяк» согласно утвержденной программе.

В гидрокавитационной установке (ГКУ), разработанной на кафедре ТМ и МАХП [1], реализованы условия возникновения кавитационного эффекта путем создания гидродинамической и акустической кавитации:

насос (агрегат мембранный высокого давления) создает повышенное давление ( $p_{\max} = 250$  атм.,  $Q_{\max} = 18$  л/мин) в водном потоке и производит на него импульсное воздействие, в дизельном нагревателе высокого давления ( $t_{\max} = 120^{\circ}$ ,  $Q_{\max} = 23$  л/мин) происходит перегрев потока, пистолет с кавитационным устройством [2] создает выходной поток воды с интенсивным ростом каверн, обеспечивающий воздействие схлопывающихся пузырьков на очищаемую поверхность.

В ходе НИОКР дезактивацию образцов МРАО и строительных сооружений проводили с помощью ГКУ и АВД (аппарата высокого давления) по единой методике на сопоставимых образцах [3,4].

Испытания проводились на участке дезактивации и ремонта оборудования, а также на территории участка переработки технологических сбросов службы экологии. Контроль

уровня радиоактивного загрязнения осуществлялся сотрудниками отделов охраны труда и радиационной безопасности службы экологии.

Результаты дезактивации представлены в таблице 1. Установлено, что гидрокавитационная обработка поверхности МРАО из углеродистой стали (простой геометрии), загрязненных бета-радионуклидами, позволяет увеличить качество дезактивации по сравнению с использованием АД как минимум в два раза. Определен предел исходного загрязнения объектов дезактивации (до 2000 бета-част./( $\text{см}^2 \cdot \text{мин}$ )), при котором достигаются требуемые уровни по остаточному загрязнению. После обработки образцов в 90 % случаев отсутствует снимаемое радиоактивное загрязнение металла (рисунок 1).

Таблица 1 – Результаты дезактивации МРАО

Материал	Исходное загрязнение (ППБЧ) част./ ( $\text{см}^2 \cdot \text{мин}$ );	Среднее значение коэффициента дезактивации	
		ГКУ	АВД
09Г2С; Ст.3	30-7245	76,1	42,0
12Х18Н10Т	104-41000	10,1	5,2
Чугун	27-10000	13,8	10,3

Оба метода показали низкую эффективность дезактивации при отмывке оборудования с исходным альфа-загрязнением более 10 част./( $\text{см}^2 \cdot \text{мин}$ ).

Основная часть радиоактивного загрязнения (не менее 70 %) удаляется вместе с технологическими отложениями после первых двух циклов обработки.

Основная часть радиоактивного загрязнения (не менее 70 %) удаляется вместе с технологическими отложениями после первых двух циклов обработки.



Рисунок 1 – Образцы для дезактивации

При этом необходимо отметить, что применение дезактивирующего раствора, повышая эффективность обработки АД (получены наибольшие коэффициенты дезактивации 9,6...156 при общем интервале 1,6...270), значительно снижают эффективность обработки ГКУ (коэффициенты дезактивации 4,3...42,4 при общем диапазоне 3,3...725).

При обработке строительных конструкций контрольные уровни были достигнуты и для ГКУ и для АД. Но если при ГКУ покрытия и загрязнения были удалены на 85...100% поверхности (в ряде случаев частично или полностью удален второй слой ЛКП, то при обработке АД на ряде образцов внешний вид остался без изменения) (рисунок 2).

Контроль загрязнения асфальтового покрытия производился по 7 точкам двумя циклами 7 и 8 минут соответственно, площадь обработки составила 1  $\text{м}^2$ . Результаты дезактивации (таблица 2). Обработка ГКУ обеспечила дезактивацию асфальта до контрольных уровней (30 част./ ( $\text{см}^2 \cdot \text{мин}$ )) и даже ниже (6...12). После обработки АД загрязнение превышало норматив в разных точках в 1,5...3 раза.

Таблица 2 – Результаты дезактивации поверхностей сооружений

Материал	Исходное загрязнение (плотность потока) $\beta$ -част./ см <sup>2</sup> ·мин);	Визуальная оценка полноты удаления покрытия, %		Коэффициент дезактивации	
		ГКУ	АВД	ГКУ	АВД
ЛКП, штукатурка, бетон	10...100	85...100	0...80	1...9	1...5

Поверхность до обработки



После обработки ГКУ



После обработки АВД



Рисунок 2 – Обработка поверхностей

Определено, что метод ГКУ, объединяющий три метода очистки (гидрокавитационный, водоструйный и паровой) более экологичен за счет применения перегретой воды (свыше 120 °С) и высокого давления (более 170 атм), что исключает дополнительную необходимость применения химических реагентов и материалов (песок, дробь и др.). Установка не требует предварительной очистки и подготовки воды.

Проведенные исследования показали, что:

- 1) При дезактивации съемного оборудования, МРАО, поверхности зданий, сооружений и дорожного покрытия в большинстве случаев обеспечивается дезактивация до контрольных уровней.
- 2) ГК обработка поверхности МРАО из углеродистой и коррозионностойкой сталей, загрязненной бета-радионуклидами, позволяет повысить качество дезактивации по сравнению с использованием АВД как минимум в 2 раза, строительных конструкций ~ в 2 раза, асфальтового покрытия минимум в 3 раза.
- 3) Гидрокавитационный метод позволяет более полно провести отмывку демонтированного оборудования от технологических, коррозионных и др. отложений при меньшем выделении воды, при этом применение ГКУ взамен АВД позволит снизить объемы вторичных ЖРО в три раза и более (при дезактивации асфальта на открытом воздухе снижение ЖРО до 15 раз).
- 4) Очистка поверхностей зданий и сооружений от ЛКП, штукатурки и др. покрытий, асфальтового покрытия с применением ГКУ существенно более эффективна, чем при использовании АВД.
- 5) Технико-экономический расчет показал, что стоимость очистки 1 м<sup>2</sup> поверхности с использованием ГКУ в 2,3 раза дешевле, чем с применением АВД.

#### Библиографический список

1. Способ гидрокавитационной очистки поверхности и устройство для его осуществления: пат. 2524603 МПК В08В3/02 / Мамонтов М.О., Софронов В.Н., Маклаков А.И., Комаров А.А.; патентообладатели: Мамонтов М.О., Маклаков А.И. - № 2012126752 завл. 27.06.2012; опубл. 27.07.2014.
2. Вихревое кавитационное устройство: пат. 2398638 РФ МПК В08В3/10; F24J3/00 / Савкин В.И., Поваров О.В., Маклаков А.И.; патентообладатели: Савкин В.И., Поваров О.В. - №2009144206/05 заявл. 01.12.2009; опубл. 10.09.2010.



3. Контроль радиоактивного загрязнения металлолома, отправляемого за пределы ФГУП «ПО «Маяк» [Текст] / И-ОРБ-030-2017 / ФГУП «ПО «Маяк». – Озерск. – Инв. № ЦЛ 4/775.
4. Контрольные уровни допустимой объёмной активности воздуха, радиационного загрязнения поверхностей, индивидуальных доз облучения и мощности дозы ионизирующего излучения КУРБ-2015 [Текст] / ФГУП «ПО «Маяк». – Озерск. – Инв. № ЦЛ 4/479/

**УДК 532.513.1**  
**ГРНТИ 30.17.51**

### **МОЖНО ЛИ РЕЗАТЬ СТАЛЬ СТРУЕЙ ВОДЫ?**

Лисицын С. Г., Леонтьева Н. В.

*Озёрский технологический институт –филиал НИЯУ МИФИ  
 г. Озёрск, Челябинская область*

sglisitsyn@yandex.ru kenal298@rambler.ru

Рассматривается задача получения струи воды с параметрами, позволяющими резать сталь. Показано, что для осуществления такой возможности необходимо применение силовых конденсаторов большой ёмкости, позволяющих создать в воде плотность энергии порядка 20 кДж/см<sup>3</sup>.

*Ключевые слова:* Уравнение Бернулли, предел прочности, струя жидкости, скорость струи газа, скорость звука, энергия конденсатора, глубина пробития.

### **IS IT POSSIBLE TO CUT STEEL WITH A JET OF WATER?**

Lisitsyn S. G., Leontjeva N. V.

*OTI NRNU MEPhI Ozersk*

The task of obtaining a jet of water with parameters allowing to cut steel is considered. It is shown that the use of high-capacity power capacitors is necessary to carry out this possibility, allowing to create an energy density of about 20 kJ/cm<sup>3</sup> in water.

*Keywords:* Bernoulli equation, strength limit, jet fluid, gas jet speed, sound speed, capacitor energy, breakout depth.

Вопрос подразумевает резку только водой без добавки абразива в струю. В этом последнем случае резка происходит в значительной мере благодаря трению между частицами абразива и поверхностью разрезаемого материала. Для того, чтобы резать струей воды без абразива, необходимо, чтобы струя воды при ударе о поверхность разрезаемого тела создала давление, превышающее предел прочности материала. Для стали эта величина составляет 1,5·10<sup>9</sup> Па = 15000 атм. Оценим скорость такой струи. Согласно уравнению Бернулли при остановке струи жидкости, движущейся со скоростью  $v$ , давление в точке остановки повышается на величину  $\rho v^2/2$ , где  $\rho$  – плотность жидкости [1, стр.66]. Приравнявая эту величину к величине предела прочности, найдём минимально необходимую скорость струи:

$$v \sim \sqrt{\frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^9}{10^3}} \sim 1,7 \cdot 10^3 \text{ м/с.}$$

Для придания струе такой скорости необходимо, чтобы в резервуаре, откуда вытекает струя, было такое же давление, т.е. порядка предела прочности стали. Очевидно, что создать такой насос, работающий в стационарном режиме невозможно. Возможно создать такое давление лишь на очень короткое время. Иными словами, следует использовать взрыв. Наиболее просто использовать для этой цели разряд конденсатора в воде. Оценим параметры такого конденсатора – его ёмкость и напряжение. Если энергия заряженного конденсатора  $W$ , то при разряде его вся эта энергия выделяется в виде тепла. Величина  $W$  должна быть достаточно большой, чтобы превратить воду в пар и разогреть его до такой температуры, чтобы в разрядной камере возникло необходимое давление. Теплота испарения воды имеет порядок 2300 Дж/г, получившийся пар должен быть нагрет до такой температуры, чтобы этот пар имел необходимое давление:

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT, \quad T = \frac{p\mu}{\rho R} \sim \frac{1,5 \cdot 10^{10} \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{10^3 \cdot 8,3} \sim 3 \cdot 10^4 \text{ К.}$$

При такой температуре молекулы воды диссоциируют, т.е. вода превратится в одноатомный газ, правда, с плотностью жидкой воды  $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ . Более того, часть атомов ионизируется. Всё это приведёт к тому, что давление при данной температуре вырастет по крайней мере втрое (концентрация частиц вырастет в 3 раза). Это означает, что давление, равное пределу прочности можно обеспечить температурой в  $1 \cdot 10^4 \text{ К}$ . Скорость вытекающего из взрывной камеры газа будет иметь порядок скорости звука при данной температуре [2, стр.352]:

$$v \sim \sqrt{\gamma \frac{RT}{\mu}} \sim \sqrt{\frac{5}{3} \frac{8,3 \cdot 10^4}{6 \cdot 10^{-3}}} \sim 4,5 \text{ км/с.}$$

Молярная масса полностью диссоциированной воды,  $\mu = 6 \text{ г/моль}$ . Давление такой струи при ударе о стенку равно  $10^{10} \text{ Па}$ , т.е. во много раз превышает предел прочности стали. Молярная теплоёмкость одноатомного газа при постоянном давлении  $C_V = 3R/2 = 12,5 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$ . Отсюда найдём необходимое количество тепла на 1 моль газа:

$$Q = C_V \Delta T = 12,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/моль.}$$

На 1 г потребуется в 6 раз меньше тепла, т.е. порядка 20 кДж. У нас на кафедре физики в настоящее время имеются два мощных конденсатора ёмкостью на 1500 мкФ каждый с рабочим напряжением 2 кВ. Энергия батареи из двух таких конденсаторов запасает энергию  $W = CU^2 = 6 \text{ кДж}$ . Этой энергии достаточно для нагрева приблизительно 0,3 г воды. Казалось бы немного, но давайте подсчитаем какой глубины канал может проделать в стали эта струя [3, стр. 347]. Если вытекающая из взрывной камеры струя имеет диаметр порядка 1 мм, то длина такой струи будет равна 300 мм, т.е. 30 см. Если длина струи равна  $\ell$ , её плотность  $\rho_1$ , скорость  $v$ , а входит она в среду плотности  $\rho_2$ , то движение струи сопровождается выбросом как вещества струи, так и вещества среды, в которой движется струя. Граница раздела вещества струи и среды изображена штриховой линией на рис 1.

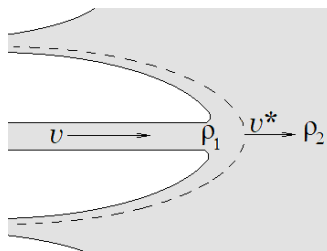


Рисунок 1 – Граница раздела вещества струи и среды

Пусть головная часть струи имеет скорость  $v^*$ . Эту скорость можно найти из условия равенства давлений по обе стороны границы раздела. Для этого перейдём в систему отсчёта, движущуюся со скоростью  $v^*$ . В этой системе отсчёта струя движется со скоростью  $v - v^*$ , а

среда движется ей навстречу со скоростью  $v^*$ . В точке встречи обе скорости обращаются в ноль, а для давлений, согласно уравнению Бернулли, имеем:

$$\frac{\rho_1(v - v^*)^2}{2} = \frac{\rho_2 v^{*2}}{2},$$

откуда находим  $v^*$ :

$$v^* = v \frac{\sqrt{\rho_1}}{\sqrt{\rho_1} + \sqrt{\rho_2}}.$$

Пусть глубина пробития вещества струей равна  $h$ . Тогда головная часть струи потратит на прохождение этого расстояния время  $t = h/v^*$ . За это же время конец струи пройдет расстояние  $\ell + h = vt$ . Отсюда найдём  $h$ :

$$h = \ell \frac{v^*}{v - v^*} = \ell \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}}.$$

В нашем случае  $\rho_1 \sim \rho_2/8$ , струя проникает на глубину порядка трети собственной длины, т.е. на 10 см. Интересно заметить, что в случае, когда толщина преграды меньше длины струи, то прошедшая сквозь преграду часть струи будет двигаться с прежней скоростью  $v$ .

Как видим, принципиально существует возможность резки стали струей воды. Насколько такая возможность может быть реализована практически, может показать только эксперимент. Приведённые в данной статье оценки носят весьма упрощённый характер. На масштабы разрушительного действия струи могут влиять многие, не рассмотренные здесь факторы. Отметим некоторые из них. Заранее трудно предсказать состояние плазмы, образующейся в воде при разряде конденсатора при тех параметрах, которые характерны для данной установки. Выброс плазмы приведёт к сильному её охлаждению и конденсации получившегося пара. Как поведёт себя получившаяся струя заранее предсказать сложно. Будет ли это сплошная струя или облако мелких капель, совершенно пока не ясно. На каком расстоянии от выхода из взрывной камеры сформируется эта струя, тоже пока не ясно. Будет ли выброшена вся вода из взрывной камеры, или нет, тоже не ясно. Одним словом, требуется система экспериментов, которая должна дать ответ на эти вопросы.

#### Библиографический список

1. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. — Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика Т. VI. Гидродинамика. — 5-е изд., М. ФИЗМАТЛИТ, 2001.
3. Лаврентьев М. А. Шабат Б. В. Методы теории функций комплексного переменного. 6-е изд. Лань, 2002

УДК 621.92 (07)  
ГРНТИ 55.01.85

## **СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ (СТЗ) АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Ахлюстина В. В., Логунова Э. Р.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Озёрск, Челябинская область*

ahluctina@mail.ru, elv7863@mail.ru

В статье рассмотрен вопрос о системе технического зрения при автоматизированном контроле и сортировке продукции при автоматизированном производстве.

*Ключевые слова:* системы технического зрения, автоматизация, измерение, контроль.

## **SYSTEM OF TECHNICAL VISION (STZ) OF AUTOMATED PRODUCTION**

Ahlustina V. V., Logunova E. R.

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

The article considers the issue of the system of technical vision in automated control and sorting of products in automated production.

*Keywords:* vision systems, automation, measurement, control.

**Система технического зрения (СТЗ)** - это система, обеспечивающая обнаружение, автоматический контроль и анализ объектов по их изображениям, используется на заводах для контроля качества продукции в режиме реального времени для сокращения отходов и простоев.

СТЗ может точно и согласованно выполнять сложные и повторяющиеся задачи на высокой скорости, использоваться в качестве измерительной системы или системы управления роботом для выполнения таких действий, как подъем и перемещение объектов обработки на станок.

Все системы технического зрения имеют датчик изображения и программное обеспечение контроля для обработки изображений и определения выходного сигнала системы.

Системы технического зрения имеют множество преимуществ по сравнению с контролем, выполняемым человеком.

Человек по визуальному каналу получает более 60% всей информации, регулирующей его взаимодействие с внешней средой. (От глаз к мозгу передаются сигналы по двум из трех миллионов нервных волокон, связанных с мозгом). Это же справедливо и для искусственных сенсорных систем: те из них, которые используют визуальную информацию, обладают наибольшей информативностью.

Принцип работы СТЗ - обнаруживает неподвижный или движущийся объект, захватывает изображение этого объекта, проверяет определенные свойства этого изображения, а затем передает результаты различных этапов контроля.

Вывод результатов этапов контроля – выходной сигнал затем используется другим устройством для выполнения соответствующих действий.

Системы технического зрения (СТЗ) относятся к группе бесконтактных пассивных информационных средств.

Системы технического (машинного) зрения и датчики технического зрения широко применяются в различных отраслях промышленности. Их использование повышает эффективность производственного процесса. Видеокамера анализирует изображение и передает информацию (выдает сигнал) в систему управления, которая ее распознает и делает вывод о качестве продукта, правильности его положения, формы, цвета и т.д.

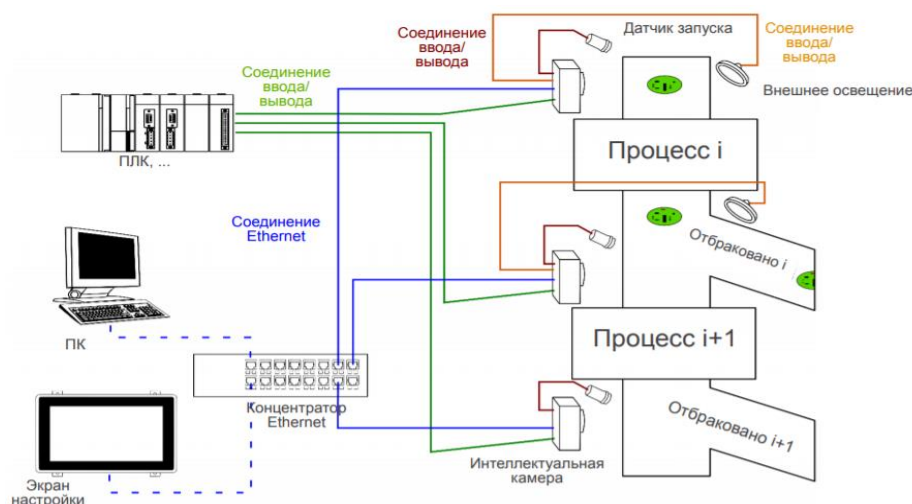


Рисунок 1 - СТЗ с интеллектуальной камерой

#### Библиографический список

1. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учеб. для втузов / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, А.Г. Схиртладзе и др.; Под ред. Н.М. Капустина. — М.: Высш. шк., 2004.—415 с: ил.
2. Основы робототехники: учебное пособие [для вузов по направлениям 15.03.05 "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", 15.03.04 "Автоматизация технологических процессов и производств" (квалификация (степень) "бакалавр")] / А. А. Иванов. - 2-е изд., испр. - Москва: ИНФРА-М, 2017. - 222 с. : ил. - (Высшее образование - Бакалавриат)



## МАТЕМАТИКА. ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

*Посвящается памяти Владимира Вадимовича Пономарева, доцента кафедры прикладной математики*



Большинство профессионалов могут назвать имя конкретного человека, который привёл их в профессию, который помог им полюбить их сферу деятельности, полюбить творческий рабочий процесс (будь то конструирование машин и механизмов, проектирование многоквартирного дома, лечение человека или животного, создание литературного произведения или разработка компьютерной программы) и, наконец, полюбить результат своей работы.

Большинство инженеров-программистов, которых подготовила кафедра прикладной математики, на вопрос об имени человека, которого они считают своим учителем, ответят: «Владимир Вадимович Пономарев».

Получая высшее образование в области машиностроения, выполнив все расчёты для своего дипломного проекта на ЭВМ, Владимир Вадимович осознал, что в ближайшие десятилетия компьютеры прочно войдут во все сферы деятельности человека, и понял, что программировать – это его призвание, а учить других этому искусство – его долг, который он исполнял до последних своих дней вдохновенно, самозабвенно, заражая студентов жаждой познания.

Каждая спецдисциплина, которую изучают студенты-программисты, когда-либо была прочитана Владимиром Вадимовичем, и к преподаванию каждой дисциплины за почти 20 лет своей работы на кафедре он подходил одновременно и творчески, и очень ответственно.

Пономарев одинаково ценил как прикладную сферу программирования, так и теорию. С одинаково высоким качеством готовил статьи и про отрисовку стрелок на экране, и про методы минимизации конечных автоматов, лежащих в основе компиляторов.

Коллеги вспоминают Владимира Вадимовича как очень увлечённого высокопрофессионального методиста. Владимир Вадимович ежегодно обновлял существующие и разрабатывал новые учебно-методические пособия для студентов по новейшим направлениям в области программирования и информационных технологий, разрабатывал новые спецкурсы, чтобы студенты чувствовали себя свободно в постоянно меняющейся и обновляющейся сфере ИТ. Всегда шел в ногу со временем, не отставая ни на шаг.

На рабочем компьютере Владимира Вадимовича сотрудники кафедры отыскиали подготавливаемые им методические пособия по языкам C, C++, Java, C#, Visual Basic, PHP, JavaScript, по технологии COM, по технологиям объектно-ориентированного и веб-программирования, по операционным системам, системному программированию, компьютерной графике, шаблонам проектирования, теории языков программирования и методам трансляции, методам и средствам защиты информации, по программированию мобильных устройств и микроконтроллеров.

Законченные версии методических пособий Владимир Вадимович выкладывал на собственном сайте в <http://revol.ponosom.ru/> в общем доступе.

29 августа 2019 года мы попрощались с Владимиром Вадимовичем Пономаревым, талантливым преподавателем, мудрым наставником, мастером, которому в искусстве программирования не было равных.

Имя доцента Пономарева ещё долгие десятилетия будет символом специальности инженер-программист среди студентов, выпускников и работодателей.

Александр Зубаиров  
и. о. зав. кафедрой прикладной математики ОТИ НИЯУ МИФИ

УДК 517  
ГРНТИ 27.27.15

## СРЕДНИЕ N-ПОПЕРЕЧНИКИ КЛАССОВ ХАРДИ – СОБОЛЕВА ФУНКЦИЙ, АНАЛИТИЧЕСКИХ В ПОЛУПЛОСКОСТИ

Акопян Р. Р.

*УрФУ, ИММ УрО РАН, г. Екатеринбург;  
ОТИ НИЯУ МИФИ, г. Озёрск, Челябинская область*

RRAkopyan@mephi.ru

Получены точные значения средних  $\nu$ -поперечников классов Харди – Соболева  $H(p, n)$ ,  $1 \leq p \leq \infty$ , аналитических в полуплоскости функций с ограниченной нормой производной порядка  $n$ .

*Ключевые слова:* аналитические функции, классы Соболева, поперечники.

## MEAN N-WIDTHS OF THE HARDY - SOBOLEV CLASSES OF FUNCTIONS ANALYTIC IN THE HALF-PLANE

Akopyan R. R.

*UrFU, IMM UrB RAS Yekaterinburg, OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

The exact values of the Mean  $\nu$ -Widths of the Hardy – Sobolev classes  $H(p, n)$ ,  $1 \leq p \leq \infty$ , of functions analytic in the half-plane, with a bounded norm of the derivative of order  $n$  are obtained.

*Keywords:* analytic functions, Sobolev classes, widths.

Целые функции экспоненциального типа являются классическим аппаратом приближения функций как вещественной, так и комплексной переменной. Таким приближениям посвящена обширная литература. В работе Г.Г. Магарил-Ильяева [2], в которой введены и исследованы средние поперечники, в частности, показано, что средние  $\nu$ -поперечники по Колмогорову классов Соболева  $W(p, n)$ , в случаях  $p=\infty$ ,  $p=2$ , и  $p=1$  реализуются на пространстве целых функций экспоненциального типа, не превосходящего  $\sigma$ , у которых сужение на вещественную прямую принадлежит пространству  $L^p(\mathbb{R})$ ,  $\sigma=\pi\nu$ .

Близкая к исследуемой в работе задача для функций, аналитических в круге, хорошо изучена. Пусть  $H(p, n, D)$  – класс Харди – Соболева функций из пространства Харди  $H^p(D)$ , аналитических в единичном круге  $D$ , у которых производная порядка  $n$  также принадлежит  $H^p(D)$  и ее норма ограничена единицей. Наилучшее приближение по норме пространства  $H^p(D)$  класса  $H(p, n, D)$  пространством алгебраических многочленов получено в случае  $p=\infty$  в работе К.И. Бабенко; в случае  $1 \leq p < \infty$  – в работе Л.В. Тайкова [3], где так же показано, что эта величина является поперечником класса  $H(p, n, D)$  в пространстве  $H^p(D)$ ,  $1 \leq p \leq \infty$ . Дальнейшие результаты см. в [4], и ссылки там.

Пусть теперь  $H(p, n, \Pi)$  – класс Харди – Соболева функций из пространства Харди  $H^p(\Pi)$ , аналитических в верхней полуплоскости  $\Pi$ , у которых производная порядка  $n$  также принадлежит  $H^p(\Pi)$  и ее норма ограничена единицей. Наилучшее приближение по норме пространства  $L^p(\mathbb{R} + iy)$ ,  $y > 0$ , и пространства  $H^p(\Pi)$  класса  $H(p, n, \Pi)$  целыми функциями экспоненциального типа из  $H^p(\Pi)$  было вычислено в статье [1].

Обозначим через  $b_\nu(H(p, n, \Pi), L^p(\mathbb{R} + iy))$ ,  $d_\nu(H(p, n, \Pi), L^p(\mathbb{R} + iy))$ ,  $\lambda_\nu(H(p, n, \Pi), L^p(\mathbb{R} + iy))$ , соответственно, средние  $\nu$ -поперечники по Бернштейну, по Колмогорову и линейный  $\nu$ -поперечник (определения см. [2]) класса Харди – Соболева  $H(p, n, \Pi)$  в пространстве  $L^p(\mathbb{R} + iy)$ . Для этих величин справедливо следующее утверждение.

**Теорема.** При произвольном  $1 \leq p \leq \infty$ ,  $y > 0$ ,  $n$  – целого не отрицательного и  $\sigma > 0$  для средних  $v$ -поперечников, при  $v = \sigma/(2\pi)$ , класса Харди – Соболева  $H(p, n)$  в пространстве  $L^p(\mathbb{R} + iy)$  справедливо равенство

$$b_v(H(p, n), L^p(\mathbb{R} + iy)) = d_v(H(p, n), L^p(\mathbb{R} + iy)) = \lambda_v(H(p, n), L^p(\mathbb{R} + iy)) = \sigma^{-n} e^{-y\sigma}.$$

Поперечники реализуют пространство целых функций экспоненциального типа  $\sigma$  из  $H^p(\Pi)$  и линейный метод приближения, построенный в работе [1].

#### Библиографический список

1. Акопян Р.Р. Приближение класса Харди – Соболева аналитических в полуплоскости функций целыми функциями экспоненциального типа // Тр. ИММ УрО РАН. 2010. Т. 16, № 4. С. 18-30.
2. Магарил-Ильяев Г.Г. Средняя размерность, поперечники и оптимальное восстановление соболевских классов функций на прямой // Матем. сб. 1991. Т. 182, № 11. С. 1635–1656.
3. Тайков Л.В. О наилучшем приближении в среднем некоторых классов аналитических функций // Мат. заметки. 1967. Т. 1, вып. 2. С. 155-162.
4. Фарков Ю.А. О наилучшем линейном приближении голоморфных функций // Фундамент. и прикл. матем. 2014. Т. 19, вып. 5. С. 185–212.

УДК 517

ГРНТИ 27.25.19

### НЕРАВЕНСТВО ТУРАНА ДЛЯ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ МНОГОЧЛЕНОВ МЕЖДУ РАВНОМЕРНОЙ НОРМОЙ ПРОИЗВОДНОЙ И СРЕДНЕКВАДРАТИЧНОЙ НОРМОЙ ПОЛИНОМА

Валеев Р. А.

Уральский федеральный университет  
г. Екатеринбург

valrusal@outlook.com

Получена точная константа в неравенстве Турана для алгебраических многочленов между равномерной нормой производной полинома и его среднеквадратичной нормой для малых степеней.

*Ключевые слова:* неравенство Турана, алгебраические многочлены.

### TURÁN'S INEQUALITY FOR ALGEBRAIC POLYNOMIALS BETWEEN THE UNIFORM NORM OF THE DERIVATIVE AND THE MEAN-SQUARE NORM OF THE POLYNOMIAL

Valeev R. A.

UrFU, Ekaterinburg

We obtain an exact constant in the Turán's Inequality for algebraic polynomials between the uniform norm of the derivative of a polynomial and its mean-square norm for small powers.

*Keywords:* Turán's Inequality, algebraic polynomials.

Обозначим через  $\mathcal{P}_n$  пространство алгебраических  $p$  многочленов степени  $n$  с комплексными коэффициентами вида

$$p(z) = \sum_{k=0}^n c_k z^k, c_k \in \mathbb{C}, c_n \neq 0.$$

Пусть  $\mathcal{K} = \{z \in \mathbb{C}: |z| \leq 1\}$  – единичный круг комплексной плоскости. Рассмотрим множество многочленов  $\mathcal{P}_n(\mathcal{K})$  из  $\mathcal{P}_n$ , имеющих все свои нули  $z_k$  в круге  $\mathcal{K}$ . На пространстве  $\mathcal{P}_n$  зададим пару норм: равномерную норму на единичном круге

$$\|p\|_{\mathcal{H}^\infty(\mathcal{K})} = \sup\{|p(z)| : |z| \leq 1\},$$

и среднеквадратичную норму

$$\|p\|_{\mathcal{H}^2(\mathcal{K})} = \left( \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |p(e^{it})|^2 dt \right)^{\frac{1}{2}} = \left( \sum_{k=0}^n |c_k|^2 \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Пусть  $T(n)$  – точная константа в неравенстве Турана между равномерной нормой производной полинома и его средне квадратичной нормой, т.е. в неравенстве

$$\|p'\|_{\mathcal{H}^\infty(\mathcal{K})} \geq T(n) \|p\|_{\mathcal{H}^2(\mathcal{K})}, \quad p \in \mathcal{P}_n(\mathcal{K}). \quad (1)$$

Это неравенство является обратным к неравенству Бернштейна – Джексона, которое исследовалось в работе [1]. Классическому неравенству (с одинаковыми нормами многочлена и его производной) Турана посвящены работы большого числа математиков, историю исследований можно найти в [2]. Случай разных норм ранее практически не рассматривался. Мы изучаем точную константу в неравенстве (1), для нее имеет место равенство

$$T(n) = \inf \left\{ \frac{\|p'\|_{\mathcal{H}^\infty(\mathcal{K})}}{\|p\|_{\mathcal{H}^2(\mathcal{K})}} : p \in \mathcal{P}_n(\mathcal{K}) \right\}.$$

В следующем утверждении приводятся значения точной константы для малых (первой, второй и третьей) значений степеней многочленов.

**Теорема 1** Для точной константы в неравенстве (1) имеет место равенство

$$T(n) = \frac{n}{\sqrt{2}}, \text{ при } n = 1, 2, 3.$$

#### Библиографический список

1. Akopyan R.R. Bernstein – Jackson's inequality for algebraic polynomials with restrictions on their zeros // East J. Approx. 2001. V.7. №3 P. 351-370.
2. Глазырина П.Ю., Ревес Д.С. Неравенства Турана Эрёда, обратные к неравенству Маркова, для  $L_q$ -нормы по границе плоской выпуклой области // Труды математического института им. В.А. Стеклова, 2018, Т. 303, с. 87–115.

УДК 546.798.22:539.1.074  
ГРНТИ 59.43.29

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА НАНОЧАСТИЦЫ $^{239}\text{PuO}_2$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙТРОННО-ИНДУЦИРОВАННОГО МЕТОДА

Введенский В. Э., Сыпко С. А., Бобов Г. Н.

*ФГУП Южно-Уральский институт биофизики ФМБА России  
г. Озёрск, Челябинская область*

vvedensky@subi.su

Представлен алгоритм расчета диаметра наночастицы  $^{239}\text{PuO}_2$  с использованием нейтронно-индуцированного метода. Представленный алгоритм расширяет существующие нейтронно-индуцированные методы измерения и позволяет производить измерения даже в тех случаях, когда невозможно полностью сосчитать количество треков в звезде. Приведен пример расчета диаметра частицы  $^{239}\text{PuO}_2$  по Мартину.

*Ключевые слова:* наночастицы, диоксид плутония, нейтронно-индуцированный метод измерения, треки, флюенс, стандартная неопределенность

## MEASUREMENT OF THE DIAMETER OF $^{239}\text{PuO}_2$ NANOPARTICLE BY NEUTRON-INDUCED METHOD

Vvedensky V. E., Sytko S. A., Bobov G. N.

*Southern Urals Biophysics Institute, Ozersk*

An algorithm of calculation of the diameter of  $^{239}\text{PuO}_2$  nanoparticle by a neutron-induced method is described. The algorithm expands the current neutron-induced calculation methods and allows measurements even when the number of tracks in a star cannot be counted. An example of calculation of  $^{239}\text{PuO}_2$  nanoparticle diameter by Martin is given for a complex star.

*Keywords:* nanoparticles, plutonium dioxide, neutron-induced calculation method, tracks, fluence, standard uncertainty

### Введение

Нейтронно-индуцированный метод измерения – это способ определения количества ядер радиоактивного нуклида частицы, включающий облучение частицы в поле тепловых нейтронов, подсчет количества треков от осколков деления в детекторе с использованием оптического микроскопа. Так как объектом исследования являются только наночастицы, поэтому для простоты далее по тексту предлог нано- будет опускаться.

Трек – это дефект поверхности твердотельного детектора после воздействия на него высокоэнергетичного осколка деления нуклида. Необходимым условием для наблюдения трека осколка деления в материале детектора является визуализация треков (например, травление детектора в кислотной или щелочной среде), которое приводит к образованию трека конусной формы, что дает возможность идентифицировать треки от осколков деления в детекторе по форме, размеру, направлению [1, 2]. Все треки, приписанные одной частице, образуют звезду. Простая звезда – это звезда, в которой при увеличении масштаба можно сосчитать все треки (рисунок 1).



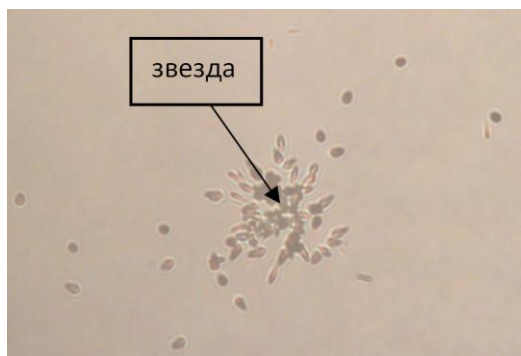


Рисунок 1 – Пример фотографии простой звезды

Способ определения количества ядер  $^{239}\text{Pu}$  в частице

Количество актов деления  $^{239}\text{Pu}$  под воздействием тепловых нейтронов и количество треков звезды, соответствующей данной частице (рисунок 1), связано соотношением [3]:

$$N_b = N_f \frac{2\pi}{\Omega_{2\varphi}} = \frac{N_f}{\varepsilon} = \frac{N_f}{1 - \cos(\varphi)}, \quad (1)$$

где

$N_b$  – количество актов деления  $^{239}\text{Pu}$  под воздействием тепловых нейтронов;

$N_f$  – сосчитанное в процессе обработки изображения количество треков звезды, приписанных данной частице;

$\Omega_{2\varphi}$  – телесный угол при вершине прямого кругового конуса с углом раствора  $2\varphi$ , вершина конуса совпадает с центром частицы, плоскость основания конуса лежит на плоскости детектора, ср;

$\varepsilon$  – эффективность регистрации актов деления трековым детектором [4], доли;

$\varphi$  – критический угол входа трека в мишень – это угол, при превышении которого осколок деления радиоактивного нуклида частицы не оставляет трека в мишени [4].

Количество ядер  $^{239}\text{Pu}$  частицы, вычисляется следующим образом [5]:

$$N = \frac{N_b}{\Phi \sigma 10^{-24}}, \quad (2)$$

где

$N$  – количество ядер радиоактивного нуклида частицы;

$N_b$  – количество актов деления  $^{239}\text{Pu}$  под воздействием тепловых нейтронов;

$\Phi$  – флюенс тепловых нейтронов, нейтрон·см<sup>-2</sup>;

$\sigma$  – сечение деления ядра радиоактивного нуклида частицы в поле тепловых нейтронов, барн;

$10^{-24}$  – коэффициент перехода от барн к см<sup>2</sup>.

Необходимость подсчета всех треков звезды является явным недостатком, так как делает способ непригодным для случаев, когда часть треков визуальнo перекрываются друг с другом и не могут быть сосчитаны (рисунок 2), или доступна лишь часть треков (рисунок 3). Звезды, в которых невозможно непосредственно сосчитать количество треков, назовем сложными звездами.

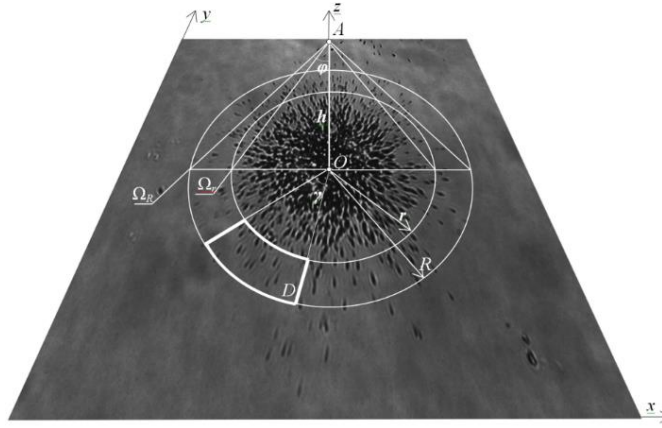


Рисунок 2 – Пример фотографии сложной звезды, в которой невозможно сосчитать все треки. Расчет количества треков в звезде производится по количеству треков в произвольно выбранном сегменте кольца  $D$  (выделен белым)

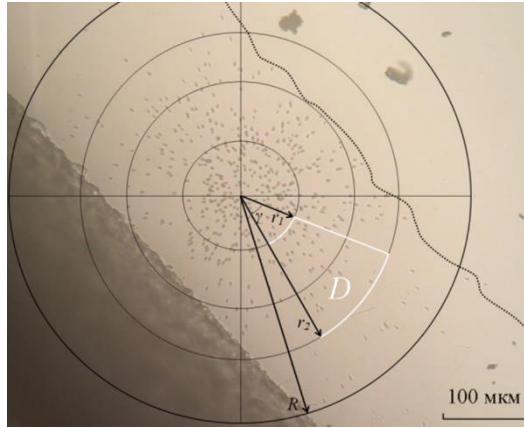


Рисунок 3 – Пример фотографии сложной звезды, в которой доступна для подсчета лишь часть треков (треки выше пунктирной линии и ниже границы темного и светлого фона недоступны). Расчет количества треков в звезде производится по количеству треков в произвольно выбранном сегменте кольца  $D$  (выделен белым)

Оценка количества актов деления  $^{239}\text{Pu}$  при использовании метода подсчета количества треков в сложной звезде

Очертим окружность радиусом  $R$  вокруг сложной звезды по внешним трекам (рисунок 2), геометрически определим центр окружности точку  $O$ . Почти всегда есть возможность прочертить окружность радиуса  $r$ ,  $(0 \leq r < R)$  с центром в точке  $O$  так, что треки, попавшие в кольцо  $rR$ , могут быть сосчитаны.

По количеству треков  $N_D$ , попавших в сектор кольца  $D$ , вычислим общее количество актов деления  $N_b$  [3]:

$$\begin{aligned}
 N_b &= N_D \frac{2\pi}{\Omega_D} \\
 \Omega_D &= \frac{\gamma}{2\pi} (\Omega_R - \Omega_r) \\
 \Omega_R &= 2\pi \left( 1 - \frac{h}{\sqrt{R^2 + h^2}} \right) \\
 \Omega_r &= 2\pi \left( 1 - \frac{h}{\sqrt{r^2 + h^2}} \right)
 \end{aligned} \tag{3}$$

$$h = R \cdot \operatorname{ctg}(\varphi),$$

где

$\Omega_D$  – телесный угол сектора кольца  $D$ , видимый из точки  $A$  залегания частицы (рисунок 2), ср;

$\Omega_R, \Omega_r$  – телесные углы кругов радиусов  $R$  и  $r$ , видимые из точки  $A$ , ср;

$h$  – высота точки  $A$  над поверхностью детектора, мкм;

$\gamma$  – угол сектора кольца  $D$ , рад;

$\varphi$  – критический угол входа трека в мишень, градусы;

$R$  – радиус окружности, описанной вокруг внешних треков на мишени, принадлежащих одной частице, мкм;

$r$  – окружность радиуса  $0 \leq r < R$  с центром в точке  $O$  такая, что треки, попавшие в кольцо  $rR$ , могут быть сосчитаны, мкм.

В результате количество актов деления радиоактивного нуклида частицы выражается через величины, которые или измеряются непосредственно ( $N_D, R, r, \gamma$ ), или известны ( $\varphi$ ):

$$N_b = \frac{N_D 2\pi}{\gamma} \frac{1}{\frac{R \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)}{\sqrt{r^2 + (R \cdot \operatorname{ctg}(\varphi))^2}} - \cos(\varphi)} \quad (4)$$

Возможно обобщение формулы (4) для сектора произвольного кольца  $r_1 r_2$ , ( $0 \leq r_1 < r_2 \leq R$ ). Подсчет количества треков  $N_D$ , производится в секторе кольца звезды  $D$ .  $D$  определяется тройкой  $(r_1, r_2, \gamma)$  выбирается исключительно из соображений удобства подсчета количества треков (рисунок 4), для варианта а)  $r_1 \equiv 0, r_2 \equiv R$ , б)  $\gamma \equiv 2\pi$ . Например, подсчет треков  $N_D$  производится в произвольно выбранном сегменте кольца  $D$  (выделен белым) на рисунке 3.

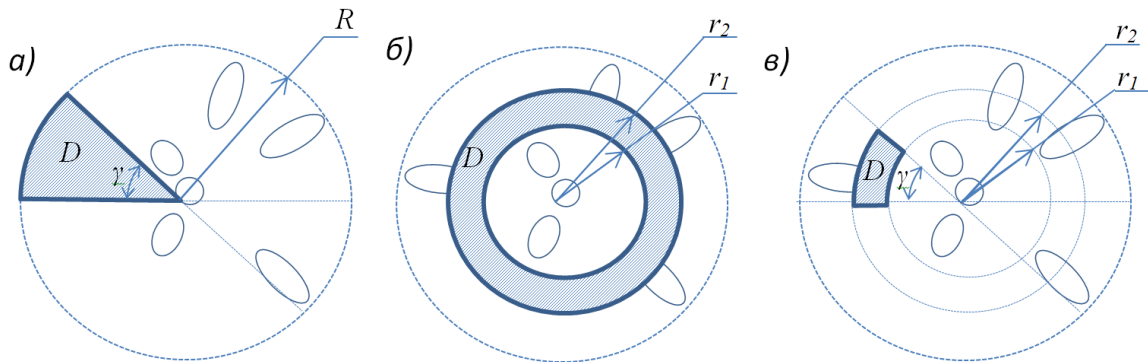


Рисунок 4 – Возможные варианты выбора сектора кольца звезды (схематично)

Зависимость количества актов деления радиоактивного нуклида частицы от подсчитанного количества треков  $N_D$  в произвольно выбранном сегменте кольца выражается формулой:

$$N_b = \frac{N_D 2\pi}{\gamma} \frac{1}{\frac{R \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)}{\sqrt{r_1^2 + (R \cdot \operatorname{ctg}(\varphi))^2}} - \frac{R \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)}{\sqrt{r_2^2 + (R \cdot \operatorname{ctg}(\varphi))^2}}} \quad (5)$$

где

- $D$  – сектор кольца  $(r_1, r_2, \gamma)$ , выбирается таким образом, что в этом секторе кольца возможен подсчет треков;  
 $R$  – радиус окружности, описанной вокруг внешних треков на мишени, принадлежащих одной частице, мкм;  
 $r_1, r_2$  – два радиуса, определяющих кольцо с центром, совпадающим с центром окружности  $R$  и  $(0 \leq r_1 < r_2 \leq R)$ , мкм;  
 $\gamma$  – угол сектора кольца  $D$ , определяемого радиусами  $r_1, r_2$ , рад;  
 $N_D$  – количество треков на мишени, подсчитанных в процессе обработки изображений в секторе кольца  $D$ ;  
 $\varphi$  – критический угол входа трека в мишень.

Диаметр частицы  $^{239}\text{PuO}_2$  в зависимости от интерпретации размера частицы

Диаметр частицы рассчитывается в соответствии с формулой [6]:

$$l = kna, \quad (6)$$

где

- $a$  – шаг кристаллической решетки (0,54 нм для  $^{239}\text{PuO}_2$ );  
 $k$  – коэффициент, зависящий от физических характеристик соединения и интерпретации размера частицы [6]. Например, для  $^{239}\text{PuO}_2$ : диаметр Мартина  $k \equiv 1$ ; диаметр Ферета  $k \equiv \sqrt{3}$ ;  
 $n$  – число шагов кристаллической решетки.

Число шагов кристаллической решетки вычисляется по формуле:

$$n = \left[ \frac{\sqrt[3]{2N-1}-1}{2} + 0,5 \right], \quad (7)$$

где

- $N$  – количество ядер радиоактивного нуклида частицы;  
 $[*]$  – оператор, возвращающий целую часть числа.

Количество ядер радиоактивного нуклида частицы  $N$  вычисляется по формуле (2). Используемая в формуле (2) величина  $N_b$  – это количество актов деления  $^{239}\text{Pu}$  под воздействием тепловых нейтронов, вычисляемое по формуле (1), (4) или (5) в зависимости от сложности звезды. В формулах (6, 7) диаметр частицы  $^{239}\text{PuO}_2$  предполагается дискретным с шагом кристаллической решетки.

Пример расчета диаметра частицы  $^{239}\text{PuO}_2$  по Мартину

Рассчитаем стандартную неопределенность и диаметр частицы  $^{239}\text{PuO}_2$  по Мартину, используя количество треков в секторе кольца ABCD (рисунок 5):  $r_1 = 61$  мкм,  $r_2 = 185$  мкм,  $R = 308$  мкм,  $\gamma = 44,2^\circ = 0,771$  рад,  $N_D = 40$ . Мишень изготовлена из монокристалла сверхчистого синтетического кварца  $\varphi = 79,92^\circ = 1,395$  рад [4]. Флюенс тепловых нейтронов  $\Phi = 4,06 \cdot 10^{17}$  нейтрон/см<sup>2</sup>. При таком флюенсе диаметр минимально детектируемой частицы примерно в 10 раз больше, чем шаг кристаллической решетки, поэтому формулу (7) запишем в непрерывном виде:

$$n = \frac{\sqrt[3]{2N-1}-1}{2} \quad (8)$$

Для вычисления диаметра частицы  $^{239}\text{PuO}_2$  по Мартину  $l$  используем последовательно формулы (5), (2), (8), (6):

$$N_b = \frac{40 \cdot 2\pi}{0,771} \frac{1}{\frac{308 \cdot \text{ctg}(1,395)}{\sqrt{61^2 + (308 \cdot \text{ctg}(1,395))^2}} - \frac{308 \cdot \text{ctg}(1,395)}{\sqrt{185^2 + (308 \cdot \text{ctg}(1,395))^2}}} = 848$$

$$N = \frac{848}{4,06 \cdot 10^{17} \cdot 750 \cdot 10^{-24}} = 2,78 \cdot 10^6$$

$$n = \frac{\sqrt[3]{2 \cdot 2,78 \cdot 10^6 - 1} - 1}{2} = 88$$

$$l = 1 \cdot 88 \cdot 0,54 = 47,5_{\text{нм}}$$

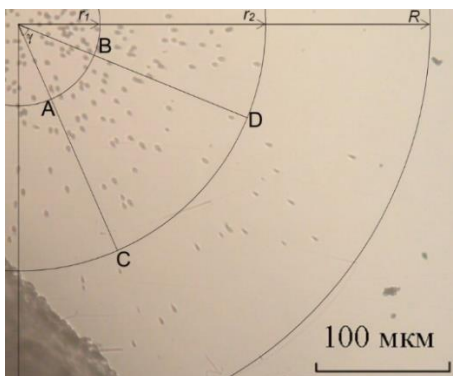


Рисунок 5 – сложная звезда. Материал мишени – монокристалл сверхчистого синтетического кварца

#### Заключение

Представлены результаты исследования, направленные на совершенствование нейтронно-индуцированного метода измерения. До последнего времени было невозможно вычислить количество актов деления нуклида в поле тепловых нейтронов, если при обработке мишеней по каким-либо причинам невозможно было сосчитать все треки звезды. В данной работе предложено решение этой проблемы. Представленный метод является расширением существующих нейтронно-индуцированных методов измерения и позволяет производить измерения даже в тех случаях, когда невозможно полностью сосчитать количество треков в звезде. Описан подробный алгоритм расчета диаметра частицы  $^{239}\text{PuO}_2$ . Приведен пример расчета диаметра частицы  $^{239}\text{PuO}_2$ , используя метод подсчета количества треков в сложной звезде. Представленный метод подходит не только для  $^{239}\text{Pu}$ , но и для других радиоактивных нуклидов, подверженных делению под действием тепловых нейтронов.

#### Библиографический список

1. Хохряков В. В., Сыпко С. А., Введенский В. Э., Бобов Г. Н., Корпачев А. В., Хохряков И. В. Результаты исследований по разработке нейтронно-индуцированного метода измерения размеров наночастиц диоксида  $^{239}\text{Pu}$  // Вопросы радиационной безопасности. – 2014. – № 3. – С. 69-81.
2. Сыпко С. А., Введенский В. Э., Бобов Г. Н. Исследования статистических характеристик распределения размеров наночастиц  $^{239}\text{PuO}_2$  в воздухе отделения оксалатного осаждения завода регенерации топлива ПО «Маяк» с использованием нейтронно-индуцированного метода измерения // Вопросы радиационной безопасности. – 2019. – № 2. – С. 71-79.
3. Дюррани С., Балл Р. Твердотельные ядерные детекторы: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 264 с.



4. Введенский В. Э., Сыпко С. А., Бобов Г. Н. Совершенствование нейтронно-индуцированного метода измерений размеров наночастиц диоксида  $^{239}\text{Pu}$  // АНРИ. – 2019. – № 2. – С. 79-90
5. Методика выполнения измерений плутония-239, содержащегося в промышленных альфа-излучающих наночастицах. Свидетельство об аттестации методики радиационного контроля № 4390.2.ПЗ97 от 27.09.2012. ФР.1.38.2012.13346.
6. Райст П. Аэрозоли, введение в теорию. – М.: Мир, 1987. – 278 с.

УДК 517

ГРНТИ 27.25.19

## О МНОГОЧЛЕНАХ, НАИМЕНЕЕ УКЛОНЯЮЩИХСЯ ОТ НУЛЯ НА ОТРЕЗКЕ, С ОГРАНИЧЕНИЕМ НА РАСПОЛОЖЕНИЕ НУЛЕЙ

Пестовская А. Э.

*Уральский федеральный университет  
г. Екатеринбург*

alena.p2000@mail.ru

Исследуется задача Чебышева о многочленах наименее уклоняющихся от нуля на отрезке  $[-1; 1]$  на классе многочленов с нулями вне открытого единичного круга. Задача сведена к случаю многочленов с нулями на единичной окружности. Получено решение задачи для малых (первой и второй) степеней многочленов.

*Ключевые слова:* многочлены Чебышева, уклонение от нуля, равномерная норма.

## ON POLYNOMIALS THAT LEAST DEVIATE FROM ZERO ON A SEGMENT WITH A RESTRICTION ON THE LOCATION OF ZEROS

Pestovskaya A. E.

*URFU, Ekaterinburg*

We study the Chebyshev problem of polynomials least deviating from zero on the segment  $[-1; 1]$  on the class of polynomials with zeros outside the open unit disk. The problem is reduced to the case of polynomials with zeros on the unit circle. The solution of the problem for small (first and second) degrees is obtained.

*Keywords:* Chebyshev polynomials, deviate from zero, uniform norm

Пусть  $K, D$  – пара компактов комплексной плоскости  $C$ . Рассматривается случай конкретных компактов:  $K$  – отрезок  $[-1; 1]$ ,  $D$  – единичный круг. Обозначим через  $P_n$  – множество алгебраических многочленов (точного) порядка  $n$  с комплексными коэффициентами, а через  $P_n(D)$  – множество алгебраических многочленов порядка  $n$  с равным единице старшим коэффициентом и не обращающихся в нуль во внутренней  $D$ . Таким образом, для любого многочлена  $p_n(x) \in P_n(D)$  справедливо его представление

$$p_n(x) = \prod_{k=1}^n (x - z_k)$$

через его нули  $z_k = x_k + iy_k$ , удовлетворяющие неравенству  $|z_k| \geq 1$ ,  $1 \leq k \leq n$ .

На пространстве многочленов  $P_n$  рассмотрим равномерную норму

$$\|p_n\| = \max_{x \in K} |p_n(x)|$$

Для компактов  $K, D \in C$  комплексной плоскости  $C$  определим величину наименьшего (наилучшего) равномерного отклонения от нуля многочленов  $p_n(x) \in P_n(D)$  на компакте  $K$ :

$$\delta_n(K, D) = \inf_{p_n \in P_n(D)} \|p_n\| \quad (1)$$

Задача состоит в нахождении многочленов  $p_n(x) \in P_n(D)$ , наименее уклоняющихся от нуля на компакте  $K$ , а также значения величины (1).

Многочлены, наименее уклоняющиеся от нуля на компактах комплексной плоскости (многочлены Чебышева), играют важную роль в теории приближений и в смежных с ней разделах математики. В настоящее время точное решение задачи Чебышева о многочленах, наименее уклоняющихся от нуля, известно для ряда компактов: для отрезка, круга, нескольких отрезков, дуги окружности (см., например, [1]-[5], [7]).

Хорошо известен классический результат П.Л. Чебышева о том, что многочлен степени  $n$ , наименее отклоняющийся от нуля на отрезке  $[-1; 1]$ , имеет вид:

$$T_n(x) = \frac{1}{2^{n-1}} \cos(n \arccos x),$$

причем отрезок  $[-1; 1]$  содержит все нули этого многочлена.

Многочлены, наименее уклоняющиеся от нуля, в случае замкнутых областей, ограниченных простыми аналитическими кривыми, впервые были рассмотрены Г. Фабером. В частности, из его результатов следует, что для единичной окружности многочленом Чебышева, для произвольного порядка  $n$ , является многочлен  $p_n(z) = z^n$ .

Задачи о многочленах, наименее уклоняющихся от нуля с ограничением на расположение нулей, практически не исследованы. В работе [6] исследован случай, когда компакты  $K, D$  являются кругами.

В следующих теоремах приведены результаты для задачи (1). Первое утверждение сводит рассматриваемую задачу к аналогичной задаче - поиску наименее уклоняющихся от нуля на компакте  $K$  многочленов  $p_n(x)$  с нулями на окружности.

**Теорема 1.** *Многочлен  $p_n(x) \in P_n(D)$ , наименее уклоняющийся от нуля на отрезке  $[-1; 1]$ , являющийся решением задачи (1), имеет все  $n$  своих нулей на единичной окружности, т.е. нули многочлена представимы в виде  $z_k = x_k + iy_k = \cos \varphi_k + i \sin \varphi_k$ ,  $x_k^2 + y_k^2 = 1$ .*

Вторая теорема дает решение задачи (1) для малых степеней, а именно при  $n = 1, 2$ .

**Теорема 2.** *Справедливы утверждения.*

1. *Для многочленов первой степени, многочленами, с нулями на единичной окружности, наименее уклоняющимися от нуля на отрезке  $[-1; 1]$ , являются  $p_{1(1)}(x) = x + i$ ,  $p_{1(2)}(x) = x - i$ , при этом справедливо равенство  $\delta_1 = \sqrt{2}$ .*
2. *Для многочленов второй степени, многочленом, наименее уклоняющимся от нуля на отрезке  $[-1; 1]$ , с нулями на единичной окружности, является  $p_2(x) = x^2 - 1$ , при этом справедливо равенство  $\delta_2 = 1$ .*

#### Библиографический список

1. Ахиезер Н.И. Лекции по теории аппроксимации. – Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Наука, 1965. – 407 с.
2. Бернштейн С.Н. Экстремальные свойства полиномов. М.: ОНТИ, 1937. 203 р
3. Голузин Г.М. Геометрическая теория функций комплексного переменного: учебное пособие. - М., Л.: Наука ГИТТЛ, 1952. - 628 с.

4. Смирнов В.И. Конструктивная теория функций комплексного переменного. М.; Л.: Наука, 1964.
5. Чебышев П.Л. Теория механизмов, известных под названием параллелограммов. // Полное собрание сочинений П. Л. Чебышева: в 5 т. Т. 2: Математический анализ. М.; Л.: АН СССР, 1947. – С.23-51.
6. Akopyan R.R. Certain extremal problems for algebraic polynomials which do not vanish in a disk // East J. Approx., V. 9, N 2, 2003, p. 139-150
7. Faber G. Uber Tschebyscheffsche Polynome // J. reine und angew. Math. 1920. 150. 79-106

**УДК 004.4**

**ГРНТИ 20.23.21**

### **МОДУЛЬ КОНТРОЛЯ ВЕРСИЙ ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Газизов В. В.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Озёрск, Челябинская область*

vladisalvik774@mail.ru

Описывается разработанный программный модуль взаимодействия с репозиторием для среды разработки расположенной на компьютерах центра управления полетами ФГУП ЦНИИмаш.

*Ключевые слова:* программный модуль, репозиторий

### **THE VERSION CONTROL MODULE OF THE TELEMETRY INFORMATION SOURCE DATA PROCESSING PROGRAM**

Gazizov V. V.

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

A software module for interacting with the repository was developed for the development environment located on the computers of the flight control center of FSUE TsNIImash is described.

*Keywords:* software module, repository, flight control center, FSUE TsNIIMash, final qualification work

В рамках выпускной квалификационной работы было необходимо разработать программный модуль для взаимодействия с репозиторием, установленной на компьютерах центра управления полётами (далее ЦУП) среды разработки.

Актуальность данной проблемы состоит в том, что среда программирования была написана самими специалистами ЦУПа, для языка программирования использующегося только ЦУПом, поэтому, так как механизм для работы с репозиторием еще не был реализован, данная проблема не являлась решённой.

С помощью данной среды программирования, специалисты ЦУПа разрабатывают программы, обрабатывающие телеметрическую информацию, поступающую от различных объектов, запущенных в космос. На момент начала работы на выпускной квалификационной работой, необходимых средств работы с репозиторием для данной программы было не

предусмотрено, поэтому программистам приходилось обмениваться разработанными частями программы вручную. Это создавало большие трудности, ведь над одним проектом в один момент времени мог работать только один человек, из-за чего сильно снижалась общая скорость работы. Разработка модуля для работы с репозиторием должна решить данную проблему.

Среда программирования, используемая на предприятии, разработана на языке C# с использованием технологии WPF. Поэтому модуль был так же разработан на языке C#.

В качестве системы контроля версий был использован subversion и библиотека SharpSVN для взаимодействия разрабатываемого модуля и репозитория.

В рамках работы были решены следующие задачи:

- возможность сохранять разрабатываемый проект в репозитории;
- возможность восстановить любую версию программы из репозитория;
- возможность создавать несколько веток проекта;
- возможность объединения веток одну.

Для решения всех этих задач был разработан программный модуль, предоставляющий возможность работы с репозиторием для проектов, разрабатываемых в среде программирования.

С помощью библиотеки SharpSVN были реализованы возможности работы с репозиторием. Были реализованы методы, позволяющие сохранять рабочую копию в репозиторий, обновлять старую версию до более новой, восстановления любой предыдущей версии программы.

#### Библиографический список

1. Matthew MacDonald, Pro WPF 4.5 in C#: Windows Presentation Foundation in .NET 4.5 Apress; 4th ed. edition 2012. P. 1078.
2. Jeffrey Richter, CLR via C# Microsoft Press A Division of Microsoft Corporation One Microsoft Way Redmond, Washington 98052-6399 2012. P. 863.
3. Sharpsvn Project home [Электронный ресурс] / CollabNetVersionOne – URL: <https://sharpsvn.open.collab.net/> - Загл. с экрана. - Яз. англ. (дата обращения 28.04.2020).
4. Управление версиями в Subversion [Электронный ресурс] / CollabNet – URL: <http://svnbook.red-bean.com/> - Загл. с экрана. - Яз. рус. (дата обращения 28.04.2020).

**УДК 004.04**  
**ГРНТИ 20.23.21**

### **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ И РЕМОНТОМ СТАНКОВ С ЧПУ**

Баляс В. Н., Кардашин А. В., Матвеев Н. И., Цимбалюк Б. Р., Зубаиров А. Ф.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Озёрск, Челябинская область*

xtoridorix@mail.ru, kardashin\_lesha@list.ru, afzubairov@mephi.ru

В данной работе рассматривается проектирование и разработка информационной системы обслуживания и технического ремонта станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Система позволяет создавать и управлять заявками, собирать информацию об ошибках и отказах, а также предугадывать возможные неполадки.

*Ключевые слова:* автоматизированный процесс, обработка заявок, предиктивный анализ, ремонт и обслуживание.

# INFORMATION SYSTEM FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF CNC MACHINES

Balyas V. N, Kardashin A. V, Matveev N. I., Tsymbalyuk B. R., Zubairov A. F.

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

This paper discusses the design and development of an information system for maintenance and technical repair of numerically controlled machines (CNC). The system allows you to create and manage applications, collect information about errors and failures, as well as predict possible problems.

**Keywords:** automated process, application processing, predictive analysis, repair and maintenance.

Станки с ЧПУ являются мощным производственным инструментом. Они обладают высоким качеством работы, а возможность программирования позволяет создавать различные детали [1, с. 12]. Благодаря это они получили широкое распространение. Однако, они отличаются крайне высокой стоимостью. Вследствие даже минута простоя в случае выхода из работоспособного состояния обходиться предприятию дорого.

Для решения данной задачи предполагается использовать предиктивный анализ поломок [2, с. 309], который позволяет сократить время на ремонт, а также автоматизировать процесс обработки заявок, для уменьшения общего времени работы с системой.

В качестве структуры системы была выбрана клиент-серверная система. Серверная часть была разработана с помощью языка PHP. Клиентская часть представляет web-приложение, которой работает в браузере. Она написана с помощью HTML5 и CSS.

Для автоматизации процесса обработки и создания заявок были построены схемы процессов в виде диаграмм вариантов использования. Также были построены диаграммы IDEF0, IDEF1, IDEF3. На рисунке 1 и 2 представлены некоторые из них. Благодаря таким схемам был определен путь оптимизации системы.

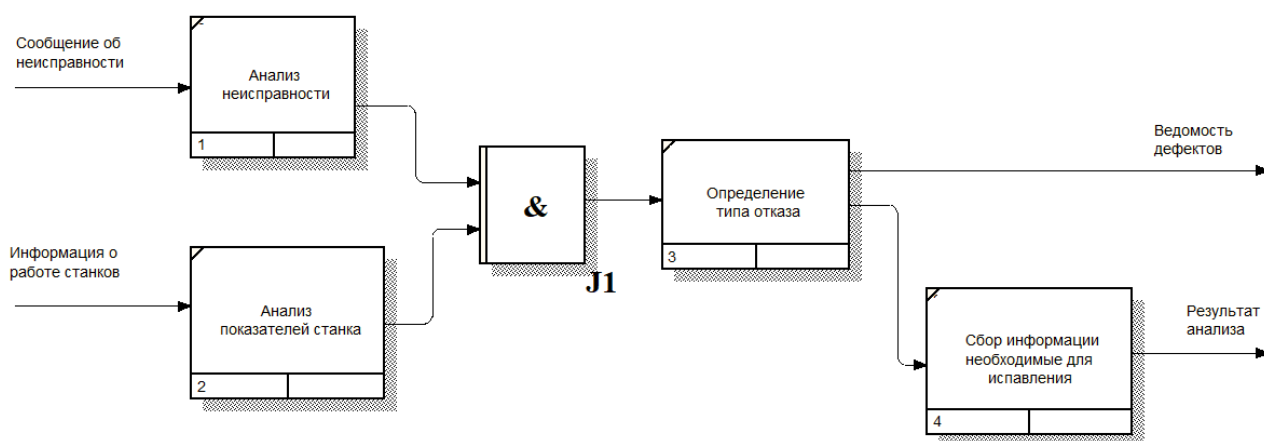


Рисунок 1



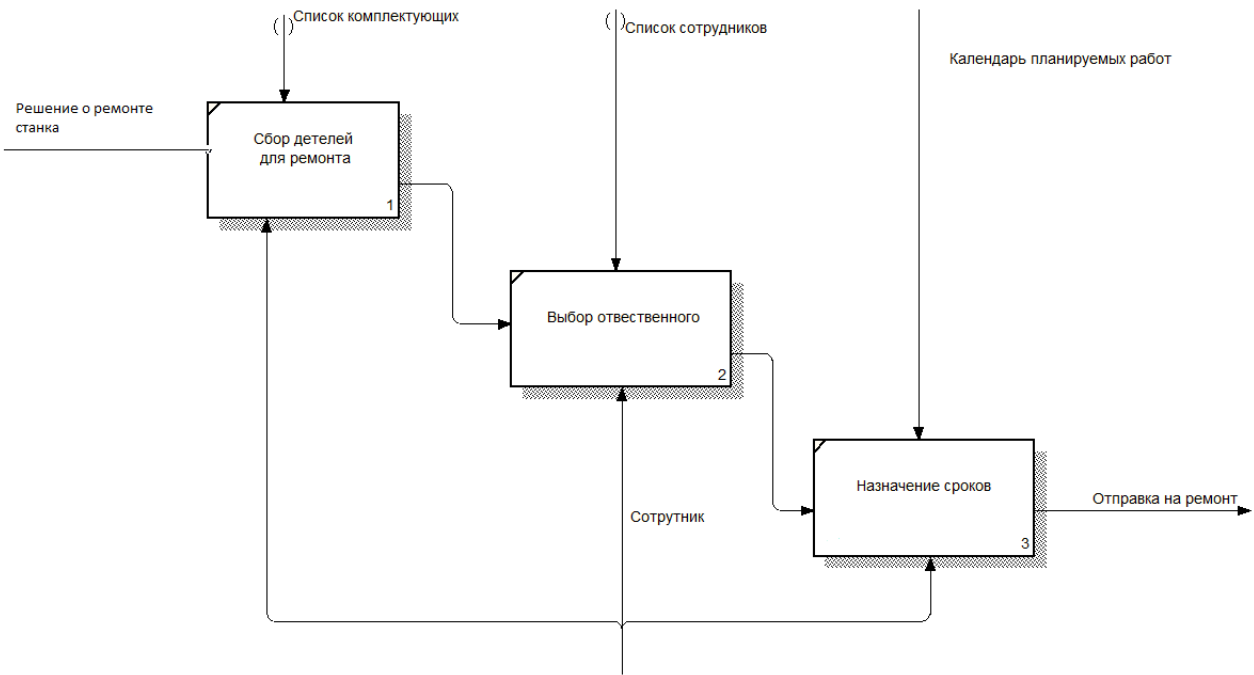


Рисунок 2

В результате рассмотрения бизнес-процессов были выявлены причины появления заявок на ремонт и этапы их обработки. Сначала происходит поломка, и оператор создаёт заявку, либо наступает время проведения плановой работы. После создания заявки происходит выбор работника или группы работников, которые будут заниматься ремонтом. После назначения исполнителей происходит непосредственно ремонт.

Были выявлены четыре роли пользователей, работающих в системе:

- начальник участка – формирует и исполняет заявки на ремонт, просматривает состояние станков, создаёт плановые работы;
- начальник ремонтной службы – назначает исполнителей, создаёт плановые задачи;
- начальник участка – просматривает техническое состояние станков, видит статистику простоев, управляет приоритетом заявок;
- рабочий – просматривает связанные с ним заявки, и исполняет их.

На основании выделенных должностей и функций, которые они выполняют, были спроектированы следующие функции, реализуемые системой: создание заявок, установка приоритетов, выполнение заявок и указание информации об этом, просмотр времени простоев, просмотр и назначение плановых работ, просмотр статистики. Эти функции были реализованы в системе.

Разработка базы данных осуществлялась средствами инструмента моделирования данных Erwin Data Modeler и СУБД MySQL. При помощи Erwin Data Modeler была разработана реляционная модель данных, отношения которой находятся в пятой нормальной форме [3, с. 121], путем прямого проектирования (Forward Engineering) был получен SQL-сценарий для генерации схемы базы данных. Модель базы данных приведена на рисунке 3.

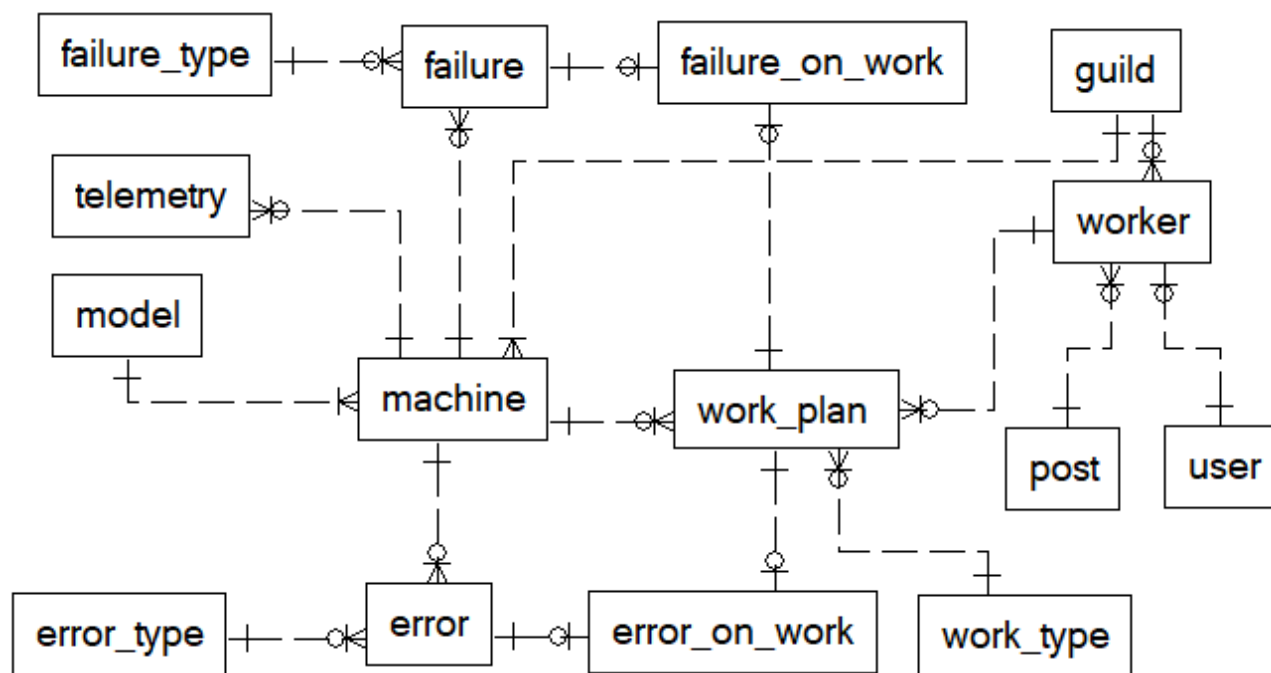


Рисунок 3

Для решения задачи предиктивного анализа была спроектирована нейронная сеть [4, с. 172]. Станки ЧПУ имеют четыре параметра, которые снимаются в режиме реального времени, а именно: давление, напряжение, вибрация и давление. Для обучения нейронной сети задача была поставлена следующим образом. Для каждой ошибки были выбраны все срезы параметров от момента ошибки до момента предыдущей ошибки. Все срезы сортируются по времени, от самого старого к самому новому. Им всем ставится в соответствии вероятность ошибки, от одного процента у первого среза после ошибки, до девяносто девяти процентов у ближайшего к ошибке среза. К каждому срезу добавляется так же количество дней без ремонта, количество дней без капитального ремонта, срок жизни станка в днях. На полученных таким образом данных происходит обучение нейронной сети.

Сеть имеет следующую структуру: на первом слое сети - семь элементов, которые соответствуют семи следующим входным параметрам: четыре телеметрических, количество дней без ремонта и капитального ремонта, количество дней жизни станка. Второй слой состоит из элементов, каждый из которых получает на вход значение из двух элементов первого слоя. Таким образом перебираются все пары элементов первого уровня, и один свободный элемент. Третий слой состоит из одного нейрона, который связан со всеми нейронами первого второго уровня. В результате обучения нейронная сеть должна выводить вероятность ошибки или отказа для переданных параметров.

Для автоматизации работы с заявками были разработаны следующие механизмы: при наступлении времени проведения периодической работы, или при высокой вероятности ошибки, автоматически создаются заявки на ремонт. При создании заявки приложение само предлагает работника, который является наиболее свободным и квалифицированным для данной задачи. Также, у каждой заявки ставится свой приоритет, и они сортируются в соответствии с ним.

Для того, чтобы упростить пользователю работу с приложением, был разработан интуитивно понятный человеко-машинный интерфейс. Для каждой роли пользователя была разработана своя страница, с которой работает пользователь. Таким образом, каждый сотрудник получает в первую очередь ту информацию, которая необходима ему для работы.

В данной работе была разработана информационная система для обслуживания и технического ремонта станков с ЧПУ. Данная система является клиент-серверным web-

приложением, которое позволяет создавать заявки и управлять ими, назначать им приоритеты. С помощью нейронной сети система может заранее предсказать поломку и оперативно сформировать заявку на её устранение. Также система автоматизирует процесс администрирования заявок.

#### Библиографический список

1. Р.Б. Марголит. Наладка станков с программным управлением. – Москва: Москва, 1993. – 253 с.
2. В. В. Вьюгин. Математические основы машинного обучения и прогнозирования. – Москва: МЦНМО, 2013. – 391 с.
3. Томас Коннолли, Каролин Бегг. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. – Москва: Вильямс, 2018. – 1440 с.
4. С. Хайкин. Нейронные сети. Полный курс. – Москва: Вильямс, 2006. – 1101 с.

**УДК 004.9**  
**ГРНТИ 20.23.21**

### **СИСТЕМА КОНТРОЛЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА**

Кардашин А. В.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Озёрск, Челябинская область*

kardashin\_lesha@list.ru

В статье рассматривается задача автоматизации области учебного процесса, связанной с контролем работы студентов, а именно контроль выполнения студентами предписанных работ по учебным дисциплинам и контроль посещаемости учебных занятий студентами. В результате решения рассматриваемой задачи разработано веб-приложение, предоставляющее возможность выполнения сформулированных задач.

*Ключевые слова:* веб-приложение, контроль учебного процесса, веб-технологии, асинхронные запросы, библиотека jQuery.

### **EDUCATIONAL PROCESS CONTROL SYSTEM**

Kardashin A. V.

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

The task of automating the educational process field related to monitoring students' work, namely, the execution of the prescribed work in academic disciplines and the attendance of students is considered. As a result of solving the problem, a web application that provides the ability to perform the formulated tasks was developed.

*Keywords:* web application, educational process control, web technologies, asynchronous queries, jQuery library.

В современном обществе, обществе информационных технологий и больших данных, большое количество информации и документов хранятся на серверах различных сайтов и информационных систем и доступны в сети Интернет. В вузах студенты выполняют большое

количество различных практических, домашних и контрольных работ, основную часть которых составляют отчеты о проделанной работе. В основном это напечатанные документы, которые проверяются преподавателями после их предоставления студентами. В свою очередь, преподаватели подготавливают и печатают различные методические материалы по преподаваемым ими дисциплинам. В условиях дистанционного обучения и невозможности личной передачи студентами работ или отсутствия доступа к методическим материалам актуальна задача перехода к цифровому хранению и передаче документов.

Решение поставленной задачи подразумевает достижение следующих целей:

- предоставление возможности просмотра работ по дисциплинам;
- предоставление возможности загрузки выполненных студентами работ;
- предоставление возможности загрузки и просмотра методических материалов;
- предоставление возможности оценки работ студентов и формирования зачетных ведомостей.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие подзадачи:

- разработка базы данных для хранения работ студентов и методических материалов;
- разделение пользователей на группы для предоставления соответствующих прав и возможностей;

- разработка удобного и привлекательного интерфейса для работы пользователей;
- разработка сценариев для взаимодействия с базой данных.

Для разработки системы был использован LAMP - набор серверного программного обеспечения с открытым исходным кодом, который широко используется в сети Интернет. LAMP включает в себя: операционную систему Linux, веб-сервер Apache, систему управления базами данных MySQL и интерпретатор языка PHP [1].

Разработка базы данных осуществлялась средствами инструмента моделирования данных Erwin Data Modeler и СУБД MySQL. При помощи Erwin Data Modeler была разработана реляционная модель данных, отношения которой находятся в пятой нормальной форме, путем прямого проектирования (Forward Engineering) был получен SQL-сценарий для генерации схемы базы данных.

Реализация разделения пользователей на группы основана на том, что для хранения информации о преподавателях и студентах используются разные сущности базы данных. После прохождения пользователем процесса аутентификации определяется тип пользователя (студент или преподаватель). Для идентификации пользователя используется механизм сессий и Cookies. Поддержка сессий позволяет сохранять данные между запросами в суперглобальном массиве \$\_SESSION [2]. В этом массиве хранится идентификатор пользователя и его тип. Он используется для доступа к идентификатору пользователя из PHP-сценариев. Cookies - это механизм хранения данных браузером удаленной машины для отслеживания или идентификации возвращающихся пользователей [3]. В Cookies также хранится идентификатор и тип пользователя, но используются Cookies для получения информации в JavaScript-сценариях.

Использование представленных механизмов обеспечивает определение типа пользователя и предоставление пользователю соответствующих прав и возможностей.

Для разработки удобного и привлекательного интерфейса использовались возможности HTML и CSS, так же для динамического изменения стилей элементов HTML разметки был использован JavaScript.

Каждой предоставляемой функции системы соответствует свой шаблон. После прохождения пользователем процесса аутентификации JavaScript-сценарий определяет тип пользователя и устанавливает CSS-стили элементов разметки таким образом, чтобы пользователь имел доступ только к необходимым для него функциям системы, то есть к соответствующим шаблонам. Например, если преподаватель прошел процесс аутентификации, то ему будут доступны функции по ведению журнала посещаемости, просмотру и оценке работ студентов по выбранной дисциплине и загрузке методических

материалов по выбранной дисциплине. Если аутентификацию прошел студент, то ему будут доступны функции по загрузке работ по выбранной дисциплине и по просмотру методических материалов по выбранной дисциплине.

Для обработки событий, вызванных взаимодействием пользователя с системой, была использована библиотека jQuery. jQuery - это быстрая, небольшая и многофункциональная библиотека JavaScript. Она позволяет сделать проще работу с элементами разметки, обработку событий, работу с асинхронными запросами благодаря простому интерфейсу прикладного программирования [4].

Обработка событий, вызванных действиями пользователя, заключается в отправке сетевого запроса на сервер и загрузке новой информации по мере необходимости. Такую последовательность действий можно реализовать при помощи jQuery и AJAX (Asynchronous JavaScript And XML). Обработка события начинается с того, что обработчик, подписанный на событие, захватывает его, данные формы, выбранные или введенные пользователем, объединяются в объект JavaScript, при помощи функции \$.ajax() данные отправляются на сервер по указанному URL и ожидается ответ от сервера, при этом, работа клиента не останавливается. После того, как ответ получен, происходит вывод новой информации в шаблон или сообщения о возникшей ошибке.

Для взаимодействия с базой данных были написаны сценарии на языке PHP. В PHP-сценариях происходит работа с механизмом сессий, установление значений Cookies, подключение к базе данных, выполнение SQL запросов, для выборки информации из базы данных, отправка результата выполнения сценария клиенту. PHP-сценарии вызываются асинхронно, адрес сценария на сервере указывается в свойстве объекта, передаваемого в качестве параметра функции \$.ajax().

Загрузка документов (работ студентов и методических материалов) на сервер так же выполняется посредством асинхронных запросов. Выбранные для загрузки документы передаются в глобальный массив \$\_FILES, в PHP-сценарии происходит перемещение переданных документов из временного каталога в каталог, соответствующий типу документа (работа студента, методические материалы).

Разработанная система может упростить взаимодействие студентов и преподавателей при выдаче заданий преподавателями, сдаче выполненных работ студентами, особенно в условиях дистанционного обучения. В дальнейшем предполагается доработка интерфейса для более удобной работы пользователей.

#### Библиографический список

1. Википедия - свободная энциклопедия [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/LAMP\\_\(software\\_bundle\)](https://en.wikipedia.org/wiki/LAMP_(software_bundle)) – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 09.04.2020).
2. Сессии - Manual - PHP [Электронный ресурс] / PHP Group URL: <https://www.php.net/manual/ru/book.session.php> – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 13.04.2020).
3. Cookies - Manual - PHP [Электронный ресурс] / PHP Group URL: <https://www.php.net/manual/ru/features.cookies.php> – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 13.04.2020).
4. Библиотека jQuery [Электронный ресурс] – URL: <https://jquery.com> – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 15.04.2020).



УДК 004.93'1  
ГРНТИ 20.23.21

## ФРЕЙМВОРК ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

Матвеев Н. И.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Озёрск, Челябинская область*

nik.nikita.matveev.1997@gmail.com

В данной работе рассматривается проектирование и разработка фреймворка, который представляет следующие функции: обнаружение и распознавание людей, сохранение всей сопутствующей информации, общение с другими приложениями и системами. Для этого использовались библиотеки OpenCV и dlib.

*Ключевые слова:* распознавание лиц, параллелизм, базы данных, фреймворк, OpenCV, dlib.

## FACE DETECTION AND RECOGNITION FRAMEWORK

Matveev N. I.

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

In this paper, we consider the design and development of a framework that presents the following functions: detecting and recognizing people, storing all related information, communicating with other applications and systems. For this, the OpenCV and dlib libraries were used.

*Keywords:* face recognition, parallelism, database, framework, OpenCV, dlib.

На данный момент широкое распространение получили технологии, связанные с машинным зрением [1, с. 396]. Одна из таких технологий - обнаружение и распознавание лиц. Существует множество вариантов её применения. Например - идентификация человека для доступа к ресурсу или данным, или отслеживание положения [2, с. 32]. Это активно используется в системах контроля и управления доступом (СКУД). Идентификация с помощью лица имеет несколько преимуществ по сравнению с другими способами, а именно простота в использовании, возможность проводить в фоновом режиме без участия сотрудника, простота предъявления лица человеком.

Существует два варианта использовать распознавание лиц: библиотеки, предоставляющие соответствующие функции, или СКУД системы. Библиотеки часто предоставляют сразу множество алгоритмов машинного зрения. Однако при их использовании необходимо разработать приложение или систему, которая будет использовать указанные функции, так как предоставляются только функции. СКУД системы представляют готовые решения, которые помимо идентификации по изображению, могут идентифицировать с помощью специальных пропусков, голоса и т.д. Однако, такие системы имеют высокую стоимость, необходимы специальные аппаратные решения. Если такую систему использовать в большом производстве, то необходимо будет также создать общую инфраструктуру. В некоторых случаях система разрастётся до такого уровня, что появятся специальные должности, которые занимаются только её обслуживанием.

Для решения этой проблемы разработан фреймворк для обнаружения и распознавания лиц. Он позволяет решать типичные задачи данной области, а именно идентификацию, сохранение сопутствующей информации, и её обработка, без создания большого количества

кода, используя готовые решения. С другой стороны, такое решение не требует создания специализированных аппаратных решений, используя или перенастраивая готовые. Также, фреймворк можно использовать совместно с другими СКУД системами.

При выборе структуры проекта учитывались два параметра: шаблоны проектирования приложений [3 с. 437; 4 с. 20] и наработки в области компьютерного зрения. Компьютерное зрение - это относительно молодая область, в которой на данный момент происходит активное развитие. Следствием этого является то, что создаются новые библиотеки, реализующие эти алгоритмы. Они могут предоставлять функции, аналогичные уже используемым функциям, но отличающиеся по количественным характеристикам. Исходя из этих двух параметров, было принято решение разбить фреймворк на модули. Это соответствует шаблону проектирования, а также позволяет изменить используемые внешние библиотеки, без изменения всего кода.

Были выделены следующие модули: модуль обнаружения лиц, распознавания лиц, работа с базой данных (БД), с файловой системой, модуль общения с другими приложениями, интерфейсный модуль. Задача модуля обнаружения лиц - захват видеопотока с USB или Web-камер, обнаружение на них лиц. Для этого используется библиотека с функциями машинного обучения и компьютерного зрения OpenCV. Задача модуля распознавания лиц - это найти в базе лиц соответствие тому человеку, чьё лицо было обнаружено с помощью другого модуля. Для этого используется библиотека dlib. Модуль для работы с БД реализует получение, добавление, и изменение информации из БД. Модуль для работы с файловой системой реализует импорт и экспорт информации с помощью текстовых файлов, для тех случаев, когда, нет доступа к БД. Модуль общения с другими системами используется для того, чтобы передавать информацию о распознавании другим приложениям и системам.

В качестве языка программирования, на котором разработан фреймворк, был выбран язык C++. Он позволяет писать программы с высокой скоростью выполнения, а также работать с приложениями, написанными на других языках программирования.

Модуль обнаружения лиц построен вокруг класса камеры. С его помощью получаемое видеоизображение разбивается на кадры. Каждый кадр проверяется с помощью детектора. Если в кадре было обнаружено лицо одного или более человек, то они вырезаются, и передаются на распознавание.

Модуль распознавания лиц получает кадры с изображением лиц, и с помощью нейронной сети получает по нему вектор, характеризующий лицо. Далее среди всех векторов происходит поиск вектора, который имеет наименьшее расстояние от нового. Если такой вектор найден, то это означает, что был идентифицирован человек. Этот тот человек, которому предлежит вектор, имеющий минимальное расстояние от нового. Вектор представляет собой массив из 128 элементов типа float. Каждый элемент имеет размер 4 байта. Если в базе будет храниться информация о пятидесяти тысячах сотрудников, каждый из которых имеет пять векторов, суммарно придётся хранить около 122 мегабайт данных в оперативной памяти, что не является проблемой для современных компьютеров. Однако, фреймворк имеет возможность во время работы искать информацию не только в оперативной памяти, но и искать вектор с минимальной длиной в БД.

Модуль для работы с БД позволяет получать и сохранять информацию о следующих объектах: камеры, сотрудники, помещения, пользователи, группы, правила. Группы и правила - это механизм, с помощью которого происходит фильтрация информации для отправки другим приложениям и системам. Можно указать, что присылаются сообщения об распознавании, только если распознанный человек принадлежит к одной или нескольким указанным группам, или распознавание произошло в помещении или с помощью камеры, связанной с одним или несколькими правилами. Также, можно комбинировать группы и правила. Механизм пользователей позволяет загрузить только необходимую для работы конкретного компьютера информацию из БД.

Модуль для работы с файловой системой содержит несколько классов, которые позволяют сохранить информацию, необходимую для работы в виде файлов, а также имеют методы, для получения этой информации из файлов. Это позволяет использовать фреймворк на отдельном компьютере, не подключённом к БД.

Модуль для оповещения других систем использует стек TCP/IP, а именно протокол TCP. Это позволяет одинаковым и стандартным способом общаться с приложениями и системами, которые запущены как на том же устройстве, так и соединены сетью. Сообщения закодированы в формате JSON. Также, фреймворк может шифровать и расшифровать сообщения с помощью алгоритма Blowfish. Получатели сообщений сохранены в отдельных файлах. Внутри них находится информация об адресе, на который отправляются сообщения, а также указаны группы и правила, по которым фильтруется информация. С помощью TCP протокола и JSON формата данных, существуют множество стандартных способов получения и обработки таких сообщений. Однако, данный модуль имеет функции для прослушивания и разбора таких сообщений, которые могут использовать другие приложения, отдельно от фреймворка.

Интерфейсный модуль - это модуль который, совмещает все модули, а также предоставляет специальный программный интерфейс для использования фреймворка. Для того, чтобы обрабатывать информацию с нескольких видеокамер, использовалось несколько потоков. Для каждой камеры свой поток. Время распознавания длится сильно дольше, чем другие процессы во фреймворке. И для того, чтобы ускорить этот процесс, он был разделён на несколько потоков. У каждой камеры может быть один или больше потоков распознавания. Когда приходит кадр для распознавания, он отправляется в отдельный поток. Для того, чтобы управлять занятостью системы, такие потоки заканчивают работу, если слишком долго не получали кадров. После того, как произошло распознавание, информация о нём передаётся в специальный список объектов обработчиков. С помощью таких объектов происходит сохранение информации в БД, передача сообщений другим приложениям, а также отслеживание информации о местоположении сотрудников. Пользователи могут самостоятельно писать и добавлять такие обработчики.

Благодаря всем этим решениям, был разработан фреймворк для обнаружения и распознавания лиц, который позволяет обрабатывать видеоизображение с нескольких камер, сохранять сопутствующую информацию, и передавать её другим приложениям и системам. Механизмы групп и правил позволяют фильтровать отправляемые сообщения, а механизм пользователей позволяет загружать только необходимую информацию.

#### Библиографический список

1. Рейнхард Клетте. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы. - Москва: ДМК Пресс, 2019. - 506 с.
2. Руд М. Болл, Джонатан Х. Коннел, Шарат Панканти, Налини К. Ратха, Эндрю У. Сеньор. Руководство по биометрии. - Москва: Техносфера, 2007. - 368 с.
3. Крэг Ларман. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования. Введение в объектно-ориентированный анализ, проектирование и итеративную разработку. - Москва: Вильямс, 2013. - 736 с.
4. Джонсон Ральф, Хелм Ричард, Влссидес Джон, Гамма Эрих. Приёмы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. - Питер: Питер, 2016. - 366 с.

УДК 004.424.32  
ГРНТИ 20.01.09

## ЭКСКУРС В ИСТОРИЮ: МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ПО В 1990-Х ГОДАХ

Постолов Д. И.

*Самозанятый гражданин — плательщик НПД,  
г. Озёрск, Челябинская область*

dpostolov@yandex.ru

Шифрование программного кода с целью сокрытия процедур проверки диска. Инструкция XOR. Ошибки в реализации отладчиков. Методы форматирования и записи магнитных носителей. Индексные, адресные метки и метки данных. Служебные байты форматирования. «Плавающие» биты. Счетчик записи данных с помощью переходов через стек. Создание псевдослучайных чисел из «плавающих» бит.

*Ключевые слова:* шифрование кода, методы форматирования, служебные байты, «плавающие» биты, счетчик записи через стек, псевдослучайные числа из «плавающих» бит.

## AN EXCURSION INTO HISTORY: SOFTWARE PROTECTION METHODS IN THE 1990S

Postolov D. I.

*Self-employed citizen, Ozersk*

Program code encryption to hide disk verification procedures. XOR instruction. Errors in the implementation of debuggers. Methods for formatting and recording magnetic media. Index, address, and data labels. Service formatting bytes. “Unstable” bits. A counter for writing data using stack transitions. Creating pseudo-random numbers from “unstable” bits.

*Keywords:* code encryption, formatting methods, service bytes, “unstable” bits, write counter through the stack, pseudo random numbers from “floating” bits.

В 1990-х годах у меня не было PC-совместимого компьютера, был бытовой компьютер Sinclair ZX Spectrum (ZX Profi 3+), на котором я занимался программированием на языке ассемблера и исследованиями в области защиты от копирования и взлома на магнитных носителях информации (5,25" дискетах).

Итак, защиты на Sinclair ZX Spectrum состояли из 2-х этапов: 1. Шифрование программного кода, с целью сокрытия процедур проверки защитных меток диска. 2. Самых защитных методов магнитных носителей.

### 1. Шифрование

Встречалось как относительно простое шифрование памяти с помощью XOR и обычного цикла, при котором регистр процессора HL “пробежал” часть памяти, «расшифровывая» ее с помощью ключей, которые находились в этом же кодовом блоке. Напомню, что логическая операция XOR представляет из себя инструкцию, при действии которой с тем же аргументом ключа восстанавливается первоначальное состояние «зашифрованного» регистра. Также встречались и сложные, хорошо замаскированные ксорки, с учетом ошибок в реализации трассировочных методов отладчика. Например, в одной из ранних версий широко используемого для отладки и взлома отладчика STS была ошибка в выполнении трассировки команд RETI (возврат из маскируемого прерывания) и RETN (возврат из немаскируемого прерывания), при трассировке этих команд неверно изменялся регистр регенерации памяти (регистр регенерации памяти R — это специальный регистр

процессора Zilog Z80, который увеличивался на определенное значение в зависимости от выполненной инструкции процессора), этим пользовался протектор FANTOM.

Классикой защиты было применение ксорки с "обратным циклом", при котором расшифруемые исполняемые инструкции процессора изменялись от старших адресов к младшим, «затирая» возможную точку останова (Break Point отладчика), но практического значения это не имело при трассировке с помощью отладчика STS.

Сложность челябинского протектора FANTOM была такой, что одну защищенную им программу приходилось трассировать 1,5 часа. Также он проверял, чтобы при передаче управления из Basic-блока в кодовый участок регистры процессора были инициализированы определенными значениями. Действительно, протектор FANTOM, особенно старшая версия 4.5 - самая сложная, с чем мне довелось столкнуться на Спектруме, написание автоматического антипротектора ко всем известным мне FANTOM-ам заняло у меня месяц непрерывной работы.

## 2. Методы магнитной защиты дискет

Применялись разные виды защит. От отсутствия индексной метки в начале трека, чтобы дискету не смог скопировать в образ диска копировщик (TELEDISK) на PC-совместимом компьютере (в силу особенностей его дискового контроллера), до адресных меток в конце трека. Индексные, адресные метки и метки данных – это определенные последовательности служебных символов на дискете. Применялась комбинация сначала некоторых значений, а потом и служебных символов, которые было затруднительно копировать чисто аппаратно в силу устройства дискового контроллера ВГ-93 Спектрума. В дальнейшем стала применяться двухпроходная запись диска, при котором байты до этих служебных символов затирались другими данными, делая невозможным определить специально подобранные символы, которые требовались для получения служебных байт F5h, F6h, F7h. Также некоторые защиты проверяли "длину дорожки", записанную на специальных разъюстированных дисководах.

Также я прочитал в одном журнале, что на компьютере можно создать так называемые «плавающие биты», то есть нестабильности. «Плавающий бит» - это такой бит или группа битов, входящих в состав байта, который считывается неустойчиво при одинаковых вызовах процедуры чтения данных сектора или метки. Но, ни техники создания, ни алгоритмов в статье не было. Пришлось придумывать самому. Я размышлял так... Как пишется байт в сектор данных или при форматировании трека? Сначала проходит подготовка: включение мотора дисковода, позиционирование на нужный трек, поиск сектора дорожки, потом в определенный регистр посылается команда на запись сектора или дорожки, затем регистр HL процессора устанавливается на область памяти, которую необходимо записать, включается счетчик, и, самое главное, после отправки байта данных в порт данных происходит проверка готовности этой записи. Поэтому, если отправить байт записываться в порт данных, затем выждать определенную паузу и дать команду "Немедленное прерывание операции", то в дальнейшем этот байт на дискете станет нестабильным.

Так как стандартные процедуры TR-DOS позволяли записывать данные секторов и делать форматирование дорожки только полностью, то есть выход из подпрограммы TR-DOS осуществлялся по флагу готовности записи всех данных, а для создания «плавающих битов» необходим был счетчик отправленных байт в порт данных, то сначала эксперименты проводились на компьютере ZX Profi 3+ в режиме «прямого» доступа к портам дискового контроллера ВГ-93, когда же опыты завершились успешно, я доработал процедуры работы с диском для доступа из ПЗУ TR-DOS v. 5.04T (на оригинальном Sinclair ZX Spectrum работа с дисковым контроллером была возможна только из ПЗУ TR-DOS, которое находилось в «нижней теневой» области памяти и подключалось при срабатывании при обращении к определенному участку памяти).

Дамп TR-DOS был считан в ОЗУ и в нем были найдены такие инструкции:



Запись одного байта в порт данных

RET

Проверка готовности записи этого одного байта

RET

Процедура счетчика

RET

Пауза

RET

Немедленное прерывание ВГ-93

RET

После чего в стек помещались адреса этих процедур, и они по RET передавали управление друг другу. Вот так удалось создать «плавающие биты» на обычном Sinclair ZX Spectrum.

Если же сектор, состоящий из нестабильных данных, считать большое число раз, то появится закономерность: будут выявлены около 5 байт, состоящих из плавающих бит каждого нестабильного байта. Эта сигнатура уникальна, и она будет являться уникальной при каждом новом создании плавающих битов. Поэтому, для такой защиты можно создать дистрибутивный копировщик, для которого сигнатура защиты составлялась уже после создания нестабильных байтов, но повторить такую сигнатуру на дискете стандартными средствами не сможет даже сам ее разработчик. Также такую сигнатуру можно использовать в качестве исходных данных для генератора псевдослучайных чисел.

#### Библиографический список

1. Ларченко А., Родионов Н.Ю. ZX Spectrum для пользователей и программистов. – С.: Питер, 1993. – 117 с.
2. Родионов Н.Ю. Адаптация программ к системе TR-DOS. – С.: Питер, 1992. – 41 с.
3. Григорьев О.В. Дискровая операционная система для ПК ZX-Spectrum. – Екатеринбург: Лига, 1991. – 80 с.
4. Федин П.Ю. Описание и полный дизассемблер ПЗУ TR-DOS 5.04T. – М.: Формак, 1996. – 196 с.
5. Поморцев Ю. TR-DOS для профессионалов и любителей. – Львов, 1994. – 32 с.

УДК 004.91

ГРНТИ 14.35.01

### АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО СОТРУДНИКА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Рогов К. Ю.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Озёрск, Челябинская область*

Kostyamaron@gmail.com

В данной работе рассматривается проектирование и разработка программного продукта для автоматизации рабочего места сотрудника учебно-методического управления на языке Python. Данная программа позволяет создавать и изменять расписание учебных занятий, управлять им, а также предоставлять эту информацию в различных видах

*Ключевые слова:* программный продукт, расписание, учебно-методическое управление, язык программирования Python.



## AUTOMATED WORKPLACE OF AN EMPLOYEE OF EDUCATIONAL AND METHODOICAL MANAGEMENT DEPARTMENT

Rogov K. Yu.

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

In this paper, we consider the design and development of a software product for automating the workplace of an employee of educational and methodical management department. This program allows to create, modify and manage the schedule of training sessions, as well as provide this information in various forms.

*Keywords:* software product, schedule, educational-methodical management, programming language Python.

Учебно-методическое управление является основным координационным звеном образовательного учреждения, функционирование которого происходит в жестких временных рамках. Работа сотрудников УМУ направлена на планирование, организацию и контроль учебного процесса, срыв которого недопустим.

Одним из документов, формируемых сотрудниками УМУ для управления образовательным процессом, является расписание. Расписание - это специальный документ, в котором перечислены все проводимые в течении учебного семестра занятия. Для каждого занятия необходимо указать время проведения, аудиторию проведения, преподавателя, тип занятия, предмет, учебную группу. Расписание составляется сотрудниками УМУ в сжатые сроки и оперативно корректируется в соответствии с изменяющимися условиями.

Сотрудникам УМУ необходимо осуществлять сбор, хранение и обработку информации об объектах, участвующих в учебном процессе. Составленное сотрудником расписание должно соответствовать нормам распределения учебной нагрузки, а также являться согласованным [1].

Целью работы является создание программного продукта для автоматизации рабочего места сотрудника учебно-методического управления.

Задачи, решаемые при выполнении работы:

- 1) ввод, хранение и изменение информации, необходимой для организации учебного процесса, в БД;
- 2) предоставление пользователю доступа к информации о расписании учебного процесса;
- 3) проверка расписания на ошибки и предотвращение конфликтов;
- 4) получение информации по вычитанным часам в различных разрезах;
- 5) получение расчета учебных нагрузок.

В качестве языка программирования для создания программного продукта был выбран Python. Данный язык программирования обладает большой гибкостью, а также имеет готовые решения для работы с веб-приложениями.

В качестве архитектуры приложения была выбрана клиент-серверная архитектура. Клиент работает с приложением с помощью веб-интерфейса, а серверная часть выполнена на языке Python. Данный подход позволяет всем пользователям работать с единым набором данных, а также позволяет работать с помощью любого устройства, где есть браузер.

Для построения веб приложения предлагается использовать архитектуру Модель-Представление-Контролер (MVC). Это схема разделения данных приложения, пользовательского интерфейса и управляющей логики на три отдельных компонента: модель, представление и контроллер - таким образом, что модификация каждого компонента может осуществляться независимо от других[2].

На основе проведенных исследований в данной предметной области была спроектирована логическая структура БД. На первом этапе были выделены все атрибуты и

функциональные зависимости, описывающие данную предметную область. Для данных атрибутов были выявлены функциональные зависимости, и отношение было приведено в нормальную форму Бойса–Кодда[3].

Для создания расписания использовался следующий алгоритм. Из расписания звонков для каждого учебного дня создавался набор пустых ячеек, в которые будут помещены занятия. Для каждого предмета, который будет преподаваться, с учётом видов работ и нагрузки, высчитывается количество занятий в неделю. Например, для некоторого предмета по учебной программе необходимо провести 36 лекций и 18 практик. Семестр планируется провести за 18 недель. Тогда для него рассчитана нагрузка в 2 лекции и 1 практику в неделю. Если число занятий не кратно количеству недель, то их количество увеличивается до кратного. Например, если надо провести 40 лекций за 18 недель, то будет рассчитано 3 лекции в неделю.

После того, как рассчитана нагрузка на каждую неделю, происходит заполнение ячеек. Для каждой ячейки выбирается одно из рассчитанных ранее занятий. Существует некоторый набор учитываемых при этом параметров. Например, приоритетным считается такая расстановка занятий одного преподавателя, которая не предусматривает «окон» между занятиями.

Если при составлении расписания произошёл конфликт, программа пытается автоматически решить его, убрав из расписания все занятия связанные с ним, и расставив их в другом порядке. Если конфликт не разрешился, пользователь информируется об этом [4].

Составленное расписание предоставляется в формате XLS.

#### Библиографический список

1. Пайкес В.Г. Методика составления расписания в образовательном учреждении Изд. 3-е, испр., доп. - М.: Астрель, 2001. - 112 с., ил.
2. Полубояров В.В. - Использование MS SQL Server 2008 Analysis Services для построения хранилищ данных.
3. Хелен Борри. Firebird: руководство разработчика баз данных. - Москва: ДМК Пресс, 2011. - 304 с., ил.
4. Ташков П. А. Веб-мастеринг на 100 %: HTML, CSS, JavaScript. - СПб.: Питер, 2010. - 512 с., ил.

УДК 004.04

ГРНТИ 20.23.21

### УМНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ И РЕМОНТОМ

Сёмин Е. Н., Минаев А. С., Войцев П. Р., Михалёв В. Р., Зубаиров А. Ф.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Озёрск Челябинская область*

s\_j\_n@bk.ru, afzubairov@mephi.ru

В статье обсуждается переход от профилактического к предиктивному обслуживанию посредством интеграции искусственного интеллекта в информационную систему технического обслуживания и ремонта станков с ЧПУ для прогнозирования возможных сбоев до их возникновения.

*Ключевые слова:* станки с ЧПУ, предиктивное обслуживание, информационная система, машинное обучение, искусственный интеллект.

**INTELLIGENT MAINTENANCE AND REPAIR MANAGEMENT**

Syomin E. N., Minaev A. S., Voishchev P. R., Mikhalev V. R., Zubairov A. F.

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

In this paper the transition from preventive to predictive maintenance by integrating artificial intelligence into the information system for maintenance and repair of CNC machines to predict possible failures before their occurrences is discussed.

**Keywords:** CNC machines, predictive maintenance, information system, machine learning, artificial intelligence.

Техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) имеет решающее значение для обеспечения высокого уровня качества эксплуатации. Многие аварии происходят из-за работы нестабильного и неисправного оборудования, сложной рабочей среды и человеческих ошибок. Кроме того, ТОиР напрямую влияет на доступность оборудования и на качество выпускаемой продукции. Затраты на ТОиР могут достигать до 60% от всех операционных расходов. Эти затраты определяются:

- неожиданным выходом оборудования из строя/поломкой;
- незапланированным простоем оборудования;
- неэффективным использованием персонала;
- избыточным сервисным обслуживанием;
- вторичными убытками.

Поэтому для повышения эффективности деятельности предприятия необходимо использовать информационную систему мониторинга и управления ТОиР производственного оборудования.

Система должна поддерживать выполнение на предприятии комплекса мер по обслуживанию и ремонту оборудования, направленного на поддержание работоспособности оборудования, предотвращение отказов и выхода из строя, своевременный ремонт [1].

Система должна автоматизировать процесс обработки заявок на следующие виды ТОиР: техническое обслуживание, текущий ремонт, капитальный ремонт.

При этом система должна обеспечивать следующее:

- снижение простоев оборудования из-за технического обслуживания и ремонта;
- снижение простоев оборудования из-за отказов и поломок;
- снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт.

Мы предлагаем решение для предиктивного технического обслуживания, которое использует данные в режиме реального времени для создания прогрессивного плана обслуживания, который имеет ряд финансовых и эксплуатационных преимуществ. Увеличивая срок службы компонентов (по сравнению с профилактическим обслуживанием) и сокращая незапланированные затраты на обслуживание и трудозатраты (по сравнению с корректирующим обслуживанием), предприятия могут получить экономию средств и конкурентные преимущества.

Предиктивное техобслуживание зависит от датчиков, которые непрерывно передают данные в инструмент аналитики для выборочного моделирования возможных инцидентов, а также в систему потоковой аналитики, которая постоянно контролирует риск возникновения сбоев [2].

Осуществление данного перехода является решением квалификационной задачи для профилактического обслуживания, которая должна соответствовать трем важным квалификационным критериям, которые необходимо учитывать при выборе проблемы:

- проблема является прогностической по своему характеру;
- имеется история эксплуатации оборудования, которая содержит как хорошие, так и плохие результаты, набор предпринятых для смягчения плохих результатов действий,

изложенный в отчетах об ошибках станка, журналах обслуживания, ремонта и замены определенных узлов станка;

- записанная история отражена в соответствующих данных и представляет достаточное качество, чтобы поддерживать ее использование [3].

Для ответа на вопрос «Какова вероятность того, что станок выйдет из строя в ближайшем будущем из-за отказа определенного узла?» предлагается использовать алгоритм машинного обучения, реализованный на высокоуровневом языке программирования Python для создания прогнозирующей модели, которая учится на исторических данных, собранных со станков.

Для объединения различных источников данных отталкиваемся от свойств каждого источника данных:

- для телеметрических данных, чтобы сделать их пригодными с учетом временных меток осуществляется учет скользящего среднего и стандартного отклонения данных телеметрии за последние 3 часа и рассчитывается для каждых 3 часов, а для более длительного эффекта осуществляется захват и расчет 24-часовых характеристик задержки [4];

- для некритичной ошибок, выполняется счет общего количество ошибок каждого типа за последние 24 часа;

- для записей о замене узлов, осуществляется счет времени, прошедшего с момента последней замены компонента для каждого типа компоненты;

- из информации о станке, учитывается срок эксплуатации по каждой модели станка.

Экономический риск основан на том, что данное временное окно подобрано с предположением о том, что достаточно знать за несколько часов о сбое определенного узла, поскольку замена узла на запасной не должна занимать более суток.

При профилактическом обслуживании объекты обычно создаются с использованием запаздывающих агрегатов: записи в одном и том же временном окне, вероятно, будут иметь идентичные метки и аналогичные значения объектов. Для устранения данных корреляций при прогнозировании мы разбиваем записи на обучающие, проверочные и тестовые наборы большими кусками, чтобы минимизировать количество временных интервалов, разделяемых между ними.

Разделение осуществляется путем выбора момента времени на основе желаемого размера обучающего и тестового набора. А именно: все записи до момента времени используются для обучения модели, а все остальные записи используются для тестирования. Чтобы предотвратить совместное использование временными окнами всех записей в обучающем наборе с записями в наборе тестов, мы удаляем все записи на границе - в этом случае, игнорируя данные за 24 часа до момента времени. Для обучения предполагается использовать метод многоклассовой классификации, чтобы предсказать два будущих результата: диапазон времени до отказа узла станка и соответственно причину отказа, сам узел станка [5].

Далее мы используем функцию оценки всех важных метрик и сравниваем сколько реальных отказов было предсказано моделью для каждого типа отказа для трех моделей. Частота повторного вызова для всех компонентов, а также отсутствие отказов выше 90%, что означает, что модель смогла правильно зафиксировать более 90% отказов.

Предсказания, полученные от ИИ, поступают в журнал заявок. Учет и контроль данного журнала осуществляет начальник участка на основании определенного статуса заявки и вида заявки, где срочная - это заявка, сформированная ИИ, плановая - это заявка, сформированная начальником участка. Формирование плановой заявки предполагает выбор станка, на который стоит обратить внимание. По заявкам в журнале обслуживания начальник ремонтной службы формирует бригады по обслуживанию станков на основании формы наряда на работы. Для формирования бригады он выбирает необходимые типы сервисов. По выбранному сервису он выбирает исполнителя исходя из их квалификации (информации

полученной из кадрового обеспечения). При необходимости сверяясь с учетом нагрузки исполнителей (работ, на исполнении и выполненных в течении 7 суток).

Исполнитель, в свою очередь после выполнения плана ставит отметку о выполнении и имеет справку по определенному типу сервиса.

Учет и контроль журнала обслуживания осуществляет начальник цеха, устанавливая определенный приоритет задачам, которые находятся на исполнении.

Для использования автоматизированной системы клиенту предлагается использовать браузер. Для написания клиентской части было решено использовать html5 с дальнейшим совершенствованием при использовании JS-фреймворков. Подключение к базе данных происходит средствами PHP, серверного языка. Веб-интерфейс разработан с использованием фреймворка Bootstrap, который представляет собой набор инструментов для создания веб-страниц. Для разработки серверной части приложения была использована СУБД PostgreSQL.

В ходе выполнения задания была разработана автоматизированная система, позволяющая осуществлять анализ узлов станков, которые в скором времени выйдут из строя. Наше решение имеет удобный и гибкий интерфейс и простую установку.

В ходе анализа экономических показателей для данного перехода, совершенного сторонними предприятиями при поддержке другим систем, удалось выяснить, что использование таких систем будет обеспечивать повышение эффективности производства в целом.

#### Библиографический список.

1. Деловой портал «Управление производством». [Электронный ресурс] / ООО «Портал «Управление Производством», г. Москва. – Режим доступа: <http://www.up-pro.ru/library/repair/tpm/standartizaciya-tpm.html> – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 21.04.2020).
2. Böhm T., Beck K., Knaak A., Jäger B. Efficient maintenance strategy through system dynamics. Computers in Railways XI (2008): Web. 7 Feb. 2017, p. 764. (дата обращения 21.04.2020).
3. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machine-learning/team-data-science-process/predictive-maintenance-playbook> (дата обращения 21.04.2020).
4. Станкостроительная компания «Роутер» [Электронный ресурс] / СК «Роутер» – Режим доступа: <https://rusnc.ru/полезное/нормирование-показателей-надежности-станков-с-ЧПУ/> – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 21.04.2020).
5. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.machinelearningmastery.ru/how-to-implement-machine-learning-for-predictive-maintenance-4633cdbe4860/> – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 21.04.2020).

УДК 303.01  
ГРНТИ 12.09.09

## ПРОЦЕССЫ МАТЕМАТИЗАЦИИ И КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

Бармин А. В., Жильцова О. Ю.

*Уральский федеральный университет  
г. Екатеринбург*

[allo-barmin@mail.ru](mailto:allo-barmin@mail.ru), [zh-sar@mail.ru](mailto:zh-sar@mail.ru)

В данной работе рассматриваются такие аспекты становления информационного общества, как математизация и компьютеризация науки и образования. В статье данные



процессы раскрываются как социокультурные явления в хронологическом аспекте. Показаны основные проблемы и последствия, возникающие в связи с компьютеризацией и математизацией научной и образовательной деятельности.

*Ключевые слова:* математизация, компьютеризация, наука, образование, сфера познания, информационные технологии, информационное общество.

## PROCESSES OF MATHEMATIZATION AND COMPUTERIZATION OF SCIENCE AND EDUCATION

Barmin A. V., Zhiltsova O. Y.

*UrFU, Ekaterinburg*

This paper considers such aspects of the formation of the information society as the mathematization and computerization of science and education. In the article, these processes are revealed as socio-cultural phenomena in a chronological aspect. The main problems and consequences arising in connection with computerization and mathematization of scientific and educational activities are shown.

*Keywords:* mathematical modeling, computer simulation, metallurgy, metallurgical processes, metallurgical aggregates, applied tooling systems, automated systems design.

Общество XXI века в отличие от предшествующих эпох существует в постоянном умножении информации и возможностей получать информацию. Современная наука и образование развиваются в условиях постоянно расширяющегося распространения информационных технологий и средств в исследовательской и образовательной деятельности. Основой этому являются процессы компьютеризации и математизации научной и образовательной сфер, которые увеличивают возможности человека в поиске, накоплении, хранении, осмыслении, обработке и передаче огромных объемов информации.

Целью работы является рассмотрение процессов математизации и компьютеризации науки и образования в исторической ретроспективе, как новой среды их существования и развития. Освоение и обустройство человеком окружающего мира с древнейших времен потребовало создание систем количественного измерения и исчисления. Они стали использоваться во всех сферах жизнедеятельности людей, в том числе и познавательной.

Математизация научной и образовательной деятельности связана с использованием в этих сферах количественных и формальных математических категорий (понятий, методов и др.), как идеальных форм освоения явлений и процессов действительности, полученных в результате научных исследований в различных областях жизнедеятельности человека.

В настоящее время использование математических методов в науке и образовании постоянно возрастает. В тоже время и в научной, и образовательной среде существует понимание, что количественные математические методы «создают» статистический фон общественных явлений и процессов и пока не могут раскрыть их интеллектуальные, сознательные, ценностные и эстетические аспекты. Качественное изучение многообразия мира определяется возможностями математизации научных отраслей, от предметного содержания самих наук, их специфики, от развитости современного математического аппарата, а также от математизации всех общественных сфер жизнедеятельности.

Процессы математизации научной и образовательной деятельности должны идти одновременно с качественным анализом общественных явлений, их тщательным исследованием методами и средствами конкретных наук. Современный уровень сферы познания убедительно подтверждает эффективность математики, как инструмента познания мира. Математика остается превосходным методом исследования многообразных явлений – естественнонаучных, социальных, духовных и т.д.



Компьютеризация науки и образования характеризуется степенью их оснащенности интеллектуальными оборудованием и средствами, которые позволяют многократно увеличивать возможности по хранению, накоплению, обработке, анализу и трансляции постоянно увеличивающихся объемов информации, прежде всего интеллектуальной. Компьютерные (информационные) технологии создают не только новую форму научного знания, но и порождают новые реальности содержания научного знания, в том числе и междисциплинарного. Научные знания, полученные учеными в результате исследований, с помощью компьютерных (информационных) технологий преобразуются в огромные доступные многим объёмы информации, которые в свою очередь, снова могут стать научным знанием (новым) других ученых.

Использование в научной и образовательной деятельности компьютерных (информационных) технологий приводит к рождению нового типа ученых и преподавателей, особенно в отношении возможностей работать одновременно с огромными объемами информации и превращении ее в знание.

Процессы математизации и компьютеризации науки и образования укладываются в схожие этапы развития сферы познания в целом, но сокращаются по времени реализации в силу ускорения всех общественных процессов. В эволюции знания, в том числе и научного, и становления науки как социокультурного явления условно выделяются три периода. Следует отметить что, данные периоды не имеют четких хронологических границ, они являются этапами доминирования определенных тенденций в развитии сферы познания.

1-й период был связан с формированием и накоплением фрагментарных эмпирических знаний (в основном соответствует первобытной культуре). Период характеризуется непосредственным «исследованием» реально существующих и чувственно воспринимаемых объектов. Происходило «первоначальное узнавание» и накопление информации лишь о «ближайшем» окружающем мире в процессе его освоения и обустройства. Человек узнавал только то, с чем непосредственно контактировал. С расширением освоенного мира раздвигались пределы знаний людей о нем.

Процессам «узнавания» и «освоения» было характерно «детское» отношение к знанию, опыту и к самим этим процессам. Этой деятельности человека соответствовали неоднократная повторяемость и доверие только своему опыту, а впоследствии опыту своих предков. Просматривается параллель: сколько ребенку не говори, что включенный утюг может быть горячим, он все равно к нему прикоснется, обожжется и только тогда поверит (получит новое знание и опыт).

В целом первобытная культура характеризуется синкретизмом, то есть неопределенностью и расплывчатостью границ между сферами человеческой деятельности. Знание и практика «узнавания» древнего человека были неразрывно связаны, не расчленились. Ритуальный танец, наскальный рисунок, охота на животных, выделывание шкур, репродуктивная деятельность и так далее – все это было единым процессом – жизнью.

Формами трансляции знаний последующим поколениям были табу, обычаи, обряды, речь, изображения и так далее. В момент выделения полезности знаний об окружающем мире произошел переход фрагментарных эмпирических знаний в рациональные.

2-й период характеризовался формированием и развитием рациональных и иррациональных знаний. Человек преодолел уровень первичного накопления информации и первичной систематизации знаний об окружающей действительности. Эмпирическое «узнавание» перешло в эмпирическое познание. Через использование таких специальных действий, как наблюдение и эксперимент, человек научился устанавливать эмпирические закономерности. Первые рациональные знания – наблюдения за повадками животных и за природными явлениями, медицинские знания и прочее. Рациональные знания характеризуются соотнесенностью с некими наблюдаемыми или специально создаваемыми образцами, нормами и стандартами. Разумная, творческая деятельность людей

осуществлялась на основе определенных норм и законов, которые создавал и изменял сам человек, а не природа.

Знания приобретались человеком во всех сферах деятельности. Главной целью познавательной деятельности стало освоение и обустройство окружающего мира. Эмпирический уровень познания в процессе освоения и обустройства окружающего мира соединился с теоретическим уровнем с позиции полезности и разумности. Человек стал выделять количественные и качественные значения изучаемых объектов и явлений. Появились специальные приборы и устройства для наблюдений и экспериментов. Изменилось отношение человека к природе. Теперь он рассматривал ее как мастерскую. Основными занятиями человека становятся земледелие и скотоводство. Получили развитие ремесло, строительство, натуральный обмен и торговля.

В основе иррациональных знаний лежало развитие волевого, чувственного, мистического и бессознательного начал в человеке. По своему исходному содержанию иррациональные знания являются как нечто еще непознанное, но принципиально познаваемое. В этом качестве выступали первоначальные идеологические представления, мифологические формы знания, ранние формы религии, политеистические и монотеистические верования, этнические и мировые религии.

Накопление и передача знаний последующим поколениям происходила как в форме непосредственного общения, так и в форме записи слов, знаков, символов и т.д. Преодоление синкретичности знаний и практики, разрыв их непосредственной связи привели к возникновению (выделению) собственно научных знаний.

В 3-й период произошло собственно становление научного знания, науки, научной культуры. Необходимо оговориться, что момент возникновения науки до сих пор является дискуссионным. В эпоху существования древних цивилизаций (Древний Египет, Шумер, Древний Китай и другие) начали формироваться первые системы рационального знания. Разрабатывались общие методологические механизмы формирования астрономических, математических, филологических и медицинских знаний. Был создан свод знаний, который можно интерпретировать как систему с установлением причинно-следственных связей важнейших явлений. Эти знания были мало связаны с магией, культом и астрологией. Было создано светское школьное образование, для целей которого и систематизировались знания в форме «учебных пособий» – глиняных дощечек. Составлялись пособия в виде таблиц по математике, астрономии, медицине, праву, ботанике, минералогии, химической рецептуре и так далее. Но в древних цивилизациях систематизация научных знаний в значительной мере имела случайный характер. Не совсем ясны истоки и методы получения знаний. Древние цивилизации создали условия для возникновения античной науки, научной культуры и мышления.

В конце XIX в. французский математик и историк науки Поль Таннери (1843-1904) обосновал понятие «древнегреческая наука», а в 30-е гг. XX в. советский филолог и историк культуры Соломон Яковлевич Лурье (1921-1996) – понятие «античная наука». Именно в античную эпоху, благодаря деятельности сообществ ученых (научно-философских школ), сформировались структура, методы, проблемы и язык, присущие современной науке. Примерно с IV – III вв. до н.э. начался процесс дисциплинарного дробления (дифференциации) «единой науки» древности. Обособились такие науки, как математика, астрономия, география, логика, психология, ботаника, зоология, этика, поэтика и другие. В целом античная наука была комплексной и связана с мифологией.

В средние века (включая и эпоху Возрождения), несмотря на влияние религиозной догматики, продолжалось поступательное развитие науки в направлении дальнейшего дисциплинарного и организационного оформления. Научная деятельность становилась профессиональной. Значением эпохи Возрождения является системное разрушение, прежде всего с помощью математики, старого «Космоса», создание новых принципов «конструирования» мира (нового «Космоса»).

XVII в. общепризнанно считается временем возникновения современной науки – классического естествознания – во взаимосвязи всех составляющих: теоретического знания, его логического обоснования и математического описания (язык), экспериментальной проверки и самопроверки. Итальянский математик, физик, механик и астроном Галилео Галилей (1564-1642) своей деятельностью показал, что естественнонаучные исследования невозможны без математики, так как «Вселенная – это книга, написанная на языке математики» [1. С.3]. Сформировалась и стала автономной социальная структура науки с сетью коммуникаций и общественным применением. В науке появились свои нормы и правила поведения. Создаются профессиональные научные организации (академии), печатные органы и т.д. Благодаря деятельности И.Кеплера, Г.Галилея, Ф.Бэкона, Р.Декарта, И.Ньютона и других ученых получила завершение новая модель мира.

XVIII в. – эпоха Просвещения, когда происходило осмысление «Ньютонова наследия» и организационное оформление новой науки. Немецкий ученый Иммануил Кант (1724-1804) считал, что в любое учение о природе будет считаться наукой, если в нем будет применена математика [2]. XIX в. – эпоха промышленной революции. XX в. – эпоха научно-технического прогресса. Происходит сближение науки и техники, науки и производства. Неуклонный рост научно-технических открытий и изобретений, сокращение времени между изобретением и его внедрением к началу XX в. привели к созданию нового уровня «второй природы», институализации научного знания и образования в конце XX – начале XXI вв.

Процессы математизации и компьютеризации науки и образования в своем развитии прошли следующие этапы: во-первых, фрагментарного накопления эмпирических знаний об использовании математического знания; во-вторых, создания и применения рациональных математических структур; в-третьих, возникновения динамической системы информатизации сферы познания. Именно математизация и компьютеризация сферы познания приводит к закономерной трансформации всех сфер общества, которое становится «информационным обществом».

Математизация и компьютеризация научной и образовательной деятельности соединяет теоретический и эмпирический (практический) уровни познания окружающего мира, его дальнейшего освоения и обустройства. Эти процессы приводят к широкому и комплексному использованию научных знаний практически во всех сферах общественной жизнедеятельности. Научные знания благодаря компьютерным (информационным) технологиям преобразуются в информационный фактор общественного производства, необходимый в конечном счете для повышения уровня жизни людей.

#### Библиографический список:

1. Тегмарк М. Наша математическая вселенная. В поисках фундаментальной природы реальности / М.Тегмарк – «Corpus (АСТ)», 2014
2. Философия науки. Компьютеризация науки, её проблемы и следствия. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://filnauk.ru/filosofiya-nauki-konspekt-lekcij/227-kompyuterizaciya-nauki-eyo-problemy-i-sledstviya.html>

# ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 004.056.52  
ГРНТИ 49.37.29

## БЕСПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

Елисеев Н. В., Мирошкин И. С.

*Озёрский технологический институт НИЯУ МИФИ,  
г. Озёрск, Челябинская область*

NVEliseev@yandex.ru, Miroshkin\_2020@list.ru

Рассматривается вопрос внедрения новых технологий в системы контроля и управления доступом (СКУД). Внедрение беспроводных технологий, их многообразие и внедрение в действующие производства.

*Ключевые слова:* СКУД, сети, контроллер, автоматизация, каналы передачи данных.

## PHYSICAL ACCESS CONTROL SYSTEM IMPROVEMENT

Eliseev N.V., Miroshkin I.S.

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

The issue of implementation of new technologies in physical access control systems (PACS) is considered. Introduction of wireless technologies, their diversity and implementation in existing industries.

*Keywords:* PACS, networks, controller, automation, data transmission channels.

Системы контроля и управления доступом прочно заняли свое место в перечне технических систем безопасности, предлагаемых на рынке. Вместе с охранно-пожарной сигнализацией и системами телевизионного наблюдения они образуют базу для интеграции систем безопасности зданий в единый комплекс.

Беспроводные технологии активно внедряются во многие системы безопасности, в частности в охранную и пожарную сигнализацию. Многие производители, в том числе и российские, предлагают беспроводные датчики, сирены и другое оборудование

Широкая распространенность смартфонов позволила производителям и пользователям систем контроля доступа выйти за рамки привычной связки "карта – считыватель". Современные системы доступа по смартфону – это решения, основанные на NFC- и Bluetooth-технологиях, сочетающие в себе удобство использования мобильных идентификаторов с простотой и надежностью традиционных СКУД.

Bluetooth является широко распространенной и привычной большинству пользователей технологией. Ее удобство состоит в том, что передача данных ведется в свободном от лицензирования диапазоне от 2,402 до 2,480 ГГц, при этом обеспечена устойчивость к широкополосным помехам и дальность до 10 м, а само оборудование стоит недорого. Производители смартфонов используют в своих устройствах Bluetooth четвертого поколения (Smart) с низким энергопотреблением.

NFC (Near Field Communication – коммуникация ближнего поля) – это относительно низкоскоростной беспроводной интерфейс, работающий на небольших расстояниях

(несколько сантиметров). Поддерживает полнодуплексный обмен между устройствами на частоте 13,56 МГц. Компактный размер оборудования и низкое энергопотребление позволяют применять данную технологию даже в таких небольших конструкциях, как SIM-карты и карты памяти microSD. Причем антенна, как правило, встроена в заднюю панель смартфона [1, с.141].

Мобильные устройства с NFC и Bluetooth позволяют значительно расширить возможности физического и логического доступа. Мобильный телефон с достаточным объемом памяти и подключением к Интернету может содержать в себе несколько виртуальных идентификаторов, что обеспечивает владельцу телефона возможность получать доступ в различные помещения или на разные объекты. Связь через Интернет также позволяет реализовать удаленную оперативную выдачу или отзыв виртуальных пропусков [3, с.96].

NFC и Bluetooth – технологии связи малого радиуса действия, которые сегодня поддерживаются практически всеми смартфонами. Удобство Bluetooth состоит в том, что обеспечивается устойчивость к широкополосным помехам и дальность до 240 м (версия 5.0). На текущий момент производители смартфонов используют в своих устройствах Bluetooth с низким энергопотреблением (BLE – англ. Bluetooth Low Energy).

Существенное преимущество NFC перед Bluetooth – более короткое время установки соединения (менее 0,1 с). У NFC меньший радиус действия (около 10 см), что обеспечивает большую степень безопасности. Малый радиус идентификации делает NFC-технологию подходящей для переполненных пространств, где установление соответствия между сигналом и передавшим его физическим устройством может быть затруднительным. Кроме того, в отличие от Bluetooth, NFC может работать, когда одно из устройств не снабжено источником питания (например, телефон, который может быть выключен, или бесконтактная кредитная смарт-карта).

С помощью Bluetooth удобно идентифицироваться на парковках, в гаражах, складских зонах, а также в тех случаях, когда считыватель установлен скрыто и не виден пользователю. Однако если поблизости находится несколько точек доступа, то лучше использовать технологию ближнего радиуса действия, для смартфонов это NFC либо Bluetooth в режиме малой дальности. NFC и "ближний" Bluetooth также больше подходят для ситуаций, когда применяются обычные RFID-карты: для стандартных дверных точек доступа и для прохода через турникеты. Кроме того, "ближняя" идентификация будет предпочтительнее при использовании в связке с биометрией и/или ПИН. Внедряя в СКУД Bluetooth-технологию, получаем возможность реализовать дальнюю идентификацию на базе этой новой для систем доступа платформы.

Чтобы выбрать считыватель под конкретную задачу, надо выяснить, какие идентификаторы уже используются на объекте и как планируется модернизировать систему контроля доступа. Если на предприятии велико число пользователей с Proximity-пропусками (125 кГц), то в целях миграции на новые, более защищенные технологии следует предусмотреть, чтобы считыватели поддерживали и Proximity-формат, и идентификаторы, работающие на частоте 13,56 МГц.

Как правило, современные считыватели позволяют выбрать интерфейс для подключения к контроллеру СКУД. Самые распространенные интерфейсы – это RS-485 и RS-232. В последнее время стал широко использоваться протокол OSDP, реализованный "поверх" RS-485. Это обеспечивает защищенную связь с контроллерами СКУД, даже если они расположены на большом удалении друг от друга. OSDP дает множество преимуществ: двунаправленную передачу данных, шифрование информации, увеличенное расстояние до контроллера, защиту от помех, а также вывод информации на дисплей считывателя. Благодаря двунаправленной передаче данных возможны контроль состояния считывателя на уровне протокола, обмен биометрическими шаблонами между считывателем и контроллером и многие другие функции [2, с.41].



Преимущество мобильного доступа заключается в том, что смартфон может содержать в себе несколько виртуальных идентификаторов, а связь через Интернет позволяет реализовать удаленную оперативную выдачу или отзыв виртуальных пропусков. Если поблизости находится несколько точек доступа, то лучше использовать технологию ближнего радиуса действия – NFC или Bluetooth в режиме малой дальности. NFC и "ближний" Bluetooth подходят и для ситуаций, когда применяются обычные RFID-карты, биометрическая идентификация или ПИН-код.

В плане безопасности Bluetooth защищен меньше, чем NFC. При использовании NFC, злоумышленник должен находиться в тесном контакте с устройством, поэтому становится трудно получить к нему доступ. Bluetooth имеет более широкий диапазон, что делает его видимым для других устройств. Хакеры могут легко подсоединиться к Bluetooth, но с NFC это будет сложно реализовать. Именно по этой причине он используется в качестве способа оплаты.

На рынке представлено множество различных устройств, как российских, так и импортных, предназначенных для конкретных нужд, причем многие из них используют в работе сразу несколько технологий идентификации.

Выбор той или иной технологии определяется исходя из того, что планируется делать, какие системы монтировать, будет нужно прикладывать телефон к считывающему устройству или же условно проходить (проезжать), не доставая аппарат из кармана.

Возможно, через какое-то время от проводных СКУД откажутся совсем, но такое вряд ли случится. Гораздо более реальный сценарий – появление беспроводных интегрированных систем безопасности. Но беспроводная магистраль, развернутая для СКУД, вполне пригодна для систем охранно-пожарной сигнализации, учета рабочего времени и некоторых других.

#### Библиографический список

1. Волхонский В.В. Системы контроля и управления доступом. // Учебное пособие. 2015. – 141 с.
2. Ворона В.А., Тихонов В.А. Системы контроля и управления доступом. // Справочное издание. 2010. – 41 с.
3. Корчагин С.И. Системы защиты периметра. // Энциклопедия безопасности. 2019. – 96 с.



---

# ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 004  
ГРНТИ 50

## THE PROCESS OF REMOTE DATA COLLECTION VIA THE COMPUTER VISION SYSTEM

Romanova G. V., Sivkov S. I.

*Technological Institute – a branch of National Research Nuclear University MEPHI  
Lesnoy*

g34868@mail.ru, ssi-lesnoy@yandex.ru

The article is devoted to the automated way of getting images from the information board of the counting register for utility metering by using the open source library OpenCV. There are some stages of image processing. The results of the experiment are accurate.

*Keywords:* computer vision system, calibration of video camera, counting registers for utility metering.

## ПРОЦЕСС ДИСТАНЦИОННОГО СБОРА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Романова Г. В., Сивков С. И.

*ТИ НИЯУ МИФИ, г. Лесной, Свердловская область*

В статье рассматривается автоматизированный способ получения изображения информационного табло счетчиков учета энергоресурсов, с использованием открытого кода библиотеки OpenCV. Предлагаются этапы обработки полученного изображения. Результаты эксперимента подтверждают, что данный способ обработки и распознавания изображений является эффективным, а полученная информация достоверна.

*Ключевые слова:* система компьютерного видения, калибровка видеокамеры, приборы учета энергоресурсов.

Nowadays there are a lot of problems in the production and in the housing complex, including those of the impossibility of a quick access to the facility, time consuming to obtain data from energy metering devices, the unreliability of the obtained data, the high complexity of their processing and the difficulty in constantly monitoring correctness work of devices. The introduction and development of modern automated contactless data accounting systems will certainly help to solve these problems. Moreover, the use of automated contactless accounting systems satisfies the requirements of cost effectiveness indicators.

One of the most promising ways to obtain information is using computer vision. The solution of computer-based identification problems is based on the creation of artificial intelligence systems that process an image or a sequence of images to highlight sensitive information. The computer-generated system enables to process large amounts of information rather fast and with no loss in quality. The data can be stored and transmitted in a compressed form, thus, the speed of data transmission to the operator is significantly increased.

The computer vision system consists of a microprocessor (the ARM architecture with reduced power consumption) and RAM to store intermediate results and dynamically highlight structures. Low-level interaction with this block is done by using a real-time operating system with open

distributed source (Linux). This approach allows us to abstract from the coordinating signals between the transmitter block and the video capture module.

The source data of the computer vision system is analog information from an energy metering device which enters the analytical system from the video sensor. The video sensor matrix is illuminated depending on the light and color rendering of the image. Thus, a video buffer is formed, where each pixel is converted into an analog signal, the saturation of which determines the light space of RGB. It is not practical to work and process such data because of the time spent on transferring data to a logical block. Therefore, the shots of the video stream are converted into the YCbCr color space family. Then subsampling takes place in the form of replacing an analog signal with a digital one by means of transmitting brightness and saturation, it reduces the video data stream. This is done by the digital signal processor of the camcorder.

This paper presents the stages of operating a computer vision system. When writing the program, we used the library of image processing algorithms via computer vision with open source OpenCV [3].

**Stage I.** The image is captured from a video camera over a predetermined period of time with the help of the `cvCreateCameraCapture ()` feature and is downloaded for further processing in the program's memory (Figure 1).

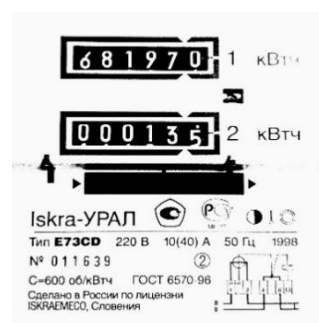


Figure 1 – The video camera image

**Stage II.** To highlight the area of interest in the image (tariff scale) the originally uploaded image is translated into gray gradation (Figure 2a) using `cvCvtColor ()` function, and then binarized (Figure 2b) with `cvThreshold ()`. This is necessary for the application of morphological discovery of the image.



Figure 2 – a) the grayscale image



b) the binarized image

**Stage III.** Morphological discovery (Figure 3) is necessary for further highlighting the area of interest in the image. It allows us to get rid of unwanted objects in the image that are not in this area, as well as clearly distinguish the boundaries of the object without thin lines, protrusions, interruptions and errant dots. Morphological discovery is performed using the `cvDilate ()` function.

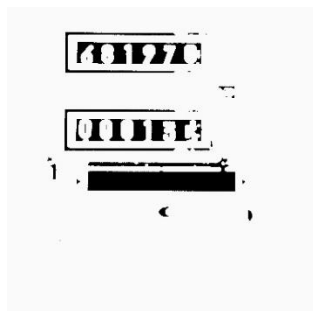


Figure 3 - Morphological discovery

**Stage IV.** Selecting the area of interest (Figure 4) is performed using the `cvSetImageROI ()` function. Then the area is divided into parts with the image of individual numbers.



Figure 4 – The image area of interest

A number is recognized by comparing its contour with the contours of previously prepared templates. The contour search (Figure 5) is performed using the `cvFindContours ()` function. The contours are compared in three parameters: the area of the contour, the perimeter, and the ratio of the area of the contour to the square of the perimeter. When these three parameters of the source image coincide within the confidence interval with the template, the digit is considered recognized and written to the file. This algorithm is used until the entire number is recognized and transmitted to the operator.



Figure 5 - The recognized contours on the first segment

To carry out the process of image recognition, it is also necessary to calibrate the camera. Here is the camera calibration technique.

Camera calibration is necessary to evaluate the parameters of internal, external and lenticular distortion of the camera. Calibrating the camera allows us to correct optical distortions, judge the distance of an object from the camera, and also measure the size of objects in the image. The camera was calibrated in the Matlab application package, using the example of how it was implemented in the work of E. Lachat. [1]

Previously prepared calibration templates with the image of a chessboard at different angles, one side of which contains an even number of squares and the other an odd number of squares, are loaded into the Matlab Camera Calibrator (Figure 6). A chessboard image is displayed with green circles that indicate the detected dots. A yellow square indicates a point with coordinates (0;0).

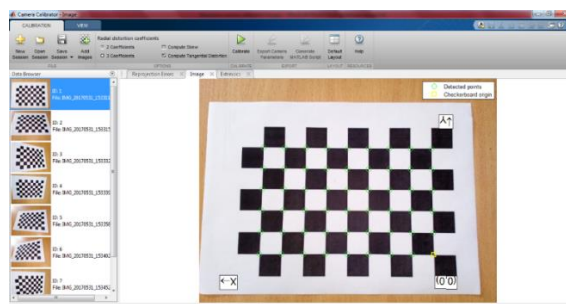


Figure 6 – The calibration template

For improving the calibration, 3 radial distortion factors and tangential distortion calculation were set because of the fact that the lens and the image plane are not parallel. Calibration accuracy is assessed by analyzing reprojection errors and external camera parameters.

The histogram can display the reprojection error in pixels of each image, along with the overall average error. As a rule, reprojection error of less than one pixel is acceptable.

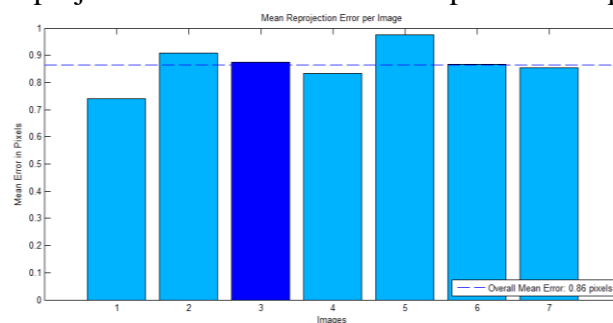


Figure 7 – The histogram of the reprojection error

The external parameters of the camera are displayed in 3D, which determines the approximate location of the camera lens.

Our next step is to display the values of the internal and external parameters of the camera, as well as distortion coefficients for their further use (Figure 8).

cameraParams				
1x1 cameraParameters				
Property	Value	Min	Max	
RadialDistortion	[0.1667 -0.5689 0.5937]	-0.5689	0.5937	
TangentialDistortion	[0.0032 -0.0025]	-0.0025	0.0032	
WorldPoints	54x2 double	0	200	
WorldUnits	'mm'			
EstimateSkew	0			
NumRadialDistortionCoefficients	3	3	3	
EstimateTangentialDistortion	1			
TranslationVectors	7x3 double	22.3557	345.69...	
ReprojectionErrors	54x2x7 double	-2.4468	2.5070	
NumPatterns	7	7	7	
IntrinsicMatrix	[2.6724e+03 0 0; 0 2.6592e+03 0; 1.6552e+03 1.2886e+03 1]	0	2.6724...	
MeanReprojectionError	0.8645	0.8645	0.8645	
RotationMatrices	3x3x7 double	-1.0000	0.9967	

Figure 8 - Camera parameters

Based on the foregoing, the experiment has been conducted. The calibrated camera was installed on the electric energy meter in such a way that the numerical display was placed in the center of the obtained images. Under equal ambient lighting conditions, 50 images were obtained with different numerical values of the readings. Of these obtained images with information on energy consumption, 49 images were correctly recognized.

Thus, the proposed method of image processing and their recognition is applicable, the reliability of the information according to the results of the experiment is 98%. The construction of such computer vision systems is possible using this algorithm and allows us to automate the process of collecting and transmitting data from energy meters.

### Bibliography

1. Lachat E. et al. First Experiences with Kinect V2 Sensor for Close Range 3D Modeling // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2015. P. 93-100
2. Merkov A. Pattern Recognition. Introduction to statistical training methods - URSS Editorial, 2011 - 256 p.
3. OpenCV Reference Guide. [Electronic resource]. URL: <http://docs.opencv.org> (date of the application: 04.02.20).
4. Shapiro L., Stockman J. Computer vision-Binom. Laboratory of Knowledge, 2007-752 p.

5. Vizilter Y., Zheltov S, Bondarenko A. Image Processing and Analysis in Machine Vision Problems - M.: Fizmatkniga, 2010 - 672 p.

УДК 53.082  
ГРНТИ 59.14.19

### **СОЗДАНИЕ УСТАНОВКИ ПО L- И C- ЯЧЕЙКАМ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА**

Горячев М. В., Юламанова Р. Р.

Научный руководитель: Зубова Н. В.

*Трёхгорный технологический институт - филиал НИЯУ МИФИ  
г.Трёхгорный, Челябинская область*

gorachevmisha@mail.ru, rozochka\_1999@mail.ru

В данной статье рассматривается создание измерительной установки на основе колебательного контура с использованием L- и C-ячеек для исследования свойств различных веществ, в том числе и жидкостей. Изучение свойств физиологического раствора можно связать с организмом человека.

*Ключевые слова:* колебательный контур, диагностика, кондуктометрия, диэлькометрия.

### **CREATING AN INSTALLATION FOR L AND C-CELLS FOR DIAGNOSING THE HUMAN BODY**

Gorachev M. V., Yulamanova R. R.

Scientific adviser: Zubova N. V.

*TTI NRNU MEPhI, Trekhgorny*

This article discusses the creation of a measuring device based on an oscillatory circuit using L and C-cells to study the properties of various substances, including liquids. The study of the properties of saline solution can be associated with the human body.

*Keywords:* oscillatory circuit, diagnostics, conductometry, dielcometric.

Цель: создать прибор на основе L- и C- ячеек для проведения медицинской диагностики организма человека.

Задачи:

1. Изучить имеющиеся методы исследования организма человека с помощью электромагнитных полей.
2. Создать усовершенствованный прибор для проведения диагностики человека.
3. Провести опыты, показывающие работоспособность созданного нами прибора на физиологическом растворе.
4. Сравнительный анализ полученных данных с имеющимися результатами в работах современных исследователей.
5. Выполнить анализ результатов, сделать выводы о достоинствах или недостатках исследования.

Гипотеза: использование L-С- колебательного контура для исследования «биологических растворов» позволяет определить наличие отклонений от принятых норм (допустим, определить, здоров человек или нет).

Актуальность

Медицина 21 века не стоит на месте. От того насколько развито медицинское оборудование зависит возможность качественного анализа состояния здоровья человека. Разработка все более новых и совершенных средств диагностики является важной задачей современной медицины. Для этого мы разработали прибор, который работает на основе L- С-ячеек и позволяет более точно оценить свойства жидкостей, а именно физиологического раствора.

Введение

Большинство людей откладывают посещение врача до тех пор, пока их что-то не начнет беспокоить. Но бывает, что вполне здоровый человек, чувствующий себя хорошо, оказывается чем-то болен. В таком случае своевременная медицинская диагностика позволяет предотвратить последствия развития какой-либо болезни, тем самым ускорив процесс выздоровления.

Одним из основных полей, с которым взаимодействует человек, является электромагнитное. Оно нашло применение и в медицинской диагностике в качестве биорезонансной диагностики организма, рентгена и использования колебательного контура. Каждый из них отличается назначением и методикой исследования.

Методы исследования жидких растворов:

1. СВЧ метод определения диэлектрических свойств жидкостей
2. СВЧ-метод позволяет произвести контроль электрофизических параметров и концентрацию ферромагнитных частиц в жидких средах.
3. Диэлектрическая спектроскопия измеряет диэлектрические свойства среды в зависимости от частоты. Он основан на взаимодействии внешнего поля с электрическим дипольным моментом образца, часто выражаются диэлектрической проницаемостью.
4. Диэлькометрия – совокупность методов определения веществ и исследования их молекулярной структуры, основанных на измерении диэлькометрической проницаемости и тангенса угла потерь
5. Кондуктометрия – совокупность электрохимических методов анализа, основанных на измерении электропроводности растворов (определения концентрации растворов солей, кислот, оснований, для контроля состава некоторых промышленных растворов).

### Сборка установки и проведение экспериментов

Проанализировав использование колебательного контура в медицине, мы создали усовершенствованный прибор. Он основан на использовании L-С- контура. По определению колебательный контур (или LC-контур) – это электрическая цепь, в которой происходят свободные электромагнитные колебания. Такой контур представляет собой электрическую цепь, состоящую из катушки индуктивностью  $L$  и конденсатора емкостью  $C$ . Соединены эти два элемента, могут быть лишь двумя способами - последовательно и параллельно. Схемы, описывающие общий принцип действия, показаны на рисунке 1.

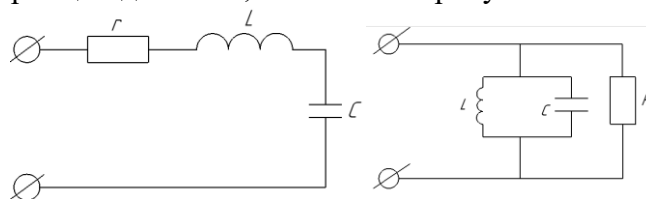


Рисунок 1 – Схемы колебательных контуров

Для анализа выбираем параллельный колебательный контур и строим структуру, где ячейки выполнены в виде параллельного колебательного контура. Установка позволяет измерить величину активного сопротивления  $R$ . Элементы контура обладают потерями,



которые обозначены на рисунке в виде последовательно подключенных активных сопротивлений  $R$ . Эти потери важно учитывать при расчетах. Схемы оснащены одними и теми же элементами, поэтому они тождественно равны. Из этого следует, что параметры схем можно переводить из одной в другую. Это необходимо для дальнейшего удобства при анализе величин. Но  $R$  нуждается в пересчете по формуле 1:

$$R = \frac{\rho^2}{r}, \text{ где } \rho = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (1)$$

Принципиальная схема созданного прибора представлена на рисунке 2.

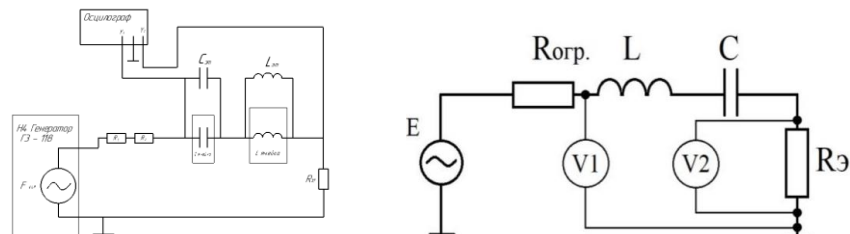


Рисунок 2 – Электрическая схема прибора и ее эквивалентная схема

Для изучения свойств жидкостей используются две кондуктометрические ячейки: L- и C- ячейки. Индуктивная ячейка (L-ячейка) представляет собой сосуд из диэлектрика, который помещен в магнитное поле катушки индуктивности. В нашем случае это катушка (медная проволока, намотанная на пластмассовый каркас, который напечатан на 3D принтере). Внутри катушки есть место для размещения пробирки, в которую наливается исследуемая жидкость. L-ячейка изображена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Индуктивная ячейка

В качестве емкостной ячейки (C-ячейки) используется стеклянный сосуд прямоугольной формы, в который вливается жидкость. Сама емкость герметичная, вмещает  $489 \text{ мм}^3$  жидкости. На его внешней поверхности укреплены электроды, которые служат пластинами конденсатора.

C-ячейка изображена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Емкостная ячейка

В зависимости от выбора той или иной ячейки будет меняться характер рассматриваемого поля. При использовании С-ячейки учитываем электрическое поле, а при L-ячейки – магнитное. Для изменения диапазона частот включаем либо переменную катушку индуктивности, либо переменный конденсатор. Частота регулируется на низкочастотном генераторе. Показания прибора можно наблюдать на цифровом осциллографе, в виде синусоидального напряжения. [2]

При помещении исследуемой жидкости либо в индуктивную, либо в емкостную ячейку в контуре возникают потери, которые изображены на рисунке 5 в виде сопротивления  $R_{вещ}$ .

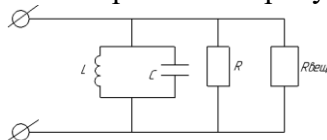


Рисунок 5 – Внесение потерь веществом

Так как в основе установки лежат явления резонансного эффекта, мы настроили прибор на определенную частоту (резонансная частота) по формуле 2.

$$f_{\text{рез}} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2)$$

Стоит отметить, что на выходе было два сигнала: один опорный, другой измерительный, что представлено на рисунке 6.

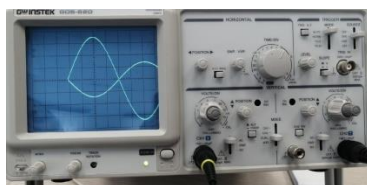


Рисунок 6 – Выходные сигналы

В качестве проверки работоспособности установки мы использовали факт того, что при внесении ферромагнитного материала в катушке с током возникает сдвиг фаз, изменение амплитуды. В ходе эксперимента по полученным и исходным измерениям, используя формулы, мы рассчитали в итоге величину сопротивления потерь, вносимого веществом в колебательный контур. Это проделали для каждого материала (ферромагнетик, медь и инструментальная сталь) два раза, используя катушки разной индуктивности.

В качестве другого вещества возьмём физиологический раствор. Он представляет собой водный раствор хлорида натрия (NaCl) с массовой долей 0,9% и является основой организма человека. Хлористый натрий содержится в плазме крови и в тканевых жидкостях организма человека. Физиологический раствор применяется при внутривенных и внутримышечных инъекциях, иногда в качестве заменителя крови. Поместив его в L- ячейку не обнаружим никаких отклонений измерительного сигнала на осциллографе, что говорит о малой чувствительности прибора, которую необходимо повысить, на пример путем использования частотомера и цифрового осциллографа.

### Вывод

Мы собрали работающую установку на основе L-C- контура с использованием индуктивной и ёмкостных ячеек. В ходе проведенных исследований подтвердили это наличием отклонений фазы и амплитуды при внесении вещества в магнитное поле катушки. Таким образом, предложенный метод исследования веществ работает, но для изучения свойств жидкостей, необходимо усовершенствовать прибор. Поработав над установкой, мы хотим получить результаты, используя физраствор, который является неотъемлемой частью организма человека. Таким образом, мы сможем связать исследования NaCl с человеком, что является новым и неизученным методом диагностики.

Библиографический список

1. Семихина Л.П. Низкочастотная диэлькометрия жидкостей в слабых вихревых электрических полях: Диссертации на соискание ученой степени / Л. П. Семихина. – Л.: Приборостроение, 2016. – 120 с.
2. Индуктивные и емкостные ячейки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.chem21.info/info/1778388/>– свободный. Загл. с экрана.
3. Индуктивные ячейки принцип действия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5397723/page:3/>– свободный. Загл. с экрана.

УДК 53.082.7  
ГРНТИ 45.03.05

**СОЗДАНИЕ МЕТОДА НА ОСНОВЕ L- И C- ЯЧЕЕК ДЛЯ АНАЛИЗА СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ**

Левичев Д. Г., Шаймурзина Л. Р., Zubova N. V.

*Трёхгорный технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Трёхгорный, Челябинская область*

S.Owun@yandex.ru; liya\_ruslanovna@list.ru;

В данной статье рассматривается описание метода измерения свойств жидких и твёрдых веществ на основе колебательного контура с использованием L- и C-ячеек. Более точный метод анализа жидких и твёрдых веществ найдёт своё применение в промышленности и может помочь в научной сфере.

*Ключевые слова:* колебательный контур, измерительная установка, кондуктометрия, диэлькометрия, исследование жидких веществ, исследование твёрдых веществ.

**CREATION OF A METHOD BASED ON L AND C-CELLS FOR THE ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF SUBSTANCES**

Levichev D. G., Shaimurzina L.R., Zubova N. V.

*TTI NRNU MEPhI, Trekhgorny*

This article describes a method for measuring the properties of liquid and solid substances based on an oscillatory circuit using L and C cells. A more accurate method of analysis of liquid and solid substances will find its application in industry and can help in the scientific field.

*Keywords:* oscillatory circuit, measuring installation, conductometry, dielcometry, study of liquid substances, study of solids.

Цель: разработать метод, основанный на диэлькометрии и кондуктометрии, для исследования свойств твёрдых и жидких веществ.

Задачи:

1. Изучить имеющиеся методы анализа жидких и твёрдых веществ с помощью диэлькометрии и кондуктометрии.
2. Описание собственного метода.
3. Провести опыты, показывающие работоспособность созданного нами метода при анализе жидких и твёрдых веществ.

4. Сравнительный анализ с работой современного исследователя.

5. Выполнить анализ результатов, сделать выводы о достоинствах или недостатках собственного метода.

Гипотеза: мы предполагаем, что, используя методы кондуктометрии и диэлькометрии можно улучшить метрологические показатели измерения водных растворов и ферромагнитных материалов.

### **Актуальность**

В нашей работе предложен метод исследования свойств жидких и твёрдых веществ, который может найти своё применение в нефтяной промышленности, строительстве, целлюлозно-бумажной промышленности, сельском хозяйстве и определении концентрации растворов.

### **Введение**

Изучение мира вокруг нас приносит больше вопросов чем ответов. В то время как мы освоили физику твёрдых веществ, мало изучены свойства жидких. Вода является основой жизни на Земле. Первостепенная роль воды в жизни всех живых существ, и человека в том числе, связана с тем, что она является универсальным растворителем огромного количества химических веществ. То есть фактически является той средой, в которой и протекают все процессы жизнедеятельности. Проблема в том, что все методы структурного анализа позволяют исследовать воду лишь в «мёртвых» тканях, отделенных от организма животных. Выявить специфические свойства живой материи по таким экспериментам невозможно. Именно поэтому важно изучить физику жидкостей на более высоком уровне, усовершенствовав экспериментальные методы исследования, позволяющие получить новую информацию о свойствах и внутренней структуре жидкостей. Так же данные усовершенствованные методы могут углубить наше понимание твёрдых веществах, для создания новых материалов.

Методы исследования:

1. Диэлькометрия – это метод косвенного измерения влажности веществ, основанный на зависимости диэлектрической проницаемости этих веществ от их влажности. Метод заключается в размещении исследуемой среды между двумя электродами, так как примеси в воде являются токопроводящими, то по показателю проводимости можно судить о влажности исследуемой среды.

2. Кондуктометрия – это метод анализа, основанный на использовании зависимости между электрической проводимостью растворов и их концентрацией в растворе. Мы используем высокочастотное кондуктометрическое титрование – метод анализа с использованием частоты переменного тока порядка миллиона колебаний в секунду.

### **Описание улучшенного метода**

Точкой начала работ являются работы Л.П. Семихиной [1; 2]. Метод основан на измерении изменения напряжения последовательного колебательного контура, в котором L-ячейка, показанная на рисунке 1, или C-ячейка, показанная на рисунке 2, содержат в себе исследуемое вещество. В зависимости от выбора той или иной ячейки будет меняться характер рассматриваемого поля. Используя C-ячейку учитывается электрическое поле, а используя L-ячейку – магнитное поле. Для изменения диапазона частот предусмотрены переменная катушка индуктивности и переменный конденсатор. Частота регулируется на низкочастотном генераторе. Показания прибора можно наблюдать на осциллографе, показанном на рисунке 3, в виде синусоидального напряжения. В условии резонанса в колебательном контуре индуктивное сопротивление становится равным емкостному, то есть они будут взаимно компенсировать друг друга. Общее реактивное сопротивление контура станет равным нулю, в то время как реактивное сопротивление последовательного колебательного контура будет приравняться к его активному сопротивлению. При помещении исследуемого вещества, либо в индуктивную, либо в емкостную ячейку в контуре возникают потери, которые

отражаются в виде изменения напряжения и могут быть переведены в изменение активного сопротивления.



Рисунок 1 – L-ячейка

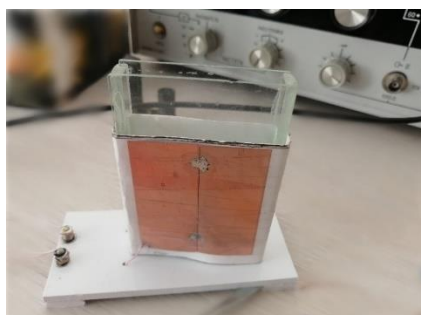


Рисунок 2 – С-ячейка

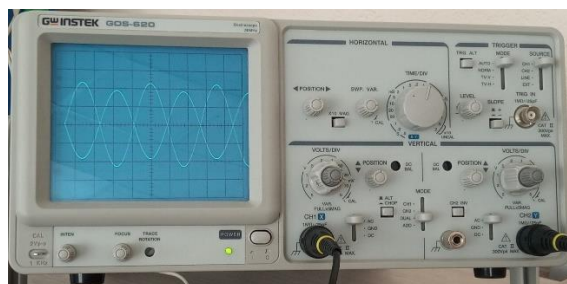


Рисунок 3 – Осциллограф

### Практическая часть работы

Упрощенная схема нашей установки показана на рисунке 4, где  $E$  – это источник низкочастотных колебаний с известным нам напряжением и частотой колебаний,  $R_{огр.}$  – это резистор с известным сопротивлением, который задаёт ток в контуре,  $L$  и  $C$  это катушка индуктивности и конденсатор соответственно,  $R_{э}$  – это эталонный резистор,  $V1$  – это напряжение на колебательном контуре совместно с напряжением на эталонном резисторе,  $V2$  – это напряжение на эталонном резисторе. Если в работе мы используем L-ячейку, то емкость  $C$  будет представлена конденсатором с переменной емкостью, и наоборот, если будет задействована С-ячейка.

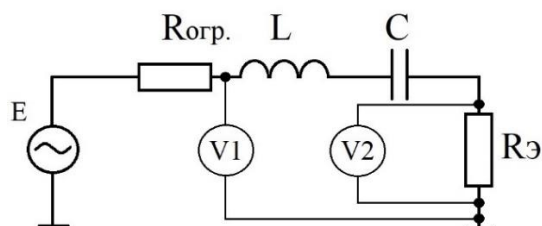


Рисунок 4 – Схема улучшенного метода

Перед проведением экспериментов последовательный колебательный контур необходимо настроить на резонансную частоту. Изменяя частоту на низкочастотном генераторе, мы получаем совпадение фаз сигналов, как это показано на рисунке 3. Для удобства один сигнал инвертирован. Ввод исследуемого вещества изменит напряжение  $V_2$  на эталонном резисторе в то время, как напряжение  $V_1$  останется практически без изменений. Резонанс будет нарушен и необходимо снова на него настроиться. После чего делаются замеры напряжений и частоты. Имея эти данные, можно сделать перерасчёт в параллельный колебательный контур по формуле:

$$R = \frac{L}{C \cdot r}, \quad (1)$$

где  $R$  – сопротивление параллельного колебательного контура;  
 $r$  – сопротивление последовательного колебательного контура.

Были произведены эксперименты с двумя L-ячейками. Исследуемыми веществами являлись: ферромагнетик, латунь и инструментальная сталь. Данные контуров, настроенных в резонанс без исследуемых образцов, представлены в таблице 1. В таблице 2 предоставлены данные резонанса с исследуемыми образцами.

Таблица 1 – Данные резонанса без исследуемых образцов

№	Индуктивность, мГн	Емкость, мкФ	Частота, кГц	$U_{pp}$ , мВ	$U_{\Sigma}$ , В
1	90	0,569	2,48	45,76	1,820
2	7,6	0,459	8,52	48,34	0,219

Таблица 2 – Данные резонанса с исследуемыми образцами

№	Материал	Частота, кГц	$U_{pp}$ , мВ	$U_{\Sigma}$ , В
1	Ферромагнетик	1,23	45,83	1,935
	Латунь	2,48	45,66	2,052
	Инструментальная сталь	1,57	45,75	2,265
2	Ферромагнетик	3,89	48,34	0,223
	Латунь	8,68	48,41	0,318
	Инструментальная сталь	5,43	48,32	0,624

Эти данные мы можем использовать при расчете сопротивления потерь, внесенных веществом в контур. Для этого рассчитаем силу тока на эталонном резисторе по формуле:

$$I = \frac{U_{\Sigma}}{r_{\Sigma}}, \quad (2)$$

где  $U_{\Sigma}$  – напряжение на эталонном резисторе;  
 $r_{\Sigma}$  – сопротивление эталонного резистора.

Рассчитаем разность напряжений  $V_1$  и  $V_2$  по формуле:

$$U_{\text{потерь}} = U_{\text{рез}} - U_{\Sigma}, \quad (3)$$

где  $U_{\Sigma}$  – напряжение  $V_2$  на эталонном резисторе;  
 $U_{\text{рез}}$  – напряжение контура  $V_1$  в резонансе.

Рассчитаем общее сопротивление потерь по формуле:

$$r_{\text{потерь}} = \frac{U_{\text{потерь}}}{I} \quad (4)$$

Рассчитаем сопротивление потерь до ввода вещества по формуле:

$$R_0 = \frac{L}{C \cdot r_{\text{потерь}}} \quad (5)$$



Рассчитаем индуктивность после ввода вещества по формуле:

$$L' = \frac{1}{f^2 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot C}, \quad (6)$$

где  $f$  – резонансная частота.

Рассчитаем сопротивление потерь после ввода вещества по формуле:

$$R_{\text{потерь вещества}} = \frac{L'}{C \cdot r_{\text{потерь}}} \quad (7)$$

После чего рассчитываем сопротивление введённого вещества по формуле:

$$R_{\text{вещества}} = \frac{R_0 \cdot R_{\text{потерь вещества}}}{R_0 - R_{\text{потерь вещества}}} \quad (8)$$

Сопротивления вещества представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сопротивления веществ

Материал	Сопротивление, Ом
Ферромагнетик	6409,921
Латунь	5613,950
Инструментальная сталь	11395,660

### Вывод

Под данный метод, была собрана работающая установка на основе колебательного контура с использованием L- и C-ячеек. Данная установка показывала изменения напряжения при контакте с ферромагнитными твёрдыми материалами. В то время как Л.П. Семихина проводила исследования только на растворах и порошкообразных веществах. Таким образом, предложенный метод исследования веществ работает, а для изучения свойств жидкостей, чувствительность установки требуется увеличить. На данный момент продолжают работы по усовершенствованию установки и анализу полученных экспериментальных данных. Переход на постоянный ток уменьшит погрешности, что позволит увеличить чувствительность установки. Таким образом мы сможем расширить область применения данных методов. Но данное решение трудоёмкое. Поэтому мы планируем в будущем не останавливаться на достигнутом и продолжить работу с модернизацией имеющейся установки. Замена осциллографа на цифровой и использование частотомера позволит увеличить качество измерений минимум в два раза.

### Библиографический список

1. Семихина Л.П. Индуктивный метод определения диэлектрических свойств жидкостей / Л. П. Семихина. – Л.: Научное приборостроение. – 2005. – №3(15). – С.83-87.
2. Семихина Л.П. Низкочастотная диэлькометрия жидкостей в слабых вихревых электрических полях: Диссертации на соискание ученой степени / Л. П. Семихина. – Л.: Приборостроение, 2016. – 120 с.

---

# ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 330.837.1  
ГРНТИ 06.81

## ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ОПК

Иванова Е. М.

*Технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Лесной, Свердловская область*

IvanovaEMLesnoy@mail.ru

Статья посвящена исследованию особенностей институциональных условий процессов диверсификации на предприятиях ОПК. Методологической основой исследования послужила институциональная экономическая теория. В результате обобщения информации об особенностях сложившейся институциональной среды предприятий оборонно-промышленного комплекса, систематизированы существующие формальные и неформальные институты диверсификации ОПК, а также вновь создаваемые институты развития.

*Ключевые слова:* институциональные условия, предприятия ОПК, госкорпорации, институты развития, военное производство, эффективность, диверсификация

## INSTITUTIONAL CONDITIONS FOR DIVERSIFICATION OF DEFENSE ENTERPRISES

Ivanova E.M.

*TI NRNU MEPhI, Lesnoy*

The article is devoted to the study of the features of the institutional conditions of diversification processes at defense enterprises. The methodological basis of the study was institutional economic theory. As a result, of generalization of information about the features of the existing institutional environment of enterprises of the military industrial complex, the existing formal and informal institutions of diversification of the defense industry, as well as newly created development institutions, are systematized.

*Keywords:* institutional conditions, defense industry enterprises, state corporations, development institutions, military production, efficiency, diversification

Современный этап государственных интересов эффективного использования военных производств характеризуется началом очередного витка диверсификации предприятий ОПК. Сокращение государственного заказа, запланированное в ГПВ 2018-2027 должно сопровождаться наращиванием объемов производства продукции гражданского и двойного назначения. Инициативы предприятий ОПК и заинтересованных государственных корпораций, касающиеся увеличения доли выпуска ПГН и развития «новых» бизнесов, осуществляются в условиях становления и развития благоприятной институциональной среды. Создание и развитие тех или иных институтов, затрагивающих интересы безопасности страны, направлено на поддержание эффективного функционирования предприятий ОПК. Тем не менее, факт низкой эффективности военных производств в России подтверждается международной статистикой.

Периоды диверсификации производств являются временным переходным процессом неустойчивого развития предприятия, заключающего в себе риски потери прибыли,

консервации производственных мощностей и прочих негативных явлений, поэтому создаваемые институциональные условия во многом должны обеспечивать основу для результативного проведения изменений на производствах.

Рассмотрим вновь создаваемые и существующие институциональные условия диверсификации предприятий ОПК (рисунок 1).



Рисунок 1 – Институциональные условия, определяющие процессы экономических изменений при диверсификации на предприятиях ОПК

Основополагающим институциональным условием является существование и функционирование предприятий ОПК в структуре государственных корпораций. Сами госкорпорации, появившиеся в России в начале 2000-х гг., создавались в качестве института развития, и на сегодняшний день данное значение по-прежнему сохраняет свою трактовку. [4, с.23] Государственные корпорации как институт современной экономики в свою очередь имеет прямую зависимость от формальных институтов, например, таких, как бюджетная система государства. Например, переход в 2008 году Российской Федерации на утверждение трехлетнего государственного бюджета, привел к соответствующим изменениям временных рамок в планировании государственного заказа для предприятий ОПК. Институциональные цели и задачи, обусловленные существованием предприятий ОПК в условиях корпоративного управления, всецело подчиняются интересам корпорации, а значит и государства. За рубежом создание института государственных корпораций в свое время ставило перед собой целью синергии управления, свойственного частному предпринимательству, принятия рисков и поддержке развития приоритетных направлений развития экономики. [7, с. 5]

#### 1. Условия приоритетной инвестиционной поддержки со стороны государства

Поддержка института государственного заказа гражданской продукции на предприятиях ОПК, является новым явлением для военной промышленности. Процессы диверсификации опираются на государственное финансирование в форме специальных инвестиционных контрактов, размещаемых государственными корпорациями на предприятиях ОПК. В 2019 году минимальный объем специальных инвестиционных контрактов (СПИК) с производителем товара, включенным в сводный реестр организаций

оборонно-промышленного комплекса, снижен с 3 млрд. р. до 750 млн. р.<sup>1</sup> При этом производитель может получить статус единственного поставщика и право поставлять товары без ограничения количества. Создание подобных институциональных стимулов становится одной из основ диверсификации военных производств сокращая значительные временные и финансовые потери.

## 2. Условия режимных ограничений

Определенный уровень секретности тех или иных производственных процессов на предприятиях ОПК имеет, как положительное, так и отрицательное влияние на процессы диверсификации производства. Режимные ограничения обеспечивают неразглашение тайны применяемых на предприятии технологий, ведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, что способствует сохранению уникальных разработок. Негативное влияние режимных ограничений, воздействующих на военные производства, на сегодняшний день значительно и заключается в основном в длительной координации организационных изменений, сложности использования одних и тех же производственных линий для параллельного производства военной и гражданской продукции, нерациональном территориальном размещении производств с точки зрения реализации гражданской продукции, запрете на участие иностранного капитала в организациях, размещенных в закрытых административно-территориальных образованиях.

## 3. Условия института государственного заказа

Проведение диверсификации производства на предприятиях ОПК реализуется в условиях размещения государственного военного заказа. Государственный заказ военной продукции регулируется иными нормами и правилами нежели другие закупки для государственных и муниципальных нужд, создавая более благоприятные условия для военных производств. [6, с. 360] Изменение доли гражданской продукции и продукции двойного назначения зачастую является следствием изменений объема военного заказа. Планы изменений размера государственного заказа для конкретного предприятия, с учетом освобождающихся (или вновь занимаемых) производственных мощностей, их характера, при прочих равных условиях (при неизменности технологий) служат определителем максимально возможного объема продуктового портфеля.

Военная продукция, производимая на предприятиях ОПК, заказчиком которой является государство в лице госкорпораций, может составлять от 4-5 % до 90 % объема производства. Доля государственного заказа военной продукции зависит в основном от характера производимой продукции, степени возможности использования производственных мощностей для производства продукции двойного назначения. По данным международной статистики наиболее весомую долю военной продукции имеют судостроительные компании и предприятия ядерного оружейного комплекса.

На сегодняшний день условия долгосрочного (в трехлетней перспективе) планирования государственного заказа, в отличие от среднесрочного (1 год) планирования гос. заказа до 2008 года, имеют более благоприятный характер для составления планов диверсификации производства на предприятиях ОПК, позволяя обосновать целевые показатели развития производств на ближайшие три года. Краткосрочное планирование и организация диверсификационных бизнес-процессов, с точки зрения финансирования, должны учитывать графики поступления бюджетных средств за счет оплаты государственного заказа.

## 4. Условия единых корпоративных ценностей

Еще один формальный институт, инициированный государственными корпорациями – корпоративные ценности, прививаемые персоналу предприятий ОПК. Значение и цель провозглашения корпоративных ценностей – их использование в качестве морально-

---

<sup>1</sup> № 152-ФЗ от 27 июня 2019 г. «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд»

нравственного инструмента противодействия неформальному институту рыночной экономики – оппортунистическому поведению сотрудников [1, с. 114]. Противодействие нерациональному с точки зрения интересов предприятия поведению подчиненных особенно важно в периоды диверсификации. Ожидание конверсии производств, порождая страх потерять работу, вынуждает сотрудников, занятых на военном производстве, оправдывать необходимость существования своей должности, сохранения выполняемых им функций. Таким образом, на предприятиях ОПК в периоды изменений имеет место как инициативное, так и вынужденное внутрифирменное оппортунистическое поведение. [5, с. 15] Ценностно-ориентированное управление упрощает адаптацию на всех уровнях компании, а также позволяет улучшить стратегическое видение будущего компании [8, с. 115].

Условия различного институционального статуса для АО и ФГУПов обусловлены степенью позиционирования на рынке и государственного участия в капитале предприятий ОПК. Большая ориентация предприятия на конкурентный рынок военной или гражданской продукции в акционерных обществах становится основанием для отнесения такого предприятия в большей степени к рыночному институту фирмы, тогда как высокая доля участия государства в заказах ФГУПов позволяет наблюдать у таковых предприятий черты классического предприятия централизованной плановой экономики. [3, с 39]. Нейтрализация негативного воздействия на процессы диверсификации на предприятиях ОПК во многом заключается в создании новых институтов развития, как административных, так и основ законодательного регулирования. Формирование в настоящее время законодательной базы государственных инициатив, направленных на поддержание диверсификации предприятий ОПК в основном касается регулирования взаимоотношений предприятий с потенциальными заказчиками гражданской продукции и реализуется через создание: механизма концессионных соглашений, использования специальных инвестиционных контрактов, формирование государственными корпорациями «стартовых заказов» на гражданскую продукцию.

Современный этап формирования институциональных условий реализации процессов диверсификации на предприятиях ОПК во многом характеризуется становлением и использованием новых институтов развития, создаваемых для эффективного использования производственных мощностей военной промышленности и нейтрализации рисков, возникающих в силу нерациональных, но необходимых в сфере ОПК норм и правил (таких как режимные ограничения), а также неформальных институтов.

#### Библиографический список

1. Алескерова С.Э. Оппортунистическое поведение предпринимательства как неформальный институт рыночной экономики в России // Российское предпринимательство - 2017 - № 2. – с. 111-120.
2. Захарова М.А. О роли институтов развития в диверсификации экономики России // Вестник Нижегородского университета – 2009 - № 5 – с. 242-248.
3. Курченков В.В., Калмыкова Т.Н. Институциональные факторы формирования государственных корпораций в современной российской экономике // Современная экономика: проблемы и решения. – 2013 - № 2 – с. 37-45.
4. Малкина М.Ю. Институциональный феномен государственных корпораций в Российской экономике// TERRA ECONOMICUS -2010 - Том 8 № 3 – с. 23-31.
5. Михайленко О.А. Корпоративные ценности фирмы: институциональный аспект исследования// Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета, - 2008 - № 4 -с. 12-15.
6. Молодан И.В., Лихтер А.В. Институциональные аспекты управления предприятиями ОПК // Решетневские чтения. – 2015. – Т. 2. – № 19. – С. 358-360.

7. Пухова М.М., Кривцова М.К., Цихоцкий Ф.Н., Свиридова Е.С. Опыт управления государственными корпорациями в зарубежных странах и его применение в России// Наукоедение – 2014 - № 4 – с. 1- 13.
8. Dolan S. L., Garcia S. 2002. Managing by values: Cultural redesign for strategic organizational change at the dawn of the twentyfirst century. Journal of Management Development 21 (2): 101–117.

УДК 33.338  
ГРНТИ 06.54.31

### **ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ЗАМЕНЫ ДЕРЕВЯННОГО ТРАНСПОРТНО-УПАКОВОЧНОГО КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ПОДВЕСОК ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК МЕТАЛЛИЧЕСКИМ**

Ананьина Н. В., Лобанов В. С.

*Трёхгорный технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Трёхгорный, Челябинская область*

nadezhdaananyina@mail.ru

В данной статье проанализированы особенности транспортно-упаковочного контейнера для подвесок тепловыделяющих сборок. Выполнен сравнительный анализ деревянных и металлических контейнеров. Определена экономическая эффективность использования нового металлического транспортно-упаковочного контейнера для подвесок тепловыделяющих сборок.

*Ключевые слова:* транспортно-упаковочный контейнер, подвеска, тепловыделяющие элементы, тепловыделяющие сборки, тепловыделяющая кассета, технологический канал, реактор, экономическая эффективность.

### **THE ECONOMIC RATIONALE FOR THE NEED TO REPLACE A WOODEN SHIPPING AND PACKING CONTAINER FOR SUSPENSIONS OF FUEL ASSEMBLIES WITH METAL**

Ananina N. V., Lobanov V. S.

*TTI NRNU MEPhI, Trekhgorny*

This article analyzes the features of a transport and packaging container for suspensions of fuel assemblies. A comparative analysis of wooden and metal containers. The economic efficiency of using a new metal transport and packaging container for suspensions of fuel assemblies is determined.

*Keywords:* transport and packaging container, suspension, fuel elements, fuel assemblies, fuel cartridge, process channel, reactor, economic efficiency.

Для получения электроэнергии на атомных электростанциях используется теплота, выделяющаяся в ядерном реакторе в результате контролируемой цепной реакции деления ядер тяжёлых элементов.

Рассматриваемый транспортно-упаковочного контейнер предназначен для перевозки подвесок тепловыделяющих сборок (далее ТВС) реактора типа РБМК-1000. На таких



подвесках устанавливаются тепловыделяющие кассеты внутри технологического канала. Подвеска удерживает топливную кассету в активной зоне.

На рисунке 1 представлена конструкция подвески и устанавливаемой на нее топливной кассеты. В качестве тепловыделяющего элемента в реакторе РБМК-1000 используется закрытая с обоих концов циркониевая трубка, заполненная таблетками топлива. Тепловыделяющие элементы komponуются в тепловыделяющие сборки по 18 штук в каждой. Основным топливным блоком реактора является тепловыделяющая (или рабочая) кассета, она состоит из двух ТВС, соединенных общим несущим стержнем. Кассеты омываются водой, при этом нет прямого контакта топлива с теплоносителем при нормальном режиме работы реактора. Конструкция позволяет производить замену отработанной кассеты без останова реактора. Подвеска снабжена запорной пробкой, которая герметизирует канал.

Для получения приемлемого коэффициента полезного действия атомной станции необходимо иметь возможно более высокую температуру и давление генерируемого реактором пара [3]. Следовательно, должен быть предусмотрен корпус, удерживающий теплоноситель при этих параметрах. Для реакторов РБМК роль корпуса играет большое количество прочных технологических каналов, внутри которых на подвесках и размещаются кассеты, которые являются основным топливным блоком реактора.

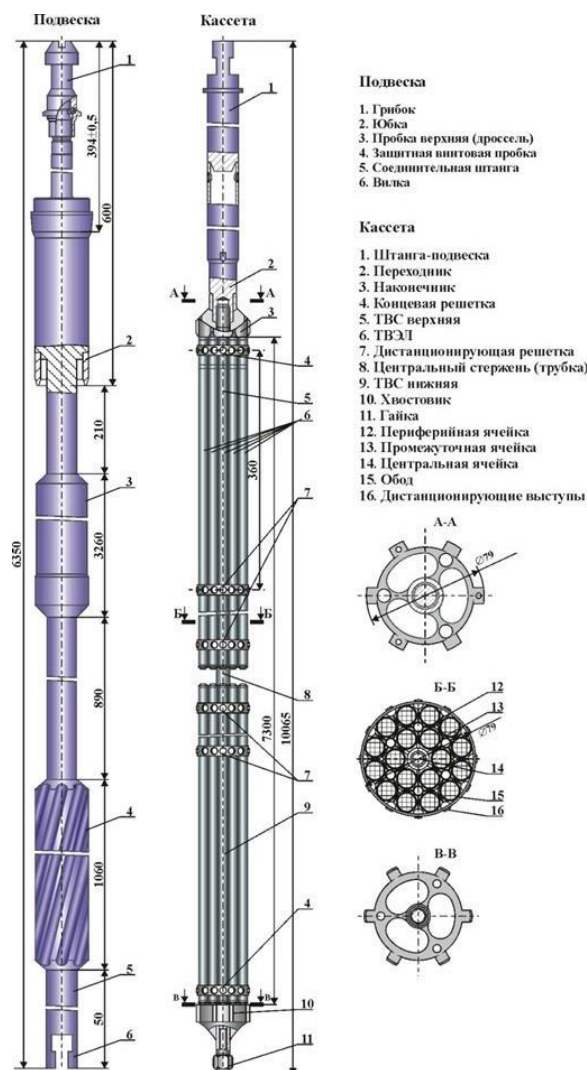


Рисунок 1 – Конструкция подвески и устанавливаемой на нее тепловыделяющей кассеты

На сегодняшний день в России атомные электростанции типа РБМК-1000 используют для транспортировки и хранения подвесок ТВС деревянные ящики, которые не очищаются от радиоактивного загрязнения после эксплуатации. Их утилизация представляет собой

серьёзное экологическое загрязнение. Необходимость постоянного производства деревянных ящиков также приводит к большим ежегодным затратам.

Разрабатываемый металлический контейнер, 3-d модель которого представлена на рисунке 2, должен обеспечить:

- 1) вместимость до 20 подвесок длиной 6350 мм;
- 2) защиту от механических факторов;
- 3) защиту от попадания воды и мелких частиц до 5 мм.

При перевозке подвесок в контейнере они не должны деформироваться. Также при транспортировке нескольких контейнеров, каждый из них будет складываться поверх другого (до 4 штук). Срок службы данного контейнера – до 20 лет. Транспортно-упаковочный контейнер должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91[4]. Предусматривается многократная возможность обработки и очистки контейнера от радиационного излучения.

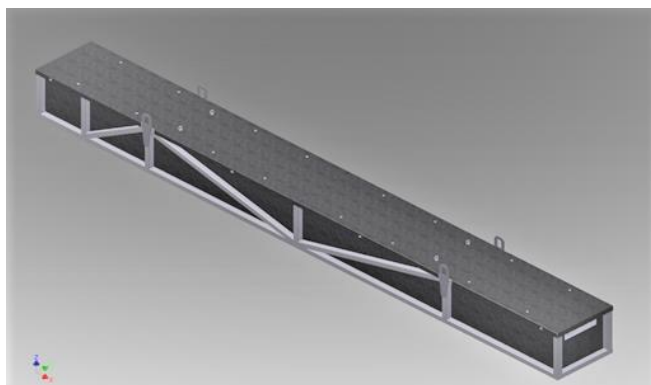


Рисунок 2 – 3D модель металлического контейнера для подвесок ТВС

Детали контейнера будут изготавливаться из листового металла с применением болтовых и сварных соединений. Покрытие контейнера выполнено эпоксидно-полиэфирной порошковой краской серого цвета RAL 7035.

Контейнер разрабатывается компактным, в пределах допустимых размеров: длина до 6700мм, высота до 740 мм, ширина до 720 мм.

Каркас контейнера состоит из труб 60х60х4 ГОСТ 8639-82, листового металла толщиной 1 мм, длиной до 3500 мм по ГОСТ 19904-90, петель для транспортировки.

Каркас крышки контейнера должен состоять из труб 30х30х3 ГОСТ 8639-82, листового металла толщиной 1.5 мм, длиной до 3500 мм по ГОСТ 19904-90, рым-болтов ГОСТ 4751-73 для транспортировки крышки.

Результаты экономических расчетов себестоимости металлического контейнера внесены в таблицу 1[2].

Таблица 1 – Расчет себестоимости металлического контейнера по экономическим элементам затрат

Показатели	Единицы измерения	Сумма
Время изготовления конструкции	н/ч	48
Затраты на материалы	руб.	23938
Средняя тарифная ставка рабочего	руб.	133
Основная заработная плата	руб.	6384
Дополнительная заработная плата	руб.	2553,6
Обязательные страховые взносы (ПФР, ФСС, ФОМС)	руб.	2681,28
Накладные расходы, в т.ч.:		28728
1) общепроизводственные расходы	руб.	12768
2) общехозяйственные расходы	руб.	15960
Итого себестоимость разработанной конструкции	руб.	64284,9

Экономический эффект от использования разработанного контейнера будет определяться исходя из расчета выгоды использования металлических контейнеров по сравнению с деревянными. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет экономической эффективности применения и эксплуатации 20 металлических контейнеров в сравнении с деревянными в рамках полного цикла использования металлических контейнеров

Показатели	2019	2020	2021	2022	2023
Себестоимость деревянных контейнеров, руб.	360000	360000	360000	360000	360000
Себестоимость металлических контейнеров, руб.	1285698				
Экономическая эффективность за 5 лет эксплуатации, руб.	+514302				
Экономическая эффективность за 10 лет эксплуатации, руб.	+2314302				
Экономическая эффективность за 20 лет эксплуатации, руб.	+5914302				

Таким образом, производство металлических транспортно-упаковочных контейнеров для подвесок тепловыделяющих сборок является перспективной и целесообразной задачей, так как обеспечивает экономическую выгоду и экологическую чистоту в использовании и утилизации.

#### Библиографический список

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора–машиностроителя. В 3-х томах. Т.2 / В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1982. – 559с.
2. Булатов А.С. Экономика: Учебник. 3-е изд., перераб. и доп./ А.С. Булатов. – М.: Экономист, 2004. – 896.
3. Шелегов А.С., Лескин С.Т. Физические особенности и конструкция реактора РБМК-1000: Учебное пособие / А.С. Шелегов, С.Т. Лескин, В.И. Слободчук. – М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 64 с.
4. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности. Введен с 01.01.92. – М.: –Изд-во стандартов, 2001. – 10 с.

УДК 374.02  
ГРНТИ 82.33.13

### ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ПЛОЩАДКИ «ИТ-КУБ» В ОЗЕРСКОМ ГОРОДСКОМ ОКРУГЕ

Серегина И. Т.

*МБУ ДО «Дворец творчества детей и молодежи»  
г. Озёрск, Челябинская область*

Privilege79@mail.ru

Одним из направлений реализации регионального проекта «Цифровая образовательная среда» является создание инновационных площадок дополнительного образования детей «ИТ-куб», целью которых является подготовка специалистов, способных обеспечить

технологический прорыв. Для Озерского городского округа создание «ИТ-куба» представляется перспективным направлением развития образования.

*Ключевые слова:* «ИТ-куб», цифровое образование, кванториум, дополнительное образование, компьютерные технологии, цифровая грамотность.

## PROSPECTS FOR THE CREATION OF AN INNOVATIVE IT-CUBE PLATFORM IN THE OZYORSK CITY DISTRICT

Seregina I. G.

*MBU DO "Palace of creativity of children and youth", Ozersk*

One of the directions of the implementation of the regional project “Digital educational environment” is the creation of innovative sites for additional education of children “IT-cube”, the purpose of which is to train specialists who can provide a technological breakthrough. For the Ozersky urban district, the creation of an “IT cube” seems to be a promising direction in the development of education.

*Keywords:* “IT-cube”, digital education, quantoriums, additional education, computer technology, digital literacy.

Государственная образовательная политика последних лет уделяет пристальное внимание развитию дополнительного образования. Согласно Указа Президента рост количества детей, охваченных дополнительными общеобразовательными программами, должен составить не менее 75%. Данной динамике должен способствовать национальный проект «Образование», направленный на прорыв российского образования на международной арене и вхождение Российской Федерации в число 10 ведущих стран мира по качеству образования, в том числе и дополнительного.

Национальный проект реализуется по четырем основным направлениям развития системы образования: обновление содержания образования, создание современной инфраструктуры, подготовка профессиональных кадров, их переподготовка и повышение квалификации. Направления развития осуществляются при помощи мероприятий региональных проектов, три из которых «Цифровая образовательная среда», «Современная школа» и «Молодые профессионалы», которые тесно связаны с освоением цифровых технологий и виртуальных глобальных сетей. Проект «Цифровая образовательная среда» предполагает создание к 2024 году цифровой образовательной среды для обеспечения высокого качества и доступности образования всех видов и на всех уровнях, подключение всех образовательных организаций к высокоскоростному интернету, внедрение современных цифровых технологий в образовательный процесс.

Федеральным проектным офисом национального проекта «Образование» является Фонд новых форм развития образования. С 2015г. фондом запущена масштабная общенациональная программа создания детских технопарков «Кванториум». На текущий момент функционирует 89 площадок в 62 регионах Российской Федерации. Обучение в «Кванториумах» проходят около 100 тыс. детей в год, а различными мероприятиями технопарков охвачено более 500 тыс. детей. Наряду со стационарными технопарками сегодня организовано 15 мобильных «Кванториумов», в которых в 2019 году прошли обучение более 15 тыс. детей.

Еще одним направлением деятельности является создание сети образовательных центров «Точки роста», которых насчитывается 2049 единиц в 50 регионах. В сети «Точек роста» прошли обучение более 55 тыс. детей, в работу вовлечено около 11 тыс. учителей.

Реализация проекта «Цифровая образовательная среда» способствует процессу формирования центров цифрового образования на базе государственных и частных

образовательных учреждений. Фонд новых форм развития образования развивает как одно из направлений «Кванториума» центры цифрового образования «IT-куб». Также в данном направлении работают компьютерная академия «Шаг» и международная школа программирования «Coody».

Для Озерского городского округа развитие цифрового образования детей и подростков является актуальной задачей, так как анализ рынка дополнительных образовательных услуг показал, что в сегменте технической направленности реализуется 5 программ в дошкольных образовательных учреждениях, 29 программ в образовательных организациях и 25 программ в дополнительном образовании. По контингенту детей распределение происходит следующим образом: в дошкольных образовательных учреждениях занято 64 человека, в общеобразовательных учреждениях – 437 человек, в учреждениях дополнительного образования – 682 человека. По рейтингу востребованности данное направление находится на 5 месте из 6 направлений дополнительного образования.

При этом IT-направление для детей и подростков реализуется в 2 дошкольных учреждениях, в общеобразовательных учреждениях преподается дисциплина «Информатика» и в 9-ти из них реализуются дополнительные программы с использованием компьютерной техники, в МБОУ «Станция юных техников» реализуется дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Информатика», школа компьютерных технологий ОТИ НИЯУ МИФИ реализует 5 программ.

Как показало исследование, в Озерском городском округе представлены следующие направления в области IT-технологий:

- «Программирование Scratch», «Основы информатики» (МБОУ «СЮТ»);
- «Программирование на Python», «Юный информатик», «Компьютерный дизайн» (ОТИ НИЯУ МИФИ).

Современные школы программирования специализируются на следующих программных продуктах:

- программирование для самых маленьких от 3 до 6 лет;
- программирование Codygamelab;
- Minecraft: введение в искусственный интеллект;
- создание игр в Scratch;
- Python и JavaScript: игровое программирование;
- кибербезопасность;
- Unity 3D: разработка трехмерных игр;
- программирование на JavaScript;
- видеоблоггинг;
- дизайн сайтов;
- Python и машинное обучение.

Стоимость курсов в Озерском городском округе составляет от 4000 до 9600 рублей в зависимости от количества часов или 200 рублей /час. Продолжительность курсов в среднем составляет 3 месяца. Более продвинутые курсы в г.Челябинске реализуют по цене 220-250 руб./час. При этом программы рассчитаны на 1 год. В учреждениях дополнительного образования программа по компьютерным технологиям реализуется в рамках муниципального заказа бесплатно.

Перспективы развития IT-направления несомненны, так как в 2019 году количество учреждений образования, имеющих лицензии на образовательную деятельность по дополнительным общеобразовательным общеразвивающим программам в Озерском городском округе, увеличилось с 68,4% до 70,2%.

Вовлеченность детей в дополнительное образование в 2019 году выросла и составляет 78,5% от общего количества детей, занятых в образовательных учреждениях округа. Кроме этого, растет интерес детей и подростков к образованию в современной цифровой



образовательной среде, в которой создается социальное партнерство с ведущими компаниями в области цифровых технологий.

Актуальность формирования цифровой образовательной среды в Озерском городском округе также тесно связана с развитием рынка труда. Многие специалисты сходятся во мнении о том, что через 20 лет большинство существующих сегодня профессий исчезнут и поэтому в настоящее время развитие востребованных образовательных услуг, особенно в области цифровых технологий, является задачей первостепенной важности и связано с профессиональным самоопределением детей и подростков.

В условиях невозможности системы общего образования в полной мере решать задачи профессионального выбора ребенка и формирования ключевых компетенций, система дополнительного образования имеет возможность заполнить эту нишу и внедрить новые формы допрофессиональной подготовки, позволяющие получить обучающимися первичный профессиональный опыт. В учреждениях дополнительного образования отсутствуют ФГОСы, поэтому появляется возможность реализации более творческих подходов к организации профессиональных проб, выбора направлений деятельности с учетом желаний обучающихся и их родителей.

В Озерском городском округе задачу формирования единой образовательной площадки по IT-технологиям можно решить при помощи участия в региональном проекте «Цифровая образовательная среда» через создание на базе учреждения дополнительного образования инновационной площадки дополнительного образования детей «IT-куб», которое направлено на развитие знаний и навыков в области программирования. Для субъекта Российской Федерации проект становится точкой развития информационных технологий и создания высококвалифицированного профессионального сообщества. В настоящее время в Челябинской области «IT-куб» открыт в г. Миассе на базе МАУ ДО «Дом детского творчества «Юность» имени академика В.П.Макеева» и принята заявка на 2022 год от МОУ ДО «Центр детского (юношеского) технического творчества» г.Кыштым.

Целью реализации проекта «IT-куб» является достижение лидирующей позиции Российской Федерации на глобальном рынке информационных технологий. Основной задачей, которую ставят перед собой разработчики данного проекта, является подготовка критической массы специалистов, способных обеспечить технологический прорыв. В этой связи партнерами проекта выступают «Яндекс» с программой «Яндекс.Лицей», «Samsung Inc.» с программой «IT-школа Samsung», «Алгоритмика», «Крибрум», «1С», «Lego Education», «Microsoft» и др.

К основным требованиям, предъявляемым при создании «IT-куба», относят:

- соблюдение требований по площади размещения детского центра – не менее 600 кв.м.;
- соответствие требованиям Роспотребнадзора для организаций, в которых реализуются дополнительные общеобразовательные программы;
- соответствие Сводам Правил по доступности зданий и сооружений для маломобильных групп населения;
- софинансирование проекта субъектом РФ и привлечение внебюджетных средств.

Создание «IT-куба» осуществляется путем предоставления субсидии из федерального бюджета. Объем финансирования на внедрение целевой модели цифровой образовательной среды составляет по разным оценкам от 19 до 30 млн. рублей, которые распределяются в следующем соотношении: 40% – субсидия из федерального бюджета на закупку профильного оборудования и мебели, 40% – из бюджета субъекта РФ на ремонтные работы и создание современной мотивирующей образовательной среды, 20% – внебюджетные средства предприятий-партнеров на прочие расходы.

Ежегодные операционные расходы включают средства на заработную плату, налоги, суточные, проезд детей на соревнования и проживание, проезд педагогов на обучение и проживание, расходные материалы, коммунальные платежи. Общий объем средств составляет не менее 12 млн. рублей в год.



Особенностью «ИТ-куба» является реализации не менее 6 дополнительных общеобразовательных программ с общим количеством обучающихся 400 человек. Предусмотрена большая вариативность программ для любого из возрастов от 7 лет – каждая отвечает современным запросам ИТ-отрасли. Период реализации проекта – 3 года. Реализация данных программ для обучающихся является бесплатной.

#### Библиографический список

1. Распоряжение № Р-138 от 17 декабря 2019 г. «Об утверждении методических рекомендаций по созданию центров цифрового образования детей «ИТ-куб» в рамках региональных проектов, обеспечивающих достижение целей, показателей и результата федерального проекта «Цифровая образовательная среда» национального проекта «Образование», и признании утратившим силу распоряжения Минпросвещения России от 1 марта 2019 г. № Р-24 «Об утверждении методических рекомендаций по созданию и функционированию центров цифрового образования «ИТ-куб»
2. Состояние и развитие муниципальной системы образования//Публичный доклад Управления образования администрации Озерского городского округа Челябинской области, 2019
3. Дополнительное образование детей в России: единое и многообразное: серия коллективных монографий/под ред. С.Г. Косарецкого, И.Д. Фрумина. – М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2019. – 280 с.
4. Хентонен А. Г. Современные тенденции развития системы дополнительного образования в России/А.Г.Хентонен, К.В. Бельская // Молодой ученый. –2016. – №23.– С.527-529

---

# ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

УДК 378.096  
ГРНТИ 14.35.07

## НЕОБХОДИМЫЕ ОСНОВАНИЯ УМЕНИЯ АНАЛИЗИРОВАТЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СИТУАЦИИ

Акопян О. В., Ананьина Е. В.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Озёрск, Челябинская область*

EVAananyina@mephi.ru

Составление рекомендаций для организации образовательного процесса отраслевого вуза является главной целью исследования профессионально важных качеств инженера атомной отрасли. В статье рассматриваются рекомендации по содействию становлению элементов умения «анализировать профессиональные ситуации» в образовательном процессе вуза.

*Ключевые слова: профессиональные ситуации, анализ, профессионально важные качества.*

## NECESSARY REASONS FOR THE ABILITY TO ANALYZE PROFESSIONAL SITUATIONS

Akopyan O. V., Ananyina E. V.

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

Making recommendations for organizing the educational process of a sectoral university is the main goal of studying the professionally important qualities of an engineer in the nuclear industry. The article discusses recommendations for promoting the formation of elements of the ability to “analyze professional situations” in the educational process of a university.

*Keywords: professional situations, analysis, professionally important qualities.*

Главной целью исследования профессионально важных качеств инженера атомной отрасли [1] являлась выработка частных рекомендаций для организации образовательного процесса отраслевого вуза. Одной из рекомендаций [2], содействию становлению в образовательном процессе вуза элементов умения «анализировать профессиональные ситуации и видеть их в целом, отбирать существенные факторы, делать выводы и принимать соответствующие профессиональные решения» посвящено сообщение.

Основанием для рассматриваемого умения, несомненно, являются общие и специальные знания, а также способности ими пользоваться, которые приобретает студент в образовательном процессе.

Предметная область умения не ограничивается общими и специальными знаниями. Точнее, требуется расширение области специальных знаний темой «Профессиональные ситуации», которая может быть рассмотрена в курсе «Введение в специальность». Представляется, что тема должна быть представлена всем многообразием профессиональных ситуаций, технических, коммуникативных, психологических и известными способами их разрешения. Существенным здесь является обобщённость рассмотрения в целях большей простоты в сравнении реальной ситуации и её аналога в образовательном процессе. Это послужит также пониманию существенности факторов и их последующему отбору как

важных. Как ни странно, несмотря на название, целесообразно такой спецкурс проводить в предпоследнем образовательном семестре, перед производственной практикой, когда студент обладает необходимыми знаниями, умениями и навыками, чтобы понимать и оценить эту информацию.

В силу того, что действия-составляющие рассматриваемого умения – принадлежность умственной деятельности, дополнительно выделим общее представление у студентов об умственной работе и дисциплине ума. Более того, нетрудно видеть, что деятельность, целью которой является анализ ситуации, требует также

1) знание общих приёмов решения задач;

2) владение основными методами исследовательской деятельности

и, как можно видеть в исследованиях (см., например, [3]),

3) знания системного подхода.

Помощь в развитии умения может, оказать также широкое использование в образовательном процессе элементов (для преодоления его ёмкости) проблемного обучения.

#### Библиографический список

1. Акопян О.В. Профессионализм и профессиональная квалификация инженера атомной отрасли / О.В. Акопян, Е.В. Ананьина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование. Педагогические науки». – Т.6, № 2. – 2014. – С. 97-104.
2. Акопян О.В. Выводы экспериментального исследования эталонных представлений об инженере атомной отрасли / О.В. Акопян, Е.В. Ананьина // XV всероссийская научно-практическая конференция «Дни науки - 2015». 100-летию со дня рождения Ю.И. Кормчёмкина: Материалы конференции: Озёрск. 17-18 апреля 2015 г. – Озёрск: ОТИ НИЯУ МИФИ, 2015. – С. 201-202.
3. Куличенко А. И., Мамченко Т. В., Куличенко С. В. Анализ производственных ситуаций — один из способов повышения качества подготовки будущего специалиста // Молодой ученый. — 2013. — №12. — С. 610-611. — URL <https://moluch.ru/archive/59/8471/> (дата обращения: 24.03.2020).

УДК 372.881.111.1

ГРНТИ 14.25.09

### К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ РАЗВИТИЯ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ УЧАЩИХСЯ СТАРШИХ КЛАССОВ

Бредихина И. А., Чельшева А. С.

*Уральский федеральный университет*

*г. Екатеринбург*

chelsi222@yandex.ru

В статье рассматриваются технологии развития критического мышления при обучении английскому языку учащихся старших классов. Проанализированы характерные особенности критического мышления и приемы его развития у данной возрастной группы. Обоснована необходимость использования технологии развития критического мышления в процессе обучения английскому языку, что позволит сделать процесс иноязычного образования более эффективным, способствующим становлению индивидуальности человека.

*Ключевые слова:* иноязычное образование, технология развития критического мышления, прием как основная методическая категория, межкультурная коммуникация, языковая компетенция, социокультурная компетенция.

## TO THE ISSUE OF USING THE TECHNOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF CRITICAL THINKING IN TEACHING ENGLISH TO HIGH SCHOOL STUDENTS

Bredihina I. A., Chelysheva A. S.

*UrFU, Ekaterinburg*

The article considers the technologies for the development of critical thinking in teaching English to high school students. The characteristic features of critical thinking and the methods of its development are analyzed. The necessity of using the technology for the development of critical thinking in the process of teaching English is substantiated. This will make the process of foreign language education more effective and contributing to the individuality formation.

*Keywords:* foreign language education, technology for the development of critical thinking, technique as the main methodological category, intercultural communication, language competence, sociocultural competence.

В настоящее время возрастает роль английского языка в связи распространением международной коммуникации. Развиваются торговые и экономические отношения между странами, у образовательных и культурных учреждений возникает потребность в сотрудничестве. Большое внимание уделяется не просто обучению иностранному языку, а иноязычному образованию. Целью образования является создание человека как индивидуальности, его способностей, духовных сил, цель обучения заключается в формировании утилитарных навыков и умений. Однако для полноценного участия в межкультурной коммуникации человек должен не просто овладеть всеми необходимыми знаниями и умениями, но и приобрести готовность и способность к общению с представителями другой культуры.

Учащиеся старших классов уже могут считаться сложившимися личностями, которые при изучении английского языка достигли определенного уровня владения устной и письменной речью. При их обучении следует использовать более содержательные и информативные ресурсы. Они отличаются большей инициативностью и уже могут строить развернутые и аргументированные высказывания, поддержать свободную беседу. Этим и объясняется выбор именно старшего школьного возраста для рассмотрения в данной статье.

Во время обучения английскому языку необходимо учитывать все особенности английского языка и культуры. Нужно не просто научить языку, но и способствовать тому, чтобы учащиеся могли использовать его при реальном общении. Практическое овладение языком тесно связано со знанием культуры страны его носителей. Поэтому перед преподавателем поставлена задача сформировать у учащихся и языковую, и социокультурную компетенцию, создать условия для становления индивидуальности человека с широким взглядом на мир [2, с. 58].

Что может помочь в решении данной задачи и сделать из обучающегося компетентного специалиста? Нужно использовать те педагогические технологии, которые будут благоприятствовать интеллектуальному развитию и сделают процесс обучения наиболее эффективным. Одной из таких технологий является технология развития критического мышления.

Технология развития критического мышления – это целостная система, основной идеей которой является создание такой атмосферы занятия, при которой обучающиеся активно работают с педагогом, обдумывают процесс обучения, соглашаются или оспаривают

информацию, углубляют свои знания и открываются новым идеям. На таком занятии обучающийся и развивает критическое мышление, то есть учится тому, как работать с информацией, как отделять важное от второстепенного и анализировать различные явления [5, с. 72].

Данная технология основывается на трехэтапном построении занятия: этап вызова, этап осмысления, этап рефлексии. Эти этапы направлены сначала на то, чтобы заинтересовать обучающегося, вызвать в нем исследовательскую инициативу, затем обеспечить условия для осмысления полученных знаний и в конечном итоге обобщить их.

Актуальность рассматриваемой технологии заключается в том, что она дает возможность преподавателю осуществлять занятия раскрывая большой дидактический потенциал иноязычного образования. Обучающиеся более самостоятельны и работоспособны, осваивают материал в рамках непрерывного поиска и решения речемыслительных задач.

У технологии развития критического мышления есть множество эффективных приемов, которые можно использовать при обучении английскому языку учащихся старших классов. Прием – это, с одной стороны, начальная ступень в иерархии основных методических категорий [1, с. 18], а с другой – неотъемлемая составная часть любой технологии. Одним из приемов технологии критического мышления является так называемый «Бортовой журнал». Суть его заключается в том, что обучающиеся записывают свои умозаключения, например, что они уже знали по теме и что они узнали нового. Данный прием дает адекватную картину степени усвоения материала, отлично помогает развитию навыка фиксировать информацию. Обучающийся видит свои сильные и слабые стороны, оценивает их, наглядно понимает, над чем нужно поработать [3, с. 86].

Прием «Рыбий скелет» – еще один очень интересный способ развития критического мышления. Это графическая техника, при которой процесс обучения представлен структурировано. Голова рыбы – это тема занятия, основной вопрос темы. Верхние косточки – это базовые понятия темы. Нижние косточки – это суть понятий, а хвостовая часть – это ответ на вопрос. Благодаря такому приему отлично отражается суть занятия, записываются главные слова и фразы [3, с. 141].

При обучении английскому языку часто используется прием «верно или неверно», при котором хорошо развиваются навыки чтения и говорения. Учащиеся читают текст, после ознакомления с текстом им даются утверждения, среди которых они должны определить верные и неверные, используя полученную из текста информацию. Ответ должен быть проанализирован и обоснован, можно обсуждать в группах.

Еще один прием – «Корзина идей». Учащиеся старших классов уже приобрели достаточно знаний и языкового опыта. «Корзина идей» может использоваться при организации как групповой, так и индивидуальной работы при актуализации этих знаний. Обучающиеся собирают в «корзину» все, что они знают по заданной теме. Это позволяет им вспомнить пройденный материал, а преподавателю выяснить, что обучающиеся думают о теме и что они узнали.

Стоит отметить и прием «Плюс – минус – интересно», который очень эффективен при работе с иностранными текстами и при практике устной речи. Прочитав текст, обучающиеся делают три графы. В первую графу «П» они пишут то, что носит положительный характер. Во вторую графу «М» – отрицательные факты. Последняя графа «И» нужна для фиксации любопытных и спорных моментов. При применении приема «Плюс – минус – интересно» с материалом работают более активно, его записывают и упорядочивают. Можно обсудить информацию, провести дискуссию [3, с. 85].

Использование технологий развития критического мышления дает прекрасные дидактические результаты при обучении иностранному языку в старших классах. Интенсивно развивается навык работы с большим объемом информации. Обучающиеся приобретают опыт сотрудничества в группах, а также самостоятельно занимаются своим обучением, задают вопросы, выражают свои мысли и мнение. Все это способствует формированию языковой и

социокультурной компетенции, происходит становление индивидуальности старшеклассников путем вхождения в культуру, благодаря ее присвоению человек становится субъектом культуры [4, с. 23].

#### Библиографический список

1. Бредихина И.А. Методика преподавания иностранных языков: Обучение сторонам иноязычной речевой деятельности: учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 108 с.
2. Вербицкий А.А., Ларионова О.Г. Личностный и компетентностный подходы в образовании: проблемы интеграции. – М.: Логос, 2009. – 336 с.
3. Заир-Бек С.И., Муштавинская И.В. Развитие критического мышления на уроке: пособие для учителей общеобразоват. учреждений. – М.: Просвещение, 2011. – 223 с.
4. Пассов Е.И. Программа-концепция коммуникативного иноязычного образования. Концепция развития индивидуальности в диалоге культур. – М.: Просвещение, 2000. – 173 с.
5. Шакирова Д.М. Технология формирования критического мышления старшеклассников и студентов. // Педагогика. – 2006. – №9. – С.72-77.

УДК 373.51  
ГРНТИ 14.25.09

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ РЕСУРСОВ ЯЗЫКОВОГО И ЛИТЕРАТУРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ЦИФРОВАЯ ШКОЛА»

Войтко С. А., Теличко А. В.

*МБОУ «Лицей №39»,  
г. Озёрск, Челябинская область*

voitkosa@mail.ru, annatelichko@yandex.ru

В данной статье рассматриваются вопросы цифровизации образовательной деятельности посредством геймификации урочной и внеурочной деятельности, а также описывается работа с эффективной онлайн платформой создания образовательных игр.

*Ключевые слова:* цифровизация образования, геймификация, цифровые ресурсы, Федеральный проект «Цифровая школа», платформа «Learnis».

### DIGITAL RESOURCES OF LANGUAGE AND LITERATURE EDUCATION DESIGN WITHIN THE FEDERAL PROJECT “DIGITAL SCHOOL”

Voytko S. A., Telichko A. V.

*MBOU “Lyceum №39”, Ozersk*

In this article we consider the problem of digitalization of education by using gamification of curricular and extracurricular activities and the effective online platform of educational games creation is described.

*Keywords:* digitalization of education, gamification, digital resources, Federal project “Digital school”.



Реализация Федерального проекта «Цифровая школа» направлена на создание к 2024 году современной и безопасной цифровой образовательной среды, обеспечивающей высокое качество и доступность образования всех видов и уровней. В рамках проекта предусмотрена цифровизация образовательной деятельности с выходом на индивидуальные траектории.

Одним из направлений Федерального проекта является геймификация образования, которая должна стать важнейшим инструментом обучения. Геймификацией называют появление игровых элементов в неигровых процессах – например, в образовании. Элементы игры создают постоянную обратную связь, что, в свою очередь, позволяет корректировать поведение «игрока», помогает оптимизировать усвоение материала, повышает вовлечённость обучающихся в образовательную деятельность.

Таким образом создаются условия для достижения следующих планируемых результатов:

1) Личностные результаты:

- формирование коммуникативной компетентности.

2) Метапредметные результаты:

- умение ставить и формулировать для себя новые задачи;
- умение самостоятельно планировать пути достижения целей, осознанно выбирать эффективные способы решения;
- владение основами самоконтроля, самооценки, принятия решений и осуществления осознанного выбора;
- умение организовывать совместную деятельность с учителем и сверстниками.

Эффективным инструментом создания образовательных игр является платформа Learnis, которая направлена на развитие цифрового обучения в школах России и доступна педагогам любой предметной области с возможностью применения в урочной и внеурочной деятельности. Тесты, опросы, викторины, веб-квесты и игры в обучении – основа проекта Learnis, который динамично развивается и объединяет в себе лучшие практики зарубежных и отечественных цифровых образовательных ресурсов. Learnis помогает педагогам подготовить увлекательный урок быстро и просто, используя минимальные технические требования. Возможность загрузки собственных предметных заданий позволяет индивидуализировать образовательный процесс. Применение сервисов Learnis способствует вовлеченности обучающихся во время учебных занятий.

Одним из самых популярных среди обучающихся видов заданий является квест жанра «выход из комнаты». В таких квестах перед обучающимися ставится задача выбраться из комнаты, используя различные предметы, находя подсказки и решая логические задачи. Для создания образовательного квеста подсказками могут быть ответы на задачи, которые необходимо решить для продвижения по сюжету квеста. Таким образом, учитель, добавляя содержание своей дисциплины, делает квест образовательным и увлекательным. Использование такого формата заданий может применяться как в качестве индивидуального домашнего задания, так и для групповой работы в рамках урочной и внеурочной деятельности.

После регистрации на сайте [learnis.ru](https://learnis.ru) учитель выбирает тип комнаты. Каждая квест-комната обладает уникальными игровыми механиками и позволяет встраивать различное количество заданий. Предметные задания готовятся в редакторе презентаций и сохраняются в формате изображений. Возможна загрузка нескольких вариантов заданий и ответов. Обучающиеся получают номер созданного квеста и приступают к его прохождению.

С использованной данной образовательной технологии нами разработаны веб-квесты для уроков литературы и английского языка по следующим произведениям: Ф.М. Достоевский «Преступление и наказание» и А. Кристи «Убийство в Восточном экспрессе». Обучающимся предлагается найти выход из комнаты, ответив на 5 вопросов по содержанию произведений. Особенно эффективно игра проходит в командном соревновании, и победителем становится команда, первой нашедшая секретный код.

Следующим типом игры является терминологическая игра «Объясни мне», которая позволяет быстро повторить изученные термины, содержание литературных произведений, новый лексический материал. Нами созданы «Брейн-ринг по творчеству Н.В. Гоголя» и игра на повторение лексики по теме «Выбор профессии». Для данной игры обучающиеся делятся на команды и отвечают на вопросы в пределах ограниченного промежутка времени, стараясь набрать как можно больше баллов.

Интеллектуальная игра «Твоя Викторина» позволяет провести урок в популярном и эффективном формате телевизионной игры «Своя игра». Нами разработаны викторины «Имя числительное» и «Present Simple / Present Continuous / Past Simple / Past Continuous». Игры позволяют обобщить и повторить изученный материал по темам.

Для обеспечения геймификации образования в рамках Федерального проекта «Цифровая школа» в МБОУ «Лицей №39» функционируют планшетные классы, в которых подключен высокоскоростной Интернет, что позволяет эффективно проводить уроки и внеурочные занятия в новом и интересном для обучающихся формате. По данным отчета члена Королевского общества медицины Великобритании Арика Сигмана, современные семилетние дети проводят более одного года своей жизни перед экранами различных типов, а в среднем современный подросток использует гаджеты около восьми часов в сутки. К сожалению, подобная статистика о российских подростках не ведется, однако не вызывает сомнений тот факт, что российские дети не отстают от своих зарубежных сверстников. Бороться с этим не только не эффективно, но и не продуктивно, поэтому задача современного учителя состоит в том, чтобы использовать возможности современных технологий в образовательных целях.

Таким образом, нами используется геймификация как инструмент мотивации обучающихся к образовательной деятельности. Для подростков, ведущим видом деятельности которых является общение, играть – значит общаться, т.к., по Д.Б. Эльконину, «игра – это отражение социальных отношений между людьми».

#### Библиографический список

1. Образовательная платформа Learnis. URL: <https://www.learnis.ru/> (дата обращения: 26.02.2020).
2. Паспорт федерального проекта «Цифровая школа». URL: <https://docplayer.ru/111410001-Pasport-federalnogo-proekta-cifrovaya-shkola-1-osnovnye-polozeniya-2-cel-i-pokazateli-federalnogo-proekta.html> (дата обращения: 16.03.2020).
3. Эльконин Д.Б. Психология игры. – Издание второе. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999. – 360 с.
4. Sigman A. Remotely Controlled: How television is damaging our lives. Vermilion; New Ed edition. 2007 P. 368.

УДК 378.046.2  
ГРНТИ 14.35.01

## К ВОПРОСУ О БАКАЛАВРИАТЕ В СИСТЕМЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Горбачев А. В., Авраменко Н. А., Лобковская П. А.

*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал НИЯУ «МИФИ»  
г. Волгодонск, Ростовская область  
МГКМИ им. Ф. Шопена  
г. Москва*

В статье представлен ряд экспертных оценок и мнение студентов об отечественном бакалавриате на основе анализа и систематизации материалов официальных сайтов ВЦИОМ, ФОМ, кадровых агентств и проведенного социологического исследования посредством анкетного интернет-опроса. Важность темы обусловлена актуальной дискуссией об уровне подготовки выпускников высшей школы в России.

*Ключевые слова:* бакалавриат, специалитет, двухуровневая система высшего образования, экспертные оценки, мнение студентов, пирамида знаний, специалист, бакалавр.

## ON THE ISSUE OF BACHELORSHIP IN THE SYSTEM OF THE RUSSIAN HIGHER EDUCATION

Gorbachev A. V., Avramenko N. A., Lobkovskaya P. A.

*VETI NRNU MEPhI, Volgodonsk  
MGKMI, Moscow*

The article presents a number of expert assessments and students' opinions about the Russian bachelorship based on the analysis and systematization of the materials of the official sites of WCIOM, FOM, recruitment agencies and a sociological study through a questionnaire online survey. The importance of the topic results from the current discussion about the level of training of graduates from higher educational establishments in Russia.

*Keywords:* bachelorship, specialist programme, two-level system of higher education, expert assessments, students' opinion, knowledge pyramid, specialist, bachelor.

Актуальность темы бакалавриата в системе высшего образования обусловлена общественной дискуссией об уровне подготовки выпускников. В 1996 г. был принят закон «О высшем и послевузовском профессиональном образовании», в котором выделено 2 уровня высшего образования: «бакалавриат» и «магистратура». Также определено место «специалиста» – это вторая ступень образования. «Магистр» и «специалист» стоят на одной ступени. В 2003 г. Россия стала участником Болонского процесса, основанного на партнерстве систем высшего образования европейских стран и направленного на создание общего образовательного пространства с целью сотрудничества высших учебных заведений. Присоединение России к Болонскому процессу предполагало модернизацию системы высшего образования и положительную динамику на рынке труда. [5]

Целью данной работы является представление оценок экспертов и студенческой молодежи в отношении отечественного бакалавриата. Определив основные этапы исследования задачами стали: систематизация информации, полученной из доступных ресурсов (ВЦИОМ, ФОМ, Левада-центр, Киберленинка, официальные сайты кадровых агентств); анализ мнения экспертов о двухуровневой системе высшего образования;

представление результатов проведенного собственными силами анкетного интернет-опроса; сравнение бакалавриата и специалитета посредством пирамиды знаний.

На сегодняшний день невостребованность бакалавров, магистров, специалистов составляет от 28% до 50%. Отмечается тенденция снижения потребности в молодых кадрах: из 1,5 млн выпускников востребованными отечественным рынком оказывается только треть [8]. Интересно, что 35% работодателей приравнивают кандидатов со степенью бакалавра к претендентам, имеющим неполное высшее образование. Ещё 8% считают, что бакалавриат – это среднее специальное образование. Однако почти половина опрошенных работодателей – 43% – заверили, что кандидатов, имеющих степень бакалавра, рассматривают наравне с претендентами с дипломами «специалиста» или «магистра». [9] Для подтверждения сказанного выше можно привести обобщенную точку зрения ведущих экспертов большинства кадровых агентств: для многих работодателей важно, прежде всего, наличие высшего образования и возможность применения полученных во время учёбы знаний и опыта на работе [1]. Мы разделяем эту убежденность, основываясь на опыте старших товарищей, которые охотно высказываются по данному вопросу в социальных сетях и на форумах выпускников вузов. Конечно, можно предположить, что некоторые работодатели до сих пор не перестроились на двухуровневую систему высшего образования, но это лишь вопрос времени.

Если освещать экспертное мнение профессионального сообщества от образования, то часть из них созвучна позиции ректора РУДН Владимира Филиппова, заявившего, что бакалавриат по российскому законодательству является полным высшим образованием, что существуют профессиональные стандарты, в которых указывается, где и на каком уровне может работать бакалавр. Развивая свою мысль, В. Филиппов отметил: «Мы пытались в рамках пятилетнего обучения всех одинаково учить. Поэтому было предложено следующее: после четырех лет кто-то уходит совсем из профессии, кто-то идет в магистратуру научную, а кто-то идет в магистратуру педагогическую. Это оптимальный вариант после бакалавриата» [7]. Ректор МГИМО Анатолий Торкунов на заседании круглого стола по проблемам интеграции российской и европейской систем образования высказался: «В вузах недопонимают, что такое Болонский процесс. ...Многим кажется, что Болонский процесс - это танк, который наезжает на нашу систему образования. Опыт МГИМО показывает, что введение двухуровневой системы высшего образования ведет к серьезной интеграции образования и усилению сотрудничества с иностранными вузами». В свою очередь, замначальника Департамента по делам ЮНЕСКО МИД РФ Михаил Хорев назвал присоединение в 2003 г. к Болонскому процессу позитивным шагом по укреплению авторитета России в Европе и мире в целом: «Мы вправе гордиться нашим образованием. Российское образование – это конкурентоспособный товар». При этом ректор МГУ Виктор Садовничий заявил, что «результат применения Болонской системы не был положительным, ...это ошибка. Сейчас большинство факультетов МГУ просят перейти на пять лет. Нельзя было так сразу для всех вводить четырехлетнее образование в стране. Я считаю, что по большинству гуманитарных направлений нужно готовить специалистов». [6]

Высказались по этому вопросу и представители власти. Так, Президент РФ В.В. Путин в рамках телемоста с участниками движения «Ворлдскиллс» отметил, что возвращаться к прежней, традиционной для нас системе высшего образования нет смысла, нужно наращивать «мышцы» в принятой. В результате был создан перечень поручений: «продвижение передовых стандартов подготовки кадров, включая развитие системы независимой оценки компетенций...», «исследование, прогнозирование и организационно-методическое сопровождение внедрения новых перспективных профессий и навыков, включая цифровые», «повышение квалификации кадров, включая инженерные и рабочие профессии и навыки...» [4]. Это хорошо ложится к реализации в рамках двухуровневой системы высшего образования. Спикер Совета Федерации В.И. Матвиенко считает, что разделение образования на бакалавриат и магистратуру привело к потере ряда достоинств предыдущей системы

образования, но это не повод к ретроградному движению. Она пояснила, что, несмотря на то, что степень бакалавра можно получить только в вузе, многие работодатели считают его средним специальным образованием, «как будто человек закончил техникум». [3]

Спектр мнений экспертов составлен, и, как показывает время, отношение к нововведениям в системе высшего образования довольно неоднозначно. Для представления мнений студентов относительно бакалавриата нами был проведен интернет-опрос методом анкетирования, в котором приняло участие 353 студента из разных городов России (Москва, Санкт-Петербург, Ростов-на-Дону, Петрозаводск, Волгодонск...). Репрезентативность выборки в исследовании не закладывалась, но так как опрашивалась достаточно узкая социальная группа – студенческая молодежь, – мы посчитали возможным проанализировать и обобщить полученные результаты как научные.

Как оказалось, большинство опрошенных – свыше 60% – по вопросу эффективности двухуровневой системы образования (бакалавр – магистр) относительно специалитета отдаёт предпочтение нововведённой системе (рис. 1).



Рисунок 1 – Мнение студентов об эффективности двухуровневой системы высшего образования (бакалавриат – магистратура) по сравнению с традиционной (специалитет)

Задачей следующего вопроса было выявление привлекательных сторон бакалавриата. Как показали результаты, более всего привлекает студентов возможность сменить профессиональное направление на следующем этапе обучения при переходе в магистратуру. Это достаточно предсказуемо, потому что очень большой процент выпускников школ точно не знают кем хотят стать, а выбор надо делать как можно быстрее, поэтому для них более выгодным вариантом является возможность определиться с направлением подготовки уже в процессе обучения. Привлекательна для студентов возможность продолжить обучение за границей, так как это дает неплохой шанс профессионально реализоваться в любой стране мира, а мы, в силу возраста, достаточно уверенны в своих силах и не сомневаемся в обозначенных для себя перспективах. Еще одним существенным фактором в пользу бакалавриата стала практикоориентированность – основа любого обучения. Квалификация работника напрямую зависит от навыков и умений, полученных на этапе освоения профессии, а именно бакалавр нацелен на формирование профессионального мастерства. Как известно, развитие любой отрасли в современных условиях динамично-ускоренное, каждые несколько лет появляются новые технологии, а инновационные проекты на предприятиях стали нормой. Работодателям жизненно необходимы работники здесь и сейчас, что бакалавриат и обеспечивает, позволяя освоить новую профессию за довольно короткий срок. Именно поэтому мобильность при выборе профессионального направления имеет важное значение для студентов. В условиях «малоопытности» отечественной двухуровневой системы образования возможность самостоятельно наполнять учебный план дисциплинами по выбору реализуется часто формально, однако зарубежный опыт показывает, что именно этот фактор повышает мотивацию студента к погруженному обучению (рис. 2).



Рисунок 2 – Мнение студентов о привлекательных сторонах бакалавриата

Большая половина опрошенных – 56 % – считает, что выпускники-бакалавры не востребованы на европейском рынке труда (рис. 3). При этом обнаруживается противоречие, так как многие из них при оценке бакалавриата выбрали возможность продолжить обучение за границей наиболее привлекательным фактором (см. рис. 2). Это может быть объяснено большими надеждами и ожиданиями, основанными одновременно на вере в собственные силы и критическом отношении к опыту предыдущих поколений. Мы же считаем, что востребованность на европейском рынке труда зависит от направления подготовки студента и развития отрасли на мировом уровне.



Рисунок 3 – Мнение студентов о востребованности на европейском рынке труда российских выпускников-бакалавров

Задачей еще одного вопроса была систематизация отношения респондентов к введённой системе бакалавриата-магистратуры в Российской Федерации в промежуток времени 2010-2020 годы (рис. 4).

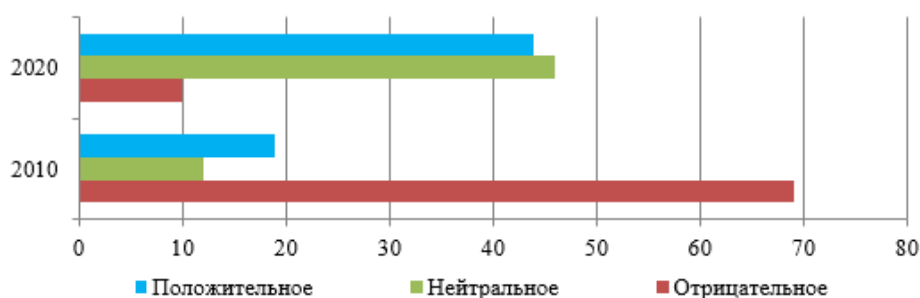


Рисунок 4 – Отношение студентов о введённой в России двухуровневой системе образования



Как видно из графика, результаты 2020 г. кардинально изменились относительно 2010 г. в положительную сторону.

Для составления более четкого портрета бакалавра попробуем использовать пирамиду знаний на основе пирамиды потребностей А. Маслоу, авторами которой являются преподаватели МГТУ им. Н.Э. Баумана Н.Е. Двучичанская и Г.Н. Фадеев [2]. Сопоставление образования бакалавра и специалиста изображаются как две тригональные пирамиды, вложенные одна в другую (рис. 5).

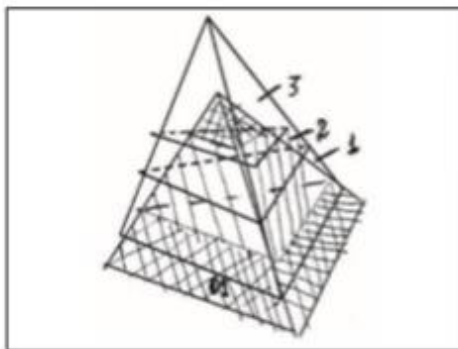


Рисунок 5 – Пирамида знаний [2]

Если мы представим бакалавриат в виде пирамиды, то увидим, что специалитет выше. Знания бакалавра ограничены верхней третью пирамиды из-за уменьшенных сроков обучения и других акцентов в образовании. Рассматривая пирамиду от основания к вершине можно выделить три основных составляющих обучения: знать, уметь, владеть. По сравнению со специалистом у бакалавра основополагающая часть «знать» сокращена; блок «уметь» основывается на нормах и требованиях специализации; а вот что касается сектора «владеть», то в бакалавриате он реализуется в малом объеме по сравнению со специалитетом. Вывод следующий: для качественного образования по уровню бакалавриата следует заложить более широкое основание, чем по уровню специалитета. Неравенство уровней выражается в том, что глубина и объем получаемых знаний остаются за специалистом. Знания являются основой умений, а умения, в свою очередь, формируют компетентного специалиста. Бакалавру же, на наш взгляд, необходимы изменения в области знаний. Они должны быть четко очерченными, актуальными, хоть и небольшими по объему.

Таким образом бакалавриат – базовая ступень высшего образования, дающая мобильность при выборе профессионального направления и его смене на следующей ступени высшего образования, раскрывающая возможность самостоятельного наполнения учебного плана по выбранному профессиональному направлению, акцентирующая внимание на практикоориентированности в освоении дисциплин, привлекающая контролируемой перспективой продолжения обучения в образовательной организации за рубежом. Полученные результаты исследования мнения студентов наряду с оценками специалистов позволяют предположить, что бакалавриат – наиболее перспективный уровень высшего образования с точки зрения профессиональной реализации.

#### Библиографический список

1. Гражданская инициатива. Пять тезисов об образовании. [Текст: электронный.] – URL: <http://netreforme.org/news/pyat-tezisov-ob-obrazovanii/> (дата обращения: 13.02.2020).
2. Двучичанская Н. Н. Бакалавриат в техническом университете: проблемы и пути их решения / Н.Н. Двучичанская, Г.Н. Фадеев // Высшее образование в России. – 2018. – № 3. – С. 96-103. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bakalavriat-v-tehnicheskom-universitete-problemy-i-puti-ih-resheniya/viewer> (дата обращения: 10.02.2020).

3. Матвиенко В.И. Пресс-конференция по итогам осенней сессии парламента. [Текст: электронный.] – URL: <https://mel.fm/novosti/9321540-matviyenko-poprosila> (дата обращения: 13.02.2020).
4. Сайт президента России. Документы. Перечень поручений по итогам телемоста В.В. Путина с участниками движения «Ворлдскиллс». [Текст: электронный.] – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/62118> (дата обращения: 13.02.2020).
5. Развитие Болонской системы в РФ. Опыт зарубежных стран – URL: <https://lektsii.org/16-21778.html> (дата обращения: 10.02.2020). – Текст: электронный.
6. Ректор МГИМО: в вузах недопонимают, что такое Болонский процесс. [Текст: электронный.] – URL: <https://ria.ru/20050609/40498085.html> (дата обращения: 13.02.2020).
7. Ректор РУДН ответил на слова Путина о бакалавриате для преподавателей. – URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5dc301809a7947659d4f6d5e> (дата обращения: 13.02.2020). – Текст: электронный.
8. Соловов, А.А. Подготовка бакалавров: проблема востребованности выпускников на рынке труда / А.А. Соловов // Вестник Самарского университета. История, педагогика, филология. – 2016. – № 4. – С. 58-64. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podgotovka-bakalavrov-problema-vostrebovannosti-vypusknikov-na-rynke-truda> (дата обращения: 10.02.2020).
9. Исследовательский центр портала Superjob.ru. 43% работодателей бакалавров от магистров не отличает. [Текст: электронный] / Рекрутинговый портал SuperJob.ru, 24.11.2009. – Режим доступа: [https://www.superjob.ru/community/otdel\\_kadrov/39958/](https://www.superjob.ru/community/otdel_kadrov/39958/) (дата обращения: 10.02.2020).

УДК 378.1

ГРНТИ 14.35.01

**НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ  
РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Зубаиров А. Ф.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Озёрск, Челябинская область*

afzubairov@mephi.ru

В работе описываются меры, которые должны быть приняты образовательными организациями в соответствии с действующим законодательством для использования дистанционных образовательных технологий и электронного обучения при реализации образовательных программ высшего образования.

*Ключевые слова:* высшее образования, дистанционные образовательные технологии, электронное обучение.

---

## **NORMATIVE SUPPORT FOR THE USE OF DISTANCE EDUCATION AND E-LEARNING IN PROGRAMS OF HIGHER EDUCATION**

Zubairov A. F.

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

The paper describes the actions to be taken by educational organizations in accordance with the current legislation for the use of distance education and e-learning in programs of higher education.

*Keywords:* higher education, distance education, e-learning.

В связи с введенными ограничительными мерами, направленными на предотвращение распространения COVID-19, остро встал вопрос о переходе на дистанционное образование в образовательных организациях, в том числе о нормативном обеспечении дистанционных образовательных технологий.

Появление дистанционных образовательных технологий принято связывать с двумя событиями [1]:

- в 1728 году Кaleb Филипс подал в бостонскую газету объявление о наборе студентов для изучения стенографии в любой точке страны путем обмена писем. Это послужило началом образования на расстоянии;

- в 1840-х британский лингвист Айзек Питман начал не только рассылать студентам задания (тоже из области стенографии), но и получать их назад для проверки. Это послужило началом опосредованному взаимодействию обучающихся и педагогических работников.

Далее в течение XIX-XX веков с появлением радио, телефонной связи, носителей аудиозаписей, телевидения, компьютеров все эти ресурсы стали в той или иной степени использоваться либо для общения преподавателей и обучающихся на расстоянии, либо для обмена преподавателей и обучающихся учебными материалами, заданиями и результатами их выполнения.

К современному этапу мир подошёл со следующими достижениями [2]:

- в 1981 году институт стратегии и управления в США начал разрабатывать программу онлайн-курсов;

- в 1985 году юго-восточный университет США предложил аккредитованные дипломы, получаемые через систему онлайн-курсов.

На протяжении 1990-х годов образовательные учреждения использовали различные технологии дистанционного образования как в режиме синхронного, так и асинхронного обучения.

В 1997 году компания Blackboard разработала стандартную платформу для управления и предоставления курсов.

В Российской Федерации с целью изучения, обобщения и внедрения в отечественную систему образования мировых наработок в данной сфере был предпринят ряд мероприятий на основании ряда нормативно-правовых актов, в числе которых необходимо выделить следующие:

- Приказ Госкомвуза России от 23.05.1996 N 929 «О научно-методическом совете по дистанционному образованию в области экономики и управления»;

- Приказ Минобразования России от 28.04.1997 N 816 «О создании межвузовского центра дистанционного образования по естественнонаучным дисциплинам и химической технологии»;

- Приказ Минобразования России от 30.05.1997 N 1050 «О проведении эксперимента в области дистанционного образования»;

- Приказ Минобразования России от 09.07.1997 N 1471 «Об организации научно-методического совета "Создание автоматизированных лабораторий и практикумов удаленного доступа»;

- Приказ Минобразования России от 14.07.1997 N 1515 «О дальнейшем развитии дистанционного образования»;

- Приказ Министерства общего и профессионального образования Российской Федерации от 3 августа 1998 года N 2086 «Об упорядочении деятельности учебных заведений, организаций и советов Минобразования России в сфере дистанционного обучения».

В результате проведенных экспериментов, апробаций, по итогам деятельности рабочих групп были внесены изменения в федеральное законодательство, легализующие применение дистанционных образовательных технологий в России.

Так, ст. 28 Закона РФ от 10.07.1992 N 3266-1 «Об образовании» (изм. от 10.01.2003) в компетенции РФ были отнесено полномочие «установление порядка разработки и использования дистанционных образовательных технологий», а ст. 32 к компетенции и ответственности образовательного учреждения было отнесено использование и совершенствование методик образовательного процесса и образовательных технологий, в том числе дистанционных образовательных технологий.

Под дистанционными образовательными технологиями в данном Законе понимались образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационных и телекоммуникационных технологий при опосредованном (на расстоянии) или не полностью опосредованном взаимодействии обучающегося и педагогического работника.

Во исполнения положений ст. 28 закона был принят Приказ Минобрнауки РФ от 06.05.2005 N 137 «Об использовании дистанционных образовательных технологий».

Редакцией Закона РФ от 10.07.1992 N 3266-1 от 28.02.2012 в тесной связке с дистанционными образовательными технологиями стало упоминаться и электронное обучение, которое было определено как организация образовательного процесса с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие участников образовательного процесса.

Именно с такими нормативными установками законодатель подошёл к изданию нового федерального закона, который в настоящее время регламентирует образовательную деятельность в Российской Федерации.

1. Итак, в соответствии со ст. 13 Федерального закона от 29.12.2012 N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» образовательным организациям дано право использовать дистанционные образовательные технологии и электронное обучение (далее соответственно ДОТ и ЭО): «при реализации образовательных программ используются различные образовательные технологии, в том числе дистанционные образовательные технологии, электронное обучение»;

2. Определения ДОТ и ЭО в Федеральном законе 273-ФЗ практически полностью соответствуют определениям закона об образовании 1992 года.

3. Ст. 16 Федерального закона от 29.12.2012 N 273-ФЗ предписывается, что организации, осуществляющие образовательную деятельность, вправе применять электронное обучение, дистанционные образовательные технологии при реализации образовательных программ в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти. При этом ст. 91 определяется, что лицензионные требования и условия, установленные в положении о лицензировании образовательной деятельности, должны учитывать особенности осуществления образовательной деятельности при реализации образовательных программ с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий. Однако это требование не является обязательным для всех образовательных

организаций. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 28.10.2013 N 966 (ред. от 21.02.2020) «О лицензировании образовательной деятельности» наличие условий для функционирования электронной информационно-образовательной среды, включающей в себя электронные информационные ресурсы, электронные образовательные ресурсы, совокупность информационных технологий, телекоммуникационных технологий и соответствующих технологических средств и обеспечивающей освоение обучающимися независимо от их местонахождения образовательных программ в полном объеме, необходимо только для образовательных программ с применением исключительно электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Профильным министерством во исполнение ст. 16 Федерального закона от 29.12.2012 N 273-ФЗ утвержден порядок применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ (Приказ Минобрнауки России от 23 августа 2017 года N 816) (далее - Порядок).

Основные положения Порядка следующие.

1. В соответствии с п. 3 Порядка организации, осуществляющие образовательную деятельность (далее - организации), реализуют образовательные программы или их части с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий в предусмотренных формах обучения или при их сочетании:

- при проведении учебных занятий,
- практик,
- текущего контроля успеваемости,
- промежуточной,
- итоговой и (или) государственной итоговой аттестации обучающихся.

Таким образом определена сфера применения ДОТ и ЭО.

2. В соответствии с п. 4 Порядка организации доводят до участников образовательных отношений информацию о реализации образовательных программ или их частей с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, обеспечивающую возможность их правильного выбора.

Данная мера в первую очередь обеспечивается путем информирования участников образовательных отношений через официальный сайт образовательной организации. Так, в соответствии с п.п. «а» п. 3 Правил размещения на официальном сайте образовательной организации в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" и обновления информации об образовательной организации (утв. постановлением Правительства РФ от 10 июля 2013 г. N 582) образовательная организация размещает на официальном сайте информацию об использовании при реализации образовательных программ электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

3. В соответствии с п. 5 Порядка образовательные организации:

- обеспечивают соответствующий применяемым технологиям уровень подготовки педагогических, научных, учебно-вспомогательных, административно-хозяйственных работников организации;

- самостоятельно определяют порядок оказания учебно-методической помощи обучающимся, в том числе в форме индивидуальных консультаций, оказываемых дистанционно с использованием информационных и телекоммуникационных технологий;

- самостоятельно определяют соотношение объема занятий, проводимых путем непосредственного взаимодействия педагогического работника с обучающимся, в том числе с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Таким образом, данным положением предписано обязательное обеспечение уровня подготовки работников, установлено требование определения организацией порядка оказания учебно-методической помощи обучающимся, установлено требование определения соотношения объема занятий, проводимых путем непосредственного взаимодействия



педагогического работника с обучающимся. Указанное соотношение может быть определено в основной образовательной программе высшего образования: в учебном плане может быть указано общее соотношение объема занятий, которое детализируется в рабочих программах дисциплин, программах практик и государственной итоговой аттестации.

4. Каждая образовательная организации Российской Федерации должна быть осведомлена, что в соответствии с п. 7 и п. 8 Порядка организации вправе осуществлять реализацию образовательных программ или их частей с применением исключительно электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, организуя учебные занятия в виде онлайн-курсов, освоение которых подтверждается документом об образовании и (или) о квалификации либо документом об обучении. Такая осведомленность необходима, так как п. 8 Порядка предписано всем организациям без исключения допускать обучающегося к промежуточной аттестации по соответствующим учебным предметам, курсам, дисциплинам (модулям), иным компонентам образовательной программы, или засчитывать результат обучения в качестве результата промежуточной аттестации на основании документа об освоении онлайн-курса, предоставленного обучающимся. Во исполнение данного требования образовательная организация должна не зависимо от применения самой организацией ДОТ и ЭО определить порядок и форму зачета результатов обучения по документу об освоении онлайн-курса посредством сопоставления планируемых результатов обучения по соответствующим учебным предметам, курсам, дисциплинам (модулям), иным компонентам, определенным образовательной программой, с результатами обучения по соответствующим учебным предметам, курсам, дисциплинам (модулям), иным компонентам образовательной программы, по которой обучающийся проходил обучение, при представлении обучающимся документов, подтверждающих пройденное им обучение.

5. В соответствии с п. 9 Порядка при реализации образовательных программ или их частей с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий организации ведут учет и осуществляют хранение результатов образовательного процесса и внутренний документооборот на бумажном носителе и/или в электронно-цифровой форме по своему усмотрению.

Особенностью реализации основных образовательных программ высшего образования является необходимость включения в них модулей практики (учебной, производственной, в том числе практики для выполнения выпускной квалификационной работы) и особого порядка проведения государственной итоговой аттестации (государственный экзамен, защита выпускной квалификационной работы).

Положением о практике обучающихся, осваивающих основные профессиональные образовательные программы высшего образования (Приказ Минобрнауки России от 27.11.2015 N 1383), определяется, что программа практики разрабатывается и утверждается в соответствии с названным положением образовательной организацией и является составной частью образовательной программы высшего образования, обеспечивающей реализацию стандартов. Положением предусмотрено, что программа практики включает в себя перечень информационных технологий, используемых при проведении практики, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости).

Таким образом, при использовании ДОТ при проведении практики необходимо внести изменения в программы практик, указав, что практика проводится с использованием ДОТ, уточнив перечень информационных технологий, используемых при проведении практики, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

При этом целесообразно проработать следующие вопросы.

1. Необходимость обеспечить доступ (если предусмотрен программой практики) к технологическому оборудованию, установкам, к средствам проектирования и разработки программного обеспечения, баз данных. Для получения навыков работы с оборудованием, установками, следует отыскать их виртуальные аналоги, тренажеры. При необходимости использования для разработки программных продуктов проприетарного программного



обеспечения необходимо подобрать совместимые аналоги проприетарного ПО, распространяемые по свободным лицензиям.

2. Необходимость обеспечить доступ к информационным системам и базам данных, эксплуатирующимся на предприятии. Рекомендуется организовать выделенный канал связи между предприятием и вузом. Данный канал связи может использоваться для доступа к информационным системам и базам данных, доступ к которым не ограничивается предприятием.

3. Необходимость получения информации ограниченного доступа. Для исключения необходимости доступа к такой информации необходимо либо исключить из программы практики необходимость доступа к этой информации, либо предусмотреть возможность работы студентов с тестовыми синтетическими анонимными данными.

4. Необходимость общения студентов с руководителями практик и консультантами. Такое общение возможно осуществить, как правило, посредством стационарной телефонной связи, электронной почты, а также посредством мобильной связи, социальных сетей и мессенджеров, если их использование не запрещено на предприятии. Для предъявления результатов выполнения заданий целесообразно использовать служебную электронную почту.

5. Необходимость подготовки отчетной документации. Документацию следует оформлять в электронной форме (документ на бумажном носителе, преобразованный в электронную форму путем сканирования или фотографирования с обеспечением машиночитаемого распознавания его реквизитов).

Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, специалитета и магистратуры (Приказ Минобрнауки России от 29.06.2015 N 636) определено, что организации используют необходимые для организации образовательной деятельности средства при проведении государственной итоговой аттестации обучающихся. При этом в соответствии с п. 19 организации вправе применять электронное обучение, дистанционные образовательные технологии при проведении государственных аттестационных испытаний. Особенности проведения государственных аттестационных испытаний с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий определяются локальными нормативными актами организации. При проведении государственных аттестационных испытаний с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий организация обеспечивает идентификацию личности обучающихся и контроль соблюдения требований, установленных указанными локальными нормативными актами.

Уточненные требования к применению ДОТ и ЭО в целом могут быть установлены в федеральных государственных образовательных стандартах по соответствующим направлениям подготовки (специальностям).

Таким образом, подводя итог сказанному, образовательная организация для применения ДОТ и ЭО должна принять следующие меры:

1) определить, какая часть образовательной программы будет реализовываться с применением ДОО и ЭО (п. 3 Порядка Приказ Минобрнауки России от 23 августа 2017 года N 816) (учебные занятия, практики, текущий контроль успеваемости, промежуточная, итоговой и (или) государственной итоговой аттестации обучающихся);

2) определить соотношение объема занятий, проводимых путем непосредственного взаимодействия педагогического работника с обучающимся и без взаимодействия (п. 5 Порядка), внося изменения в образовательные программы (в учебные планы и рабочие программы дисциплин, программы практик, программы государственной итоговой аттестации);

3) обеспечить соответствующий применяемым технологиям уровень подготовки работников организации (п. 5 Порядка);

4) определить порядок оказания учебно-методической помощи обучающимся (п. 5 Порядка);

5) информировать обучающихся о реализации ОП с применением ДОТ и ЭО (п. 3.3 Рекомендаций);

6) в программах практик определить перечень информационных технологий, используемых при проведении практики, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости) (Приказ Минобрнауки России от 27.11.2015 N 1383);

7) локальными актами установить особенности проведения государственных аттестационных испытаний с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий; предусмотреть при этом обеспечение идентификации личности обучающихся и контроль соблюдения требований, установленных соответствующими локальными нормативными актами (Приказ Минобрнауки России от 29.06.2015 N 636).

#### Библиографический список

1. Пьянников М. М. К вопросу об истории дистанционного образования // Ученые записки ЗабГУ. 2011 № 5. С. 119-124.
2. Замулин И. С. Основные исторические этапы и аспекты становления современного дистанционного образования и некоторые платформы его реализации // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. 2019 № 28. С. 109-113.

**УДК 378.016**  
**ГРНТИ 14.35.09**

### **ПРОДУКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБУЧЕНИЯ АТОМНОЙ И ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА**

Зубова Н. В.

*Трёхгорный технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Трёхгорный, Челябинская область*

Na448@yandex.ru

Обучение физике в техническом вузе требует развитие творческих качеств личности. Для этого нами предложена продуктивная технология обучения на примере раздела «Атомная и ядерная физика». Эта технология основана на формулировке профессионально значимой проблемы и поэтапном ее решении с получением продукта – технического устройства.

*Ключевые слова:* продуктивная технология обучения, проблема, творческое мышление, физика, технический вуз.

### **EFFICIENT TECHNOLOGY FOR TEACHING ATOMIC AND NUCLEAR PHYSICS AT TECHNICAL UNIVERSITY**

Zubova N. V.

*TTI NRNU MEPhI, Trekhgorny*

Teaching physics at a technical university requires the development of creative qualities of the individuals. For this purpose, we have proposed an efficient training technology based on the section "Atomic and Nuclear Physics". This technology is based on the formulation and step-by-step solution of a professionally significant problem with obtaining a finished product – a technical device.

*Keywords:* efficient teaching technology, problem, creative thinking, physics, technical university.

Продуктивная технология обучения студентов физики в высшей школе может служить основным, так как развивает творческие качества личности и предполагает интегрированный подход в системе образования. Анализ творческой деятельности показал, что при ее регулярной реализации у будущих инженеров и бакалавров производства развиваются качественно новые способности мышления. Учащиеся приобретают навыки: быстроты ориентировки в меняющихся ситуациях; способности видеть проблему и не бояться ее новизны; применять в решении проблемы различные средства; искать оптимальные пути решения поставленных задач с использованием межпредметной связи и т. п. Это приводит к созданию качественно новых продуктов инженерной деятельности. Спрос на эти качества велик в настоящее время и, очевидно, будет повышаться в будущем. Для качественного функционирования продуктивного метода обучения необходимо наличие проблемы и ее поэтапного разрешения. Разрешение проблемы реализуется в виде маршрута, образованного действиями, ориентированными на получение продукта и тем самым, разрешением проблемной ситуации [5, стр. 19].

Рассмотрим применение продуктивной технологии обучения на примере курса «Атомная и ядерная физика». Ведущие преподаватели НИЯУ МИФИ отмечают значимость изучения физики: «Сегодня в эпоху высоких технологий знание основ атомной и ядерной физики необходимо любому человеку, считающему себя образованным» [6]. Изучение атомной и ядерной физики поможет будущему инженеру производства лучше понять проблематику современной атомной энергетики, проблемы, связанные с влиянием атомной энергетики на окружающую среду и здоровье человека.

Для реализации продуктивной технологии в курсе атомной и ядерной физики обозначим пошагово путь для получения технического продукта.

Формулировка профессионально ориентированной проблемной ситуации.

Поэтапное решение проблемных задач.

Исследование проектной деятельности и создание технического продукта [4, с. 38].

Анализ проблемной ситуации - значительная стадия независимой познавательной деятельности. На данной стадии происходит определение того, что знакомо и незнакомо, связь между ними, характер неведомого и его отношение к известному. Все это дает разрешение сформулировать проблему и изобразить ее в виде цепочки проблемных задач.

На производственных площадках ядерно-оружейного комплекса «Приборостроительного завода» города Трехгорного в течении рабочей смены происходит перемещение персонала предприятия, в том числе и лиц контактирующих с источниками ионизирующего излучения. Чтобы максимально исключить возможные переносы ионизирующих частиц за пределы промышленной площадки необходимо применить (проходить) дополнительный тест-контроль. Требуется исключить возможность распространения радиоактивных частиц, оседающих на одежде, обуви и личных вещах персонала промышленной зоны ядерного оружейного комплекса, то есть разработать и создать дозиметр.

Дальнейшая реализация продуктивной технологии обеспечивается решением проблемных задач. Проблемная задача имеет различия от проблемы четкой определенностью и ограниченностью того, что дано и что надлежит установить. Верная формулировка и трансформация проблемы в цепочку четких и конкретных проблемных задач - это достаточно весомое вложение в решение проблемы.

Для разрешения проблемной ситуации студентам можно предложить следующие вопросы и проблемные задачи.

1. Оценить проникающие способности радиоактивных излучений и способы их экранирования.

2. Предложить средства контроля радиоактивной опасности сотрудниками предприятий атомной промышленности. Для этого необходимо выяснить, какие имеются виды контроля на различных предприятиях, предложить способы их совершенствования.

3. На предприятиях ядернооружейного комплекса чаще применяют электровакуумные аппараты в условиях радиоактивного излучения, чем полупроводниковые. При этом стоимость вторых ниже. Предложить возможные пути разрешения этого противоречия.

4. Предложить способы ускорения или замедления скорости радиоактивного распада внешним воздействием. Какие пути решения этой проблемы будут наиболее эффективными: нагреванием, охлаждением, электромагнитными полями, механическим воздействием?

Далее нужно последовательно работать с каждой проблемной задачей по отдельности. Выдвигаются догадки и гипотезы о вероятном решении проблемной задачи. Из большого числа предположений и гипотез выдвигаются несколько хорошо аргументированных предположений. После этого проблемные задачи решаются с помощью последовательной проверки выдвинутых гипотез.

Проверка правильности решения проблемы включает в себя сравнение цели, условий поставленной задачи и полученного результата. Значительный смысл имеет разбор всего пути проблемного поиска. Нужно возвратиться обратно и снова взглянуть, есть ли другие более четкие и ясные формулировки проблемы, более рациональные методы ее решения. Также существенным является проведением анализа ошибок и осмысление сути и причины неверных гипотез и догадок. Это позволяет проверить верность решения определенной проблемы и обрести ценный осмысленный опыт и знания, - все это есть главным приобретением обучаемого.

Обучение благодаря продуктивной технологии называют проблемным обучением. Оно способствует формированию знаний, умений и способов деятельности (Таблица 1).

Таблица 1 – Познавательные способности продуктивной технологии обучения

Достоинства проблемного обучения	Процесс обучения	Способы познавательной деятельности студентов
	Учит	думать логично, научно и творчески
		самостоятельному творческому поиску нужных знаний
		преодолевать встречающиеся затруднения
	Делает	учебный материал более доказательным
		усвоение учебного материала более основательным и прочным
	Способствует	превращению знаний в убеждения
	Вызывает	положительное эмоциональное отношение к учению
	Формирует и развивает	познавательные интересы
		творческую личность

Продуктивные способы не универсальны, не любая учебная информация хранит в себе противоречие и играет роль учебной проблемы. Данный учебный материал надлежит доставлять репродуктивными способами. Организовать проблемную ситуацию на абсолютном неведении неосуществимо. Для того, чтобы вызвать у учащихся познавательный интерес, нужно чтобы они уже имели некоторый начальный запас знаний. Создать этот запас можно только благодаря репродуктивному методу. Одним из таких методов может служить решение экспериментальной задачи.

Проведение аудиторного экспериментального опыта по обнаружению альфа-, бета- и гамма-лучей позволит ответить на один из поставленных вопросов для разрешения проблемной ситуации.

Радиоактивный препарат помещался на дно узкого канала в куске свинца (Рисунок 1). Против канала помещалась фотопластинка. На выходящее из канала излучение действовало

сильное магнитное поле, перпендикулярное пучку. Вся установка размещалась в вакууме. В отсутствие магнитного поля на фотопластинке после проявления обнаруживалось одно темное пятно, точно против канала, а в магнитном поле пучок распадался на 3 пучка. Две составляющие первичного потока отклонялись в противоположные стороны. Это определенно указывало на наличие у этих составляющих электрических зарядов противоположных знаков; отрицательная компонента излучения отклонялась в магнитном поле гораздо больше, чем положительная. Третья составляющая не отклонялась магнитным полем. Положительно заряженная компонента получило название альфа-лучей, отрицательно заряженная – бета-лучи и нейтральная – гамма-лучи.

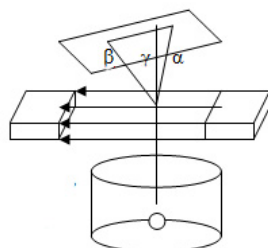


Рисунок 1 – Экспериментальное обнаружение альфа-, бета- и гамма-лучей

Эти три вида излучения очень сильно отличаются друг от друга по проникающей способности, т.е. по тому, насколько интенсивно они поглощаются различными веществами. Студентам можно предложить заполнить таблицу 2. Для этого следует изучить проникальные способности радиоактивных элементов и возможности их экранирования.

Таблица 2 – Три вида излучения и способы их экранирования

Излучение	Заряд	Проникальные способности	Природа	Примеры
$\alpha$	+	Min	Поток атомных ядер гелия ${}^4_2\text{He}$ $v = 14.000 - 20.000$ км/с	Пробег в воздухе (?) см Бумага (?) мм Алюминий – (?) мм
$\beta$	-	чуть $> \alpha$	Поток электронов ${}^0_{-1}e$ $v \approx 300.000$ км/с	Пробег в воздухе (?) см свинец – (?) см
$\gamma$	0	Max	Поток коротких эл-магн. волн (фотонов) $v = 300.000$ км/с	пробег в воздухе (?) м свинец – (?) см На сколько пронизывает тело человека (?) см

Сделайте сравнительный анализ полученных данных и выводы представленных результатов.

Последним этапом реализации продуктивного обучения служит выполнение проектной деятельности и разрешение проблемной ситуации. Для этого студентам необходимо изготовить дозиметр.

Дозиметры представляют собой измерительные приборы для качественной и количественной оценки дозы радиоактивного излучения или мощности этой дозы за единицу времени. Одним из измерителей может служить счетчик Гейгера-Мюллера: он измеряет дозу радиации за счет подсчета количества ионизирующих частиц, проходящих через его рабочую камеру. Именно этот чувствительный элемент является главной деталью любого

дозиметра [1, с. 67; 2, с. 152]. Следует разработать и создать дозиметр для измерения радиационного излучения в помещениях.

Выполнение проектной деятельности предполагает различные виды деятельности:

- 1) реферативную, в результате которой могут быть описаны различные области применения разработанного дозиметра;
- 2) проектировочно-конструкторскую, в результате которой создается устройство для измерения радиационного излучения;
- 3) экспериментальную деятельность, направленную на количественные определение технических характеристик изготовленного устройства;
- 4) репрезентативную, предполагающую описание проекта и подготовку к его защите [3, с. 77].

Выполнение проектной деятельности завершает этапы реализации продуктивной технологии обучения, которая реализуется на всем протяжении изучения раздела «Атомная и ядерная физика».

Применение продуктивного обучения в образовательном процессе ориентирует студентов на создание технически значимого продукта, который получается путем приращения нового к уже известным знаниям. Студенты реализуют собственные идеи, гипотезы, физические и технические модели для формирования образовательного продукта. В процессе изучения физики у будущего инженера происходит развитие навыков и способностей, соответствующих изучаемой дисциплине.

#### Библиографический список

1. Бурцева, Л.П. Методика профессионального обучения. Учебное пособие / Л.П. Бурцева. - Москва: Наука, 2015. - 160 с.
2. Галямова, Э.М. Методика преподавания технологии. Учебник / Э.М. Галямова, В.В. Выгонов. - М.: Academia, 2014. - 176 с.
3. Зубова Н.В. Методика разработки и апробации комплексной кейс-технологии обучения физике студентов технического вуза / М.Д. Даммер, Н.В. Зубова // Вестник Челябинского государственного педагогического университета, 7-выпуск, г. Челябинск, 2018 – С.74-78.
4. Кукушина В.С. Педагогические технологии: Учеб. пособие для студентов педагогических специальностей / Под общ. ред. В.С. Кукушина. - Изд. 4-е, пере-раб. и доп. - Ростов-н/Д: Издательский центр «МарТ»; Феникс, 2010 – 343 с
5. Самойлов Е.А. Использование приемов продуктивной деятельности / Е.А. Самойлов // Физика в школе. - 2005. - N 2. – С.13-29.
6. Элементы атомной и ядерной физики. URL: <https://www.coursera.org/lecture/elementy-atomnoj-i-yadernoj-fiziki/zakon-radioaktivnogho-raspada-ZDY17>



УДК 37.035.467  
ГРНТИ 14.37.09

## **БАЛИНТОВСКАЯ ГРУППА КАК ФОРМА ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ РАБОТЫ С ПЕДАГОГАМИ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ**

Фаткуллина М. Б.

*МБОУ «Средняя общеобразовательная школа №1 с углубленным изучением отдельных предметов»  
Вахитовского района г. Казани*

marina\_rabochyi@hotmail.com

В данной статье рассказывается об опыте использования психологом общеобразовательной школы Балинтовских групп, задачей которых является помочь педагогам найти новый способ взаимодействия с учениками в сложных ситуациях педагогического общения.

*Ключевые слова:* Балинтовская группа, коммуникативные навыки, профилактика эмоционального выгорания.

## **BALINT GROUP AS A FORM OF PSYCHOLOGICAL WORK WITH TEACHERS OF SECONDARY SCHOOLS**

Fatkullina M.B.

*MBEI «Secondary general educational school № 1 with in-depth study of individual subjects»  
of Vakhitovsky district of Kazan*

This article describes the observations and conclusions of a psychologist who utilized the methods developed by the comprehensive school of Balintov groups to help educators in improving their interactions with the pupils in complex situations of educational environment.

*Keywords:* Balint group, communication skills, prevention of emotional burnout.

Балинтовская группа – эффективный метод групповой работы, который применяется в целях получения коллегиальной поддержки в решении трудных случаев, повышения коммуникативных навыков, снижения профессионального стресса и эмоционального выгорания специалистов в профессиях типа «Человек–Человек». В настоящее время эта технология используется не только в группах врачей и психологов, но и в группах учителей, социальных работников, полицейских, священников и других специалистов, основой работы которых является профессиональная коммуникация.

Цели работы балинтовских групп в образовательных учреждениях:

- поощрять педагогов ценить свои навыки межличностных отношений и учиться понимать их пределы;
- улучшить восприятие и понимание коммуникации педагога с коллегами, учениками, родителями учеников;
- помочь педагогу осознать его "слепые пятна" в общении со всеми участниками педагогического процесса.

Приоритетами в работе Балинтовской группы являются безопасность обсуждения, анализ и эмоциональная поддержка её участников.

В проводимом нами обсуждении акцент делался не на профессиональном – методическом – анализе поведения педагога с учеником/учениками, а на различных особенностях и аспектах взаимоотношений педагога с учеником/учениками в рамках обсуждаемого случая, на реакциях педагога на обстоятельства этой ситуации. Для этого

участники побуждались говорить не только о том, что они думают, но и о том, что они чувствуют (эмоционально и телесно) во взаимоотношениях с учениками, что педагог и ученик значат друг для друга, и что они друг для друга делают.

Мы опирались на следующую схему проведения Балинтовской группы [2]:

1 шаг. Вступление: ознакомление участников с предстоящей работой.

2 шаг. Шеринг: педагоги – участники группы делятся чувствами.

3 шаг. Сообщение протагониста: короткий рассказ (5-15 минут) протагониста о трудном случае из его практики. (Протагонист – главный герой, центральное действующее лицо.)

4 шаг. Вопросы: участники группы задают вопросы протагонисту, чтобы прояснить важные моменты данной ситуации. В одном круге каждый участник задает только один вопрос. Может быть два круга вопросов. Мы ограничивали вопросы двумя кругами, чтобы вопросов не было чересчур много, иначе процесс мог «завязнуть» в излишней информации.

5 шаг. Формулирование запроса: протагонист сообщает, какого результата он ждёт от работы группы. Запрос должен относиться к сфере коммуникаций педагога с учеником/учениками.

После этого протагонист выходит за круг.

6 шаг. Обратная связь участников: педагоги делятся своими мыслями по поводу обсуждаемой ситуации; рассказывают о похожих случаях из своей практики, о своих решениях; высказывают свои предложения по поводу коммуникации в обсуждаемом случае.

На данном этапе нет дискуссий между участниками группы, а также между участниками и протагонистом – каждый педагог высказывается по очереди; протагонист молча слушает высказывания участников группы за кругом.

На этом этапе можно предложить педагогам «присоединиться» к ученику/ученикам, т.е. поставить себя на их место и рассказать о своих эмоциях, ощущениях, мыслях.

7 шаг. Обратная связь протагониста: Протагонист возвращается в круг и делится впечатлениями о том:

- какие образы, ощущения, чувства у него возникли; какие предложения участников, коммуникативные приемы показались ему уместными для данной ситуации;

- что из услышанного он собирается использовать;

- получил ли он ответ на свой запрос.

8 шаг. Шеринг: все участники группы делятся чувствами.

Мы проводили Балинтовские группы по запросу учителей в следующих ситуациях:

1. Учитель–предметник Ф.Н. обратился к психологу по проблеме взаимоотношений с учеником 5 класса (мальчик, 11 лет): учащийся не приступал к выполнению задания во время фронтальной работы в классе, если учитель не обращался к нему лично; мог сесть под парту во время урока, петь, ходить по классу или агрессивно реагировать на вербальные «выпады» одноклассников. Запрос учителя состоял в том, как ей взаимодействовать с учеником во время уроков.

Результатом работы Балинтовской группы в данной ситуации явилось осознание педагога, что ей не хочется эмоционально вкладываться в отношения с «трудным» учеником. Педагог с большим стажем работы, уже вышедший на пенсию, возможно, находился на 2–ой стадии эмоционального выгорания (по М. Буриш), которая называется «Снижение уровня собственного участия» [1]. Процесс Балинтовской группы позволил педагогу реалистично взглянуть на свои ресурсы и желания, осознать и принять их.

2. Классный руководитель 11 класса обратился по вопросу взаимодействия с учащимися, у которых было очень много пропусков, как целых учебных дней, так и отдельных уроков. Запрос учителя состоял в том, как ей мотивировать учеников соблюдать школьную дисциплину и посещать занятия.

В процессе Балинтовской группы все участники, кроме протагониста, пришли к единому убеждению, что у учителей нет реальных рычагов воздействия на учащихся, чтобы

мотивировать их дисциплинированно посещать учебные занятия и быть активными на уроках. Педагоги поделились опытом собственного мотивирования 11-классников: дифференцированный подход к учащимся на уроке; индивидуальные и групповые формы работы на уроке; индивидуальные и групповые беседы учителей и директора с учащимися; нотации; требование объяснительных от учеников по прогулам, как целых учебных дней, так и отдельных уроков; беседы с родителями; сообщения родителям об отсутствии учеников на уроках непосредственно во время урока; проведение элективных курсов; консультаций по предмету; беседы с родителями на данную тему родительских собраниях и др. Участники Балинтовской группы сошлись во мнении, что их задача - выполнять профессиональные обязанности, а именно, давать на уроках материал, предусмотренный учебным планом. Кроме того, педагоги выразили готовность идти навстречу тем ученикам, которые проявляют заинтересованность: учителя готовы откликаться, но запрос должен исходить от учеников. Коротко позицию учителей, работающих в 11 классе можно обозначить как формальное исполнение своих профессиональных обязанностей. Но судя по эмоциональным реакциям учителей в процессе балинтовской группы, можно отметить, что в данном случае мы говорим о подходе, формальном по форме, но не по сути, т.к. в процесс обучения (на уроках учителя), конечно же, включаются эмоционально и переживают весь спектр эмоций. Вероятно, здесь также можно говорить об эмоциональном выгорании специалистов, а именно о стадии «Снижение уровня собственного участия».

Результатом Балинтовской группы для классного руководителя явилось то, что она не смогла взглянуть на данную ситуацию по-другому, а осталась с убеждением, что она ещё сделала не всё, что можно, чтобы повлиять на учеников в желаемом направлении. Учитель не принял собственного бессилия.

Кроме описанных педагогических ситуаций, которые решались, в том числе, методом Балинтовских групп, с учителями школы было проведено совещание в форме кейс-стади [3]. Данный метод относится к поисково-исследовательским технологиям и так же, как и метод Балинтовских групп, основывается на анализе конкретных случаев.

Методом кейс-стади рассматривалась следующая педагогическая ситуация:

Учитель начальной школы обратился к психологу по проблеме взаимоотношений с учеником с СДВГ (мальчик, 7 лет). Диагноз не был подтверждён официально медицинскими документами. После соответствующей диагностики учащегося, которая включала беседу, наблюдение, тестирование, педагогу были предложены рекомендации по взаимодействию с данным учащимся. Учитель не выполнял рекомендации, ссылаясь на то, что они не работают. Учитель избрал тактику привлечения родителей к педагогическому процессу, например, она приглашала родителей присутствовать в классе во время урока, отправляла сообщения родителям в форме текстов, фото- и видеопосланий о неприемлемом поведении ребёнка, обсуждала поведение данного ученика с родителями других детей, если случались детские конфликты. Свой стиль взаимодействия с учеником педагог менять не хотел. На предложение участвовать протагонистом Балинтовской группы категорически отказалась, расценив такую форму работы как публичное признание своей профессиональной некомпетентности. Тогда по решению директора школы был проведен малый педсовет по данной ситуации в форме кейс-стади.

Решение кейса имело этапы:

1. Знакомство с ситуацией: участники педсовета были поделены на несколько малых групп; каждая группа получила лист с подробным описанием педагогической ситуации.

2. Выделение основной проблемы, выделение факторов и персоналий, которые могут реально воздействовать на ситуацию: педагогам предлагалось определить участников конфликта, предмет конфликта, нормативно-правовую документацию, необходимую для корректного решения данной ситуации.

3. Предложение концепций или тем для «мозгового штурма»: педагоги искали способы решения конфликта;

4. Решение кейса: участники составляли поэтапный план действий для совладания с трудной педагогической ситуацией.

Итогом малого педсовета были планы действий, разработанные двумя группами участников, а также обратная связь от педагогов об их реальном опыте в похожих ситуациях. Кроме того, педагог – протагонист представленной ситуации получила эмоциональную поддержку коллег.

Подводя итог, рассмотрим некоторые особенности, которые мы наблюдали в группах педагогов при использовании такой формы работы, как Балинтовские группы.

1. Учителя не были склонны говорить о своих чувствах. На предложение поделиться чувствами по поводу ситуации педагоги говорили о своих мыслях, решениях, действиях. Например, на вопрос: «Что вы чувствуете?», участники говорили: «Я чувствую, что у меня нет способов воздействия на учащихся» или «Я чувствую, что мы не решили ситуацию» и т.д.

И это – не особенность поведения именно педагогов. Людям вообще трудно говорить о своих чувствах. Большинство людей не осознают собственных чувств и эмоциональных состояний.

2. Педагогам было сложно встать на позицию учеников – ощутить их чувства, мысли, желания. Когда в процессе Балинтовской группы ведущий предлагал участникам поставить себя на место учеников и поделиться этими чувствами, учителя начали сравнивать себя в пору школьного детства с нынешними учениками, и воспринимали своё поведение, свои ценности, убеждения как эталонные, а поведение, ценности, убеждения их учеников как не соответствующие эталону, как «неправильные».

3. Вначале учителя настороженно воспринимали общение в круге, выражали удивление, желание сесть за парты. Скорее всего, так проявлялись защитные реакции педагогов, которым на некоторое время предлагалось выйти из привычной роли и, что называется, из зоны комфорта, быть на равных со всеми участниками, в открытой позиции. Но через некоторое время педагоги - участники Балинтовской группы, принимали такую форму взаимодействия и свободно высказывались в процессе обсуждения.

4. Балинтовские группы не имеют своей целью поиск решения для конкретной ситуации. Как уже отмечалось выше, важным итогом может стать, например, осознание учителем пределов своих возможностей, возникновение нового восприятия трудной педагогической ситуации, определение для себя другого способа поведения с учениками, коллегами, родителями и др.

И такая неопределённость в итоге по завершении работы Балинтовской группы вызывала разочарование у некоторых участников, им хотелось конкретных рекомендаций, указаний, алгоритмов действий; оставалось ощущение незаконченности процесса.

Такое же ощущение иногда возникало и у ведущего Балинтовской группы.

Но по окончании группы процесс проживания чувств и осознанного или бессознательного переосмысления ситуации продолжался.

5. Метод кейс-стади вызвал у педагогов больше одобрения, т.к. процесс его был более структурирован, алгоритмизирован; проводился в привычной обстановке, когда ведущий стоял у доски, а участники сидели за партами; кроме того, в итоге были разработаны конкретные планы действий.

#### Библиографический список

1. Водопьянова Н.Е., Старченкова Е.С. Синдром выгорания: диагностика и профилактика. – СПб.: Изд-во “Питер”, 2008. – 336 с.
2. Кулаков С.А. Супервизия в психотерапии. Учебное пособие для супервизоров и психотерапевтов. – СПб., 2004. [Текст: электронный] – Режим доступа: <http://medpsy.ru/meds/meds299.php>.
3. Черкасова И.И. Возможности кейс-методов в развитии панорамно-педагогического мышления. // Среднее профессиональное образование. – 2007. – №6. – С. 35-38.

# ГУМАНИТАРНОЕ ЗНАНИЕ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

УДК 101.8  
ГРНТИ 02.31.01

## УНИКАЛЬНЫЕ ФОРМЫ ФИЛОСОФСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Борчиков С. А.

*Озёрский колледж искусств  
г. Озёрск, Челябинская область*

kwsм@mail.ru

В статье рассматриваются типы, стили, способы, формы философского мышления в аспекте их уникальности и соотношения с универсальным логическим мышлением. Развеивается предрассудок, считающий логическое мышление единственно образцовым и истинным. Показывается, что все формы мышления имеют ценность и вносят свой вклад в бытие философии.

*Ключевые слова:* мышление, логос, мыслечувствие, ургия, мыслемедитация, эрайгнис.

## UNIQUE FORMS OF PHILOSOPHICAL THINKING

Borchikov S. A.

*Ozersk College of Arts, Ozersk*

The article discusses the types, styles, methods, forms of philosophical thinking in terms of their uniqueness and correlation with universal logical thinking. Prejudice, which considers logical thinking to be the only exemplary and true, is dispelled. It is shown that all forms of thinking have value and contribute to the being of philosophy.

*Keywords:* thinking, logos, thought-feeling, urgy, thought-meditation, ereignis.

### 1) Предрассудок о философском мышлении

Считается (особенно в среде ученых-естественников), что существует единственный вид правильного мышления – логическое мышление, а всё остальное – это то же самое мышление, но как бы разжиженное, разбавленное всяческими, не совсем логически выдержанными мыслями, либо и того «хуже» – чувственными, внемыслительными, «гуманитарными» феноменами.

Теория уникальной метафизики показывает, что это не так. Универсальное логическое мышление всего лишь модель, рисуемая наукой о мышлении (логикой или нозматикой), а реальное мышление протекает в массе многообразных типов, видов, стилей, способов – одним словом, форм философского мышления, имеющих свои плюсы и минусы. В развенчание предрассудка рассмотрим некоторые из этих форм.

### 2) Понятие. Математизация и символизация

Считается, что логическое мышление кристаллизуется в понятиях. Есть даже мнение, что философия – это мышление в понятиях [5]. В большинстве случаев это правда. Но это не вся правда.

Философское мышление может кристаллизоваться в логических структурах, а понятия при этом выступают лишь метками, ярлыками таких структур. И тогда, если мышление направлено на то, чтобы выявлять структуры мысли и работать с ними, речь идет о математическом типе мышления.



Но метками философского мышления могут выступать не только понятия и структуры, но и символы. И если даже символы представлены как философские понятия (например, философемы «Мудрость», «Мировая душа», «Красота» и т.д.), то важно не то, как их называют, а как они реально функционируют в мышлении. А функционируют они не как логические единицы, а как нозматические образования, способные объединять огромные множества мыслей и даже мыслительных пластов. Символ (симболон) в переводе с греческого – соединитель.

И нет никакого критерия, позволяющего рекомендовать в качестве правильного мышления: чисто понятийное мышление (как у Аристотеля или Гегеля), или математизированное мышление (как у Витгенштейна или В.И. Моисеева), или символистическое мышление (как у Ницше или П.А. Флоренского). Это три разных, но равноправных типа мышления.

### 3) Мыслечувствие. Эйдетическое и фонетическое мышление

Издавна известно, что мышление и его продукты – мысли, идеи, понятия, мыслеобразы – могут не только мыслиться, но и чувствоваться. Мысль, если она мыслится, то мыслится всегда в связке с другими мыслями. Мыслительность без такой связи невозможна. Но отдельная мысль, выступающая в качестве монады или плерона, вполне может самоданно чувствоваться. Для этого задействуется особое внутреннее чувство, которое я именую мыслечувствием [3]. Оно коренится в трансцендентальном единстве апперцепции, открытом Кантом.

При этом могут эксплуатироваться и иные внутренние чувства, например, зрение (созерцание). Таковы платоновские эйдосы. Эйдос в переводе с греческого – видик, видимая мысль или идея, а мышление посредством эйдосов представляет собой эйдетическое мышление. Еще мысль может опираться на слух (внутреннее звучание и слышание). И тогда в параллель к эйдосу возникает фонес – слышимый модус мысли. Когда композиторы говорят о музыкальном мышлении, а философы – о музыке мышления, то речь идет о фонетическом мышлении.

### 4) Ургии

Давно известно, что мышление осуществляется в сознании мыслителя как внутренний диалог. Диалог с кем? Ответ зависит от культуры символизации и способа мыслечувствия философа, от его умения подбирать те или иные символы для обозначения такого метафизического со-субъекта. Приведу наиболее значимые варианты.

а) Теургия – общение, со-работа, со-мыслие с Богом. Все религиозные философии демонстрируют теургический тип мышления – мышления, силовые линии которого искривляются, детерминируются, зацикливаются избранным символическим объектом.

б) Софиургия – общение, со-работа, со-творчество с Софией. Собственно, так зародилась сама философия – как любовь и преклонение перед Мудростью. Не каждый философ прямо-таки логический мыслитель, но каждый мыслит в поле Софии, а есть течения (например, русская софиология, тянущаяся от В.С. Соловьева), которые возводят софиургическое мышление в осознанный культ [1].

в) Панургия – общение, со-мыслие со Всем, а посему с природой и миром в целом. Таковы неоплатоники, пантеисты, космисты, философы всеединства, всевозможные интегралисты и т.п. Символ Единства для них превыше всего, и даже если они используют математическую логику, это не означает, что мышление теряет у них характер ургии.

г) Эгоургия – общение, со-работа, со-мыслие с собственной самостью, с собственным Я, пусть даже абсолютизированным до мирового. Культ Я выражен в некоторых восточных практиках, пестовался в эпоху Возрождения (как возврат от Бога к человеку), в сонетах Шекспира, у романтиков, в новое время у Фихте и т.д. Да что говорить, всё психологически ориентированное мышление, по сути, эгоургийно.

д) Существуют и другие виды ургий: гнозис, социософия, теософия, антропософия, историософия, литургия, кепургия (садовая медитация) и т.д.



е) Диа-логика. Рациональные и научные мыслители тотчас оценят все перечисленные ургии как алогичные, противоречивые, непоследовательные и т.п., в лучшем случае как культурологические виньетки. И будут во многом правы. Но только с точки зрения Логоса, т.е. своего, избранного ими субъекта-объекта со-мыслия. Ведь они никогда не опровергнут того, что любой из них до всякого мышления (априорно) избирает своим со-ратником некий мировой Логос (Разум) и реализует свое мышление если не прямо как разговор (диалог) с этим Логосом, то хотя бы как внутренний диалог с самим собой, логически мыслящим, т.е. всё же как диа-лого-эго-ургию.

#### 5) Интерпретационное мышление и эндогерменевтика

Сторонники универсального мышления имели бы неоспоримый довод в пользу такового при одном условии, если бы все люди мыслили так же, как они. Но не факт, что процессы и результаты одного индивидуального мышления изоморфно переносятся, как говорится, из одной головы в другую. При таком переносе всегда происходит искажение или, точнее, интерпретация. Не составляют исключения даже универсально мыслящие философы, поскольку сами друг друга интерпретируют, и их индивидуальные мышления представляют интерпретации и вариации гипотетически всеобщего универсального мышления, существующего в идеальной плоскости.

Больше того, поскольку человек фиксирует результаты своего мышления в словах, формулах, понятиях, символах, знаниях, текстах, то он, обращаясь постфактум к этим (своим же) понятиям, символам, текстам, начинает интерпретировать и их, поскольку изоморфность со временем притупляется. В противном случае не было бы развития мышления, и мышление рождало бы только абсолютные истины. Такой тип самоинтерпретирующего мышления я называю эндогерменевтикой.

#### 6) Мыслемедитация и метафизическая медитация

Подавляющее большинство иррациональных, мистических, эзотерических, теософских, религиозных и даже психологических и эстетических медитаций противостоит мышлению и в общем направлено против мысли. Тем не менее существуют философские виды мышления, использующие механизмы и алгоритмы медитативного отвлечения, сосредоточения, концентрации, наведения и т.п., которые работают на мышление и на появление новых мыслей [6]. Например, есть соответствующие приемы в йоге или гностике, в исихазме или художественном творчестве.

Задача дедуктивного мышления – выведение мысли из мысли. Кто делает это выведение? Сам мыслитель – по правилам логики. Но при этом оказывается, что выведение ограничено особенностями сознания и культуры мыслителя, а также логическими законами и правилами, которых он придерживается. А посему могут возникать искажения, предопределенные этими факторами.

Если предоставить мышлению возможность самому вытягивать (порождать) из себя мысли, т.е. каким-то способом временно отключить целеполагающие установки и начать улавливать то, что самопроизвольно рождается и сотворяется в сознании философа, можно получить основную форму мыслемедитации – медитацию мыслями на поле мысли с оставлением мыслителю роли наблюдателя за этим естественным процессом [3].

Метафизическая мыслемедитация предполагает еще и создание особых философских понятий, символов, категорий, структур и модулей, которые обеспечивали бы подобную мыслемедитативную практику. Она не универсальна и не подменяет собой всю палитру философских методов, но у нее есть одно преимущество: будучи синтезом дедукции и медитации, она позволяет творить новые мысли практически из ничего, а не из желаний мыслителя и знаний правил логики.

#### 7) Эрайгнис и со-творчество

Эрайгнис – понятие, введенное Хайдеггером и в определенном смысле обозначающее со-бытие философов, а следовательно, их мышлений, причем это касается не только живущих философов, но и исторических персоналий. При таком со-бытии-со-мышлении эрайгнис – не

просто со-бытие, но эстетически и этически возвышенное собы́тие, собы́тие сбывания данного со-бытия [7]. Поэтому эрайгнис фиксируется и в специфической – экстатической, катарсисной, истинно-просветленной (несокрытой) – форме мыследанности.

Все логические системы страдают существенным недостатком – они маломощны в части продуцирования новых мыслей. В самом деле, если логика – это мышление, связанное с правилами, то как может существовать правило для вывода мыслей, которых еще нет, и никому наперед не известно, в каких формах эти мысли будут сотворены? Поэтому логическое мышление вполне допускает вне-, до- и пара-логические интуиции, озарения, прозрения, предчувствия, аксиомы и т.п. Все эти характеристики являются определяющими также и в мысле-медитативных, и в эрайгнисоподобных мысле-практиках. Вообще, они показатели творческого мышления и творческой мысле-продуктивности.

#### 8) Выводы. Мю-функция

Итак, даже беглое рассмотрение уникальных, эксклюзивных форм философского мышления показывает их удивительное многообразие по сравнению с каноном логического мышления. Такие активные, действующие и производящие содержание и мысль формы я называю формальями, а аппарат сознания, заведующий формальями и детерминирующий их, – субстанцией «Формалия» [2].

Таким образом, вскрывается сложнейшая природа формалии и, шире, всего человеческого сознания, а отсюда и их мыслительной многофункциональности. Может ли такая многофункциональность быть выражена какой-то единой (интегральной) функцией? Да, может. В работе [4] я назвал эту мыслительную функцию мю-функцией (по аналогии с физической  $\psi$ -функцией). Там же описал некоторые ее признаки, в частности, два принципа: дополненности и неопределенности.

Применительно к теме настоящей статьи они звучат так. Логическое мышление в философии – необходимость, но его недостаточно, и логика всегда должна дополняться иными формами (формальями) живого мышления; и наоборот, любое уникальное мышление самодостаточно, но необходимость его заключается в логической канве. Отсюда принцип неопределенности: чем определеннее мы достигаем чистоты логического мышления, тем больше удаляемся от специфики философского мышления, порой совсем ее теряя; и наоборот, чем больше мы пестуем какой-либо уникальный способ мышления, тем неопределеннее становится логика нашего философствования.

#### Библиографический список

1. Борчиков С.А. Абрис метафизических оснований Софии В.С. Соловьева // Тезисы докладов научно-практической конференции «Дни науки – 2006». В 2 т. Т.1. – Озёрск: ОТИ МИФИ, 2006. – С.92-94.
2. Борчиков С.А. Генезис категории «форма» // Тезисы докладов научно-практической конференции «Дни науки – 2003». В 2 т. Т.1. – Озёрск: ОТИ МИФИ, 2003. – С.32-33.
3. Борчиков С.А. Мыслечувствие и мысле-медитация // XIII научно-практическая конференция «Дни науки – 2013». Тезисы докладов. В 2 т. Т.1. – Озёрск: ОТИ МИФИ, 2013. – С.85-88.
4. Борчиков С.А. Патент на открытие мю-функции // XVIII всероссийская научно-практическая конференция «Дни науки – 2018». В 2 т. Т.2. Материалы конференции. – Озёрск: ОТИ НИЯУ МИФИ, 2018. – С.94-98.
5. Борчиков С.А. Понятие понятия // Тезисы докладов научно-практической конференции «Дни науки – 2004». – Озёрск: ОТИ МИФИ, 2004. – С.85-87.
6. Борчиков С.А. Универсальное понятие медитации // Тезисы докладов межотраслевой научно-технической конференции «Дни науки ОТИ МИФИ». – Озёрск: Изд-во ООО «Форт Диалог – Исеть», 2002. – С.361-363.

7. Борчиков С.А. Что такое Эрайгнис? // XVII всероссийская научно-практическая конференция «Дни науки – 2017». Материалы конференции. – Озёрск: ОТИ НИЯУ МИФИ, 2017. – С.12-14.

УДК 141, 125  
ГРНТИ 02.31.01

## МИРОПОДОБИЕ КАК ГАРМОНИЯ

Войцехович В. Э.

*Тверской государственный университет  
г. Тверь*

synerman@gmail.com

В статье на основе диалектики Г. Гегеля связываются в единую онтологическую систему категории «качество», «количество», «мера», «гармония», «форма». Бытие представляется как множество подобных друг другу форм, устойчивость которых зависит от степени их красоты и гармонии. Выдвигаются гипотезы: 1) о законе гармонии, 2) о единстве всех форм культуры, порождённых цивилизацией данного уровня развития (по шкале Н.С. Кардашёва). Гипотезы обосновываются примерами из теологии, искусства, науки, математики, философии.

*Ключевые слова:* мера, гармония, красота, подобие, устойчивость, форма.

## WORLD-LIKE AS HARMONY

Voytsekhovich V. E.

*Tver State University, Tver*

The article links the categories of "quality", "quantity", "measure", "harmony", "form" into a single ontological system based on the dialectic of G. Hegel. Being is represented as a set of similar forms, the stability of which depends on the degree of their beauty and harmony. Hypotheses are put forward: 1) about the law of harmony, 2) about the unity of all forms of culture generated by a civilization of this level of development (according to the N. S. Kardashev scale). Hypotheses are based on examples from theology, art, science, mathematics, and philosophy.

*Keywords:* measure, harmony, beauty, similarity, stability, form.

**МЕТАФИЗИКА.** В системе диалектических категорий Г. Гегеля к понятию «гармония» можно приблизиться, следуя цепочке категорий «качество, количество, мера».

Качество – 1) то, без чего нет вещи, 2) единство (целостная сумма) основных свойств вещи. Количество – степень проявления свойства. Здесь начинает возникать понятие «число», т.е. отношение «>» – «больше» (или «<» – «меньше»), порядковое отношение – основа арифметики, одно из структурообразующих отношений математики. **Мера – единство качества и количества. Гармония – высшая мера, взаимопереход конечного и бесконечного.** Вещь гармонична, если «жизнеспособна» – находится в соответствии с окружением. Гармония – высшее слияние (в идеале «всего со всем»), или **высшее подобие многого в Едином**, предвестником чего на уровне многого является соответствие, фрактальность. Понятия «гармония», «красота», «симметрия», «совершенство», «подобие»

образуют отдельный кластер, элементы которого удобно рассматривать вместе – друг через друга. Как проявляется **всеобщность подобия** в культуре?

**ТЕОЛОГИЯ.** Единство мировых религий (буддизма, христианства, ислама) в вере в Высшее, называемое у разных народов Творцом, Богом, Аллахом, Дао, Великой Пустотой, Неназываемым ... (или Абсолютом – у западных философов).

Различие между религиями таится в различии Востока и Запада как культурных позиций: в неприятии или приятии **ФОРМЫ**. Буддизм (как и даосизм) отвергает форму как что-то фундаментальное. Сходные взгляды присутствуют и у ряда западных мыслителей, отвергающих основательность мыслеформ: «Мысль изречённая есть ложь» (Ф.И. Тютчев). Высшее бытие человека – молчание. Классические христианство и ислам напротив принимают форму: «В начале было слово, и слово было у Бога, и слово было Бог ...» (Евангелие от Иоанна). Подобие религий – в постулате о Высшем. Их соответствие проявляется и в форме (внутреннем невыразимом словом духе), и в содержании (догматизме и социально-культурном выражении). Поэтому ряд мыслителей (особенно философов) предсказывали слияние религий в «конце времён», поскольку «как было в начале, так будет и в конце».

**ИСКУССТВО.** Музыка, поэзия, литература, театр, живопись, архитектура, цирк в своих высших образцах – царство красоты, гармонии и подобия. Каждое из направлений искусства подобно другим направлениям, что проявляется во взаимном отражении. Например, литературное произведение можно сыграть (театр, кино), пропеть (опера), станцевать (балет) и т.д. Одно направление «светится» сквозь все другие подобно тому как один атрибут рефлегирует сквозь другой в системе категорий Гегеля. Вечность (бесконечность) фундаментального художественного образа приводит к подобию различных выражений образа в различных произведениях искусства. Аналогичное явление возникает в эстетике. Например, баснописец Лафонтен писал: «Человек – это стиль». Вероятно, это можно понимать и так: сущность человека (его дух) проявляется сходным, подобным образом в походке, разговорах, манере обращения, одежде, делах и т.п.

**НАУКА** выросла из мифологии и философии. Мироподобие – один из главных принципов в древних мифологиях – китайской, индийской, вавилонской, египетской, славянской, греческой. В Китае человек понимался как микрокосм, образованный (как и все вещи) двумя началами Ян и Инь, которые в свою очередь создали 5 стихий. Из них все остальное множество вещей. В современной научной картине мира, основанной на фундаментальных теориях эмпирических наук, гармония и красота природы, социума, человека проявляется прежде всего во фрактальности и антропном принципе. Согласно В.С. Стёпину любая вещь (с точки зрения постнеклассической науки) есть самоподобная эволюционирующая человекомерная система – фрактал.

**МАТЕМАТИКА.** Её предмет – «все возможные формы», как выразился С. Маклейн, один из создателей теории категорий [3]. Формы порядковые, топологические, алгебраические, теоретико-множественные и другие. Красота математических форм носит интеллектуально-эстетический характер и напоминает отзвук архетипов в подсознании человека: натуральные числа, круг и шар, треугольник и тетраэдр ... Подобные образы, понятия изначально заложены в подсознании, поэтому узнаются во внешнем физическом мире как прекрасные, наилучшие, гармоничные. Возможно, именно поэтому архитектурные образы (ряд одинаковых столбов и окон, башни и замки), фигуры юных женщин, развевающиеся на ветру локоны и гривы **ПРЕКРАСНЫ** потому, что узнаваемы по их архетипам. Вероятно, подобные аналогии и легли в основу «мифа о пещере» Платона, мифа, вокруг которого складывалась вся западная философия (Б. Рассел). Подобие и соответствие души и тела, внутреннего и внешнего миров, психологии и физики, математики и музыки и составляет главный принцип строительства устойчивых, долгоживущих миров типа нашей Метагалактики.

Среди всех известных способов открытия нового наиболее странным методом является аналогия. Увидеть подобие между неподобным – значит установить ранее неизвестную связь между предметами. Именно на этом основаны наиболее глубокие открытия в религии, искусстве, философии, науке. Вероятно, базисом аналогии и является древний принцип «Всё во всём» (Гермес Трисмегист).

Отсюда **предположение № 1**: существует всеобщий, философский «закон гармонии», согласно которому любая вещь (физическая, психическая, интеллектуальная, духовная) существует, если она минимально гармонична, т.е. находится в бытийном «покое» – хотя бы в одном из возможных миров. Это напоминает известные мысли Г. Лейбница о «нашем мире как наилучшем из всех возможных миров» и «всё, что логично, существует». Из сходных идей затем выросла концепция возможных миров, используемая сегодня в математике, логике, информатике, виртуалистике, космологии [1].

**Предположение № 2**: любые (все или почти все) формы, структуры, порождаемые в ходе развития культуры (в философии, теологии, мистике, науке, искусстве и т.п.) – это структуры одного и того же уровня, одного класса, которые характеризуют уровень развития разумного биовида (в частности, *homo sapiens*). Это формы одного класса информации и энергии – класса, соответствующего цивилизациям нулевого уровня развития, которые только приближаются к цивилизации уровня 1, овладевшей энергией всей планеты (шкала Н.С. Кардашёва [2]) и управляющей информацией соответствующего класса (дополнение шкалы К. Саганом).

Существует подобие, или соответствие и определённая гармония между всеми формами культуры данного уровня: мифологическими, теологическими, философскими, научными, художественными. Сюжетов сказок немного (по В.Я. Проппу – 29), и они повторяются у всех народов. Например, сказка о Золушке впервые записана египтянами пять тысяч лет назад, а не в XVIII веке во Франции (правда, смуглая египтянка теряла золотую сандалию, а не хрустальную туфельку). Аналогично мировых религий только три. Философско-онтологических систем как форм, казалось бы, должно быть очень много, но выделение главных даёт немногие парные учения и категории: Единое и многое, покой и движение (Парменид и Гераклит), атомизм и непрерывное (Демокрит и Аристотель), идеализм и материализм (Платон и Эпикур).

Фундаментальных структур в математике три (по Н. Бурбаки). Единственная универсальная грамматика Н. Хомского порождает все известные языки (и огромный класс возможных), но как доказано, она является частным случаем математического исчисления А. Туэ. Музыка основана на семи нотах, а прекрасных мелодий совсем мало, по общему мнению они исчерпаны уже в XX веке. Из-за похожести мелодий постоянно возникают споры между музыкантами. Величайших же композиторов только три: Бах, Моцарт и Чайковский (по мнению крупнейших музыковедов). Последняя оценка наиболее спорна, но «что-то в ней есть»: «Сказка ложь, да в ней намёк ...».

#### Библиографический список

1. Войцехович В.Э., Вольнов И.Н., Малинецкий Г.Г. Гармония, эволюция, прикладная математика и междисциплинарные подходы // SocioTime / Социальное время. – 2019. – № 3(19). – С. 17-29.
2. Кардашёв Н.С. Космология и цивилизация. – М.: ФИАН, 1997. – 12 с.
3. Mac Lane S. Categories for the working mathematician. N.Y., 1971. IX, 262.



УДК 008, 930.85, 903.03, 903.07  
ГРНТИ 03.29, 03.23

## ДЕРЕВО И КАМЕНЬ КАК СРЕДОВЫЕ ИСТОКИ ГЛУБИНЫ ИСТОРИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ

Комаров А. А.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ,  
г. Озёрск, Челябинская область*

AAKomarov@mephi.ru

В статье сравниваются два фундаментальных для формирования человеческих цивилизаций материала: дерево и камень. Выявляются особенности, которые накладывает использование этих материалов на ментальность народов России и Европы, в том числе, на глубину исторической памяти, сохранение преемственности культурных традиций.

*Ключевые слова:* деревянное зодчество, каменное строительство, нулевая изотерма, культурная преемственность, родовая память.

## WOOD AND STONE AS ENVIRONMENTABLE SOURCES OF THE DEPTH OF HISTORICAL MEMORY

Komarov A. A.

*OTI NRNU MEPHI, Ozersk*

The article compares two materials fundamental to the formation of human civilizations: wood and stone. The features that impose the use of these materials on the mentality of the peoples of Russia and Europe are revealed, including the depth of historical memory, the preservation of the continuity of cultural traditions.

*Keywords:* wooden architecture, stone building, zero isotherm, cultural continuity, patrimonial memory.

Важнейшим элементом русской цивилизации, сыгравшим роль в формировании ментальности народа, явилось дерево – в отличие от других цивилизаций, в которых ментальнообразующим элементом был по преимуществу камень. Жильё, которое определяет условия жизни человека, в цивилизациях, расположенных за пределами «нулевой изотермы» [4] – от древнеегипетской до европейской, – строилось из камня, а на Руси – из дерева. Дороги, определяющие условия и возможности коммуникации между людьми, везде мостились из камня, а на Руси устраивались деревянные лежнёвки.

Каменное строительство жилья и дорог было возможно на территориях, сохранявших неизменность рельефа поверхности земли, т.е. там, где нет замерзания почвы. При её замерзании, что характерно для российских условий, из-за расширения воды, превратившейся в лёд, происходит смещение всех конструкций, расположенных на земле; при оттаивании смещение идёт обратно. Так как замерзание – явление сезонное и происходит ежегодно, то ежегодно все строения и дороги смещаются со своих мест и подвергаются при этом дополнительным разрушающим нагрузкам. Из такой технической науки, как «Соппротивление материалов», известно, что переменные нагрузки многократно ускоряют разрушение конструкций. Кроме того, в период оттаивания почвы происходит её размягчение, и строения, расположенные на ней, погружаются в землю. Таким образом каждый год каждая конструкция немного «утопает» в землю. Известен выход из этого положения – под каждым строением должен быть фундамент, а под каждой дорогой должна быть «подушка», превышающие



глубину промерзания почвы. При этом меньшая глубина ослабит, но не устраним разрушительные процессы. На большей площади освоенных территорий России глубина промерзания составляет 1,5-2 метра.

В странах, расположенных за пределами «нулевой изотермы», почвы не промерзают, поэтому каменные строения и дороги, построенные однажды, могут служить сколь угодно долго. Поэтому цивилизации в условиях каменного строительства могут развиваться по принципу приращения: построили одни дома и дороги, потом – следующие, потом пристроили и так далее в течение столетий. Сегодня мы видим развитую инфраструктуру в Европе, созданную за две тысячи лет. Так, знаменитая Аппиева дорога под Римом, по камням которой ещё в I в. до н.э. шли колонны восставших рабов во главе со Спартаксом, а сейчас по этим же камням ходят туристы. Итальянцы считают всё построенное позднее 1500 г. новоделом. А, например, англичане из повести Джерома К. Джерома «Трое на четырёх колёсах» [1, с. 305.], путешествуя на велосипедах по Германии, обнаруживают, что на каждой квадратной миле этой страны, включая самые заповедные и дремучие, по европейским меркам, леса и горы, обязательно есть ресторан. Это в конце XIX в.! Действительно, к самым маленьким селениям, к самым глухим деревенькам, к каждому хутору уже ведут дороги, уложенные из гранитной брусчатки 100-500 и более лет назад.

Интересно в этом плане посмотреть историю мирового мостостроения. Мост – важнейший элемент инфраструктуры, позволяющий обеспечить сообщение через естественные природные препятствия (реки в равнинной местности, ущелья и пропасти в гористой), т.е. существенный элемент дорожной сети. Вот некоторые примеры каменных мостов, построенных в разные времена в разных культурах и цивилизациях и функционирующие до настоящего времени: **1.** Мост Терр-Степс (Англия, на реке Барл) – примитивная конструкция: каменные плиты, уложенные через реку, считается старейшим мостом на Земле, некоторые исследователи относят его строительство примерно к 3000 г. до н.э. По текущему состоянию вполне выдержит и ещё пять тысяч лет, если наплыв туристов не сотрёт его своими подошвами раньше. **2.** Мост Аркадики (Греция) – старейший из сохранившихся арочных мостов – т.е. мост весьма сложной конструкции, построен примерно в 1300 г. до н.э. **3.** Мост Фабрицио (Рим) – построен в 62 г. до н.э. и практически не подлежал ремонту в течение двух тысяч лет. **4.** Мост Святого Ангела (Рим) – построен в 134 – 139 г.г., пешеходный через р. Тибр, облицован мрамором. **5.** Мост Джендере (древнеримский мост на юго-востоке Турции), длиной 120 м, построен римлянами во II в. до н.э. **6.** Мост Аньцзы (Китай) построен в 605 г. **7.** Понте Веккьо (Флоренция) построен в 1345 г., сохранил свой первоначальный облик до наших дней. **8.** Знаменитый Карлов мост в Праге построен в 1357 г. **9.** Мост Хаджу в Исфахане (Иран) – арочный каменный мост, пешеходный через р.Зайенде-Руд, построен в 1650 г. **10.** Мост Шахара (Йемен) построен в XVII в. –пешеходный мост над ущельем [2]. Всё перечисленное – районы с положительной изотермой января, поэтому многие из этих мостов, пережив крупные единичные наводнения, никогда не сталкивались с обыкновенным ежегодным весенним ледоходом.

А что же в России? Любой из ранее перечисленных мостов, будучи построенным у нас, не выдержал бы не то что века и тысячелетия, а и нескольких десятков лет. Как выдержать ежегодные колебания длины моста из-за температурных перепадов (зима – съёжился, лето – вытянулся)? Как выдержать чудовищный напор льдов при замерзании рек зимой и при половодье весной? Не было ещё таких знаний, умений, технологий, позволяющих возводить мосты, выдерживающие эти нагрузки. Поэтому строительство мостов, предпринятое при Петре I при основании новой столицы, базировалось на деревянных наплывных конструкциях, ежегодно сносимых паводком. А ведь он увидел в Европе отстроенные системы каменных мостов, которые и сейчас обеспечивают жизнеспособность таких городов, как Рим, Париж, Лондон, Венеция, Прага, Будапешт, Роттердам и др. Первый в России каменный мост, сохранившийся до настоящего времени – это мост через узкий проток у Петропавловской крепости в Санкт-Петербурге, который был построен уже после смерти императора в 1738 г.!

В Москве самый старый каменный мост, сохранившийся до настоящего времени, – Дворцовый (сегодня он называется Лефортовский) был построен через Яузу в 1777-1781 годах. К началу XIX в. каменные мосты появились в Тамбове, Вологде, Рязани и Калуге. И только в середине XIX века в Петербурге был возведён крупный мост через Неву – Благовещенский (1843-1850 г.г.).

Начало отечественного мостостроения совпадает с началом становления отечественной науки и инженерии (создание Петром I Академии Наук, деятельность М.В. Ломоносова), так как европейский опыт нужно было серьёзно переработать и адаптировать к нашим условиям. А спустя двести лет в Киеве (СССР) через Днепр был построен первый в мире цельносварной мост – абсолютно новое слово в мостостроительных технологиях, на основе трудов отечественной школы сварки академика Б.Е. Патона.

Каменная культура формировала менталитет, чертами которого были расчётливость и глубокая историческая память. Расчётливость базируется на устойчивости существования, обеспечиваемой долговечным материалом, и возможности прогнозирования (планирования) долгосрочных перспектив.

Глубокая историческая память основывается на зримых, постоянно используемых объектах, построенных поколениями предков: вот этот домик возведён в таких веках и годах такими-то предками, этот этаж надстроен тогда-то такими-то прародителями, а вот последнюю дорожку в самый дальний угол сада замостили брусчаткой всего сто лет назад; теперь и я могу внести свой вклад и провести, например, реконструкцию усадьбы в связи с изменившимися условиями жизни и современными требованиями комфортного проживания. Любое городское или сельское кладбище стоит на своём месте чуть не с основания этого населённого пункта, и каменные плиты наглядно иллюстрируют родословное древо, уходящее в века. В каждом храме хранятся книги с записями «актов гражданского состояния» за сотни лет существования этого прихода. Так что на каждом шагу тебя окружает история твоего рода, твоего места. В Праге, в районе Староместской площади есть рынок, который функционирует с XII века, и выложен брусчаткой того же времени. Можно сказать, что к XIX веку благодаря каменной культуре в основном сложился облик современной Европы со всей её городской и сельской инфраструктурой. Дальнейшее её развитие происходит за счёт внедрения новых и новейших технологий, то есть происходит «приращение» общественного богатства.

Возникновение каменного зодчества на Руси относится к X в. – времени формирования и расцвета древнерусского государства. Особенно активно каменное строительство распространяется с XI века, после крещения Руси. Первые каменно-кирпичные здания на Руси были возведены в Киеве в 90-х годах X в. Сначала этот процесс шел очень медленно, но в последующие столетия он заметно ускорялся. Города оставались деревянными, каменными строятся церкви и дворцы, и только с XVII века – богатые жилые дома. С XIV века из камня начинают возводиться и оборонительные стены городов. Самые ранние монументальные сооружения относятся к эпохе Киевской Руси, за ними следуют замечательные памятники архитектуры Владимира, Суздаля, Новгорода и Пскова и, наконец, величавые соборы и дворцовые комплексы Москвы [3]. Но это строительство в силу исключительной сложности и дороговизны, диктуемой природными условиями, имело точечный характер: строительство велось или «всем миром» (церкви, соборы), или за счёт личного богатства (особняки, поместья богатых купцов и дворян), или за счёт власти (строительство Санкт-Петербурга).

Русская же деревня (а именно она определяла облик и психологию народа, так как до начала 60-х гг. XX в. сельское население в нашей стране преобладало: по переписи населения 1897 г. – 85% крестьян, по переписи 1939 г. – 69%, по переписи 1959 г. – 48%) массово жила в деревянных избах с просёлочными дорогами, становившимися относительно непроходимыми и непроезжими в период весенних и осенних распутиц. До этого же времени и русские города в основном представляли собой такие же большие деревни. Так ещё в 60-х годах прошлого века в Иваново между центральными проспектами, построенными в 30-е годы, сохранялось место, в народе называвшееся «Ямы», – овражистый район с выросшими в

землю избушками (подоконники находились на уровне земли, а края крыш были на уровне плеч взрослого человека) и немощёными улицами. Тогда же, в 60-е годы, в районе Лефортово (ныне чуть ли не центр Москвы) можно было встретить действующие водоразборные колонки, как в каком-нибудь райцентре с пяти тысячным населением, куда ходили за водой с ведрами жители только что построенных на месте снесённых избушек кирпичных домов. Кстати, уже в 1967 г. (год 50-летия Советской власти) именно этот район стал первым в Москве районом, все жители которого были расселены из бараков, чердаков и подвалов в цивилизованное жильё.

В небольших городках районного масштаба обычно было несколько каменных строений (иногда даже в несколько этажей), как правило, общественного назначения, и несколько мощёных булыжных улиц и площадей; в городах областного масштаба каменное строительство уже захватывало целые кварталы (как правило, в центре или в новых рабочих посёлках), а значительное число улиц уже были знакомы с асфальтом, но основная застройка ещё оставалась избяно-деревянной. А что это значит? Деревня стоит на одном месте сто-двести лет, и вот избы сгнивают, ближайшие леса со стройматериалом и топливом (дрова, коих требуется огромное количество на длинную русскую зиму) вырублены, небогатые почвы истощены, и деревня переходит на новое место, благо территории вокруг немерено... Новые избы, новое поле, новый погост...

Предыдущие поколения – поколения предков – уходят из обозримой памяти (старые погосты остаются далеко, зарастают травой и постепенно исчезают, зримого хозяйственно-материального приращения не происходит: от построенного двести-триста лет назад не остаётся и следа – всё уходит в землю). Не забываем, что каждый год весенняя распутица в буквальном смысле засасывает в землю то, что построено на её поверхности. Так, Господин Великий Новгород за свои тысячу с лишним лет существования несколько раз полностью погрузился в землю, о чём свидетельствуют исторические слои археологических раскопок (на поверхности остались только знаменитые соборы, стоящие на глубоких фундаментах). Если добавить сюда и частые пожары в деревянных селениях, уничтожавшие накопленные материальные богатства и артефакты культурного наследия, то станет понятно, что в таких условиях невозможно формирование глубокой исторической памяти.

Интенсивное расселение русского народа в течение столетий по обширнейшей территории тоже нарушало наследственную преемственность. Поэтому народная историческая память, зафиксированная в былинах, имеет очень расплывчатый фактологический характер, в отличие от весьма детальной фактологии компактных народов каменной культуры. Родовая память, как правило, у нас так же неглубока (и неширока): родственников в троюродном-четвероюродном родстве мы знаем уже довольно слабо, считаем дальней роднёй. А, например, у Вальтера Скотта в романе «Роб Рой» описание средневекового шотландского клана говорит о том, что близкой роднёй считались родичи вплоть до восьмого колена (восьмиюродные), т.е. хорошо известны общие предки двухвековой давности. Исландские саги вообще зафиксировали подетальную и поимённую хронологию исландского народа, начиная с заселения Исландии в IX-X веках. Это значит, что практически каждый исландец может проследить свою родословную до X века, т.е. за тысячу лет.

Неглубокая историческая память периодически нас подводит. Теряя по истечении какого-то времени ощущения родового участия в исторических событиях и будучи погружены в проблемы сегодняшнего существования, мы начинаем воспринимать негативно предшествующий опыт (ведь от него же мы унаследовали те или иные проблемы!), как будто там жили и действовали не наши близкие и далёкие предки, а, как говорил герой фильма «Доживём до понедельника»: «В истории орудовала компания двоечников». У нас с большим трудом понимается, осмысливается исторический контекст действий наших предшественников; мы, плохо ощущая историю, пытаемся всё оценивать, исходя из сегодняшних представлений и реалий и, вместо учёта всех положительных и отрицательных

сторон исторического опыта, начинаем активно бороться с наследием своих предков. К счастью, постепенно особое значение в нашей стране приобретает историческое образование, основанное на встроенности истории своего рода в историю страны. Личностно ощущая историю предков, мы сможем выстроить историю своего Отечества, историю народа как единый процесс, каждый этап которого связан неразрывными нитями с прошлым и будущим. Мы перестанем смотреть на свою историю как на череду неудач с отдельными успехами, и в полной мере ощутим великое свершение народа, сотворившего в самых сложных условиях развитую цивилизацию, высокую культуру и сильное государство, выстоявшее «на жестоких исторических ветрах» и не единожды спасавшее не только себя, но и другие государства и народы.

#### Библиографический список

1. Джером К. Джером. Трое в лодке, не считая собаки; Трое на четырёх колёсах: пер. с англ. – Челябинск: Дом печати, 1993. – 384 с.
2. Древние мосты, которые используются до сих пор / Информационный сайт Bugaga.ru – URL: <https://bugaga.ru/interesting/1146753348-top-10-drevnie-mosty-kotorye-ispolzuyutsya-do-sih-por.html> (дата обращения: 27.03.2020).
3. Древнерусское зодчество / Википедия – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 27.03.2020).
4. Комаров А.А. Почему Россия – Россия // XVIII Всероссийская научно-практическая конференция «Дни науки – 2018». Том 2. Материалы конференции. – Озёрск: ОТИ НИЯУ МИФИ, 2018 – С. 105-108.

УДК 81.811  
ГРНТИ 16.21.29

### К ВОПРОСУ ОБ ОТРАЖЕНИИ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТИ В ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ И КОММУНИКАЦИИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЛОГИКИ И ФИЛОСОФИИ МИРОПОДОБИЯ

Луговская Е. Г.

*Приднестровский государственный университет им.Т.Г.Шевченко  
г. Тирасполь*

lugowska@spsu.ru

В статье предпринята попытка переосмысления особенностей проявления высшей формы отражения действительности в процессах и структурах языка – речи и коммуникации в терминах разрабатываемой проф. В.И. Моисеевым философии мироподобия. Интенциональность и субъективность интерпретируются как инструментально-функциональные сущности бытия сознания, а формально-содержательный аспект результируется идентичностью во внутреннем мире человека, что фиксируется в уровневой модели языковой личности.

*Ключевые слова:* сознание, языковая личность, язык, речь, мироподобие, бесконечноподобие.

---

## ON THE AWARENESS OR PERCEPTION OF THE REAL IN NATURAL LANGUAGE AND COMMUNICATION WITH RELATION TO THE WORLD-LIKENESS LOGIC AND PHILOSOPHY

Lugovskaya E. G.

Pridnestrovian State University named after Taras Shevchenko, Tiraspol

The author attempts to rethink the manifestations of the highest form of reflection of reality in the processes and structures of langue and parole and communicating in terms of the developed by prof. Moiseev V.I. philosophy of world-likeness. Intentionality and subjectivity are interpreted as instrumental and functional entities of consciousness existence, and the formal-substantive aspect is the result of identity in the inner world, which is fixed in the level model linguistic personality.

*Keywords:* consciousness, linguistic personality, langue and parole, world-likeness, infinity-likeness

### Введение в проблему

Проблема сознания как одна из базовых проблем философской мысли в настоящее время приобрела особую актуальность, что связано с новейшими техническими достижениями, обеспечившими возможность изучения, к примеру, нейронных процессов, но и с общей интегральной направленностью постнеклассической научной парадигмы. В рамках этой парадигмы осмысление сложных сущностей требует некумулятивности научного знания, в силу того, что любая его единица переосмыслиема столько раз, сколько и в каком объеме она представляется в моментальном контексте, который никогда полностью не может быть определен, что обуславливает в связи с этим плюралистичность научных истин и одновременно консенсуальный характер их истинности.

Экспоненциальный рост количества вопросов, которые современная наука может поставить для конкретных научных направлений в рамках решения этой проблемы, обусловил их повторяемость при невозможности решения многих из них в разных сферах научного знания. Пересечение частных аспектов объекта исследования в рамках общей проблематики сознания и его отношения к бытию вывел данный предмет изучения на новый трансдисциплинарный уровень.

### Феномен сознания в гуманитарном знании

Разнообразие определений термина *сознание* обусловлено спецификой сфер научного поиска, их основными предметами и текущими задачами, в рамках которых исследователей интересует когнитивная проблематика. Вместе с тем, если рассматривать сознание как (высшую) *форму* отражения действительности, то закономерно необходимыми выступают такие направления исследований, которые связаны с изучением *инструмента* (мозг), *способа* (мышление) и *результата* (знание) отражения действительности. Но какая бы наука не бралась за изучение феномена *сознания*, будь то нейронаука, когнитивная наука или эпистемология, из какой сферы научного знания не привлекалась бы методология поиска, неизбежно обращение к транснаучным феноменам – человек, язык, коммуникация.

В лингвистическом постижении данные феномены представляют собой взаимосвязанные, взаимодействующие и взаимообусловленные сущности – невозможно исследовать человека в языке и речи без перехода на сущностные характеристики естественного вербального кода или структуру коммуникационных моделей, как невозможно исследовать язык вне его существования и способов материализации, вариантность которых обеспечивается разнообразием субъективного (индивидуального, реализованного в человеке), объективного (социального, реализованного в коммуникативном взаимодействии как таковом) и идентичностного (культурноспецифичного, которое мыслится для каждого из указанных феноменов условием его вариантности).



Развивая мысль Л. Ельмслева о структурном сходстве языка и действительности (то есть и культуры как части действительности или ее отражения), подчеркнем, что отношения феноменов языка и культуры зиждутся на концептуализации как когнитивном основании их взаимодействия и вербализации как имеющей особую важность для понимания когниции и концептуализации [7]. Исследуя важный культурный компонент – познание в рамках антропоцентрической парадигмы, мы неизбежно переходим к описанию взаимопонимания как единственной цели и условия бытия человека в мире. В связи с этим интерфеноменальной сущностью в триаде человек – язык – коммуникация является культура, и смысл как феномен сознания, феномен культуры и практики требует комплексного рассмотрения с разных точек зрения.

Уникальное свойство смысла создавать, структурировать реальность требует обсуждения онтологических характеристик этого феномена; способность смысла выступать основообразующим компонентом в моделях понимания и интерпретации отправляет нас к гносеологической проблематике; а ценностная компонента делает необходимым рассмотрение этого феномена в аксиологической аспектации. Согласно точке зрения Д.А. Леонтьева, смысл представляет собой отношение, связывающее объективные жизненные отношения субъекта, предметное содержание сознания и предмет, и строение его деятельности [3]. Таким образом, смысл как внеположенная сущность феномена, оправдывающая его существование [5], возвращает нас к понятиям внутреннего мира и идентичности, с одной стороны, и интенциональности и субъективности, с другой.

Логика мироподобия в процессах и структурах языка – речи и коммуникации

Теоретическое осмысление возникающих в рамках философского, эпистемологического, герменевтического подходов к изучению взаимодействия коммуникации как функционально-диалогического, а познания как аксиоантропологического процессов, анализ результатов практического освоения получившейся системы (познание – коммуникация) с помощью лингвистической, культурологической, другой частнонаучной методологии способствовало появлению новых интер- и далее транснаучных областей исследования. Попытка переосмыслить работу человеческого мозга и шире – функционирование личности посредством компьютерной метафоры или, к примеру, свести все своеобразие культуры только к биологическим аспектам человеческого существования и, в частности к особенностям его языковой картины мира, дает интересные результаты в рамках отдельных наук – лингвистики, антропологии, этнографии культурологии [2]. Однако совокупность полученных исследователями результатов не сложится сама в сколько-нибудь стройную систему без их общеполитического осмысления.

С этой точки зрения большой интерес представляет разрабатываемая профессором В.И. Моисеевым философия мироподобия, как особого вида бесконечноподобия, когда часть мира подобна миру в целом, выступая как малый мир со своим пространством, временем, материей и законами (живой организм, внутренний мир, сознание, разум, культура и социум): *«Живое – это мироподобная система, малый мир, обладающий своим пространством, временем, материей и законами. Разум – это высокая стадия развития жизни, в основе которого лежит способность оперировать бесконечными состояниями (общие понятия, универсальные законы). Разум возникает как дважды мироподобная система, когда во внутреннем мире возникает образ этого мира. В основе разума лежит особая материя – материя разума, способная держать 2-мирорподобие. Разум (естественный интеллект, ЕИ) работает с семантикой и синтаксисом, в то время как искусственный интеллект (ИИ) только с синтаксисом (знаковыми формами знаков), выраженным в средовой (неорганической) материи. Основа семантики - переживательное бытие внутреннего мира, которое обладает высокой самостоятельной ценностью для субъекта. Современная наука о мышлении (разуме) - логика, в основе которой лежит тенденция сведения семантики к синтаксису и формальному вычислению синтаксиса. Более глубокая наука о разуме – физика мышления, которая выражает определения материи разума»* (См. [4]).



Переосмысливая специфику материализации высшей формы отражения действительности в естественном языке и человеке как его носителя сквозь призму логики и философии мироподобия, можно утверждать, что бытие сознания как материи, которая является одновременно бесконечноподобной и мироподобной, порождает мироподобные структуры инструментального и функционального характера и бесконечноподобные структуры формально-содержательного характера.

Так, интенциональность как сущностное свойство речевой деятельности может быть представлена как мироподобная структура, потому что в ней реализуется потенция коммуникации, а инструментальный характер этой структуры предопределен местом ее локализации – разум (здесь мы не рассматриваем проблему о взаимоотношении мозга и разума и способы ее решения в разных сферах научного знания). Другой мироподобной структурой рассматривается субъективность как сущностное свойство речи (в отличие от языка, который объективен), которая выступает как способ отражения действительности через мышление (в этой связи см. [6]).

Структуры формального и содержательного характера мыслятся бесконечноподобными, потому что, с одной стороны, попытка отделить форму от содержания всегда представляется условно методологической при анализе феноменов языка/речи и коммуникации, а с другой, формально-содержательное единство идентичности как результата осознания своей принадлежности к той или иной культуре, социуму, языку и внутреннего содержания психологической деятельности индивида как носителя интенциональности и субъективности (внутренний мир) выступают той периферией, на краю которой происходит своеобразное структурное обращение – теперь интенциональность и субъективность выходят на периферию, которое меняет качество самой материализации.

#### Вывод

Таким образом, инструмент и способ материализации сознания в языке/речи и коммуникации через человека (языковую личность [1]) как сущие мироподобной части мира реализованы интенциональностью и субъективностью, которые можно рассматривать как такие количественные состояния, которые внутри бесконечноподобной конечности растут от центра, представленного человеком как существом биологическим и языком как сущностной его особенностью, к периферии. Периферия, в свою очередь, представлена такими количественными состояниями как внутренний мир (в качестве формы материализации сознания в человеке) и идентичность (в качестве результата такой материализации).

#### Библиографический список

1. Караулов Ю.Н. Русский язык и языковая личность. Изд. 7-е. – М.: Издательство ЛКИ, 2010. – 264 с.
2. Луговская Е.Г. Культура – anthropo – язык // Казанская наука. – №9. 2019 г. – Казань: Издательство Рашин Сайнс, 2019. – 158с. – С.125-129
3. Леонтьев Д.А. Психология смысла: природа, строение и динамика смысловой реальности. 3-е издание, дополненное. – М.: Смысл, 2007. – 513 с.
4. Моисеев В.И. К философии мироподобия-2 // Сколково, Сколтех, 18 июля 2019 г. [Электронный ресурс] URL: <https://www.youtube.com/watch?v=AKJlhZsOPQg>
5. Новая философская энциклопедия. – М.: Мысль, 2000–2001. 2-е изд., испр. и допол. – М.: Мысль, 2010. [Электронный ресурс] URL: <https://iphlib.ru/library/collection/newphilenc/document/HASH01e9048140abc94af2d6f1e8?p.s=TextQuery>
6. Щедровицкий Г.П. Процессы и структуры в мышлении. / Цикл лекций. Из архива Г. П. Щедровицкого. Т. 6. – М., «Путь», 2003. // Электронная публикация: Центр гуманитарных технологий. – 28.07.2008. URL: <https://gtmarket.ru/laboratory/basis/3270/3277>

7. Pederson Eric, Nuyts Jan. Overview: On the Relationship between Language and Conceptualization. // Language and Conceptualization. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. pp. 1-12. E. Pederson, Y. Nuyts 1997, 6

УДК 141.145  
ГРНТИ 02.15.21

## КРАТКИЙ ОЧЕРК ФИЛОСОФИИ БЕСКОНЕЧНОПОДОБИЯ

Моисеев В. И.

*Московский государственный медико-стоматологический университет им.А.И.Евдокимова  
г.Москва*

vimo@list.ru

В статье представлен краткий очерк новой философии, в основе которой лежит понятие бесконечноподобия – подобия конечного бесконечному. Рассматриваются разные виды бесконечноподобия, связь бесконечноподобия и мироподобия, вводятся понятия прямого и обратного бытия, прямой и обратной материи, их связи с феноменом жизни и разума.

*Ключевые слова:* конечное, бесконечное, бесконечноподобие, мироподобие.

## A BRIEF OUTLINE OF THE PHILOSOPHY OF INFINITY

Moiseev V. I.

*Moscow State Medical and Dental University named after A.I.Evdokimov, Moscow*

The article presents a brief outline of the new philosophy, which is based on the concept of infinity-likeness – the likeness of the finite to the infinite. Different types of infinity-likeness, the relationship of infinity-likeness and world-likeness are considered, the concepts of direct and reverse being, direct and reverse matter, their connection with the phenomenon of life and mind are introduced.

*Keywords:* finite, infinite, infinity-likeness, world-likeness.

В настоящей статье автор предлагает дать краткий очерк новой философии, которую условно можно называть «философией бесконечноподобия».

Слово «бесконечноподобие» буквально означает «подобие бесконечному». В первую очередь имеется в виду, что есть нечто бесконечное  $\infty$ , нечто конечное  $f$  и отношение подобия  $\approx$  конечного бесконечному, т.е.  $f \approx \infty$ . С другой стороны, такое подобие можно выразить не только как отношение, но и как некое отображение  $R$ , когда конечное отображается в бесконечное, т.е.  $Rf = \infty$ , и обратно – бесконечное в конечное:  $R^{-1}\infty = f$ .

Но конечное  $f$  является частью своей бесконечности, так что точнее выделять две бесконечности: 1) ту бесконечность  $\infty_1$ , которая отображается в конечное, т.е.  $R^{-1}\infty_1 = f$ , и 2) ту бесконечность  $\infty_2$ , частью которой является конечное  $f$ , т.е.  $f < \infty_2$ .

Конечное  $f$ , в котором отображается бесконечное, является особой конечностью, отличной от просто конечного. Такую особую конечность можно называть *бесконечноподобной*.

Задача философии бесконечноподобия – исследование бесконечноподобных конечностей и построение общей теории бесконечноподобия.

Приведём несколько примеров бесконечноподобных конечностей.

Первый, наиболее классический пример, - цикл. Допустим, цикл в виде окружности на плоскости. В этом случае окружность есть конечное  $f$ , а бесконечность  $\infty_1$  можно представить в виде бесконечной линии, которая касается окружности в некоторой точке 0. В этом случае линию можно намотать на цикл, выражая тем самым отображение  $R^{-1}\infty_1 = f$ . Например, часть линии, которая лежит справа от 0, будет наматываться против часовой стрелки, а та часть, что левее 0, - по часовой стрелке. Каждая точка  $x$  линии получит свой образ  $R^{-1}x = x^*$  на окружности. Бесконечноподобные конечности типа циклов, на которые «наматывается» та или иная бесконечность, можно называть *циклическими (сферическими)*.

Второй пример – некоторая конечная область в пространстве, в которую изоморфно сжато всё бесконечное пространство. В простейшем случае можно рассмотреть интервал  $(-\pi/2, \pi/2)$ , в который сжимается бесконечная линия действием функции арктангенса  $y = \arctg(x)$ . Здесь первая бесконечность  $\infty_1$  представлена осью  $x$ , вторая бесконечность  $\infty_2$  – осью  $y$ , частью которой является конечный интервал  $f = (-\pi/2, \pi/2)$ . Здесь также каждая точка  $x$  получит свой образ  $x^* = R^{-1}x = \arctg(x)$ . Бесконечноподобные конечности типа интервала  $(-\pi/2, \pi/2)$ , в которые изоморфно сжата некоторая бесконечность, можно называть *сжатыми*.

В общем случае возможно построение новой математики бесконечноподобных структур. Например, в работах автора [1-5] строится так называемый *R-анализ* – релятивистский анализ количества, где центральную роль играют сжатые бесконечноподобия. В этом случае сжатая бесконечноподобная конечность  $f = R^{-1}\infty_1$  рассматривается как конечное представление бесконечности  $\infty_1$ , благодаря чему возникает возможность оперировать с бесконечным как конечным, и вообще понятия конечного и бесконечного оказываются относительными. В частности, R-анализ строится как воспроизведение структур классического математического анализа (исчисления бесконечно малых и бесконечно больших) средствами неархимедовых конечных величин.

Частный, но крайне важный случай бесконечноподобия – *мироподобие*. Мир в целом рассматривается как пространственно-временная бесконечность со своей материей, сущими и законами. Для мира в целом могут существовать два вида частей: 1) части мира, которые сами являются малыми мирами, - такие части можно называть *мироподобными*, и 2) части мира, не являющиеся мирами, - *немироподобные* части. Мир в целом, обладающий мироподобными частями, является *самоподобным*.

Малые миры могут быть не только внешними, но и внутренними. Жизнь – сущее, обладающее собственным внутренним миром. У всякой формы жизни есть свой внутренний мир, и лишь степени развития этих миров могут быть самыми разными – от простейших ощущений до сложных структур рефлексии и самосознания.

Бесконечноподобие позволяет ввести прямое и обратное бытие.

Если дана сжатая бесконечноподобная конечность  $f = R^{-1}\infty_1$ , то в ней есть центр и периферия, и количественные состояния внутри  $f$  могут расти как от центра к периферии (*прямое бытие*), так и от периферии к центру (*обратное бытие*). Поскольку в периферии сжата собственно бесконечность, то обратное бытие выражается количеством, растущим от бесконечного к конечному. Такое бытие можно интерпретировать как бытие, в котором единое-бесконечное преобладает над многим-конечным, в то время как прямое бытие выражает вид бытия с первичностью многого и вторичностью единого.

Одним из видов прямого и обратного бытия является прямая и обратная материя [6]. *Прямая материя* представлена материей среды (и потому её также можно называть *средовой материей*), в ней многое преобладает над единым, так что эта материя исходно стремится к распаду единого до многого, что выражено вторым законом термодинамики. Предполагается, что есть и второй вид материи (*обратная материя*), в которой первично единое, и этот вид материи растёт в направлении дифференциации единого на многое, что выражено законом развития. Предполагается, что обратная материя является субстратом внутреннего мира, оказываясь, в силу преобладания единого, одновременно бесконечноподобной и мироподобной материей, способной порождать и держать бесконечноподобные и

мироподобные структуры, что столь характерно для бытия внутреннего мира, сознания и разума. Поэтому обратную материю также можно называть *материей жизни*. Её более высокий уровень развития – *материя разума* – субстрат разума как мироподобного состояния самого внутреннего мира.

#### Библиографический список

1. Моисеев В.И. Логика открытого синтеза: в 2-х тт. Т.1. Структура. Природа. Душа. – СПб.: ИД «Миръ», 2010. – 744 с.
2. Моисеев В.И. Человек и общество: образы синтеза. В 2-х тт. Т.1. – М.: ИД «Навигатор», 2012. – 711 с.
3. Моисеев В.И. R-физика: проект физики неорганической и органической природы («большой физики») на основе релятивистской теории количества. В 2-х тт. Т.1: Естественно-научный проект. – М.: ЛЕНАНД, 2019. – 552 с.
4. Моисеев В.И. Очерки по философии неовсединства: Опыт математического прочтения философии. Аксиология. Логика. Феноменология. – М.: ЛЕНАНД, 2018. – 632 с.
5. Моисеев В.И. R-физика: проект физики неорганической и органической природы («большой физики») на основе релятивистской теории количества. В 2-х тт. Т.2: Основания. Гуманитарные приложения. – М.: ЛЕНАНД, 2019. – 464 с.
6. Моисеев В.И. Контуры биорациональности // Философские проблемы биологии и медицины: Феномен биорациональности. Выпуск 13. – М.: ЛЕНАНД, 2019. – С.11-17. – 304 с.

УДК 159.95, 159.91  
ГРНТИ 15.81.53

### МОЖНО ЛИ МЫСЛИТЬ ОБОИМИ ПОЛУШАРИЯМИ ОДНОВРЕМЕННО

Мухаметшин И. И.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Озёрск, Челябинская область*

gntshka@yandex.ru

В статье рассматриваются различные практики реализации мышления, при котором оба полушария головного мозга работают одновременно. Автора интересуют вопросы, как наиболее эффективно тренировать неведущее полушарие, какие действия помогают переключению с левополушарного режима мышления на правополушарный. Теоретические размышления основаны на практических экспериментах.

*Ключевые слова:* левополушарное мышление, правополушарное мышление, творчество, амбидекстрия, латерализация.

### IS IT POSSIBLE TO THINK OF BOTH HEMISPHERES AT THE SAME TIME

Mukhametshin I. I.

*OTI NRNU MEPHI, Ozersk*

The article deals with different practices of thinking realization, in which both hemispheres of the brain work simultaneously. The author is interested in the questions how to train the ignorant

hemisphere most effectively, what actions help to switch from the left to the right hemisphere thinking mode. Theoretical reflections are based on practical experiments.

**Keywords:** left hemispheric thinking, right hemispheric thinking, creativity, ambidextrous, lateralization.

В прошлом году после курса «Психология» я заинтересовался, можно ли развивать свою голову (мозг) с помощью тренировки неведущей руки (в моем случае, левой). Я решил научиться писать левой рукой и проверить эффективность такого подхода на собственном опыте. Очень хотелось узнать, повлияет ли этот навык каким-либо образом на развитие неведущего (правого) полушария головного мозга. Красиво и быстро писать левой рукой у меня пока не получается (я и правой-то не очень красиво пишу), но сам процесс исследования меня захватил.

Вот что я понял в процессе работы. Биологи обнаружили, что именно у живых существ, начиная с органических молекул, парные органы имеют зеркальную геометрию, то есть возникает понятие левизны-правизны. Открытие сделал Луи Пастер [1]. Это означает, что свойства совершенно одинаковых по химическому составу «правых» и «левых» молекул сильно отличаются. Чем «живее» организм, тем больше проявляется разность левого и правого. Исследования на эту тему продолжил В.И. Вернадский в учении о ноосфере [1]. В течение жизни человека происходит *латерализация* — процесс, посредством которого различные психические функции связываются с левым либо правым полушариями головного мозга. Но мне интересней была практика, а не теория, поэтому в этой статье я расскажу о тех доступных видах деятельности, которыми можно заняться, чтобы почувствовать разницу в работе полушарий.

Пока я учился писать левой рукой, искал в Интернете литературу о развитии правополушарного мышления и открыл для себя книги профессора Калифорнийского университета Бетти Эдвардс [4,5]. Эти книги — учебники по рисованию, и хотя рисовать не входило в мои планы, подход показался мне очень близким моим задачам. Тот факт, что оба полушария мозга отвечают за разные функции организма: левое (большое) полушарие отвечает за правую часть тела, а правое (малое) за левую часть тела, косвенно доказывается экспериментами в области изобразительного искусства. В книгах Б. Эдвардс приводятся интересные техники переключения мозговой активности, например: рисование вверх ногами; проговаривание и не проговаривание того, что изображаешь в процессе рисования; срисовывание хаотичных линий, лишённое логической составляющей и т. д. «Рисование требует определённого мозгового режима, может быть, переключения на другой способ виденья!» — пишет Б. Эдвардс [5, с. 31]. Она называет эти режимы Л-режим (левополушарный) и П-режим (правополушарный). Это действительно очень интересно научиться переключаться из одного режима в другой для выполнения разных мыслительных задач. Но когда мы учимся писать левой рукой, то мы не переключаемся из одного режима в другой, а учимся *одновременно быть в обоих режимах*, ведь за письменную речь отвечает левое полушарие, а за движение левой рукой — правое. Значит этим упражнением мы осваиваем более полное мышление, которое можно назвать ЛП-режимом.

Вот почему я снова вернулся к своему первоначальному вопросу: итак, что может дать человеку писание неведущей рукой? Очевидно, что можно поменять руку при написании длинного текста, чтобы нагрузка была более распределенной. Но поможет ли это поменять само мышление? Случайно ли, что среди великих нестандартно мыслящих людей процент левшей гораздо больше, чем в целом среди населения. Список великих «левшей» настолько впечатляет, что даже начинаешь сомневаться в его подлинности. «Ни для кого не секрет, что многие выдающиеся люди, повлиявшие на ход развития истории, начиная с древних времен и до наших дней, были левшами. Среди них — Александр Македонский и Юлий Цезарь, Рамсес Великий и Махатма Ганди, Жанна д'Арк и Наполеон, Исаак Ньютон и Фридрих Ницше,



Леонардо да Винчи и Микеланджело, Чарли Чаплин и Генри Форд, Льюис Кэрролл и Марк Твен, Джимми Хендрикс и Пол Маккартни, Рональд Рейган и Билл Гейтс» — говорится в фундаментальном исследовании доктора философии Эда Райта [3]. Интернет полон легенд о леворукости Пушкина и Моцарта. Леворукость Рафаэля почти ни у кого не вызывает сомнений. Невольно поверишь, что левая рука как-то особенно влияет на творческий потенциал личности.

Если представить, что наша голова — это планета Земля, то тоже можно увидеть некоторое сходство. Левое полушарие напоминает «западный мир», а правое — «восточный». Как левое полушарие головного мозга отвечает за обработку аналитической информации, там правят цифры и факты, так и в западном мире люди стараются быть расчётливыми и устойчивыми, выбирают стабильную работу и страховку. Правое полушарие мозга отвечает за обработку невербальной информации, там главными сигналами являются краски и жесты. Аналогично этому на востоке много внимания уделяется традициям, фестивалям, мифам. И как на Земле восточный и западный миры дополняют друг друга и зависят друг от друга, так и наша голова не может полноценно существовать, используя только одно полушарие. Чем более соразмерно функционирует мозг, тем эффективнее действия человека.

В таблице 1 приведены некоторые доступные практически каждому человеку виды деятельности, для которых достаточно легко проследить зависимость от левого или правого полушария. (Ведь в большинстве случаев мы просто не знаем, какое именно полушарие работает). Из таблицы хорошо видно, что является более сбалансированным с точки зрения ЛП-режима.

Таблица 1

	Левое полушарие	Правое полушарие
Рисование правой рукой	+ (движение руки)	+ (обработка образов)
Рисование левой рукой	-	++ (движение руки, обработка образов)
Писание правой рукой	++ (движение руки, обработка смысла сообщения)	-
Писание левой рукой	+ (обработка смысла сообщения)	+ (движение руки)
Вычисление и запись правой рукой	++ (движение руки, произведение вычислений)	-
Вычисление и запись левой рукой	+ (произведение вычислений)	+ (движение руки)
Поэзия и запись правой рукой	+ (движение рукой)	+ (образное мышление)
Поэзия и запись левой рукой	-	++ (движение рукой, образное мышление)

Каждое из перечисленных действий объединяет два процесса: двигательный (писание рукой) и сознательный (аналитическое или образное мышление). При этом аналитика относится к левому полушарию, а создание образа к правому. Получается, что задействуются разные полушария головного мозга. Например, при рисовании нам нужен образ, который мы хотим воспроизвести, и взмахи рукой с кисточкой или карандашом. Но при рисовании правой рукой работают оба полушария, правое создает образ картины, левое переводит образ на бумагу, а при рисовании левой рукой, в основном, работает правое полушарие, оно и создает образ, и переводит его на бумагу. Если мы поменяем род деятельности и займёмся чистописанием, то нам понадобится орфография и знание правил, поэтому тут включается мышление и отключается создание образов. Из таблицы видно, что рисование левой рукой будет больше развивать правое полушарие и творческую часть человека, а писание правой будет больше развивать левое полушарие и аналитическую часть человека.

Выделим теперь в отдельную таблицу те виды деятельности, которые развивают оба полушария и проанализируем, являются ли действия, производимые разными полушариями мешающими (антагонистичными) друг другу.



Таблица 2

	Левое полушарие	Правое полушарие	Согласованность/противоречивость действий
Рисование правой рукой	+ (движение руки)	+ (обработка образов)	Есть противоречие: движение правой руки включает аналитическое полушарие, которое мешает образному мышлению.
Писание левой рукой	+ (обработка смысла сообщения)	+ (движение руки)	Есть согласованность: аналитическая обработка смысла не мешает механическому движению руки, поскольку рука пишет буквы по определённом шаблону, правилу.
Вычисление и запись левой рукой	+ (произведение вычислений)	+ (движение руки)	Есть противоречие: движение левой рукой отвлекает от аналитического вычисления
Поэзия и запись правой рукой	+ (движение рукой)	+ (образное мышление)	Есть согласованность: запись правой рукой помогает облечь образы в слова, придать им форму речи.

Так удалось выделить два вида деятельности, гармонично сочетающих активность обоих полушарий: чистописание левой рукой и сочинительство с последующей записью правой рукой. Но если поэзия — это творчество, требующее таланта и вдохновения, то научиться писать левой рукой может каждый. Вот почему я решил продолжать свои тренировки и ждать результатов.

Известно, что одним из самых эффективных видов деятельности с точки зрения использования обоих полушарий является игра на музыкальных инструментах, поскольку обе руки задействованы и выполняют достаточно сложные функции. Не говоря уже о том, что необходимо запоминать ноты (левое полушарие), чувствовать ритм (правое полушарие), вживаться в музыкальный образ (правое полушарие). В таблице 3 речь идёт как раз о музыкальных инструментах. Я обратил внимание, что для некоторых инструментов существенно, какая рука у человека ведущая (например, у Пола Маккартни специальная «леворукая» гитара), а для других это не так важно. Пообщавшись со специалистами, удалось выделить три группы инструментов с разной степенью дифференциации правизны-левизны.

Таблица 3

Игра на гитаре, скрипке и т.п. (инструменты с ярко выраженной дифференциацией рук)	Ведущая рука отвечает за интенсивность, громкость, динамику	Неведущая рука отвечает за мелкую моторику (переставление аккордов)
Игра на клавишных (инструменты, в которых дифференциация касается исполняемых партий, а не способа звукоизвлечения)	Партия правой руки обычно мелодическая («правши» лучше ведут мелодию)	Партия левой руки обычно ритмическая («левши» лучше держат ритм)
Игра на кларнете, флейте, саксофоне и т.п. (инструменты с нейтральной дифференциацией рук)	Задачи левой и правой руки практически не отличаются.	

Но вопрос, как степень дифференциации влияет на тренировку ЛП-режима, остаётся открытым. Что полезнее: предложить одинаковую нагрузку ведущей и неведущей руке или разную? В любом случае, тренировка рук в моём исследовании — это только средство для тренировки ЛП-режима мозга. Я же не собираюсь становиться виртуозным музыкантом, а хочу полнее использовать ресурс своего мозга. Для этого нужно постоянно усложнять себе задачу, делая левой или правой рукой то, что непривычно и неудобно. Виртуозом в музыке вряд ли станешь таким способом, зато есть шанс стать разносторонним человеком.

Вообще, понятие виртуозности, как правило, предполагает узкую дифференциацию, а ЛП-режим, наоборот, предполагает широту и универсальность. Левши-гении, как и правши-гении — это виртуозы в своей области. Идеальный вариант — амбидекстры — люди одинаково свободно владеющий обеими руками. Такими были Аристотель, Леонардо да Винчи, Микеланджело Буонарроти, Альбрехт Дюрер — самые разносторонние гении человечества. Сейчас начинают использовать новый термин «амбицеребральность», чтобы подчеркнуть, что главное, это не свободное владение обеими руками, а свободное владение обоими полушариями: «Амбицеребральность — это способность правого и левого мозга человека попеременно или параллельно и одновременно осуществлять переработку информации. <...> К моменту созревания, оба полушария начинают перерабатывать информацию параллельно и одновременно, демонстрируя качественно новые возможности мозговой деятельности» [2].

Интересно, что число людей с врождённой амбицеребральностью в современном мире растёт, а значит эволюция выбирает путь универсальности, и лучше с ней не спорить. Вот почему я продолжаю учиться писать левой рукой и ждать результатов, которые обязательно появятся.

#### Библиографический список

1. Егоров И. Левизна и правизна в биосфере земли / Сайт «Проза.ру». URL: <https://www.proza.ru/2014/01/19/2338> (дата обращения: 27.03.2020).
2. Пугач В.М., Кабаева В.Н. Функциональная асимметрия мозга: амбидекстрия и амбицеребральность, новые тенденции / Сайт «Детская психология». URL: <http://childpsy.ru/lib/articles/id/17943.php> (дата обращения: 27.03.2020).
3. Райт Э. Великие левши в истории мира. — Ниола-пресс, 2010. — 256 с.
4. Эдвардс Б. Откройте в себе художника (Новое рисование правым полушарием мозга). — Минск: Попурри, 2009. — 288 с.
5. Эдвардс Б. Ты — Художник. — Минск: Попурри, 2015. — 256 с.

УДК 141.145  
ГРНТИ 02.15.21

### ПОЭТИЧЕСКОЕ СЛОВО КАК ВРЕМЯ ВНУТРЕННЕГО МИРА

Подзолкова Н. А.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Озёрск, Челябинская область*

NAPodzolkova@mephi.ru

В статье поэтическое слово представлено как путь к новой онтологии живого, в которой время является активным творческим началом. Такая онтология даёт возможность говорить о непосредственном взаимодействии внутренних миров, закладывая основу для более глубокого понимания жизни не через единичное обособленное Я, но через обращённое друг на друга двуединство Я и Ты.

*Ключевые слова:* отношение Я-Ты, внутренний мир, континуум, живое, время, поэзия.

## POETIC WORD AS A TIME OF INNER WORLD

Podzolkova N. A.

OTI NRNU MEPhI, Ozersk

The article presents the poetic word as a way to a new ontology of the living, in which time is an active creative beginning. Such ontology makes it possible to speak about the direct interaction of inner worlds, laying the foundation for a deeper understanding of life not through a single isolated I, but through the twofold unity of Me and You that is turned towards each other.

**Keywords:** the I-You attitude, the inner world, the continuum, living, time, poetry.

**Введение в проблему**

«Жизнь есть сущность, обладающая внутренним миром» [3] — такая трактовка открывает возможность связать феномен жизни не только с систематически явленным нашим чувствам внешним миром, но также с сознанием — априорной невидимой сердцевиной нашего бытия. Но необходимо не только переживать непосредственно наличие внутреннего мира, но и уметь выражать это переживание. Но *для кого* мы хотим выразить свой внутренний мир, с кем собираемся делить жизнь своего сознания? Безусловно, с тем, у кого также предполагаем наличие внутреннего мира, то есть *с другим живым*.

Попытка выстроить антропологию в горизонте «Другого» была предпринята в начале XX века Мартином Бубером [1]. Он назвал этот новый горизонт отношением «Я-Ты», принципиально отличным от господствующего отношения «Я-Оно». По глубокому убеждению Бубера, познание мира не может быть адекватно выстроено из одной лишь точки «Я», наличие хотя бы двух равноценных точек обязательно. К своему Я можно прийти только через Мы, только исходя из реализованной взаимосвязи Я-Ты, которая и есть первичная клеточка самопознания. Суть в том, что «Ты» в этой новой антропологии — не теоретически выводимый конструкт, а живое существо, обладающее таким же ценным внутренним миром, *доступным для «Я» непосредственно, априорно, хотя бы в какой-то своей части*. Как это возможно?

Все попытки пересказать внутреннее средствами внешнего рано или поздно терпят фиаско — мы сталкиваемся с недосказанностью, искажениями, редукцией, многозначностью. Тем не менее, взаимодействие одного живого с другим живым по-прежнему осуществляется средствами внешнего опыта. Так происходит, потому что существует негласная «аксиома» об изолированности внутренних миров. А внешний мир, по мнению современной науки, есть пространственно-временной континуум, дающий возможность взаимодействовать различным его частями, в том числе, живым существам.

Но если предположить, что изолированность внутренних миров — это не базовое свойство их природы, а некоторая абберрация сознания, способ или ракурс видения себя изнутри, который по каким-то причинам сложился на доступном нашему обзору участке человеческой истории? Что если это не единственно возможный способ видения, а внутренние миры всё же пересекаются и тоже имеют непрерывную континуальную природу?

**Гипотеза (В.И. Моисеев, Н.А. Козырев, В.В. Налимов, М. Хайдеггер)**

Предположим, что помимо внешнего пространственно-временного континуума, которым занимается сегодня наука, существует ещё внутренний континуум, не исследованный учёными. В отличие от внешнего *пространственно-временного* континуума внутренний континуум является *временно-пространственным*, то есть время в нём — активное начало. Это хорошо согласуется с *философией мироподобия В.И. Моисеева* [3], в которой постулируется материя жизни (материя внутренних миров) *обратная* по отношению к внешней материи. В этой материи стремление к единому преобладает над стремлением ко многому, в то время как в обычной материи многое преобладает над единым. Тогда логично

предположить, что если для обычной материи активным началом континуума является пространство, то для обратной материи внутренних миров — время.

Ещё активность времени строго соответствует *теории Времени Н.А. Козырева* [2]: «Н.А. Козырев ввел понятие активных свойств Времени. Заглавной буквой он указывал, что речь идет не о метрическом свойстве времени, а об активном, творческом и субстанциональном начале». [2, с. 278] Тогда время внутреннего мира никак не противоречит времени внешнего мира, они дополняют друг друга: «Время не нарушает известных законов и не «конкурирует» с ними. В сложных системах, функционирующих по законам физики, всегда присутствуют случайности и неопределенности. Время организует эти неопределенности, управляет ими» [2, с. 278]. Активное время вносит во все процессы целесообразность и смысл, который берётся изнутри внутренней бесконечности, невидимой для внешних органов чувств: «Если в физических процессах причина лежит в прошлом по отношению к следствию, то Время словно меняет причину и следствие местами. Событие в будущем реализуется потому, что Время выстраивает цепочку неопределенностей таким образом, чтобы это событие смогло произойти» [2, с. 279].

Но что является тканью самого внутреннего континуума, если таковой существует. Что есть то первоначало («архэ»), из которого разворачивается внутреннее время-пространство. Таким первоначалом является *слово*. Конечно, не просто слово, которое стало «разменной монетой» для связности разрозненных вещей и существ во внешнем мире, но *сущностное слово* (подобное «сущностному числу» Пифагора и Плотина) — слово, способное вмещать миры («бесконечноподобные структуры» по В.И. Моисееву).

Если в свете всех этих постулатов вернуться к проблеме непосредственного взаимодействия внутренних миров, то можно выдвинуть предположение, что *поэтическое слово* — это *время внутреннего мира человека*, где время понимается в его активной субстанциональности, как творящая длительность и то начало, которое строит внутренний мир в его смысловой определённости.

В.В. Налимов — ещё один современный учёный, рискнувший ступить на зыбкую территорию освоения внутреннего пространства — писал: «Мы живём во внутреннем пространстве меньше, чем во внешнем. Нам не хватает опыта бытия во внутреннем пространстве. Поэтому не хватает и языка. Он есть у поэтов. В большей степени, чем у философов» [4, с. 83]. Возможно, правильное было бы сказать: «*Потому что* не хватает языка». Мы не можем *быть* во внутреннем пространстве, потому что не можем *длить* его в слове. «Поэтому поэзия никогда не воспринимает речь как наличный материал, напротив, поэзия сама впервые делает возможной речь...» — писал Мартин Хайдеггер — «Поэзия есть устанавливающее именование бытия и сущности всех вещей» [6, с. 43].

Время как поэтис, в котором сила слова становится творящей, побуждающей постоянно переходить от свершившегося к новому, двигаясь к полноте совершенства, отличается от физического времени. Их спутанность ведёт к тотальному непониманию. У внутреннего измерения время активно, оно творит историю. (Гёльдерлин: «Поэзия несущая основа истории» [6, с. 43]). Например, про Н.А. Козырева его ученик М.В. Воротков писал: «Возможно, сам Николай Александрович не до конца осознавал, что говорит с общественностью на своем «внутреннем языке», <...> область действительности, рассматриваемая этой теорией, практически не находит отражения в терминологической и понятийной базе научного мировоззрения. <...> Не удивительно, что при жизни Николая Александровича его идеи хорошо воспринимали люди искусства, сопричастные тайнам творчества (писатели, композиторы, художники и т.д.)» [2, с. 277-278].

Во внешнем мире мы не можем сказать в словах больше, чем они нам позволяют. Однако в поэзии слова не только *говорят* больше самих себя, но иногда сами *ведут* человека на неведомые внутренние территории. Поэт доверяет слову, можно даже сказать, *доверяется* ему как проводнику. Давайте присмотримся к поэтическим словам чуть пристальней, может

быть, через них получится выйти на путь освоения внутреннего мира как поля непосредственной встречи Я и Ты.

### Новое отношение к Слову

Конечно, когда мы говорим, что поэзия есть время внутреннего мира, не стоит понимать это буквально. Вообще ни одно слово языка, предназначенного для внешнего измерения реальности, нельзя использовать непосредственно для внутреннего измерения. Все слова здесь будут звучать фальшиво. Вообще сама речь — вторична для внешнего мира, здесь она только средство, а там, внутри, она — ткань бытия, его творящая временная канва. Поэтому чтобы осваивать внутренние миры и искать непосредственную связь Я и Ты, так необходимо новое отношение к слову.

Мы привыкли воспринимать слово с утилитарной точки зрения, относиться к нему как к средству передачи информации. Поэзия — и та рассматривается как приятная эстетическая добавка к повседневности. Такое положение дел — естественное следствие развития новоевропейской науки, корни которой уходят в средневековую магию. С одной стороны, магическое слово-заклинание — это ещё обращение *живому организму* Природы, подразумевание в ней внутренней бесконечности, с другой стороны, заклинание — уже утилитарно, это средство для получения желаемого результата. Оно перестаёт быть *творящим* (как Божественное слово), *поэтическим* (как слово античных трагедий) или *священным* (как слово молитвы). С развитием классической науки слово-заклинание заменяется словом-описанием *механизма* Природы, вовсе лишённого какого-либо внутреннего измерения.

Однако между магией средневековых алхимиков и экспериментальным естествознанием учёных Нового времени яркой звездой сияет период культурного Ренессанса. Он начинался именно со Слова! «Считалось, что в становлении духовного образования человека (которое называлось термином «*humanitas*» — Н.П.) основная роль принадлежит словесности, то есть поэзии, риторике, истории и философии» [5, с. 213]. Эти дисциплины наименее прагматичны, а значит в них человек проступает в своей истинной духовной природе, а не в частных эмпирических нуждах. В Италии ещё задолго до великих художников Высокого Возрождения Данте Алигьери пишет «Новую жизнь» и «Божественную комедию», а Франческо Петрарка — сонеты к Лауре. Позже голосом Возрождения становится Эразм Роттердамский — писатель, мечтавший объединить Европу в республику учёных-гуманистов. Его единственным оружием в любой битве было Слово. И пусть гуманисты-литераторы тогда проиграли в «войне» за умы и сердца людей, этот краткий исторический момент показал, на какую высоту может вознестись человеческая природа, каких титанов Духа может родить земля (Боттичелли, Леонардо, Рафаэль, Микеланджело), если Слово является мироподобным, живым и не безучастным к судьбам мира.

В самый мрачный период XX века во время Второй мировой войны в концлагере Виктор Фракл создал новую психотерапевтическую практику — логотерапию — терапию Словом. Что ещё могло спасти людей, оказавшихся внутри этого гигантского бездушного механизма? Только сущностное Слово, способное творить внутри человека спасительную опору для его потерявшего смысл бытия. У Варлама Шаламова есть удивительный рассказ «Сентенция» — о том, как со Слова начинается духовное возрождение человека, почти потерявшего своё человеческое Я в лагерях ГУЛАГа.

История хранит свидетельства о том, как иногда великие люди принимали обет молчания. Так молчали Фома Аквинский, Андрей Рублёв, многие годы раз в неделю в течение суток хранил молчание Мохандас Ганди. Через эту *внешнюю тишину* все они пытались сосредоточиться на *внутреннем делании*, вернуть словам утраченную силу. В фильме «Жертвоприношение» Андрея Тарковского главный герой жалуется, что он очень много болтает? Он не знает, как перейти от слов к делу. Но во внутреннем мире *Слово и Дело спаяны воедино*, здесь сущностное поэтическое Слово — это Время любого деяния, творящее Время перехода от небытия к бытию.



### Некоторые выводы и следствия

Когда соразмерность внешнего и внутреннего нарушается со стороны пространства, возникают «пустоты небытия» — внешний мир, не подкреплённый внутренним содержанием, не имеющий глубины. Когда поэтическое слово превращается в средство и теряет свою творческую силу, возникают «пустоты безвременья» — физическое время, не подкреплённое внутренней целевой активностью. Переход от причин к следствиям становится в таком времени чисто автоматическим, мы существуем по инерции внутри гигантского механизма заведённых не нами часов и только увлекаемся в бездну расшатывания и угасания этого первоначального завода (тепловая смерть Вселенной).

Конечно, слова как описание внешнего мира и средство коммуникации в мире «Я-Оно» никуда не исчезнут. Привычная нам речь может претерпевать изменения: уточняться, упрощаться, наполняться вспомогательными средствами (эмодзи-смайлами и т. п.). Главное, чтобы такая речь не осталась единственной. Нужно дать *времени* *Время*, чтобы зазвучало творящее слово, в котором Я и Ты слышат друг друга непосредственно, в котором внутренние миры со-общаются друг с другом как сосуды с водой. Вообще, отношение к слову в мире — как отношение к воде на планете — является индикатором чистоты и верного направления эволюции. Если цивилизация загрязняет воду, значит она движется к гибели — нужно переосмыслить направление движения. Если нивелируется ценность слова, значит цивилизация вырождается, какие бы лозунги при этом не звучали. Потому что для устойчивости мира нужны не лозунги, а настоящие стихи. Чистое как родниковая вода поэтическое слово...

### Библиографический список

1. Бубер М. Я и Ты – М.: Высшая школа, 1993. – 175 с.
2. Воротков М.В. Идеи Козырева: 30 лет спустя / Время и звезды: к 100-летию Н.А. Козырева. – СПб.: Нестор-История, 2008. – С. 275-298.
3. Моисеев В.И. Философия мироподобия / Курс лекций. Лекция 1 14.11.2019 г. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=oM3kF6r4Ffw> (дата обращения: 23.03.2020).
4. Налимов В.В. В поисках иных смыслов. – СПб. – М.: Центр гуманит. инициатив, 2013. – 464 с.
5. Реале Дж. Антисери Д. Западная философия от истоков до наших дней. Том 2. Средневековье. – ТОО ТК «Петрополис», 1994. – 368 с.
6. Хайдеггер М. Гёльдерлин и сущность поэзии // Логос – 1991. – №1. – С. 37-47.

УДК 141.145  
ГРНТИ 02.15.21

### МЕТОД И ИСТИНА ПРИ ПОЛНОТЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОДХОДА

Шашков И. И., Максимова Н. Б.

*Тверской промышленно-экономический колледж  
г. Тверь*

[shashkovi0@gmail.com](mailto:shashkovi0@gmail.com)

В интегральной научно-философской системе, в основании которой лежит аксиома абсолютной полноты, осуществляется трансформация фундаментальных представлений и принципов научно-философского знания во всем его объеме.



*Ключевые слова:* абсолютная полнота, интегральный научный метод, истина, Универсальная система, конечное и бесконечное.

## METHOD AND TRUTH IN THE FULLNESS OF THE INTEGRAL APPROACH

Shashkov I. I., Maksimova N. B.

Tver Industrial and Economic College, Tver

In the integral scientific and philosophical system, which is based on the axiom of absolute fullness, the transformation of fundamental concepts and principles of scientific and philosophical knowledge in its entirety is carried out.

*Keywords:* absolute fullness, the integral scientific method, truth, Universal system, the finite and the infinite.

1. Заявленная в названии настоящей статьи тема рассматривается нами в рамках Интегралтики – научно-философской системы, в основании которой лежит концепт *абсолютной полноты*, включающей в себя абсолютно всё (не только все какие-либо материальные и идеальные сущности, но и пространство-время этих сущностей, и всевозможные представления и мысли об этих сущностях, и даже их отрицание, в том числе и отрицание самой полноты) [5, с.38-40].

2. Введение концепта абсолютной полноты приводит к расширению рамок научной рациональности: вместе с непротиворечивой логикой становится легитимной и логическая противоречивость.

Иными словами, **возможно Всё (и логически непротиворечивое, и логически противоречивое), но непротиворечивой логике следуют процессы в макроскопическом мире, а логической противоречивости – в квантовом микромире.**

3. Полнота интегрального подхода (*полнота интегральности*) достигается при эмерджентном единении *интегрирования 1-го и 2-го родов*.

*Интегрирование 1-го рода* – характеризуется нахождением и единением *общего* в группах родственных феноменов; это *непротиворечивое* интегрирование. Такому интегрированию отвечает *линейность, открытость*.

*Интегрирование 2-го рода* – интегрирование ведется по *противоположному* в интегрируемых феноменах; это *логически противоречивое* интегрирование. Такому интегрированию отвечает *замкнутость, закрытость*.

4. Возможна ли абсолютная истина? – Абсолютная полнота, достигаемая при полноте интегральности, двойственна: 1) При «добавлении» к ней еще чего-либо она изменяется, но при этом 2) в своем качестве абсолютной полноты остается неизменной (включает в себя, в том числе, любое свое изменение и даже свое отрицание).

**Безусловная самотождественность, инвариантность абсолютной полноты ( $A = A$ ), превышающей, прячущей в себе любые свои изменения ( $A > A$ ), означает ее абсолютную истинность.**

Полнота включает в себя путь мыслителя к ней; сознание мыслителя при этом осуществляется в своей полноте.

Соответственно, абсолютная истина является статично-динамичной: «внутри» себя она динамична (превышает сама себя), оставаясь при этом статичной, самотождественной (и недостижимой) для мыслителя, осуществляющего путь к ней в непротиворечивой логике.

5. Таким образом, абсолютная истина недостижима при научном подходе, осуществляемом в рамках непротиворечивой логики; она в этом случае принципиально трансцендентна, она вне нас и ею нельзя оперировать. Под вопросом оказывается само ее существование. Значит, в этом случае она не может служить для нас «маяком», относительно

которого отсутствуют сомнения, и который указывает нам верный путь к самому себе. Более надежными «маяками» представляются открытые и наблюдаемые эмпирические факты/феномены/явления, относительно которых выдвигаются гипотезы, строятся теории..., пока новые открытые факты/феномены/явления не потребуют для своего объяснения новых гипотез, теорий... и т.д.; научный прогресс оказывается бесконечным.

Соответственно, научный метод традиционно основывается, в первую очередь, на эмпирике. В конечном счете, первичными оказываются опытные данные, но не абстракции «чистого разума».

6. Однако при полноте интегральности и, вместе с этим, легитимности краевой логической противоречивости, абсолютная истина достижима.

Соответственно, следует расширить традиционный научный метод (осуществляемый в рамках непротиворечивой логики), дополнив его теми возможностями, которые открываются при обращении к понятию абсолютной полноты. **Следует не избегать краевых логических противоречий, а взять их как начало философствования, как основу абсолютной реальности, следует научиться работать с логическими противоречиями рационально.**

7. Таким образом, в Интегралике научный метод принципиально изменяется, трансформируется. Теперь мыслитель в своем научном поиске имеет надежный ориентир – абсолютную полноту (и, вместе с ней, краевую логическую противоречивость). Путь подъема от частичности нашей «макроскопической» действительности к абсолютной полноте в Интегралике дополняется «спуском» от полноты к частичности. При этом главная ветвь – спуск от полноты; на этом пути выводятся фундаментальные принципы и законы, строится фундаментальная краевая схема, верифицируется, исправляется имеющийся эмпирический опыт. При этом спуск от полноты (интегральное выведение) сам является фундаментальным «эмпирическим» опытом – опытом сознания, понимания сознанием самого себя; соответственно, построение теории сознание является основным предметом Интегралики.

**В Интегралике стандартный научный метод преобразуется в интегральный научный метод, при котором интегральность осуществляется в ее полноте.**

8. Если теория в своей полноте является самообращенной (т.е. в своем осуществлении в рамках непротиворечивой логики возвращается, в конечном счете, к своим исходным положениям), то она является истинной.

Полнота «индуцирует» свою истинность на всё, что стремится к ней. Она является финальной причиной движения мыслителя к ней, неразличимой с начальной причиной этого движения (представляющей собой свободный волевой творческий акт мыслителя). Финальная и начальная причины тождественны, но при этом парадоксальным образом финальная причина первична относительно начальной причины.

9. Новые знания достигаются при изменении (превышении, отрицании) уже имеющегося конкретного знания, при отклонении от мейнстримного пути развития науки и философии.

В Интегралике принципиальные изменения начинаются, условно говоря, с самого начала – от Аристотеля; вместе с легитимацией краевой логической противоречивости открывается новая линия, которая не совпадает с линией традиционной философии практически на всем ее протяжении.

Вместо бесконечного стремления к представляющейся недостижимой полноте теоретической картины мира, в Интегралике утверждается возможность построения адекватной и однозначной *Универсальной системы (УС)*, предельной для всех фундаментальных научных и философских теорий в полноте их развития [3, с.150-172].

Построение Универсальной системы, несущей в себе большую общность, чем сходящиеся к ней философские системы, возможно ввиду того, что ее структурным элементом является абсолютная полнота, которая парадоксальным образом одновременно и целостна (единична), и структурна (множественна). Ее множественность позволяет строить из нее структуру (систему), а в своей единичности она «прячет» в себе любую бесструктурность,

любой хаос, любую противоречивость, оставляя вне себя возможность работы в рамках непротиворечивой логики.

10. В работе [4, с. 67-68] показано, что при полноте интегрального подхода для построения всеобъемлющей Универсальной системы достаточно одной аксиомы – *аксиомы полноты*, в которой утверждается, что абсолютная полнота существует и представляет собой абсолютную реальность.

Соответственно, в основании УС, осуществляющейся в своей полноте, должна быть только одна аксиома – *аксиома полноты*.

Что касается частичных научных теорий, способных осуществляться на краю в своей полноте, то в их основании лежат *полно-частичные* аксиомы. Такие аксиомы верифицируются аксиомой полноты.

Частичные же теории, не осуществляющиеся в своей полноте, основываются на *частичных* аксиомах, которые аксиомами можно называть с большой натяжкой. На краю такие «аксиомы» не работают, вблизи же края их следует верифицировать полно-частичными аксиомами.

11. Единение при полноте интегрального подхода неопределенной полноты (бесконечности) и определенной частичности ведет к снятию в Интегралике *предрассудка определенности*; картезианская ясность уже не является безусловным критерием истины. В частности, для коммутирующих величин справедливо квантовое *соотношение неопределенностей*, предельное самоосуществление которого происходит при единении полноты и частичности, бесконечного и конечного.

Связь конечного и бесконечного осуществляется в соответствии с фундаментальным интегральным принципом 2-3, в своем предельном самоосуществлении, связывающем два логически несводимых друг к другу полюса – *конечного* и *бесконечного* – в *конечно-бесконечные* сущности [2, с.126-142].

12. Структурный подход к проблеме соотношения конечного и бесконечного осуществляется в R-анализе – направлении неклассической математики, в основе которого лежит идея *относительности* конечного и бесконечного [1, с.129-137].

В Интегралике, в отличие от R-анализа, конечное и бесконечное не только дополняют друг друга, оставаясь при этом отдельными друг от друга, но и единятся в эмерджентных *конечно-бесконечных сущностях*. При этом они не соплагаются, не образуют симбиоз, не связываются механически – образованные ими сущности являются нераздельными целостностями.

13. Полные сущности абсолютно тождественны, неразличимы между собой, но при этом и «маркируются» своим путем к самим себе. Разум достигает своей полноты через свое самоосуществление в частичности, через осуществление череды приближающих к краю трансляций, завершающихся трансформационным скачком к абсолютной полноте.

Человеческий разум является «мостом» между частичностью и полнотой, человек заполняет собой разрыв между привычной макроскопической «серединой» и неизведанным «краем». И при этом человек не только мост между собой и собственным превышением самого себя (условно говоря, сверхчеловеком), но и перманентно превышает свое «сверхчеловеческое» состояние (Ахиллес не только догоняет черепаху, но и перегоняет ее).

#### Библиографический список

1. Моисеев В.И. Человек и общество: образы синтеза. В 2-х тт. т.1.а – М.: ИД «Навигатор», 2012.
2. Тарасюк Т.В., Шашков И.И. Интегральный интеллект: от теории к практике. Часть 1. Интегральное моделирование на основе принципа 2-3. // Credo New. № 2 (94), 2018. URL: <http://credo-new.ru/archives/1336>
3. Шашков И.И., Максимова Н.Б. Интегральное выведение в контексте транс-рациональности // Credo New, №4 (100), 2019. URL: <http://credo-new.ru/archives/1889>.

4. Шашков И.И. Метафизическое исчисление в его полноте и частичности // Интегралика: от представления о полноте к интегрально-квантовой картине мира / Под общ. ред. И.И. Шашкова. – Тверь: Изд-во «Триада», 2017. URL: <http://integralics.com/books/4.html>.
5. Шашков И.И. Трансформационный скачок в представлениях о полноте. // XVII Всероссийская научно-практическая конференция «Дни науки – 2017». – Озёрск: ОТИ НИЯУ МИФИ, 2017. URL: <http://oti.ru/wp-content/uploads/2015/09/Maket-sbornika-2017.pdf>

**УДК 18, 008**  
**ГРНТИ 02.61.25**

## **ОТ ЭСТЕТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ К УТИЛИТАРНОМУ**

Парутин К. А.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
г. Озёрск, Челябинская область*

parutin1999@mail.ru

Статья обладает «двойным дном». На первом плане речь идёт об особенностях композиционной организации пространства в период Ренессанса и о тех изменениях, которые произошли в последующую эпоху научно-технической революции Нового Времени. На более существенном уровне речь идёт о потере связи между наукой и искусством, которая пагубно сказывается на мышлении современных людей.

*Ключевые слова:* Эпоха Возрождения, композиция, эстетика, научное и художественное творчество, Новое Время, изобретение.

## **FROM AESTHETIC THINKING TO UTILITARIAN**

Parutin K. A.

*OTI NRNU MEPHI, Ozersk*

The article has a "double bottom". In the foreground, it deals with the peculiarities of compositional organization of space during the Renaissance and the changes that occurred in the subsequent era of the scientific and technological revolution of New Time. On a more significant level, we are talking about the loss of the connection between science and art, which is detrimental to the thinking of modern people.

*Keywords:* Age of Renaissance, composition, aesthetics, scientific and artistic creativity, New Time, invention.

Сегодня науку сложно представить без каких-либо графических изображений. Это может быть электрическая схема в физике, модель молекулы вещества в химии, рабочий чертеж здания в архитектуре и т.д. Способ перевода мыслей человека в визуальный образ существует с зарождения человеческой культуры, но активно применять его в техническом творчестве стали великие инженеры, архитекторы и изобретатели Эпохи Возрождения. Важнейшей чертой технических произведений того времени было то, что их почти невозможно отличить от художественных произведений. Говорим ли мы о гравюрах с картами мира, об иллюстрациях к книгам Иоганна Кеплера, изображающих космологические модели, или о рисунках флоры и фауны для книг по биологии и географии — трудно сказать, какую ценность они больше представляют: фактологическую или эстетическую.

Многие чертежи Леонардо да Винчи, будучи одновременно прекрасными рисунками, донесли идеи и мысли автора через пространство и время. Сегодня по этим рисункам делают работающие модели, они не потеряли притягательность для современных конструкторов, хотя существуют гораздо более совершенные механизмы. Но хочется сделать именно леонардовские модели — в том числе, потому что они красивы.

Главной особенностью творческого мышления Эпохой Возрождения является понятие о *композиции* — сам термин «композиция» (от лат. «compositio» — составление, соединение) был введён именно в это время. Под композицией мыслители и художники понимали, прежде всего, *способ сознательной организации материала в предмете искусства в соответствии с самой природой*: «художник должен заимствовать эти правила у природы, «этой удивительной мастерицы всех вещей» [2, с. 25], — писал известный учёный и гуманист Леон Баттиста Альберти в своём сочинении «Десять книг о зодчестве». До этого европейские художники и мастера ориентировались на мир Священного писания (Библии), который не должен был напрямую соотноситься с реальным физическим пространством. Поэтому изображения могли быть плоскими, нарушающими перспективу, изменяющими размеры фигур в соответствии с их значимостью, а не с занимаемым на картине местом.

Художники стремились понять, возможно ли только на основе количественных изменений пространственных форм и их сочетаний (величина, вес, масса, положение в пространстве, пропорции и т.д.) получить эмоционально-выразительный и содержательный образ. Как объемно-пространственная композиция, опирающаяся на особенности зрительного восприятия человека и его психофизиологические данные, воздействует на мысли и чувства [4]. Систематизация знаний о композиции и ее закономерностях приобретает все большее практическое значение, позволяя более эффективно вести инженерный и художественно-конструкторский поиск. Именно появление композиции стало началом развития технического моделирования и конструирования, основанных на объемно-пространственном представлении.

Эпоха Ренессанса показала, что сам стиль объемно-пространственной композиции, окружающего нас мира, воздействует на мышление человека. Тот факт, что в этот период архитектура, живопись, предметы быта имели отчётливо эстетический и одновременно натуралистический характер, породил определенный стиль мышления, который привел к стремительному росту творческих идей у деятелей искусства: художников и изобретателей, которые сами зачастую являлись философами. Началось быстрое развитие таких наук, как математика, астрономия, механика. Продолжалось становление экспериментального метода на основе соединения науки и практики, который затем усовершенствовался в Новое время. Открытия и изобретения, сделанные в этот период, оказали огромное влияние на всю последующую историю человечества. Безусловно Ренессанс дал огромный скачок в развитие науки Нового времени.

Если Эпохе Возрождения свойственна эстетичность предметов технического творчества, то в Новое время акцент делается на улучшение среды обитания человека. Целью науки становится не изучение мира природы, как было раньше, а увеличение власти человека над природой. Впервые об этом заговорил английский философ Фрэнсис Бэкон в своем трактате «Новый Органон». Трактат является второй частью задуманного Бэконом труда «Великое восстановление наук», в котором он призывал современников сделать упор на науки, применимые на практике и улучшающие жизнь человечества. Истинное знание, по его мнению, является результатом точных экспериментов и должно излагаться общедоступным, ясным языком. Резкой критике подвергает Бэкон философов и изобретателей Ренессанса (как наследников средневекового схоластического метода), так как непредвзятое опытное изучение природы они, по его мнению, подменяли спекулятивными философскими рассуждениями: «Вина их заключается в том, что уважительному отношению к реальности, пониманию пределов возможного... философская традиция противопоставила «хитрость ума и неясность слов», или «фальсифицированную религию» или «народные наблюдения»...» [3,



с. 168]. Формируется новый метод мышления, у которого на первый план выходят знание и наука, происходит стремительное улучшение качества материальной жизни человека.

Такой способ мышления приводит к изменению объемно-пространственной композиции, происходит *утилитаризация* предметов технического творчества, упрощение их форм и уход от эстетической составляющей. Мы чаще обращаем внимание на то, что в Новое время произошло множество открытий в самых разных естественных науках, причем некоторые достижения были получены путем усовершенствования знаний мыслителей Ренессанса (например, по инженерным рисункам Леонардо да Винчи изготовили аэроплан и двухлинзовый телескоп). В то время как последствия изменения мышления с эстетического на более утилитарное становятся заметными лишь сегодня. До нашего времени научная деятельность развивалась крайне быстро, постоянно что-то открывалось и усовершенствовалось, однако сейчас, несмотря на стремительное нарастание технизации быта, всё труднее дожидаться действительно крупномасштабных научных открытий: в основном, усовершенствуется, то что уже изобретено или открыто. Уход от эстетики привел к примитивной геометрии современных зданий и предметов быта, а простота и элементарность нашего окружения, в свою очередь, стала воздействовать на обеднение наших творческих идеи. Мы попали в замкнутый круг.

Когда объектом восприятия является предмет с элементарно простой формой, мы действительно способны почти сразу оценить ее целостность. Но если форма предмета состоит из многих элементов, и соподчиненность элементов к тому же сложно организована, то получаемый при восприятии такого предмета образ не носит столь однозначного характера. Даже подготовленный человек не сможет мгновенно оценить целостность композиции сложной объемно-пространственной структуры, так как мозг не в состоянии в одно мгновение переработать слишком большое количество сложнейшей композиционной информации. Так сложные структуры, предлагаемые зрителям мастерами Ренессанса, развивали и тренировали мозг лучше всяких головоломок. Сегодня происходит композиционное упрощение человеческого окружения. Аппаратная сложность приборов, скрытая под гладкими панелями в силу своей эстетической неприглядности; примитивная форма объемно-композиционной структуры городов — всё это начинает негативно влиять на стиль мышления современного человека, в том числе, на стиль мышления самих инженеров, а также художников, поэтов и философов, что приводит к уменьшению их творческого потенциала. Может быть, зря наука и искусство, утилитарное и эстетическое разошлись так далеко?

Недавно в альбоме, посвящённом миру науки в изобразительном искусстве, прочитал: «Прекрасное единение научного и художественного начал в эпоху, когда скульптор и архитектор Филиппо Брунеллески обсуждал с геометром и географом Паоло Тосканелли и таинства центральной перспективы в изображении видимого мира, и таинства строения вселенной в «Божественной комедии» Данте. Это восхитительное единение — в прошлом, но память о нём, грусть от его отсутствия остаются непреходящим наследием культуры и сегодня» [1, с. 20].

И мне почему-то тоже стало грустно...

#### Библиографический список

1. Глазычев В.Л. Гемма Коперника. Мир науки в изобразительном искусстве – М.: Советский художник, 1989. – 416 с.
2. Данилова И.Е. От Средних веков к Возрождению. Сложение художественной системы картины кватраченто. – М.: Искусство, 1975. – 127 с.
3. Реале Дж. Антисери Д. Западная философия от истоков до наших дней. Том 3. Новое время. – ТОО ТК «Петрополис», 1996. – 736 с.
4. Трофимов В.А., Шарок Л.П. Основы композиции. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 42с.



УДК 177.63  
ГРНТИ 02.41.11

## СОДРУЖЕСТВО И СОТВОРЧЕСТВО КАК ПРИМЕР МАКСИМАЛЬНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ТВОРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

Шмуль М. А.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ*  
*г. Озёрск, Челябинская область*  
resurrectdeadman@gmail.com

В данной статье предпринята попытка ответить на некоторые вопросы, связанные с механикой совместного творчества. Актуальность темы обусловлена особенностями наступающей эпохи синтеза, когда всё чаще обнаруживает себя явление «коллективного гения». Автор рассматривает проблемное поле сотворчества на примере многолетней и крайне плодотворной работы советских писателей-фантастов Аркадия и Бориса Стругацких.

*Ключевые слова:* совместное творчество, синтез идей, соборность, иерархичность, системный эффект.

## CONCORD AND CO-CREATIVITY AS AN EXAMPLE OF MAXIMIZING CREATIVE POTENTIAL

Shmul M. A.

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

In this article an attempt is made to answer some questions related to the mechanics of joint creativity. The urgency of a theme is caused by the features of an approaching epoch of synthesis when the phenomenon of "collective genius" more and more often reveals itself. The author considers a problematic field of co-creativity by the example of a long-term and extremely fruitful work of the Soviet science fiction writers Arkady and Boris Strugatsky.

*Keywords:* left hemisphere thinking, right hemisphere thinking, creativity, logic, intuition.

Начиная с древних времен человеческий род идет ко всё более эффективному созиданию. Когда-то главным инструментом для исследования была философия во всем её вариативном множестве. Вариативность достигалась обычно возникновением неединодушных лагерей; это разделение позволяло эмпирическим путём выделять наиболее жизнеспособные философские идеи; прочие, не имея достаточных оснований к собственному существованию или в виду своей чрезмерной сложности, отсеивались.

В рамках отдельно взятого лагеря, или школы, как правило имелись единомышленники, занятые разработкой и проверкой идей. В истории нередки случаи разделения школы в ходе эволюционного развития мысли, когда более консервативная часть стремилась сохранить уже устоявшуюся модель, а более либеральная — подвергала её всевозможной критике, предлагая новый путь. Такая тенденция сохраняется сегодня не только в кругу философов, но и в среде учёных различных отраслей знания (математики, физики, химии, общественного права и пр.).

Модель, использующая метод разбиения одного идейного круга на части в целях улучшения качества поиска истины, интуитивно ясна, поскольку является родственной естественному закону, стремящемуся к оптимальной конфигурации качеств. Наличие такого закона (в природе и в мышлении) не даёт развитию останавливаться. Однако развитие подразумевает разные стадии. И вслед за стадией дифференциации с необходимостью следует

стадия синтеза. Синтез подразумевает не дробление и отбрасывание ненужного, а закрепление нужного и соединение всех сохранённых элементов. Для синтеза по самой простой модели требуется как минимум два компонента: идея, доступная для расширения, и люди, готовые ею заняться.

Ресурс каждого отдельно взятого человека ограничен и, к сожалению, свойство аддитивности доступно людям в очень узком перечне видов деятельности. Можно себе представить, что вдвоём легче выкопать яму, но легче ли вдвоём написать стихотворение или нарисовать картину? Возможно ли сложение творческих или интеллектуальных усилий и, если да, то по каким законам оно осуществляется? Синтез становится возможен, когда находятся хотя бы два человека, способных идти не только в одном течении, но и умеющих дополнять друг друга благодаря предрасположенности к раскрытию потенциала каждого из них во время мыслительного исследования. В обществе разных времен встречались люди, обладающие столь прочным стремлением к одной и той же цели. Важно заметить, что здесь речь идёт не о полном взаимопонимании, а, скорее, о способности видеть, воспринимать и трудиться ради четко установленной общей цели в столь же точно обозначенном месте и времени. Тогда взаимопонимание — это не причина, а следствие «со-трудничества» (греч. «син-эргии», лат. «ко-операции») таких людей.

На советское время приходится пример братьев Аркадия и Бориса Стругацких, в произведениях которых произошел явный синтез двух людей в единый авторский голос. Как отмечали сами братья, начало их творческой карьере положили их супруги:

«В середине 50-х годов прошлого века Стругацкие со своими вторыми половинками прогуливались по Невскому, и рассуждали о современной литературе. Речь зашла о современной фантастике:

– Ну разве можно так скучно и бездарно писать? – возмущались братья.

– Что вы брюзжите, возьмите и сами напишите что-нибудь стоящее! – парировала на это супруга Аркадия, Елена.

Оба брата призадумались, и решили попробовать. Они поспорили с женами, что напишут действительно интересный фантастический рассказ. Так на свет появилась «Страна багровых туч». После были написаны повести «Понедельник начинается в субботу», «Полдень XXII век» и знаменитый «Пикник на обочине» [1].

Основной жанр, наблюдаемый в подавляющем большинстве их работ – научная фантастика. Оба писателя-фантаста трудись не столько ради идеи изобразить более ли менее правдоподобное далёкое будущее, сколько говорили о проблемах современности и о социальных прогнозах. В качестве главного и незаменимого механизма будущего в их произведениях выступают не технические изобретения, а именно человек с его способностью созидать мир. За время совместного творчества были написаны десятки произведений, вошедших в золотой фонд мировой фантастики. Постепенно тематика произведений меняет своё настроение от оптимистично-приподнятого («Понедельник начинается в субботу», «Полдень, 22 век») до тревожного («Далёкая радуга», «Трудно быть богом», «Хищные вещи века») и даже трагического («Град обреченный», «Отягощенные злом»). Существует не только сюжетная связь со сквозными героями (то, что получило название «миры братьев Стругацких»), но и гораздо более глубокая тематическая связь (идея прогрессорства, интенсивный и экстенсивный путь развития человечества, неразрешимые этические коллизии, порабощение техникой).

Труд писателей проходил в большинстве своём совместно. Попытки вести деятельность по отдельности были и на сегодняшний день существуют самостоятельные работы, но оба брата отмечали, что лишь слаженный тандем был по-настоящему эффективен. Как ни странно, работать над романами и повестями им удавалось даже, живя в разных городах: Аркадий – в Москве, Борис – в Ленинграде. Однако новое произведение неизменно требовало личной встречи в доме своей матери, где они работали по несколько месяцев.

Процесс их совместной занятости можно охарактеризовать двумя моделями: «Дао и Дэ» и «Старший и младший». При этом обе модели стоит употреблять в совокупности.

Первая модель указывает на наличие соподчиненного метода коммуникации. В данном случае Борис является Дэ, то есть тем, кто исполняет, но требует некоторого направления. В свою очередь Аркадий — это Дао, то есть то, что имеет свойство направлять.

Вторая модель требуется, чтобы объяснить, почему это подчинение работает. Аркадий и Борис неразрывно связаны даже на уровне профессиональных установок: Аркадий мечтал стать астрономом, но выучился на военного переводчика; Борис же мечтал быть физиком-ядерщиком, но стал астрономом. Их коллектив получился мощным, потому что они умели мысленно продолжить друг друга и руководствовались установленной соборной иерархией «Старший и младший», где каждый занимает своё важное место так, что попытка смены или смещения попросту приведет к нарушению системы. Следует подчеркнуть, что в такой иерархии нет более или менее важного элемента системы, так как только совместные усилия дают принципиально новую единицу или системный эффект, способный выполнять определенный вид деятельности. Самый простой пример такой системы — это шариковая ручка. В механизме присутствует стержень с чернилами и шариковый наконечник, к которому подаются чернила. По отдельности эти два предмета бесполезны.

В произведениях Стругацких прослеживается патриархальная система, где также существует концепт «Старший и младший». На примере «Понедельника...» можно увидеть, что главный герой представлен новичком, совершенно не знакомым со средой, для более простого и удобного входа читателя в повествовательный поток. Новичок — это всегда Борис. Среда состоит из множества компонентов и персонажей, с различными характерами и точками зрения, в которых так или иначе находит отражение новичок. Среда в связи со своей неоднородностью предусматривает для новичка определенный путь следования, направление. Среда со всеми вытекающими обучающими последствиями — это Аркадий. Удаление основных компонентов невозможно. Эта невозможность обусловлена, кроме необходимости сохранения структурной целостности и продуктивности, также человеческим ресурсом. Работа в одиночестве вызывает постепенное профессиональное выгорание, что может повлечь за собой полный отказ от выполнения работы. Случай совместной деятельности обеспечивает разграничение, релаксацию и информационную поддержку каждого участника коллектива.

Подобные коллективы редки, но не исключены. Авиаконструкторы братья Райт работали совместно над методом перекошенного крыла. Братья не были первопроходцами в освоении метода, по меньшей мере его разработкой занимался Б. Де Гусмау (1709 г.), однако они сумели впервые на практике продемонстрировать работоспособную систему аэродинамического управления по крену. Старший брат, Уилбур, был основателем и лидером коллектива, но его младший брат, Орвилл, был незаменимым единомышленником и сотрудником во времена, когда используемый подход считался избыточным и подвергался всесторонней критике. В результате без всякой государственной поддержки, без специального образования, всего лишь вдвоём (а не целым конструкторским бюро) братьям удалось воплотить в жизнь многовековую мечту человечества об управляемом полёте [2].

Другой пример — физики, авторы популярных учебников братья И.К. и А.К. Кикоины. Писательскую деятельность инициировал старший брат Исаак. Вместе Исаак и Абрам Кикоины являются авторами многократно издававшегося учебного пособия для высших учебных заведений «Молекулярная физика». В учебник в течение многих лет вносились изменения согласно текущему уровню развития науки. Множество раз их работа была переиздана с 1965 по 2007 годы. Сотрудничество двух братьев продолжалось, и его результатом стал курс «Физика» для 9 классов, ставший стандартным школьным учебником вместо знаменитого «Перышкина» на целых 25 лет. Братьям-физикам, активно работавшим над атомным проектом в СССР, приходилось, кроме всего прочего, постоянно вставать на защиту друг друга в период царившей системы доноительства [3].

Вообще, на примере известных людей можно заметить, что устойчивость и выживаемость «творческих тандемов» в трудные времена гораздо выше, а значит и плодотворность усилий каждого в отдельности тоже возрастает. Мы увидели, что совместное творчество возможно в самых разных сферах: исследовательской, изобретательской, интеллектуальной, писательской. Не значит ли это, что будущее человечества — не в бесконечной дифференциации наук, специальностей, отраслей и направлений искусства, а в достижении синтеза знаний через со-мыслие, со-переживание и со-дружество людей.

#### Библиографический список

1. Братья Стругацкие: одна жизнь на двоих с жестоким финалом / Кумиры наших и прошлых лет. Канал «Яндекс-Дзен» — URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5a69a2ab4826777ce2bd9f29/bratia-strugackie-odna-jizn-na-dvoih-s-jestokim-finalom-5cb0ac1efd70f300b4fd7db8> (дата обращения: 27.03.2020).
2. Братья Уилбур и Орвилл Райт / Биограф — URL: <https://biographe.ru/uchenie/bratya-raйт/> (дата обращения: 27.03.2020).
3. Кикоин К.А. Младший брат / Проза.ру. — URL: <https://www.proza.ru/2015/05/24/1885> (дата обращения: 27.03.2020).

# ЛИНГВИСТИКА И МЕЖКУЛЬТУРНАЯ КОММУНИКАЦИЯ

УДК 82  
ГРНТИ 16.21.29

## ОБРАЗ МИСТИКИ В ХУДОЖЕСТВЕННОМ ТЕКСТЕ

Зубаирова К. Ф., Ползунова М. В.

*Озёрский технологический институт НИЯУ МИФИ  
г. Озёрск, Челябинская область*

MVPolzunova@mephi.ru

Данная статья посвящена рассмотрению образа мистики в художественном тексте на примере английских привидений и их интерпретаций в фильмах и литературе. В основе теоретической части лежит произведение Питера Акройда «Английские привидения. Взгляд сквозь время».

*Ключевые слова:* литературное произведение, привидение, призрак, фантастическое существо.

## THE IMAGE OF MYSTICISM IN A LITERARY TEXT

Zubairova K. F., Polzunova M. V.

*OTI NRNU MEPHI, Ozersk*

This article is devoted to the consideration of the image of mysticism in a literary text on the example of English ghosts and their interpretations in films and literature. The theoretical part is based on the work of Peter Ackroyd "English ghosts. A look through time."

*Keywords:* literary composition, spook, ghost, fantastic creature.

Большой толковый словарь русского языка под редакцией С.А. Кузнецова трактует слово «привидение» как бесплотного духа, призрака умершего существа, обитающего обычно в замках, на кладбищах и являющегося людям [2].

В России данное понятие не пользуется особой популярностью, которую можно наблюдать в ряде других странах. Объяснение этого факта связано с определенным историческим периодом развития страны, а точнее с историей СССР и идеологией ранее существовавшей республики.

XX век отличился большими изменениями в разных сферах жизни. Особую роль сыграло такое понятие, как атеизм (мировоззрение, отрицающее религию). И, как ни странно, к теме привидений это может иметь прямое отношение. Ведь что такое привидение с точки зрения церкви? У человека есть душа, которая в конце жизни не умирает вместе с телом, а переходит в мир духов. С этой позиции отвергалось понятие привидения. А так как прошло относительно немного времени с рассматриваемого периода, этот аспект может отражаться и на современной России.

Конечно, в нашей стране без мистических явлений никогда не обходилось. Доказательством этому являются литературные произведения, написанные на основе народных поверий. Примером является баллада Василия Андреевича Жуковского «Светлана» [5]. Во время традиционных русских гаданий девушка сидит перед зеркалом и мечтает о суженом. Когда она незаметно засыпает, ей приходит видение о мертвом суженом и



проявляются темные силы. Но весь ужас ночи уходит с наступлением рассвета, когда к ней на саних со звоном колокольчика приезжает статный гость, ее живой жених. Ну и самым ярким мистиком, известным не только в России, но и во всем мире, является русский прозаик Николай Васильевич Гоголь. Суть необъяснимых явлений славянского народа отражена в таких произведениях, как «Вий» и «Вечера на хуторе близ Диканьки» [4] [3]. Обычные люди сталкиваются с потусторонним, и лишь сила духа может их спасти от темного влияния.

Показанные нам в историях мертвецы, вурдалаки, вий и др. являются славянским аналогом всемирно известных призраков.

Люди видят духов в различных частях света. Но мировым центром скопления привидений является Западная Европа, особенно Англия. На ее территории более чем 1400 замков, многие из которых, по слухам, населены призраками и другими сверхъестественными существами. Этому есть несколько объяснений.

Обратимся к историческим фактам. Широкое распространение традиций, связанных с привидениями, имеет корни в германских, скандинавских и британских суевериях. Англия – единственная европейская страна, изначально населенная бриттами, или кельтами. Углубляясь в религию кельтов, отметим, что была развита практика регулярных жертвоприношений, в том числе человеческих. А основную роль в мифологии играла вера в переселение душ, что позволяет сделать вывод о том, что видение чей-то души, то есть призрака, считалось естественным явлением с точки зрения культуры [10].

Прошлое имеет большое значение в жизни англичан. Как писал Акройд Питер в своей книге «Английские привидения. Взгляд сквозь время»: «...англичане во многих отношениях одержимы прошлым – развалинами, древними книгами. В этой стране передачи по археологии показывают по национальному телевидению, а в каждом городе и каждой деревне имеется собственный историк.» В этом аспекте привидения являются связью прошлого с настоящим, живых англичан со своими предками [1].

Если собрать все рассказы об английских призраках, опубликованных в работах исследователей, в журналах и газетах (пример, «Bristol Time», «Notes and Queries») можно составить несколько классификаций: по месту обитания (привидения в обычных домах, замках, шахтах, блуждающие приведения), по своему существу (привидения людей, животных), по видам деятельности (повторяющие действия из жизни, пытающиеся что-то донести до живых людей, перемещающие предметы) и др.

Историческая классификация связана с различными племенами, населявшими современную территорию Англии. «Исторические» привидения отличаются сразу по нескольким критериям: происхождение своих названий, место обитания, внешний вид, поведение. Некоторые виды приведений встречались повсеместно, например, *silkies* (названы из-за тихого шелестящего звука при перемещении), *rowties* (в древних замках, издают звук толчения ячменя на камне), *poltergeist* (неугомонный дух, наводит беспорядок в домах и беспокоит жильцов) [1].

Изучив литературу о приведениях, отметим, что в современности некоторые названия духов известны в качестве отдельных фантастических существ и описаны в различных литературных произведениях и фильмах. Примерами являются такие приведения как *dobies*, *hobbits*, *boggarts* (*bogeyman*). Проведем сравнительную характеристику.

В книге Дж. К. Ролинг «Гарри Поттер и Тайная комната» во второй главе мы впервые знакомимся с домовиком по имени Добби: «На кровати сидел маленький человек, ушами напоминавший летучую мышь, и таращил на него выпученные зеленые глаза величиной с теннисный мяч. ... Человек соскользнул с кровати и низко поклонился, коснувшись ковра кончиком тонкого, длинного носа. Одет он был в старую наволочку с дырками для ручек и ножек.» [6]. Герой является домовым эльфом, телесным фантастическим существом. Он старается помогать мальчику Гарри, но делает это крайне своеобразно и не всегда правильно, что приводит к серии неприятных для главного героя событий.

Dobby как синоним слова ghost произошло с гэльского (шотландского) языка. Схожий вариант слова – dobu – имеет кельтские корни (dovach). Данный дух представляется по-разному. В одних историях это мрачное существо, которое могло напугать путника, но не наносило физического вреда. В других он доброжелателен, помогает по хозяйству. Общей чертой является привязанность призрака к определенному месту: дом или ферма, мост, лощина, башня. Данные представители духов встречались в Нортумберленде.

Между литературным героем и его «идейным предком» есть ряд сходств и различий. При «создании» домовика писательница учла характер духа: мы можем увидеть и доброжелательность Добби (по отношению к Гарри и его друзьям), и негативное отношение (к приемной семье мальчика, Беллатрисе Лестрейндж в одной из последних книг). В остальном видна большая разница. Во-первых, данный дух обладает привязкой к определенному месту, в то время как домовик из книги перемещается чуть ли не по всему миру Дж. К. Ролинг. Во-вторых, изначально добби – дух, то есть он априори не обладает телесной оболочкой. А автор книги представляет его как отдельный вид фантастических существ, которые не просто помогают своим хозяевам, но и могут причинить живому человеку вред в физическом плане. В последних частях серии книг о Гарри Поттере домовая эльф вообще умирает от кинжального ранения. С данных точек зрения интерпретация английского призрака не связывается с его историческими корнями.

Второй дух, которого мы рассмотрим, так же встречается нам в литературе Дж. К. Ролинг, точнее, в книге «Гарри Поттер и узник Азкабана». *«Боггарт - это привидение, которое меняет свой вид. Он превращается в то, чего человек больше всего боится. ... Боггарты любят темноту, - рассказывал Люпин. - И чаще всего прячутся в гардеробе, под кроватью, в ящике под умывальником, одного я нашел в футляре напольных часов.»* [7]. Данное приведение было поймано для практического занятия по защите от темных искусств, потому что не представляло особой опасности для учащихся.

Словом boggart называли приведение на севере Англии. Происшло от кельтского bwg (привидение), более известно, как bugbear, bogeyman. В основном это злой дух, появлявшийся в случаях насильственной смерти. Он щипал, кусал, заползал в постель. По некоторым легендам, он мог утащить из дома спящего ребенка (часто этим пугали непослушных детей, которые не хотели идти спать). Жили боггарты в пещерах и долинах (например, в Манчестере есть место, ранее долина, под названием Boggart Hole Clough, «берлога боггарта») [1].

Сравним боггарта в истории и в литературе. Дж. К. Ролинг, пусть и со своей интерпретацией, но правильно отметила: боггарт – это дух, любящий темные места и чаще всего негативно относящийся к людям. Смена облика в соответствии со страхами рядом находящегося человека стала чисто литературной чертой.

Третий дух встречается на просторах мира Дж. Р. Р. Толкиена. В книге «Властелин колец» дается довольно богатое описание этого существа. Мы рассмотрим особо яркие самые важные черты: *«Хоббиты – неприметный, но очень древний народец; раньше их было куда больше, чем ныне... Вероятно, хоббиты – наши прямые сородичи, не в пример ближе эльфов, да и гномов. Исстари говорили они на человеческом наречии, по-своему перекроенном, и во многом походили на людей. Но что у нас с ними за родство – теперь уж не выяснить.»* [8]. После знакомства с книгой можно также отметить, что этот народ любил покой и тишину, поэтому долгие века жил в тихих долинах, не меняя своего места обитания.

В отличие от двух предыдущих духов, про английских hobbits известно только то, что так называют духов в Йоркшире и на севере центральных графств. Считалось, что они живут в неприметных уединенных местах и не меняют их. В качестве доказательства этого факта можно привести ряд географических названий (мост HobBridge и улица HobLane, Гаттли (Ланкшир), несколько HobLane в Уоркшире) [1].

Как и в случае с dooby, автор литературного хоббита создал из приведения отдельное фантастическое существо, хотя изначально так просто называли духов в определенных

графствах Англии. Но у хоббита Толкиена сохранились такие черты, как уединенность и несменяемость места «жизни» и схожесть с людьми (все-таки это название приведения).

Нельзя не упомянуть, что сюжет с привидениями встречается и в классической литературе. Одним из ярких примеров является произведение Оскара Уайльда «Кентервильское привидение». В общем, оно нам представлено как обычное привидение в замке: бестелесный дух, не покидает своего дома и вызывает чувство ужаса у всех жильцов Кентервильского замка (довольно стандартная исторически реакция англичан на потусторонние явления) [9]. Но есть ряд черт, которые превращают это приведение в необычное существо. По сюжету, американская семья заселяется в английский старый замок с привидением. И последнее всячески старается выселить незваных гостей. Оно использует различные изощренные методы, которые являются нереальными.

Призраку придали «свойства» обычного человека. *«... и на него опрокинулся огромный кувшин с водой, который пролетел на вершок от его левого плеча, промочив его до нитки. Нервы его не выдержали. Он кинулся со всех ног в свою комнату и на другой день слег от простуды.»* Не совсем понятно, как бестелесный дух мог заболеть. Плюс к этому, он обладал довольно большим гардеробом: *«... в канун этого дня допоздна перебирал свой гардероб, остановив наконец выбор на высокой широкополой шляпе с красным пером, саване с рюшками у ворота и на рукавах и заржавленном кинжале.»*

В то же самое время, привидение обладало нечеловеческими свойствами, например, он однажды пришел к маленьким сорванцам, детям нового хозяина замка, в образе Безголового Графа. А, как известно из историй, призраки являются в образе «с их смерти». То есть призрак не может решить, пойти сегодня с головой или без.

И самым ярким проявлением «креативного появления» стало решение обернуться черной собакой, *«талант, который принес ему заслуженную славу...»*. Это априори является невыполнимым даже для привидения из сказки.

По английским художественным произведениям и фильмам можно сделать общий вывод. Основа, конечно, берется из «народных» фактов, и определенная доля характеристик духов прослеживается в процессе знакомства с литературным произведением. Но невозможно осуждать Дж. К. Ролинг, Дж. Р. Р. Толкиена и Оскара Уайльда за искажение исторических истоков и придание новым фантастическим существам определенной уникальности и непредсказуемости. Ведь главной целью многих авторов (мы говорим в основном о жанре фэнтези) является увлекательный сюжет, уносящий нас за пределы скучных будней в мир волшебства и приключений.

Мы не в силах утверждать, можно ли верить в мистические существа из книг. Понятно, что человек часто при описании чего-то невероятного преувеличивает, или вообще преображает, или даже воображает увиденное. Но, с другой стороны, привидения и домовые духи не возникли на пустом месте. Следовательно, можно предположить, что тема мистического в художественном дискурсе и жизни в целом ещё долгое время будет оставаться актуальной. Безусловно, данная проблематика заслуживает более полного и подробного рассмотрения и описания.

#### Библиографический список

1. Акройд Питер. Английские привидения. Взгляд сквозь время / Пер. с англ. Н.Кротовской. – М.: Издательство Ольги Морозовой, 2014. – 320 с.
2. Большой толковый словарь русского языка Гл. ред. С. А. Кузнецов <https://gufo.me/dict/kuznetsov> (Дата обращения: 06.03.2020)
3. Гоголь Н. В. «Вечера на хуторе близ Диканьки» (Дата обращения: 23.03.2020)
4. Гоголь Н. В. «Вий» (Дата обращения: 23.03.2020)
5. Жуковский В. А.. Баллады (Дата обращения: 23.03.2020)
6. Ролинг Дж. К. «Гарри Поттер и Тайная комната» (Дата обращения: 07.03.2020)
7. Ролинг Дж. К. «Гарри Поттер и узник Азкабана» (Дата обращения: 07.03.2020)

8. Толкиен Дж. Р. Р. «Властелин колец» (Дата обращения: 21.03.2020)
9. Уайльд Оскар «Кентервильское привидение» (Дата обращения: 21.03.2020)
10. Большая российская энциклопедия. Кельты. [Электронный ресурс] / Зайцев Д. В. (история); Чехонадская Н. Ю. (религия); Смирницкая Е. В. (искусство) – Научное издательство «Большая Российская энциклопедия», 2013 – Режим доступа: [https://bigenc.ru/world\\_history/text/2059732](https://bigenc.ru/world_history/text/2059732) (Дата обращения: 06.03.2020)

**УДК 1751**  
**ГРНТИ 16.21.29**

### **ЭМОТИВНАЯ ЛЕКСИКА**

Тарасова И. А., Ползунова М. В.

*Озёрский технологический институт НИЯУ МИФИ  
г. Озёрск, Челябинская область*

IATarasova98@gmail.com, MVPolzunova@mephi.ru

Данная работа посвящена анализу эмотивной лексики и особенностям ее применения на примере рассказа Джерома Д. Сэлинджера «В лодке». Целью работы является обнаружение в тексте примеров эмотивной лексики и анализ использования данного языкового средства для демонстрации характера персонажей.

*Ключевые слова:* эмотивная лексика, эмотивность, эмотив, эмоция, аффектив, потенциал, коннотатив.

### **EMOTIONAL VOCABULARY**

Tarasova I. A., Polzunova M. V.

*OTI NRNU MEPHI, Ozersk*

This work is devoted to the analysis of emotive vocabulary and the features of its application on the example of Jerome J. Selenger «Down at the Dinghy». The objective of the work is to find examples of emotive vocabulary in the text and analyze the use of this language tool to demonstrate the nature of the characters.

*Keywords:* emotive vocabulary, emotiveness, emotive, emotions, affective, potentiative, connotative.

Известно, что общение является одной из самых важных сфер человеческой жизни и самый простой и распространенный способ общения между людьми – эмоции. Эмоции позволяют выразить текущее кратковременное внутреннее состояние человека. Но, обычно, при общении с человеком мы можем видеть его мимику, слышать его голос, то есть, наблюдать проявление его эмоций. Каким образом персонажи могут донести свои эмоции до читателя со страниц книги?

На помощь героям книг приходит явление, которое называется “эмотивная лексика”. Эмотивная лексика позволяет выразить переживания и эмоции персонажей, через слова, сделать героев рассказов более живыми для читателя.

Эмотиология – это отрасль науки, занимающаяся изучением роли эмоций в деятельности человека. К данному термину также относится «эмотивность» – система

словесного оформления чувств и эмоций в художественном тексте. Можно сказать, что эмоциональность – это свойство человека, а эмотивность – текста.

Интерес к данной теме с точки зрения таких разных гуманитарных направлений, как психология, философия и психолингвистика, объясняется тем, что невозможно в полной мере изучить вопрос эмоциональной окраски текста только лишь с точки зрения языка или только с точки зрения психологии.

В зарубежной науке в 1950-е годы лексика рассматривается как совокупность упорядоченных лексических единиц. Данное явление изучалось американским лингвистом Ч. Хоккетом [13].

В 1960-е годы или на “этапе глобул” исследователи разбивали слова на мельчайшие, базовые, фрагменты (глобулы) и изучали их взаимодействие друг с другом. Один из таких исследователей – польский лингвист А. Вежбицкая – первая провела компонентный анализ для эмотивов при помощи универсальных семантических примитивов, распространённых в большинстве языков мира и отразила его в своей работе [1].

Далее в 1970-е годы на “этапе сетей” эмотивность исследовали на уровне связей между различными словами, но позже был сделан вывод, что в контексте эмотивной лексики проводить подобные исследования весьма затруднительно.

Заключительным этапом исследования стал “этап контейнеров”, который пришелся на 1980-е годы. Д. Лакофф, профессор когнитивной лингвистики, и М. Джонсон, профессор философии, в своей книге «Метафоры, которыми мы живем» [3] связывают эмоции с описывающими их метафорами. Концепция контейнеров основана на том, что эмоции заполняют человека как жидкость сосуд, т.е. возникает возможность создавать модели своей эмоциональной жизни при помощи метафор.

Первые отечественные исследования на эту тему относятся еще к 19 веку и связывают их с именем А. А. Потебни [6; 7], который известен как первый крупный теоретик лингвистики в стране. Он исследовал исторические изменения в языке, его морфологии и синтаксиса и считал, что стоит рассматривать не отдельное языковое явление, а систему явлений в языке. На данном, начальном, этапе ученые занимались выявлением ассоциаций, связанных с проявлением чувств и эмоций.

Позднее, в двадцатом веке, трудами ученых-лингвистов, таких как А. А. Шахматов в работе «Синтаксис русского языка» [11] и А. М. Пешковский в сборнике статей «Методика родного языка, лингвистика, стилистика, поэтика» [8], был заложен фундамент эмотивной лексики – были выделены отдельные группы эмоций, “глаголы внутренних, психических переживаний”.

В настоящее время наиболее продуктивным и распространённым подходом к изучению эмотивности ученые называют когнитивный подход. Из работы А. В. Левкович «Особенности когнитивного подхода к изучению категории эмотивности» [4]: «...важнейшее отличие когнитивного подхода от традиционной лингвистики состоит в том, что взамен описательной лингвистики, дескриптивизма, который ставил своей целью описывать, констатировать, наблюдать, когнитивная лингвистика выполняет объяснительную функцию».

Но в рамках для данной работы мы рассмотрим более общий метод оценки эмотивности текста, который ввел доктор филологических наук В. И. Шаховский. В своей работе по эмотивной лингвоэкологии [12] он выделяет три статуса эмотивной семантики: «собственно эмотивность, эмотивность как одна из реализаций семантики слова и ситуативная эмотивность, т.е. речь идет о таких трех статусах эмотивной семантики, как аффектив, коннотатив и потенциатив».

Под аффективом понимается разновидность эмотивной семантики, связанная с сиюминутным эмоциональным процессом взрывного характера. Данный статус эмотической единицы отвечает непосредственно за выражение эмоций и обычно выражается эмоционально-оценочными прилагательными.



Термин «коннотация» (соозначение) был предложен Дж. С. Миллем [5] и под коннотацией принято понимать дополнительные ассоциативные значения слова, часто имеющие яркую эмоциональную окраску, т.е. признаки, сообщаемые словом.

Потенциативы обычно самостоятельно не выражают эмоций, но в контексте обладают способностью усиливать эмоциональную окраску текста.

Также мы воспользуемся наблюдением Е. М. Вольф о способности для эмотивных единиц нести как положительную, так и отрицательную нагрузку [2].

Рассмотрим примеры эмотивов, а также затронем проблему переноса эмотивной лексики на другие языки на примере рассказа «В лодке» (англ. *Down at the Dinghy*) американского писателя Джерома Д. Сэлинджера, в переводе на русский язык Н. Галь [10].

Сэлинджер вырос на Манхэттене, начал писать рассказы в средней школе, а позже и публиковать их. В 1936 году Джером окончил военное училище в городе Вэлли-Фордж, штат Пенсильвания. Когда началась война, Сэлинджер добровольцем пошёл на фронт.

Рассказ, который мы рассмотрим вышел в 1949 году. История знаменует собой отход от литературной мизантропии автора, которая была в значительной степени основана на его боевом опыте в Европе во время Второй мировой войны, и возвращении доверия между людьми и духовного пробуждения.

Действие рассказа происходит осенью в загородном доме у озера, в котором находятся хозяйка дома, ее четырехлетний сын и две домработницы. Рассмотрим наиболее насыщенный эмотивами эпизод – разговор двух домработниц. Одна из них явно раздражена и расстроена, поэтому, в данном текстовом фрагменте мы можем проследить взаимодействие трех статусов эмотивной семантики как в положительном, так и отрицательном ключе. Для удобства анализа разделим эпизод на три фрагмента и перейдем к первому фрагменту:

— *Да что это мой чай никак не остынет, я из-за него автобус пропущу (потенциатив).*

— *Она поглядела на Сандру, которая мрачно (коннотатив) уставилась на сверкающую шеренгу (коннотатив) кастрюль у стены. — Брось ты расстраиваться! (потенциатив) — приказала миссис Снелл. — Что толку расстраиваться? Или он ей скажет или не скажет. И все тут. А что толку расстраиваться? (потенциатив)*

— *Я и не расстраиваюсь, — ответила Сандра. — Даже и не думаю. Просто от этого ребенка с ума сойти можно (аффектив), так и шныряет по всему дому (потенциатив). Да все тишком, его и не услышишь. Вот только на днях я лушила бобы — и чуть не наступила ему на руку (потенциатив). Он сидел вон тут, под столом.*

— *Ну и что? Не стала бы я расстраиваться (потенциатив).*

— *То есть словечка сказать нельзя (потенциатив), все на него оглядывайся, — пожаловалась Сандра. — С ума сойти (аффектив).*

Здесь мы можем наблюдать как первая домработница, Сандра, нагнетает обстановку используя потенциативы и аффективы с отрицательными значениями, а ее коллега, миссис Снелл, пытается ее успокоить, используя потенциативы с положительным значением.

Коннотатив «*мрачно*» в оригинальном тексте приведен как «*oppressedly*», данное прилагательное так же имеет значение «*угнетенно*». Также для усиления эмоциональной окраски используется выражение «*с ума сойти можно*», в оригинале: «*drives you loony*», дословно: «*делает тебя безумным*».

Данный фрагмент показывает насколько Сандру удручает ситуация, в которой она оказалась.

— *Не могу я пить кипяток (коннотатив), — сказала миссис Снелл. — Да, прямо ужас (аффектив) что такое. Когда словечка нельзя сказать, и вообще.*

— *С ума сойти (аффектив)! Верно вам говорю. Прямо с ума он меня сводит. — Сандра смахнула с колен воображаемые крошки и сердито фыркнула (потенциатив): — В четыре-то года! (потенциатив)*

— *И ведь хорошенький мальчонка (аффектив), — сказала миссис Снелл. — Глазищи карие, и вообще.*



*Сандра снова фыркнула (потенциатив):*

— *Нос-то у него будет отцовский (аффектив).* — *Она взяла свою чашку и стала пить, ничуть не обжигаясь (потенциатив).*

В данном фрагменте выражение эмоций происходит, в основном, за счет отрицательных потенциативов. В конце фрагмента мы узнаем, что чай совсем не горячий и это говорит о том, что миссис Снелл в предыдущем фрагменте разговорами про чай пыталась сменить тему разговора и разрядить обстановку. Вероятно, ей не хочется обсуждать хозяев дома и/или она не согласна с коллегой, но не хочет открыто с ней конфликтовать. Таким образом, можно считать эмотивы, связанные с высокой температурой напитка, в рамках данного текста, положительно окрашенными.

Также Сандра использует аффектив «Нос-то у него будет отцовский», чтобы сделать отсылку на происхождение отца мальчика. Далее в фрагменте упоминается слово «*kike*», которое используется для уничижительного названия евреев. Таким образом, передается антисемитский настрой общества того времени. Автор, вероятно, рассматривает данный вопрос как американский солдат, который лично принимал участие в освобождении нескольких нацистских концентрационных лагерей, к тому же Сэлинджер, наполовину еврей и в школьные годы сам подвергался этнической дискриминации со стороны своих одноклассников.

В данном фрагменте видно, что Сандра открыто обсуждает и осуждает хозяев дома, в котором она работает, а также выражает свою национальную нетерпимость. Ряд известных философов полагали, что в основе антисемитизма лежат психологические комплексы. Французский философ Жан-Поль Сартр в книге «Портрет антисемита» [9] писал, что в основе антисемитизма лежит страх, но страх не перед евреями, а перед самим собой, своей совестью, боязнь свободы и ответственности за свои рассуждения.

— *Уж и не знаю, чего это они вздумали торчать (аффектив) тут весь октябрь,* — *проворчала (потенциатив) она и отставила чашку.* — *Никто из них больше и к воде-то не подходит, верно вам говорю. Сама не купается, и мальчонка не купается. Никто теперь не купается (потенциатив). И даже на своей дурацкой лодке (аффектив) они больше не плавают. Только деньги задаром потратили (потенциатив).*

— *И как вы пьете такой кипяток? Я со своей чашкой никак не управлюсь. (потенциатив)*

*Сандра злобно уставилась в стену. (коннотатив)*

— *Я бы хоть сейчас вернулась в город. Право слово. Терпеть не могу эту дыру (аффектив).*

В последнем фрагменте практически не используется коннотация, эмоциональный фон текста поддерживается при помощи аффективов и потенциативов. Настроение героини и ее усиливающееся раздражение передается такими сильными аффективами как: «*торчать здесь*» (*stay up here*), «*дурацкой лодке*» (*crazy boat*) и «*Терпеть не могу эту дыру*» (*I hate this crazy place*).

На протяжении всего рассмотренного эпизода Сандра при помощи множества ярко окрашенных отрицательных эмотивов вызывает только негативные эмоции, о ней складывается впечатление как об ограниченном человеке, склонном к сплетням и лицемерию.

Миссис Снелл же, наоборот, не поддерживает провокационную тему беседы и спешит перевести ее к обыденным вещам при помощи положительно окрашенных эмотивов таким, как слишком горячий чай или автобус, на который она, якобы, опаздывает. Сложно сказать, боится ли она, что кто-нибудь услышит их разговор или же эта тема просто ей неприятна, но, в любом случае, видно, что она не поддерживает антисемитского настроения коллеги и продолжает разговор только из вежливости.

Проведённый обзор показывает, что даже первичный анализ текста при помощи градации эмотивов на категории позволяет проследить эмоциональную составляющую произведения, а также определить настроения и даже характеры персонажей. Но нужно

учитывать, что для более глубокого изучения текста, вероятно, следует использовать более глубокий и расширенный метод анализа, например, когнитивный подход.

В заключение стоит сказать, что несмотря на долгий путь и заинтересованность в данной теме сразу нескольких научных сфер, в наше время эмоциональный аспект художественного текста до сих пор нельзя считать полноценно сформированным и описанным научным явлением в виду его сложности и неоднозначности.

#### Библиографический список:

1. Вежбицкая А. Семантические универсалии и базисные концепты - М: Языки славянских культур, 2011. – 568 с.
2. Вольф Е.М. Функциональная семантика оценки - М: Либроком, 2014. - 284 с.
3. Лакофф Д., Джонсон М. Метафоры, которыми мы живем. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 256 с.
4. Левкович А. В. Особенности когнитивного подхода к изучению категории эмотивности (на примере частичного структурирования концепта «гнев») // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2007. №24.
5. Милл Д. С. Система логики силлогистической и индуктивной. Изложение принципов доказательства в связи с методами научного исследования. – М.: Книжный дом, 1899. – 781 с.
6. Петеня А.А. Мысль и язык. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 290 с.
7. Петеня А.А. Поэтика. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 263 с.
8. Пешковский А.М. Методика родного языка, лингвистика, стилистика, поэтика: сб. ст. – Л.; М.: Госиздат, 1925. – 190, [2] с.
9. Сартр Жан-Поль Портрет антисемита. - СПб.: Азбука, 2006. – 256 с.
10. Сэлинджер Д. Девять рассказов. – М.: Эксмо, 2013. – 256 с
11. Шахматов А.А. Синтаксис русского языка. – М: Едиториал УРСС, 2001. – 624 с.
12. Шаховский В.И. Эмотивная лингвоэкология: комплексный подход к изучению языка, речевой деятельности и человека // Вопросы психолингвистики. 2014. №19.
13. Hockett Charles F. A Course in Modern Linguistics. NY: The Macmillan Co. (Toronto: Brett-Macmillan). 1958. P. 621.

УДК 80

ГРНТИ 16.21.49

### ТРУДНОСТИ ПЕРЕВОДА АНГЛИЙСКИХ ПОСЛОВИЦ И ПОГОВОРК НА РУССКИЙ ЯЗЫК

Пургина Т. А., Тухватуллина И. Д.

Научный руководитель Ползунова М. В.

*Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ*

*г. Озёрск, Челябинская область*

meledenok@mail.ru, e.toun@mail.ru

Настоящая статья посвящена теме широкого распространения пословиц и поговорок в современном мире. Весьма нередко пословицы и поговорки на английском языке встречаются на телевидении, радио, в литературе – их перевод и значение важно знать для понимания контекста. В связи с этим наша основная цель заключается в том, чтобы понять, на что нужно обратить внимание при переводе английских поговорок на русский язык.

*Ключевые слова:* пословицы, поговорки, перевод, значение, контекст.

## DIFFICULTIES IN TRANSLATING ENGLISH PROVERBS INTO RUSSIAN

Purgina T. A., Tukhvatullina I. D.

OTI NRNU MEPhI, Ozersk

This article is devoted to the topic of widespread proverbs and sayings in the modern world. Proverbs and sayings in English are often found on television, radio and in literature. That is why their translation and meaning is important to know in order to understand the context. In this regard, our main goal is to realise what we need to pay attention to when translating English proverbs and sayings into Russian.

*Keywords:* proverbs, sayings, translation, meaning, context.

Язык, выступая средством общения, играет важную роль в формировании национального характера народа, хранит культуру и передает ее из рода в род, язык - сокровищница знаний о социальных, духовных, культурных достижениях и богатствах различных народов. Особую мысль преподносят фразеологические единицы языка, особенно пословицы, в них отображена история, обычаи, традиции, особенности мировосприятия народа.

В пословицах отображен весьма долгий процесс развития культуры народа, в них передаются особые культурные установки, эталоны и стереотипы. Пословицы – неотъемлемая жизненная философия народа как носителя данного конкретного языка.

Во всех языках присутствуют фразы, которые нельзя воспринимать буквально, даже если известно значение каждого слова. Смысл в таких выражениях теряется, поэтому попытки перевести пословицы и поговорки дословно могут привести к неожиданному и даже часто нелепому результату. Например, английская фраза: «*No man is an island*» дословно: «Человек — не остров» соответствует русскому выражению «Один в поле не воин».

Пословица представляет собой небольшое, ритмически поставленное, устойчивое в речи образное изречение. Она составляет достояние целой нации и несет в себе общее умозаключение или напутствие на какой-либо случай жизни.

Отсюда следует, что в пословицах отражается менталитет народа, то есть не мнение отдельных людей, а народная оценка, его ум. Они проявляют духовный облик народа, суждения о самых разных сторонах жизни. Благодаря этому все, что не принято большинством людей, их мыслями и чувствами, не приживается и отсеивается. Лишь в речи емкая пословица приобретает свой конкретный смысл. [1]

Известный собиратель пословиц и поговорок В.И. Даль в своем «Напутном слове» так определял поговорку: «Поговорка – окольное выражение, переносная речь, простое иносказание, обиняк, способ выражения, но без притчи, без суждения, заключения, применения; это одна первая половина пословицы. Поговорка заменяет только прямую речь окольною, не договаривает» [2]

Чем же отличается пословица от поговорки? Прежде всего законченностью мысли. Поговорка выражает понятие, пословица – суждение. Чаще всего это суждение имеет назидательный характер, выраженный образно (*Лучше синица в руках, чем журавль в небе*).

Английский язык очень богат идиомами, пословицами и поговорками, которые постоянно встречаются в литературе, в газетах, в фильмах, в передачах радио и телевидения, а также в каждодневном общении англичан. Английская идиоматика очень разнообразная, достаточно сложна для изучающих английский язык. Среди известных науке языков нет таких, в которых бы совсем не было идиом, фразеологических оборотов, пословиц и поговорок.

Как отмечалось выше, пословицы и поговорки многообразны, они находятся как бы вне временного пространства. Действительно, в какое бы время мы не жили, пословицы, и поговорки всегда будут актуальными, приходящимися всегда к месту. В пословицах и поговорках отражен богатый исторический опыт народа, представления, связанные с трудовой деятельностью, бытом и культурой людей. Правильное и уместное использование пословиц и

поговорок придает речи неповторимое своеобразие и особую выразительность. В общем, они передают всю универсальность человеческого мышления. [3]

Основная ценность работы состоит в том, что сравнение пословиц и поговорок разных народов показывает, как много общего имеют эти народы, что, в свою очередь, способствует их лучшему взаимопониманию и сближению. [4]

Важно отметить, что многие английские и русские пословицы и поговорки многозначны, что делает их трудными для толкования и сравнения. При отборе русских аналогов английской пословице обязательным критерием было совпадение главного значения. Тем не менее, важно помнить, что, складываясь в различных исторических условиях, английские и русские поговорки и пословицы для выражения одной и той же или сходной мысли часто использовали различные образы, которые, в свою очередь, отражают различный социальный уклад и быт народов и часто не являются абсолютными эквивалентами. Например, пословица: *«The grass is always greener on the other side of the fence»*. Дословный перевод этой пословицы звучит так: *«Трава всегда зеленее по ту сторону забора»*. Но в русском языке такой пословицы нет, зато есть другая: *«Хорошо там, где нас нет»*. В принципе, эти две пословицы эквиваленты по смыслу. Но дословный перевод русской пословицы будет звучать так *«Life is better, where we are not present»*. Русские пословицы отражают в большей мере фольклорное творчество и восходят к народно-разговорной речи, что на языковом уровне проявляется в использовании просторечия, эмоционально-окрашенной лексики, экспрессивно-образных средств, ритмической организации пословиц, звуковых повторов и рифмованности строк. Часто они представляют собой этические миниатюры, выражающие глубокий философский смысл.

Особо следует обратить внимание на то, что по возможности перевода на русский язык пословицы и поговорки можно разбить на следующие группы:

Первая группа: английские пословицы и поговорки, которые полностью переводятся одинаково на русский язык, то есть английский вариант полностью соответствует русскому.

Русс. *Не все то золото, что блестит.*

Англ. *All that glitters is not gold.*;

Русс. *Куй железо, пока горячо.*

Англ. *Strike while the iron is hot.*;

Русс. *Яблоко от яблони недалеко падает.*

Англ. *The apple never falls far from the tree.*;

Русс. *Око за око, зуб за зуб.*

Англ. *An eye for an eye and a tooth for a tooth.*;

Русс. *Мой дом—моя крепость.*

Англ. *An Englishman's home is his castle.*

Вторая группа: английские пословицы и поговорки, которые частично переводятся одинаково на русский язык, т.е. английский вариант несколько отличается от русского.

Русс. *У семи нянек дитя без глазу.*

Англ. *Too many cooks spoil the broth.*;

Русс. *Семь бед—один ответ.*

Англ. *As well be hanged for a sheep as for a lamb.*;

Русс. *Синица в руках лучше журавля в небе.*

Англ. *A bird in the hand is worth two in the bush.*;

Третья группа: английские пословицы и поговорки, которые полностью отличаются переводом на русский язык, то есть английский вариант не соответствует русскому.

*Kill the goose that lays golden eggs* (уничтожить то, что приносило прибыль или удачу). Противоположна по смыслу русской поговорке «курица, несущая золотые яйца».

К четвертой группе относятся пословицы и поговорки, которые не имеют соответствия в русском языке. Они переводятся либо описательным путем, либо при помощи поговорки, созданной переводчиком.

*Little pitchers have lngears (дети любят слушать разговоры взрослых).*

*You can lead a horse to water, but you can't make it drink (нельзя заставить человека делать, то что ему не нравится)*

*Rob Peter to payPaul (занимать деньги у одного, чтобы отдать другому)*

*It'll be all right on the night (какое-то мероприятие будет успешным, даже если подготовка к нему шла неудачно).*

Рассмотрим пословицы и поговорки на тему «труд – безделье». Эти разносторонние понятия, которые заключают в себе представление о труде и праздности, наряду с другими философскими пословицами, находят свое отражение в языке пословиц английского и русского народов, что обращает наше внимание на различие и особенности их менталитета.

Каким бы тяжелым ни был труд, он является жизненной необходимостью и потребностью, мерилom положительных человеческих качеств.

Толковый словарь С.И. Ожегова раскрывает понятие труд, как целесообразную деятельность человека, направленную на создание с помощью орудий производства материальных и духовных ценностей, а лень описывается, как отсутствие желания действовать, трудиться, склонность к безделью. [5]

Приступим к анализу пословиц и поговорок по теме «труд – безделье».

*«He that will eat the kernel must crack the nut»*

Перевод: *Тот, кто хочет съесть ядро, должен расколоть орех.*

Русский аналог: «Без труда нет плода», «Без труда не вынешь и рыбку из пруда», «Будешь трудиться – будешь кормиться», «Кто любит труд, того люди чтут», «Любишь кататься, люби и саночки возить».

Подобных пословиц немало. Такое отношение к труду – источник его положительной оценки в языке, следовательно, и причина небольшого количества фразеологизмов-синонимов глагола *трудиться*.

Основные фразеологические синонимы глаголов *трудиться* и *работать* следующие: *гнуть или ломать спину, горб, хребет; везти воз; тянуть лямку; натирать мозоли; работать непокладая рук, до седьмого или кровавого пота, от зари до зари.*

Еще меньше синонимов для обозначения человека, который любит трудиться: *труженик, работага, трудяга, трудолюб, трудолюбец, трудоголик*. Это довольно скромно на фоне несметного числа слов, обозначающих бездельника. *Лодырь, лоботряс, праздношатающийся, шалопай, оболтус, балбес, шалопут, сачок, фланер, филон, шалбер, лентяй, ленивец, лежебока, обломов, байбак.*

Также существует множество обозначений бездельника, появившихся в русской деревне: *алатырь, алахарь, балахрыст, базарник, байдуга, байтус, банцуй, балдежник, висляй, гультай, дендюря, лында, латрыга, ляга, ошар, опока, пустогряк, тягарик* и т.д.

Более того, к каждому такому слову народ подбирает еще массу производных. Например, производные корня –*гуль*: *гулевень, гуляга, гуляк, гуляка, гуляльщик, гуляльщица, гулянок, гулячка, гуляшка, гулявица, гультай, гультайка, гультайка*. Также есть и глагол, образованный от слова *гультай*, – *гультайничать* (бездельничать).

Итак, в русском языке обозначений бездельника существует намного больше, чем труженика.

В английском языке синонимами слова *labourer* являются: *laborer, workman, operative, worker*.

А для *lazy person* синонимы: *idler, slacker, lazybones, sluggard, lazy, beachcomber, couch potato, deadbeat, good-for-nothing, idler, lazy dog, lounge, slacker*.

Чем же объяснить такую диспропорцию?

Причина изобилия названий для лентяев кроется в одном из свойств живой речи, из которой многие подобные слова проникли в литературный язык. Это свойство – ее экспрессивность и яркая оценочность. Народный язык очень живо и оперативно реагирует на негативные стороны общественной жизни, на отрицательные качества людей или целых



общественных групп, на неблагоприятные действия и поступки. К положительным же явлениям жизни народная речь относится более спокойно: ведь это норма, обыденность. [6]

Следующий пример: «*Work like a horse (like a navy, nigger, slave или galley slave)*».

Перевод: *Работать как лошадь.*

Русский аналог: *Пахать как лошадь.*

В поговорках такого типа речь идет о тяжком и непосильном, безрадостном и подневольном труде, чаще всего труде на кого-нибудь: *И тебя, и меня помещик норовит в ярмо запрячь и гонять до седьмого пота* (Н. Островский. Рожденные бурей).

К такому труду отношение народа было явно отрицательным. Именно эта отрицательная экспрессия и создала те немногие «трудовые» выражения, которые можно найти в синонимических словарях: *работать, не видя света белого; таскать каштанов из огня* (для кого-нибудь); *работать как бурый волк; работать как гужевик или как возовик*, т.е. как ломовая лошадь; *работать как колесо в грязи* (выполнять непосильную работу, трудиться с надрывом).

В заключение хочется сказать, что любовь к труду, результативной работе, мастерству, тяге к знаниям не могли не найти своего проявления в творчестве всего народа. Понятия труда и безделья играют значительную роль в жизни каждого человека, поэтому естественно, что пословицы по этой теме занимают высокое место в пословичных фондах английского и русского народов. Сложности при определении перевода обусловлены, прежде всего, самим истоком (природой) слова. Так как именно в словах сливаются в единое целое такие языковые элементы, формы, категории, отношения, которые несут в себе формы бытия, материальной и духовной культуры народа.

#### Библиографический список

1. Научно-методическая деятельность учителя: методические исследования, технологические находки [Электронный ресурс] /авт.-сост. Т.Н. Назарова. - Волгоград: Учитель, 2011. -170с. ISBN 978-57057-27771-1 – Режим доступа: <https://nsportal.ru/ap/library/drugoe/2016/02/25/angliyskie-i-russkie-poslovitsy> – Загл. с экрана. – Яз. рус.
2. Даль В.И. Пословицы русского народа. М., 1957, с.20
3. Маслова С.Н. Пословицы и поговорки как отражение национальной культуры [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://infourok.ru/statya-poslovici-i-pogovorki-kak-otrazhenie-nacionalnoy-kulturi-877019.html> – Загл. с экрана. – Яз. рус.
4. Дубровин М.И. Английские и русские пословицы и поговорки. М.: Просвещение, 1993.
5. Толковый словарь С.И. Ожегова. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gufo.me/dict/ozhegov> – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 12.03.2020)
6. Мокиенко В.М. «В глубь поговорки: Рассказы о происхождении крылатых слов и образных выражений.» – 3-е изд., перераб. – СПб.: «Авалон», «Азбука-классика», 2007. – 256с.

УДК 811  
ГРНТИ 16.21

## ПЕРИОДИЗАЦИЯ ПРОНИКНОВЕНИЯ РУСИЗМОВ В НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК

Баранин М. И., Безногова Т. Г.

*Озерский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ*

*г. Озёрск, Челябинская область*

mibaranin@gmail.com

Рассматривается процесс заимствования, с точки зрения периодизации проникновения русизмов – лексических единиц, заимствованных из русского языка – в немецкий язык. Периодизация позволяет проследить протекание процесса заимствования в непрерывном виде, что позволяет систематизировать и упорядочить лексический материал. Упомянуты некоторые исторические события, повлиявшие на этот процесс. Рассматривается понятие «жизненный цикл» слова

*Ключевые слова:* контактирование, русизмы, заимствования, периодизация, жизненный цикл.

## PERIODIZATION OF THE PENETRATION OF RUSSISMS INTO THE GERMAN LANGUAGE

Baranin M. I., Beznogova T. G.

*OTI NRNU MEPhI, Ozersk*

The process of borrowing is examined from the point of view of periodization of the penetration of Russisms - lexical units borrowed from the Russian language - into the German language. Periodization allows you to track the process of borrowing, systematize and organize lexical material. Some historical events that influenced this process are mentioned. The concept of the "life cycle" of the word is considered.

*Keywords:* contacting, Russisms, borrowing, periodization, life cycle.

Каждая эпоха, любое выдающееся событие, так или иначе, оставляли свой заметный отпечаток в языке. Рассмотрение языка в отдельные его периоды позволяет увидеть, каким образом язык развивается в поступательном историческом ходе, который влечет за собой появление нового и исчезновение старого. Этот процесс появления и исчезновения особенно ярко виден в наиболее подвижной языковой системе – лексической – немалую долю в которой составляют заимствования. «Изучение заимствований представляет интерес не только с точки зрения этимологии, оно дает также важные сведения о культурных контактах различных наций, о миграции идей. Значение той или иной нации в истории цивилизации проявляется в том, какое влияние ее язык оказал на словарь других языков». [6]

Контактирование народов является определяющим фактором процесса заимствования. Взаимное проникновение слов из одного языка в другой обогащает культуры контактирующих стран, а также «унифицирует» некоторые аспекты последующего развития межнациональных отношений представителей различных языковых групп. Периодизация языковых явлений позволяет более точно установить определяющий фактор взаимодействия народов в отдельную историческую эпоху, найти возможную первопричину возникновения каких бы то ни было отношений. В связи с этим, заимствование можно определить как результат языкового контактирования, полученный вследствие этнических, социальных, хозяйственных или культурных связей между языковыми коллективами. Под периодизацией

проникновения заимствований мы понимаем систематизацию лексики, заключающуюся в делении процесса заимствования на определенные хронологические периоды, что позволяет проследить не только историю отдельной лексической единицы, но и протекание процесса заимствования в непрерывном виде. Периодизация представляет собой достаточно высокую степень систематизации, обобщения и упорядочивания языкового материала. В нашей работе мы используем картотеку, содержащую более 350 заимствований из русского языка, собранную М. С. Центнер. [4, 5] Опираясь на эту картотеку можно выделить такие периоды проникновения русизмов в немецкий язык, как период Средневековья (IX – XVIII вв.), период Российской Империи (XVIII – н. XX вв.) и современный период (XX – XXI вв.). Процесс заимствования русизмов был неоднородным, что обусловлено разной степенью интенсивности взаимодействия двух народов в пределах названных периодов. В связи с этим остановимся на некоторых исторических событиях, которые на наш взгляд влияли на динамику проникновения русизмов.

Российско-германские отношения имеют длительную историю, они насчитывают более тысячи лет. Первые упоминания об исторических предпосылках дипломатических и экономических отношений восходят к IX – X векам (примерно этим периодом датируется одно из первых заимствований в русском языке слово *броня* от древнегерманского *brunja* – «панцирь, броня», датируемое не ранее VIII в. [8]). В эту эпоху, с точки зрения, прежде всего, немецких хроников, императоры Священной Римской империи начинают принимать послов с восточных земель (время становления Древнерусского государства).

В Средние века очень важным элементом межкультурного общения и языкового контактирования являлась торговля. Это была первая и важнейшая движущая сила в развитии лингвистических процессов. У Древнерусского государства единственным доступным способом напрямую добраться до немецких земель можно считать Балтийское море, на котором велась торговля с немецкими княжествами, и в частности с Ганзейским Союзом. Русские купцы встречались с германскими торговцами также и на своей территории. Этому сильно поспособствовало развитие торговых путей, соединивших азиатские регионы с европейскими в IX – XI вв. В это время в немецкий язык проникают слова обозначающие вещи, предметы быта, товары, которыми торговали русские купцы: *der Beluga* – *белуга* (рыба семейства осетровых, в современном немецком *Beluga-Stör* или *Europäische Hausen*), *der Zobel* – *соболь*, *die Kascha* – *каша* (сегодня встречается *Gretschnewaja Kascha* или *Gretschka* – блюдо, ставшее известным в годы Второй Мировой войны), *der Bojar* (мн.ч. *Bojaren*) – *боярин*, *der Druschina* – *дружина*, *die Desjatine* – *десятина*, *der Rubel* – *рубль*, *die Kopeke* – *копейка*, *die Kiewer Rus* – *Киевская Русь*.

Некоторая «застойность» в процессах заимствования наблюдается вплоть до XVIII века и связано это, прежде всего, с почти полным отсутствием русско-немецкого контактирования. Конечно, можно вспомнить конфликты с Тевтонским орденом в XIII веке, но они были краткосрочны, в виду чего, на лингвистические процессы эти войны оказать заметное влияние не могли. На наш взгляд, можно выделить Ливонскую войну (1558 – 1583 гг.), которая ограничила для России выход к морю, и, следовательно, торговлю. Несмотря на отрицательный исход, именно Ливонская война определила направление политики нашего государства – получить выход к Балтийскому морю. Однако потери России по окончании этой войны, хозяйственный кризис, переросший в Смуту начала XVII в. сделали языковое контактирование казуальным (нерегулярным), что замедлило процесс заимствования русизмов. В XVI – XVIII вв. в немецкий язык проникают русизмы, обозначающие прежде всего уклад жизни на русской земле: *der Barsoi* – *борзая* (охотничья порода собак), *Cyrellische Schrift* – *кириллический шрифт*, *der Getman* – *гетман*, *der Kwass* – *квас*, *der Pope* – *пон*, *der Samowar* – *самовар*, *die Balalajka* – *балалайка*, *der Sarafan* – *сарафан* (это укоренившееся в русском языке слово имеет персидские корни, что является примером заимствования через язык-посредник), *der Kreml* – *кремль* (центральная крепость в древнерусских городах), *Кремль* (крепость в Москве, а в более позднее время: название русского правительства), *der Steppe* –

*мень, die Taiga – тайга, der Tatar – татарин, der Zar – царь*, и производные от него: *der Zarewitsch – царевич, die Zarewna – царица, die Zariza – царь, der Ukas – указ, царское повеление, die Werst – верста* (старинная русская мера длины), *der Wodka – водка*.

В период Российской Империи большинство лексических единиц, описывающих реалии повседневной жизни, приходится на время правления Петра I. Стоит отметить, что Петровская эпоха характеризуется развитием межгосударственных связей в различных сферах жизни – культура, техника, наука. Именно в этот период русский язык пополняется большим количеством заимствований из немецкого. Это объясняется усилением развития культурно-общественных связей с Германией и потребностью в номинации новых реалий, вещей и понятий. А поскольку языковое контактирование – это всегда двусторонний процесс, то и русский язык в свою очередь «делится» лексическими единицами, например: *die Droschke – дрожки, der Ataman – атаман, der Artel – артель*. Немецкий язык, однако, не испытал большого притока русизмов в этот исторический период (в то время как словарный состав русского языка заметно пополнился заимствованиями немецкого происхождения). Такое незначительное проникновение русских слов обусловлено «догоняющей» ролью России данного периода. Тем не менее эта эпоха достойна отдельного упоминания поскольку она стала поворотным моментом в истории России.

С XIX века интерес к России возрастает, причиной этого стала победа в войне с Наполеоном и освобождении части Европейских стран. В результате наблюдается языковое контактирование с увеличением доли проникновения в другие языки русизмов, обозначающих, например, некоторые народности: *der Kosak – казак*, и предметы их быта – *die Nagaika – нагайка*.

Заметим, что не всегда историю происхождения слова можно сразу реконструировать, что приводит к возникновению разных версий в раскрытии его этимологии. Ярким примером служит слово *bistro* (фр.), *das Bistro* (нем.) – *бистро, маленький ресторан, закусочная*, его этимон в «Толковом словаре русского языка» Ожегова, Шведовой связан с русским словом *быстро* – «название возникло в конце Отечественной войны 1812 года, когда часть русских войск вошла на территорию Франции, — по-видимому, от возгласа "Быстро, быстро!", обращённого к французским рестораторам». [2]. Однако этимологический анализ этой лексемы указывает, что из-за хронологического несоответствия происхождение этой лексической единицы от русизма «быстро» остается легендой, т.к. слово *bistro* фиксируется во французском языке позже, в 1884 г., и именно из французского языка оно попало в многие другие языки, в том числе в немецкий и русский. [7]

До XX века в немецкий язык продолжают проникать слова, называющие русские реалии: *die Troika – тройка* (упряжка из трёх лошадей), *das Blini – блины, der Borschtsch – борщ, der Burlak – бурлак, der Gospodin – господин, der Kasatschok – манец «казачок», der Panjewagen – ироническое название примитивного русского воза, der Tschervonez – червонец* (монета в дореволюционной России).

XX век ознаменовался двумя мировыми войнами, изменившими мир, а для России ещё и революцией. Несмотря на свою значимость, как крупномасштабного конфликта, Первая мировая война особого влияния на развитие двух языков не оказала. В противовес ей, революция в России сыграла более заметную роль в лингвистических процессах. Уничтожение старых порядков, переход к новой идеологии и, соответственно, появление новых лексических единиц – все это придало импульс вхождению русизмов во многие языки. Безусловно, новые слова, появившиеся после революции и возникновения нового советского государства, не сразу проникли в немецкий язык, т.к. эти неологизмы должны были адаптироваться сначала в родном языке, да и Германия в н. XX в. переживала свою революцию. Смена «направления» вектора развития России заставила часть населения эмигрировать из страны. Представители русского дворянства и люди, поддерживавшие «Белое движение», а также представители революционных радикальных идей, например, сторонники Мировой революции принесли с собой в Европу и новую лексику. Это послужило активизации



процесса заимствования русизмов: *die Sowjet* – *Советы*, и производные *die Sowjetrepublik* – *Советская республика*, *die Sowjetregierung* – *советское правительство* и т.п., *der Bolschewik* – *большевик*, *der Kadet* – *кадет*, *der Kolchos* – *колхоз*, *der Komsomol* – *комсомол*, *der Kulak* – *кулак* (зажиточный крестьянин), *die Datscha* – *дача*, *der Leninismus* – *ленинизм*, *das Politbuero* – *политбюро*, *der Samisdat* – *самиздат* (нелегально изготавливавшиеся и распространявшиеся публикации), *der Stalinismus* – *сталинизм*, *der Trotskismus* – *троцкизм*, *die Tscheka* – *ЧК* (политическая полиция, существовавшая в начале правления советской власти (до 1922 г.).

Важным этапом в третий период процесса заимствований нужно считать Вторую мировую войну, изменившую политическую, экономическую, социальную жизнь Европы, ставшая серьёзным ударом по всем странам земного шара. В военный и послевоенный период в немецкий язык проникают такие русизмы, как: *die Stalinorgel* – «*Камюша*» (название советской бесствольной реактивной артиллерии, появившееся во время войны 1941–1945 гг), *Molotowskokteul* – *коктейль Молотова*, *der Machorka* – *махорка*, *die Papirossa* – *папироса*, *der Iwan* – *Иван*, *русский солдат* (как прозвище во II мировую войну), выражение *Dawaj– dawaj!* – *давай, давай!* (немцы знают это выражение, но не понимают его буквального смысла; привезено оно было вернувшимися из России военнопленными), *der Gulag* – *Гулаг*.

Возникновение ГДР, нового государства на территории Германии, находившегося под идеологическим патронажем СССР, сильно повлияло на проникновение русизмов в немецкий язык. Большую роль сыграло изучение русского языка в школах, университетах, строительство советских объектов, прежде всего военных, на территории ГДР. В немецком языке появились слова: *die TASS* – *TACC*, *KGB* – *КГБ*, *Matrjoschka* (*Matroschka*) – *матрёшка*, *das Perm* – *Пермь* (*ранний период палеозоя*), *Glasnost* – *гласность*, *Perestrojka* – *перестройка*. А также на пополнение словарного состава немецкого языка повлияло развитие русской науки: *der Sputnik* – *спутник*, *der Lunochod* – *луноход* и др, данные лексические единицы имеют ограниченную сферу употребления, в основном для названия этих исторических событий (современном немецком языке используются слова *Satellit* – *спутник*, *Mondgänger/Mondrover* – *луноход*).

На современном этапе заимствуются главным образом названия российских предприятий и фирм, которые вышли на мировой уровень и активно сотрудничают с немецкими партнерами: *AvtoVAZ* – *концерн «АвтоВАЗ»*, *Stiftung «Nashe buduscheje»* (*zu Deutsch: «Unsere Zukunft»*) – *фонд «Наше будущее»*, *die PAO Gazprom* – *ПАО «Газпром»* и др.

Все русизмы являются освоенными, поскольку включены в морфологическую систему немецкого языка и существуют согласно законам принимающего языка. Они прошли по определенной траектории, от вхождения в принимающий язык до адаптации и укоренения в его языковой системе. Степень адаптации зависит кроме прочего от сферы, частоты и длительности употребления заимствованного слова в языке-реципиенте. Время употребления заимствования определяет его «жизненный цикл». В философии под временем понимается форма существования материальных объектов, выражающая длительность их существования, определенную последовательность событий реальной действительности.[3] Значит жизненный цикл слова – это последовательность его «вживления» в язык и продолжительность существования в нем. Жизненный цикл слова характеризуется различным состоянием лексической единицы от момента ее возникновения в языке-преемнике, через функционирование в нем, до выхода из языковой системы, точнее перехода в своего рода инертное состояние. Русизмы в немецком языке, как можно видеть, входят в категорию историзмов, слов, называющих исчезнувшие предметы и явления русской действительности. (или архаизмов, если для них находят более современные синонимы [4]). Поскольку для русизмов нет денотатов в немецком языке они остаются в пассивном запасе немецкого языка. При этом в немецком языке невозможно адекватно передать реалии российской действительности без употребления русизмов: Заметим, что и в своей языковой системе некоторые русизмы также стали историзмами и архаизмами.



Таким образом, краткий очерк истории русских заимствований подтверждает тот факт, что каждой исторической эпохе свойствен свой круг заимствований – заимствования, связанные с торговлей (первый период), наименованием официальных правящих лиц, учреждений, сословий, бытовых наименований, названий отдельных животных (второй период), общественно-политической жизнью (третий период). В отношении периодизации проникновения руссизмов затруднительно выделить наиболее продуктивную эпоху. Следовательно, «жизненный цикл» этих лексических единиц оказался не продолжительным в историческом ходе; некоторые заимствованные слова образуют группу экзотизмов.

#### Библиографический список

1. Бушуев С.В., Миронов Г.Е. История государства Российского: Историко-библиографические очерки. Книга первая. IX - XVI вв. - М., 1991.
2. Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка, Москва. – 2007. – 938с.
3. Пронина Е. Н. Философия. Учебник для бакалавров и специалистов. / Е.Н. Пронина; Моск. гос. ун-т печати им. Ивана Федорова. Москва: МГУП им. Ивана Федорова, 2011. 612 с. С.
4. Центнер М. С. Русизмы в немецком языке: состав, история, периодизация // Вестник московского университета. – 2016. – С. 9, №2. – с.152-158.
5. Центнер М. С. Русизмы в немецком языке (диссер.) [Электронный ресурс] / Центнер М. С. – Режим доступа: // Библиотека диссертаций <http://www.dslib.net/russkij-jazyk/rusizmy-v-nemeckom-jazyke.html> (дата обращения 20.04.2020)
6. Carr Charles T. the German influence on the English Vocabulary. 1934. In; S.P.E., Tract No XLII, 1353-1413. Oxford
7. Le portail lexical [Электронный ресурс] / Centre national de Reources textuelles et lexicales CNRTL, Nancy Cedex – France. – Режим доступа: <https://www.cnrtl.fr/definition/bistrot>
8. Этимологический словарь русского языка. Оглавление, буква "Б" / Составитель Крылов Г. А., 2004. [Текст: электронный] – Режим доступа: <http://rus-yaz.niv.ru/doc/etymologic-dictionary/fc/slovar-193-2.htm#zag-305>. (дата обращения 20.04.2020)
9. Duden: Das große Fremdwörterbuch. Mannheim, 2007.

## АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

- Romanova G. V., 158  
Sivkov S. I., 158  
Авраменко Н. А., 190  
Азизова Т. В., 46, 49, 53, 63, 68, 72, 75, 87, 95  
Акопян О. В., 183  
Акопян Р. Р., 121  
Ананьина Е. В., 183  
Ананьина Н. В., 175  
Андреева Н. И., 11, 40  
Апанасевич В. И., 37  
Ахлюстина В. В., 118  
Баляс В. Н., 133  
Банникова М. В., 46, 49, 53, 72  
Баранин М. И., 259  
Бармин А. В., 150  
Безногова Т. Г., 259  
Бобов Г. Н., 124  
Борчиков С. А., 210  
Брагин Е. В., 49  
Бредихина И. А., 184  
Брикс К. В., 53  
Бузоверя М. Э., 56, 99  
Буйновский А. С., 28  
Булаев Н. А., 14, 26  
Буравлев И. Ю., 90  
Бурлаков В. А., 99  
Валеев Р. А., 122  
Введенский В. Э., 124  
Войтко С. А., 187  
Войцехович В. Э., 214  
Войщев П. Р., 147  
Газизов В. В., 132  
Горбачев А. В., 190  
Горячев М. В., 162  
Григорьева Е. С., 46, 53, 87  
Елисеев Н. В., 155  
Жиганов А. Н., 33  
Жильцова О. Ю., 150  
Жунтова Г. В., 53  
Зубаиров А. Ф., 133, 147, 195  
Зубаирова К. Ф., 246  
Зубова Н. В., 166, 201  
Иванова Е. М., 171  
Казачков Е. Л., 87  
Кардашин А. В., 137  
Кардашин А. В., 133  
Карзанов Ю. А., 20, 23  
Козедуб А. С., 75  
Козлов А. В., 102  
Козлов П. В., 33  
Кольжецов Д. А., 106  
Комаров А. А., 112, 217  
Коновалова Т. А., 56  
Кочкина Г. В., 20, 23  
Кузнецова Н. А., 112  
Лазарева Ю. Б., 59  
Левичев Д. Г., 166  
Леонтьева Н. В., 115  
Липина Ю. Е., 112  
Лисица В. А., 28  
Лисицын С. Г., 115  
Лобанов В. С., 175  
Лобковская П. А., 190  
Логунова Э. Р., 118  
Луговская Е. Г., 221  
Лукьянов П. А., 37  
Макеева В. С., 68  
Маклаков А. И., 112  
Максимова Н. Б., 235  
Матвеев Н. И., 133, 140  
Медков М. А., 37  
Минаев А. С., 147  
Мирошкин И. С., 155  
Михалёв В. Р., 147  
Моисеев В. И., 225  
Морозова А. В., 106  
Муслимова А. В., 28  
Мухаметшин И. И., 227  
Обеснюк М. В., 23  
Ослина Д. С., 95  
Осовец С. В., 75  
Папынов Е. К., 40  
Парутин К. А., 239  
Пестовская А. Э., 130  
Поволоцкая С. В., 83  
Подзолков П. Н., 59  
Подзолкова Н. А., 231  
Ползунова М. В., 246, 250  
Полковникова О. О., 102  
Попова К. Е., 28  
Постолов Д. И., 143  
Пургина Т. А., 254  
Рабинович Е. И., 83  
Ревина В. С., 87  
Ремизов М. Б., 33  
Рогов К. Ю., 145

- |                                |                           |
|--------------------------------|---------------------------|
| Румянцева А. В., 72            | Тухватуллина И. Д., 254   |
| Рыбкина В. Л., 46, 63, 68, 95  | Фаткуллина М. Б., 206     |
| Самойлова С. И., 102           | Федорова О. В., 26, 44    |
| Самусь М. А., 90               | Хужина К. А., 44          |
| Сахненко О. А., 112            | Цимбалюк Б. Р., 133       |
| Сёмин Е. Н., 147               | Челышева А. С., 184       |
| Серегина И. Т., 178            | Чеснокова А. Ю., 26       |
| Серигова Е. В., 44             | Чухланцева Е. В., 14      |
| Синельщикова О. А., 63         | Шайдуллин С. М., 33       |
| Сокольникова С. С., 83         | Шаймурзина Л. Р., 166     |
| Софронов В. Л., 28             | <u>Шашков И. И.</u> , 235 |
| Старовойтова О. В., 14         | Шевченко О. В., 37        |
| Сыпко С. А., 124               | Шичалин О. О., 40         |
| Сычуглов Г. В., 87             | Шмуть М. А., 242          |
| Тананаев И. Г., 11, 37, 40, 90 | Юдаков А. А., 37, 90      |
| Тарасенко А. А., 14            | Юламанова Р. Р., 162      |
| Тарасова И. А., 250            |                           |
| Теличко А. В., 187             |                           |

**XX ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**  
**ДНИ НАУКИ ОТИ НИЯУ МИФИ — 2020**

Материалы конференции

Издательство: Озёрский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
456783, Челябинская обл., г. Озёрск, пр-т Победы, 48

