

№ 5 (95) ▪ 2020

Часть 1 ▪ Май

---

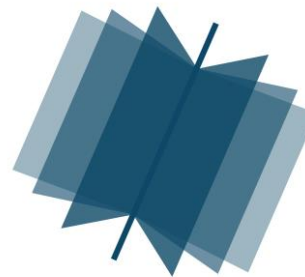
**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЖУРНАЛ**

***INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL***

---

**ISSN 2303-9868 PRINT  
ISSN 2227-6017 ONLINE**

Екатеринбург  
2020



Периодический теоретический и научно-практический журнал.  
Выходит 12 раз в год.  
Учредитель журнала: Соколова М.В.  
Главный редактор: Меньшаков А.И.  
Адрес издателя и редакции: 620137, г. Екатеринбург, ул.  
Академическая, д. 11, корп. А, оф. 4.  
Электронная почта: [editors@research-journal.org](mailto:editors@research-journal.org)  
Сайт: [www.research-journal.org](http://www.research-journal.org)  
16+

**№ 5 (95) 2020  
Часть 1  
Май**

Дата выхода 18.05.2020  
Подписано в печать 11.05.2020  
Тираж 200 экз.  
Цена: бесплатно.  
Заказ 295118.  
Отпечатано с готового оригинал-макета.  
Отпечатано в типографии "А-принт".  
620049, г. Екатеринбург, пер. Лобачевского, д. 1.

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства без каких-либо ограничений. Тип лицензии CC поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Актуальная информация об индексации журнала в библиографических базах данных <https://research-journal.org/indexing/>.

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПН № ФС 77 – 51217.**

#### **Члены редколлегии:**

##### **Филологические науки:**

*Растягаев А.В.* д-р филол. наук, Московский Городской Университет (Москва, Россия);  
*Сложеникина Ю.В.* д-р филол. наук, Московский Городской Университет (Москва, Россия);  
*Штрекер Н.Ю.* к.филол.н., Калужский Государственный Университет имени К.Э. Циолковского (Калуга, Россия);  
*Вербицкая О.М.* к.филол.н., Иркутский Государственный Университет (Иркутск, Россия).

##### **Технические науки:**

*Пачурин Г.В.* д-р техн. наук, проф., Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (Нижний Новгород, Россия);  
*Федорова Е.А.* д-р техн. наук, проф., Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (Нижний Новгород, Россия);  
*Герасимова Л.Г.* д-р техн. наук, Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева (Апатиты, Россия);  
*Курасов В.С.* д-р техн. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);  
*Оськин С.В.* д-р техн. наук, проф. Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия).

##### **Педагогические науки:**

*Куликовская И.Э.* д-р пед. наук, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Россия);  
*Сайкина Е.Г.* д-р пед. наук, Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена (Санкт-Петербург, Россия);  
*Лукиянова М.И.* д-р пед. наук, Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова (Ульяновск, Россия);  
*Ходалова Н.П.* д-р пед. наук, проф., Московский городской педагогический университет (Москва, Россия).

##### **Психологические науки:**

*Розенова М.И.* д-р психол. наук, проф., Московский государственный психолого-педагогический университет (Москва, Россия);  
*Ивков Н.Н.* д-р психол. наук, Российская академия образования (Москва, Россия);  
*Каменская В.Г.* д-р психол. наук, к. биол. наук, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина (Елец, Россия).

##### **Физико-математические науки:**

*Шамолин М.В.* д-р физ.-мат. наук, МГУ им. М. В. Ломоносова (Москва, Россия);  
*Глезер А.М.* д-р физ.-мат. наук, Государственный Научный Центр ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина (Москва, Россия);  
*Свиштунов Ю.А.* д-р физ.-мат. наук, проф., Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия).

##### **Географические науки:**

*Умывакин В.М.* д-р геогр. наук, к.техн.н. проф., Военный авиационный инженерный университет (Воронеж, Россия);  
*Брылеев В.А.* д-р геогр. наук, проф., Волгоградский государственный социально-педагогический университет (Волгоград, Россия);  
*Огуреева Г.Н.* д-р геогр. наук, проф., МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия).

##### **Биологические науки:**

*Буланый Ю.П.* д-р биол. наук, Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского (Саратов, Россия);  
*Аникин В.В.*, д-р биол. наук, проф., Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского (Саратов, Россия);  
*Еськов Е.К.* д-р биол. наук, проф., Российский государственный аграрный заочный университет (Балашиха, Россия);  
*Шеуджен А.Х.* д-р биол. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);  
*Ларионов М.В.* д-р биол. наук, профессор, Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского (Саратов, Россия).

**Архитектура:**

Янковская Ю.С. д-р архитектуры, проф., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (Санкт-Петербург, Россия).

**Ветеринарные науки:**

Алиев А.С. д-р ветеринар. наук, проф., Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия);  
Татарникова Н.А. д-р ветеринар. наук, проф., Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова (Пермь, Россия).

**Медицинские науки:**

Никольский В.И. д-р мед. наук, проф., Пензенский государственный университет (Пенза, Россия);  
Ураков А.Л. д-р мед. наук, Ижевская Государственная Медицинская Академия (Ижевск, Россия).

**Исторические науки:**

Меерович М.Г. д-р ист. наук, к. архитектуры, проф., Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия);  
Бакулин В.И. д-р ист. наук, проф., Вятский государственный университет (Киров, Россия);  
Бердинских В.А. д-р ист. наук, Вятский государственный гуманитарный университет (Киров, Россия);  
Лёвочкина Н.А. к.ист.наук, к.экон.н. ОмГУ им. Ф.М. Достоевского (Омск, Россия).

**Культурология:**

Куценков П.А. д-р культурологии, к.искусствоведения, Институт востоковедения РАН (Москва, Россия).

**Искусствоведение:**

Куценков П.А. д-р культурологии, к.искусствоведения, Институт востоковедения РАН (Москва, Россия).

**Философские науки:**

Петров М.А. д-р филос. наук, Института философии РАН (Москва, Россия);  
Бессонов А.В. д-р филос. наук, проф., Институт философии и права СО РАН (Новосибирск, Россия);  
Цыганков П.А. д-р филос. наук., МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия);  
Лойко О.Т. д-р филос. наук, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Томск, Россия).

**Юридические науки:**

Костенко Р.В. д-р юрид. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);  
Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Северо-Кавказский федеральный университет г. Пятигорске (Пятигорск, Россия);  
Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Всероссийская академия внешней торговли (Москва, Россия);  
Ергашев Е.Р. д-р юрид. наук, проф., Уральский государственный юридический университет (Екатеринбург, Россия).

**Сельскохозяйственные науки:**

Важов В.М. д-р с.-х. наук, проф., Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина (Бийск, Россия);  
Раков А.Ю. д-р с.-х. наук, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (Михайловск, Россия);  
Комлацкий В.И. д-р с.-х. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);  
Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Белгород, Россия);  
Наумкин В.П. д-р с.-х. наук, проф., Орловский государственный аграрный университет.

**Социологические науки:**

Замараева З.П. д-р социол. наук, проф., Пермский государственный национальный исследовательский университет (Пермь, Россия);  
Солодова Г.С. д-р социол. наук, проф., Институт философии и права СО РАН (Новосибирск, Россия);  
Кораблева Г.Б. д-р социол. наук, Уральский Федеральный Университет (Екатеринбург, Россия).

**Химические науки:**

Абдиев К.Ж. д-р хим. наук, проф., Казахстанско-Британский технический университет (Алма-Аты, Казахстан);  
Мельдешов А. д-р хим. наук, Казахстанско-Британский технический университет (Алма-Аты, Казахстан);  
Скачилова С.Я. д-р хим. наук, Всероссийский Научный Центр По Безопасности Биологически Активных Веществ (Купавна Старая, Россия).

**Науки о Земле:**

Горяинов П.М. д-р геол.-минерал. наук, проф., Геологический институт Кольского научного центра Российской академии наук (Апатиты, Россия).

**Экономические науки:**

Бурда А.Г. д-р экон. наук, проф., Кубанский Государственный Аграрный Университет (Краснодар, Россия);  
Лёвочкина Н.А. д-р экон. наук, к.ист.н., ОмГУ им. Ф.М. Достоевского (Омск, Россия);  
Ламоттке М.Н. к.экон.н., Нижегородский институт управления (Нижний Новгород, Россия);  
Акбулаев Н. к.экон.н., Азербайджанский государственный экономический университет (Баку, Азербайджан);  
Кулиев О. к.экон.н., Азербайджанский государственный экономический университет (Баку, Азербайджан).

**Политические науки:**

Завершинский К.Ф. д-р полит. наук, проф. Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия).

**Фармацевтические науки:**

Тринеева О.В. к.фарм.н., Воронежский государственный университет (Воронеж, Россия);  
Кайшева Н.Ш. д-р фарм. наук, Волгоградский государственный медицинский университет (Волгоград, Россия);  
Ерофеева Л.Н. д-р фарм. наук, проф., Курский государственный медицинский университет (Курс, Россия);  
Папанов С.И. д-р фарм. наук, Медицинский университет (Пловдив, Болгария);  
Петкова Е.Г. д-р фарм. наук, Медицинский университет (Пловдив, Болгария);  
Скачилова С.Я. д-р хим. наук, Всероссийский Научный Центр По Безопасности Биологически Активных Веществ (Купавна Старая, Россия);  
Ураков А.Л., д-р мед. наук, Государственная Медицинская Академия (Ижевск, Россия).

**Екатеринбург  
2020**

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

---

Тукмаков Д.А. ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОДНОЙ ИЗ ФРАКЦИЙ ДИСПЕРСНОЙ КОМПОНЕНТЫ НА ПРОЦЕСС РАСПРОСТРАНЕНИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ИЗ ЧИСТОГО ГАЗА В ДВУХФРАКЦИОННУЮ ГАЗОВЗВЕСЬ.....	8
Шаждекеева Н.К., Чанпалова А.О. ФОРМИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ ПРИМЕРЕ ДВУХ ЦЕННЫХ БУМАГ.....	16
Шустов В.В. ПРИБЛИЖЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ СОСТАВНЫМИ ДВУХТОЧЕЧНЫМИ МНОГОЧЛЕНАМИ ЭРМИТА.....	22

---

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

---

Абрамян С.Г., Котляревская А.В., Оганесян О.В., Бурлаченко А.О., Дикмеджян А.А. ИНТЕГРАЦИЯ ВМ и ГИС ТЕХНОЛОГИЙ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА.....	32
Хожиев Ш.Т., Тачилин С.А., Ганиев А.А., Умарходжаева З.Н. ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ МЕДЛЕННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ НА СОСТОЯНИЕ НАНОПЛЕНОК КСІ И LiF НА ПОВЕРХНОСТИ Si(111).....	36
Карелова Р.А., Коробейников П.С. КОНТРОЛЬ НАД ПРОЕКТОМ НА UNITY: ЧАСТЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАЧИНАЮЩИХ РАЗРАБОТЧИКОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ.....	40
Квач С.С., Квач И.В. ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ .....	46
Марченко А.Л. РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ЭЛЕКТРОНИКЕ: СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ .....	49
Мяленко Д.М., Михайленко П.Г., Головань Н.С. ИССЛЕДОВАНИЕ САНИТАРНО ГИГИЕНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЛИМЕРНОЙ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ НАПОЛНЕННОЙ КРАХМАЛОМ.....	59
Словеснов Н.А., Мирсантов С.Ф., Светличный В.В., Словеснов Е.А. АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СТЕРИЛИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АСЕПТИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ .....	64
Соболь А.Н., Андреева А.А. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИТКОВЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ОБМОТКЕ СТАТОРА АВТОНОМНОГО АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА .....	69
Тихомиров А.А., Пшеничников М.А. ДВУХСЛОЙНОЕ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ НА ОСНОВЕ ШУНГИТА .....	75
Чашин Е.А., Балашова С.А. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПЛАЗМЕННЫМ ПОТОКОМ, СОДЕРЖАЩИМ МЕЛКОДИСПЕРСНУЮ ФАЗУ .....	80
Чекулаева Е.Н., Фомин Е.В. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УГРОЗАМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ СЪЕМНЫХ НОСИТЕЛЕЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ.....	87

---

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

---

Деменин Е.С., Николаев А.К., Зарипова Н.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕПРЕССОРНЫХ ПРИСАДОК ЗАРУБЕЖНЫМИ КОМПАНИЯМИ В ТРУБОПРОВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ.....	94
Новиков А.В., Родионов А.В., Сумарукова О.В. ОЦЕНКА ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СЕВЕРНОМ УЧАСТКЕ МОСКОВСКОГО ЦЕНТРАЛЬНОГО КОЛЬЦА .....	97

<b>Байделюк Е.С., Сырмолот О.В.</b> <b>ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ТОМАТАХ В УСЛОВИЯХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ.....</b>	<b>101</b>
<b>Булдаков С.А., Плеханова Л.П.</b> <b>ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ В ОРГАНИЧЕСКОЕ</b> <b>КАРТОФЕЛЕВОДСТВО.....</b>	<b>105</b>
<b>Подречнева И.Ю., Щеголев П.О., Белокуров С.Г.</b> <b>АЛЛЕЛЬНЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНОВ CSN3 И CSN2 У БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ МОЛОЧНЫХ</b> <b>ПОРОД .....</b>	<b>109</b>
<b>Степанов К.М., Корякина Н.И., Попова З.</b> <b>ИССЛЕДОВАНИЕ СТАРИННЫХ СПОСОБОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РЫБЬЕГО ЖИРА ЭВЕНКАМИ</b> <b>ЖИГАНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ).....</b>	<b>114</b>
<b>Волкова Г.В., Таранчева О.В.</b> <b>ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО И</b> <b>ХИМИЧЕСКОГО ФУНГИЦИДОВ ПРОТИВ ЦЕРКОСПОРОЗА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ</b> <b>ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ .....</b>	<b>119</b>
<b>Черноградская Н.М., Шарвадзе Р.Л., Краснощекова Т.А., Григорьев М.Ф., Григорьева А.И</b> <b>НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ В РАЦИОНАХ ВЫРАЩИВАЕМОГО МОЛОДНЯКА</b> <b>СКОТА В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ .....</b>	<b>125</b>
<b>Черноградская Н.М., Шарвадзе Р.Л., Краснощекова Т.А., Григорьева А.И., Григорьев М.Ф.</b> <b>МЕСТНЫЕ НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ В КОРМЛЕНИИ КРУПНОГО РОГАТОГО</b> <b>СКОТА В ЯКУТИИ .....</b>	<b>130</b>
<b>Черноградская Н.М., Шарвадзе Р.Л., Краснощекова Т.А., Григорьев М.Ф., Григорьева А.И</b> <b>ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦЕОЛИТА ХОНГУРИНА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ГУСЕЙ В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ ....</b>	<b>134</b>

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY**

<b>Багирова Р.М.</b> <b>ВЛИЯНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ДОРСАЛЬНОГО АМИГДАЛОФУГАЛЬНОГО ПУТИ НА</b> <b>ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОДКОРКОВЫХ СТРУКТУР МОЗГА .....</b>	<b>138</b>
<b>Воробьева Н.В., Бекетов А.Н., Бекетов И.Н., Калюбаев В.Н.</b> <b>ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭРИТРОЦИТОВ У ЛИЦ,</b> <b>НАЧАВШИХ РЕГУЛЯРНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ТРЕНИРОВКИ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА</b> <b>НИЗКОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ .....</b>	<b>142</b>
<b>Гильманова М.В., Грехова И.В.</b> <b>ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С</b> <b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД .....</b>	<b>147</b>
<b>Павлова О.Н., Гуленко О.Н., Каримова Р.Г., Девяткин А.А., Тороповский А.Н.</b> <b>ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ АКТИВНОСТИ КАТАЛАЗЫ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ КРЫС ПРИ</b> <b>МЕХАНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ГЕМАТООФТАЛЬМИЧЕСКИЙ БАРЬЕР .....</b>	<b>153</b>
<b>Жукова А.А., Гайдаш Д.В., Смирнова С.Н.</b> <b>ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ЯИЦ И</b> <b>ЛИЧИНОК ГЕЛЬМИНТОВ .....</b>	<b>159</b>
<b>Абрамова Е.Р., Кондратова А.В.2, Шумилова Л.П., Пилецкая О.А.</b> <b>БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ АНТРОПОГЕННО-НАРУШЕННЫХ БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСОВ</b> <b>ПРИАМУРЬЯ .....</b>	<b>162</b>
<b>Недилько О.В., Яницкая А.В., Холод К.М., Демидова В.В., Овсянкина Н.В., Дьячков С.И.</b> <b>РЕСУРСНАЯ ОЦЕНКА GLUCYRRHIZA GLABRA L. В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ</b> <b>ОБЛАСТИ .....</b>	<b>168</b>
<b>Опарина О.Н., Тома Ж.В., Дворянинова Е.В.</b> <b>ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ОСОБЕННОСТИ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА У</b> <b>СПОРТСМЕНОВ .....</b>	<b>173</b>
<b>Юшкевич Д.П.</b> <b>ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВТОРИЧНОГО ДРЕВЕСНОГО</b> <b>СЫРЬЯ В ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....</b>	<b>176</b>

---

## МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ / MEDICINE

---

Брагиш А.В., Касаткина Н.В., Белова С.Н.

ОСОБЕННОСТИ ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ДЕТЯМ, ПОСТРАДАВШИМ В ДТП..... 181

Киладзе А.Б.

РАНЖИРОВАНИЕ И КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ВЕРБАЛЬНЫХ ОЦЕНОК ЧАСТОТЫ ВСТРЕЧАЕМОСТИ СИМПТОМОВ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ (COVID-19), ПРОСТУДЫ И ГРИППА..... 184

Самчук П.М., Азоева Э.Л.

РОСТО-ВЕСОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НОВОРОЖДЕННЫХ ПРИ НЕКОТОРЫХ ВАРИАНТАХ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЛАЦЕНТЫ И НИЗКОМ ПЕРИНАТАЛЬНОМ РИСКЕ ..... 188

---

## ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY

---

Кунавина Е.А., Сизенцов А.Н., Козурова М.С., Андреева Н.В.

СИНТЕЗ, ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ БИС-(1-ОКСО-4-ФЕНИЛ-1-ЭТОКСИБУТАН-2,4-ДИОНАТО)- И БИС-(1-БУТОКСИ-5-МЕТИЛ-1-ОКСОГЕКСАН-2,4-ДИОНАТО)МЕТАЛЛОВ(II)..... 192



DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.001>**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОДНОЙ ИЗ ФРАКЦИЙ ДИСПЕРСНОЙ КОМПОНЕНТЫ НА ПРОЦЕСС РАСПРОСТРАНЕНИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ИЗ ЧИСТОГО ГАЗА В ДВУХФРАКЦИОННУЮ ГАЗОВЗВЕСЬ**

Научная статья

**Тукмаков Д.А. \***

ORCID: 0000-0002-0335-8548,

ИММ ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

\* Корреспондирующий автор (tukmakovDA[at]imm.knc.ru)

**Аннотация**

Численно исследовано влияние неравномерной концентрации одной из фракций двухфракционной газовой взвеси на параметры ударной волны, движущейся из чистого газа в газовую взвесь. Моделировалось движение прямого скачка уплотнения в двухфракционной газовой взвеси. Мелкодисперсная фракция газовой взвеси имела равномерное начальное массовое содержание, в то время как более крупные частицы имели неравномерное начальное массовое содержание вдоль поперечной координаты. Математическая модель учитывала вязкость несущей среды, а также межфазное силовое и тепловое взаимодействие. Уравнения математической модели интегрировались явным конечно-разностным методом.

**Ключевые слова:** газовая взвесь, ударные волны, уравнение Навье-Стокса, численное моделирование.

**NUMERICAL RESEARCH OF INFLUENCE UNEVEN DISTRIBUTION OF CONCENTRATION OF ONE FROM FRACTIONS OF DISPERSED COMPONENT PER PROCESS PROPAGATION OF SHOCK WAVE FROM HOMOGENEOUS GAS TO TWO-FRACTIONAL GAS-SUSPENSION**

Research article

**Tukmakov D.A. \***

ORCID: 0000-0002-0335-8548,

IME FRC KazSC RAS, Kazan, Russia

\* Corresponding author (tukmakovDA[at]imm.knc.ru)

**Abstract**

The effect of the non-uniform concentration of one of the fractions of a two-fraction gas suspension on the parameters of a shock wave moving from pure gas to a gas suspension is numerically studied. The motion of a direct shock wave in a two-fraction gas suspension was simulated. The finely dispersed fraction of the gas suspension had a uniform initial mass content, while larger particles had an uneven initial mass content along the transverse coordinate. The mathematical model took into account the viscosity of the carrier medium, as well as interphase force and thermal interaction. The equations of the mathematical model were integrated by an explicit finite-difference method.

**Keywords:** gas suspension, shock waves, Navier-Stokes equation, numerical simulation.

**Введение**

Многие процессы в природе и технике связаны с течениями многофазных сред [1]. По этой причине динамика многофазных сред является важным разделом механики жидкости и газа. Исследование распространения ударных волн в запылённых средах имеет значение для горной промышленности, порошковой металлургии, аэрокосмических технологий [2], [4], [8]. Актуальной в практическом плане проблемой является экранирование промышленных взрывов слоем твёрдых или жидких взвесей. В связи с этим возникает задача изучения влияния параметров дисперсной фазы на скорость и профиль ударной волны в газовой взвеси. При этом существенное значение имеет математическое моделирование данных явлений.

Математическая модель.

Основы механики многофазных сред изложены в монографии [1]. Монографии [2], [3], [4] посвящены разработке математических моделей динамики газовых взвесей. В монографии [2] с помощью численного моделирования методом крупных частиц исследовалось распространение ударных волн в газовых взвешах в одномерной постановке с невязкой несущей средой. В работах ударно-волновые течения в запылённых средах численно моделировались с использованием математической модели динамики монодисперсной газовой взвеси, учитывающей вязкость несущей среды.

В данной работе с использованием математической модели динамики полидисперсной газовой взвеси [1], численно изучается влияние параметров дисперсных включений на движение ударной волны в плоском канале. Несущая фаза описывается как вязкий, сжимаемый, теплопроводный газ [14], [15], [16].

Движение несущей фазы описывается двумерной системой уравнений для вязкого сжимаемого теплопроводного газа с учетом межфазного силового взаимодействия и теплообмена:



$$\begin{aligned}
& \frac{\partial \rho_1}{\partial t} + \frac{\partial(\rho_1 u_1)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho_1 v_1)}{\partial y} = 0, \\
& \frac{\partial(\rho_1 u_1)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho_1 u_1^2 + p - \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho_1 u_1 v_1 - \tau_{xy}) = - \sum_{i=2,n} F_{xi} + \sum_{i=2,n} \alpha_i \frac{\partial p}{\partial x}, \\
& \frac{\partial(\rho_1 v_1)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho_1 u_1 v_1 - \tau_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho_1 v_1^2 + p - \tau_{yy}) = - \sum_{i=2,n} F_{yi} + \sum_{i=2,n} \alpha_i \frac{\partial p}{\partial y}, \\
& \frac{\partial(e_1)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}([e_1 + p - \tau_{xx}]u_1 - \tau_{xy}v_1 - \lambda \frac{\partial T_1}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}([e_1 + p - \tau_{yy}]v_1 - \tau_{xy}u_1 - \lambda \frac{\partial T_1}{\partial y}) = \\
& = - \sum_{i=2,n} Q_i - \sum_{i=2,n} (|F_{xi}|(u_1 - u_i) - |F_{yi}|(v_1 - v_i)) + \sum_{i=2,n} \alpha_i \left( \frac{\partial(pu_1)}{\partial x} + \frac{\partial(pv_1)}{\partial y} \right), \\
& \tau_{xx} = \mu \left( 2 \frac{\partial u_1}{\partial x} - \frac{2}{3} D \right), \tau_{yy} = \mu \left( 2 \frac{\partial v_1}{\partial y} - \frac{2}{3} D \right), \\
& \tau_{xy} = \mu \left( \frac{\partial u_1}{\partial y} + \frac{\partial v_1}{\partial x} \right), D = \frac{\partial u_1}{\partial x} + \frac{\partial v_1}{\partial y}.
\end{aligned}$$

В представленных выше уравнениях вводятся следующие обозначения:  $p$ ,  $\rho_1$ ,  $u_1$ ,  $v_1$  – давление, плотность, составляющие скорости несущей среды;  $T_1$ ,  $e_1$  – температура и полная энергия газа. Температура несущей среды находится из уравнения  $T_1 = (\gamma - 1)(e_1 / \rho_1 + 0.5(u_1^2 + v_1^2)) / R$ . В представленных выражениях  $R$  – газовая постоянная несущей фазы,  $\gamma$  – постоянная адиабаты,  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости,  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности газа,  $\tau$  – тензор вязких напряжений.

Движение фракций дисперсной фазы описывается уравнением сохранения средней плотности фракции, уравнениями сохранения составляющих импульса и уравнением сохранения энергии, записанными с учетом теплообмена, обмена импульсом с несущей фазой:

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial \rho_i}{\partial t} + \frac{\partial(\rho_i u_i)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho_i v_i)}{\partial y} = 0, \\
& \frac{\partial(\rho_i u_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho_i u_i^2) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho_i u_i v_i) = F_{xi} - \alpha_i \frac{\partial p}{\partial x}, \\
& \frac{\partial(\rho_i v_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho_i u_i v_i) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho_i v_i^2) = F_{yi} - \alpha_i \frac{\partial p}{\partial y}, \\
& \frac{\partial(e_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(e_i u_i) + \frac{\partial}{\partial y}(e_i v_i) = Q_i, \\
& \rho_i = \alpha_i \rho_{i0}, \quad e_i = \rho_i C_{vi} T_i, \\
& F_{xi} = \frac{3}{4} \frac{\alpha_i}{(2r_i)} C_{di} \rho_1 \sqrt{(u_1 - u_i)^2 + (v_1 - v_i)^2} (u_1 - u_i) + \alpha_i \rho_1 \left( \frac{\partial u_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} + \right. \\
& \left. + v_1 \frac{\partial u_1}{\partial y} \right) + 0.5 \alpha_i \rho_1 \left( \frac{\partial u_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial u_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial u_1}{\partial y} - \frac{\partial u_i}{\partial t} - u_i \frac{\partial u_i}{\partial x} - v_i \frac{\partial u_i}{\partial y} \right),
\end{aligned}$$

$$F_{yi} = \frac{3}{4} \frac{\alpha_i}{(2r_i)} C_{di} \rho \sqrt{(u_1 - u_i)^2 + (v_1 - v_i)^2} (v_1 - v_i) + \alpha_i \rho_1 \left( \frac{\partial v_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial y} \right) + 0.5 \alpha_i \rho_1 \left( \frac{\partial v_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial y} - \frac{\partial v_i}{\partial t} - u_i \frac{\partial v_i}{\partial x} - v_i \frac{\partial v_i}{\partial y} \right),$$

$$C_{di} = \frac{24}{Re_{i1}} + \frac{4}{Re_{i1}^{0.5}} + 0.4, \quad M_{1i} = |\bar{V}_1 - \bar{V}_i| / c, \quad ,$$

$$Re_{1i} = \rho_1 |\bar{V}_1 - \bar{V}_i| 2r / \mu, \quad Pr_i = \gamma C_{pi} \mu / \lambda$$

$$Q_i = 6\alpha_i Nu_{1i} \lambda (T_1 - T_i) / (2r_i)^2 \quad i=2,...,n$$

$$Nu_{1i} = 2 \exp(-M_{i0}) + 0.459 Re_{i0}^{0.55} Pr_i^{0.33},$$

$$0 \leq M_{i0} \leq 2, \quad 0 \leq Re_{i0} < 2 \cdot 10^5.$$

Тепловая энергия взвешенных в газе фракций твердой фазы определяется выражением:  $e_i = \rho_i C_{pi} T_i$ . Здесь:  $\rho_i$  – средняя и истинная плотность фракции дисперсной фазы,  $m_i = \alpha_i \rho_{i0} / \rho_1$  – массовое содержание фракции дисперсной фазы,  $u_i, v_i$  – компоненты вектора скорости;  $T_i, e_i$  – температура и энергия фракции дисперсной фазы;  $C_{pi}$  – теплоёмкость материала дисперсных включений,  $\alpha_i$  – объёмное содержание фракции,  $Q_i$  – межфазный тепловой поток,  $F_{xi}, F_{yi}$  – компоненты межфазного силового взаимодействия между  $i$ -ой фракцией дисперсной фазы и несущей средой. При моделировании динамики вязкого газа движущегося в ограниченной области в соответствии с методологией описанной в [15] на границах расчетной области задавались граничные условия Дирихле для составляющих скорости и граничные условия Неймана для остальных функций:

$$u_i(t, 1, k) = 0, \quad v_i(t, 1, k) = 0, \quad u_i(t, N_x, k) = 0, \quad v_i(t, N_x, k) = 0,$$

$$u_i(t, j, 1) = 0, \quad v_i(t, j, 1) = 0, \quad u_i(t, j, N_y) = 0, \quad v_i(t, j, N_y) = 0,$$

$$\rho_i(t, 1, k) = \rho_i(t, 2, k), \quad \rho_i(t, N_x, k) = \rho_i(t, N_x - 1, k),$$

$$\rho_i(t, j, 1) = \rho_i(t, j, 2), \quad \rho_i(t, j, N_y) = \rho_i(t, j, N_y - 1),$$

$$e_i(t, 1, k) = e_i(t, 2, k), \quad e_i(t, N_x, k) = e_i(t, N_x - 1, k),$$

$$e_i(t, j, 1) = e_i(t, j, 2), \quad e_i(t, j, N_y) = e_i(t, j, N_y - 1).$$

Здесь  $N_x$  – количество узлов вдоль оси  $x$ ,  $N_y$  – количество узлов вдоль оси  $y$ .

Система уравнений, дополненная граничными условиями решалась явным конечно-разностным методом Мак-Кормака [15] с применением схемы расщепления по пространственным направлениям [16], а также с алгоритмом нелинейной коррекции сеточной функции [17], [18].

### Результаты расчётов

В численных расчетах моделировалось распространение ударной волны из чистого газа в запылённую среду. В проведенных расчётах длина моделируемого канала предполагалась равной-  $L=4$  м, высота канала-  $h=0.2$  м. В начальный момент времени задавались следующие начальные распределения параметров двухфазной среды:  $x < 0.75$  L,  $p=0.588$  МПа,  $m_2=m_3=0$ ,  $x \geq 0.75$  L,  $p=0.098$  МПа. Истинная плотность материала дисперсной фазы –  $\rho_{20}=\rho_{30}=1000$  кг/м<sup>3</sup>. Предполагалось, что в начальный момент времени фракция дисперсной фазы с диаметром частиц  $d=2$  мкм в камере низкого давления ( $x \geq 0.75$  L) имеет массовое содержание  $m_2=0.17$ . Для фракции частиц с диаметром-  $d=20$  мкм

рассматривались два вида массового содержания: равномерное -  $m_3=0.65$  и неравномерное:  $m_3=0$ ,  $y>0.5h$ ;  $m_3=ay+b$ ,  $y\leq 0.5h$ , где коэффициенты  $a$  и  $b$  выбраны из условий  $\int_0^{h/2} ay + bdy = 0.65h$ ,  $a(h/2) + b = 0$  -рис.1.

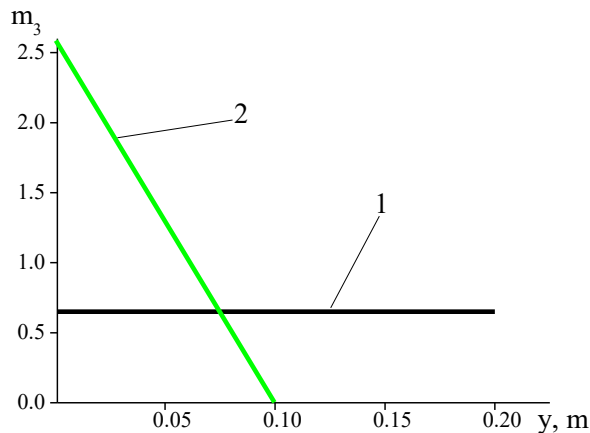


Рис. 1 – Пространственное распределение вдоль поперечной координаты начального массового содержания фракции дисперсной фазы с размером частиц  $d=20$  мкм в камере низкого давления: равномерное – кривая 1, линейно возрастающее – кривая 2

На рис.2 (а,б) представлено пространственное распределение средней плотности фракции частиц диаметром  $d=20$  мкм для начального и последующего моментов времени в камере низкого давления. В процессе распространения ударной волны наблюдается перераспределение средней плотности дисперсной фазы, как в продольном, так и в поперечном направлениях. Пространственное распределение продольной составляющей скорости несущей фазы в момент времени  $t=1.9$  мс изображено на рис.3. Следствием неравномерного распределения дисперсной фазы является неравномерность распределения продольной составляющей скорости газа в канале, наибольшая скорость движения газа достигается вблизи оси канала. В результате неравномерного поперечного распределения дисперсной фазы формируется неравномерный профиль давления – рис.4. Расчёты давления газа вдоль продольной координаты при различных распределениях концентрации фракции частиц с диаметром дисперсных включений  $d=20$  мкм представлены на рис.5,а: равномерное распределение – кривая 1 и неравномерное распределение – кривая 2. В случае равномерного распределения фракций запылённой среды ударная волна распространяется с меньшей скоростью.

Результаты расчётов модуля скорости газа –  $V_1 = \sqrt{u_1^2 + v_1^2}$  вдоль поперечной координаты для газозвесей с равномерным и неравномерным распределением фракции частиц с диаметром  $d=20$  мкм представлены на рис. 5,б. При распространении ударной волны по газозвесей с неравномерным распределением дисперсной фазы наблюдается большая величина модуля скорости газа в «верхней» части канала- $y>0.5h$ .

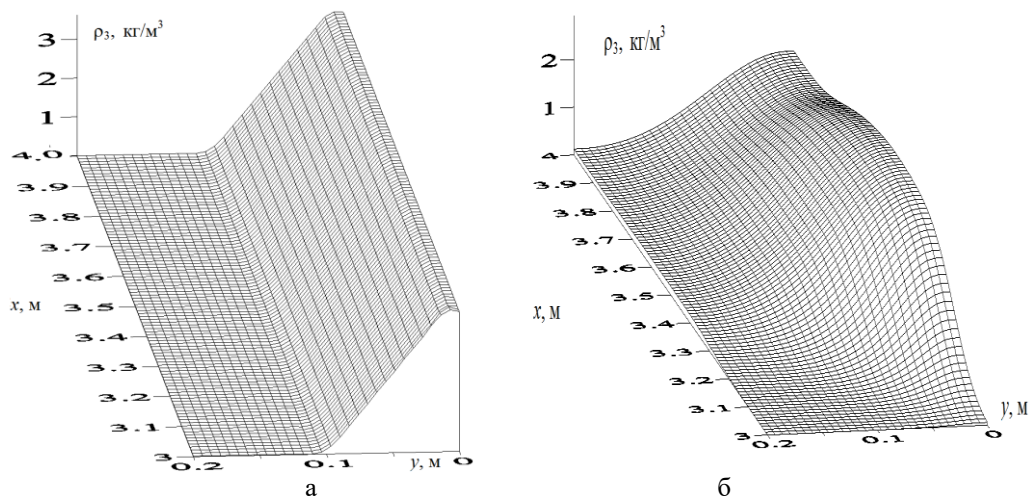


Рис. 2 – Пространственное распределение средней плотности фракции частиц с диаметром  $d=20$  мкм в моменты времени  $t=0$  – рис.2 (а)  $t=1.9$  мс – рис.2 (б).

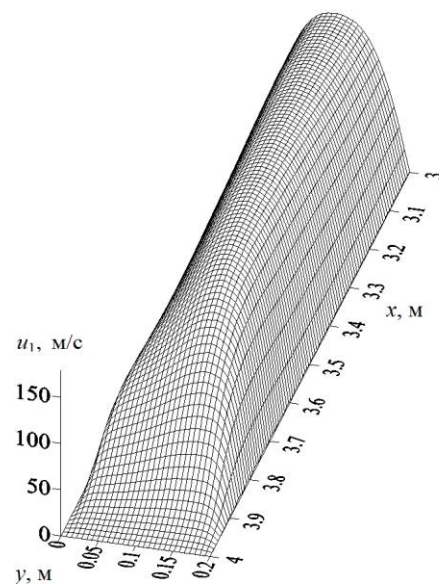


Рис. 3 – Пространственное распределение продольной составляющей скорости несущей среды, момент времени и  $t=1.9$  мс.

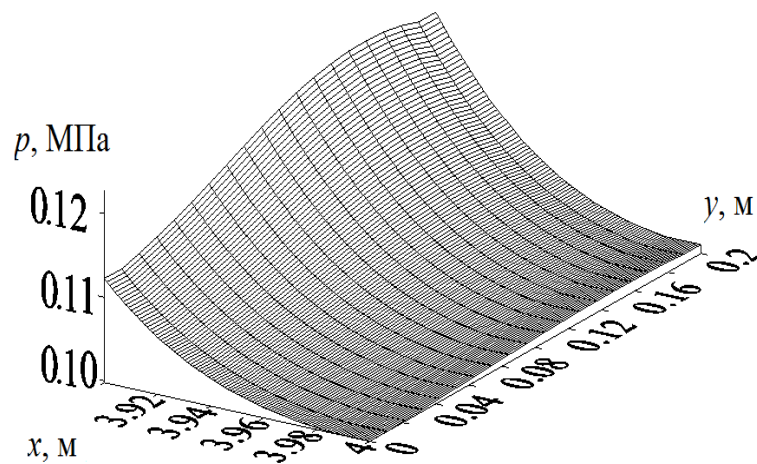
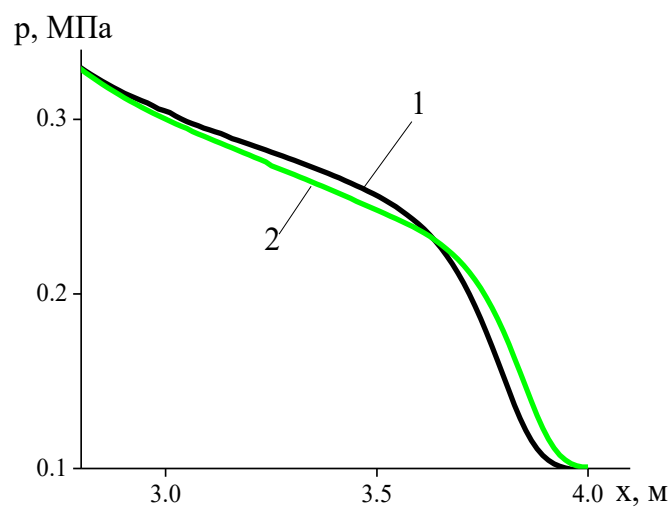
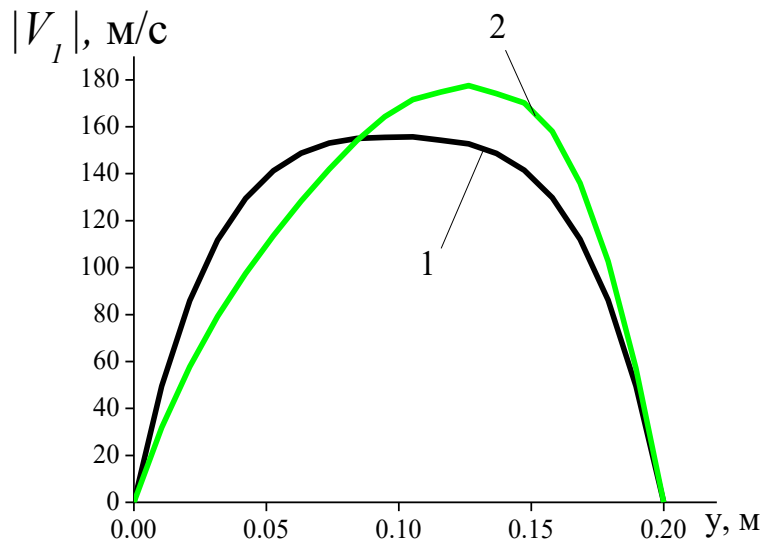


Рис. 4 – Пространственное распределение давления газа вблизи переднего края ударной волны, момент времени и  $t=1.9$  мс.



а



б

Рис. 5 – Распределение давления вдоль оси  $x$  ( $y=h/2$ ) –рис.4 (а) и распределение модуля скорости газа вдоль оси  $y$  ( $x=0.9 L$ ) –рис.4 (б) в момент времени  $t=1.9$  мс.

### Заключение

В работе исследовалось распространение ударной волны из чистого газа в двухфракционную газовзвесь состоящую из частиц с одинаковой плотностью и теплоёмкостью материала, но различными линейными размерами дисперсных включений. Моделировалось движение ударной волны по газовзвеси с равномерным распределением всех фракций дисперсной фазы и по газовзвеси с неравномерным распределением концентрации одной из фракций дисперсной фазы. Выявлено, что неравномерное распределение концентрации частиц вдоль поперечной координаты формирует неравномерное распределение скорости газа. Также численные расчеты показали, что при равномерном распределении концентрации фракций газовзвеси скорость движения ударной волны по газовзвеси меньше.

### Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-01-00442, а также за счет гранта президента РФ № МК-297.2020.1.

### Funding

The work was carried out with the financial support of RFFR Grant No. 19-01-00442, as well as at the expense of the Grant of the president of the Russian Federation No. MK-297.2020.1.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Conflict of Interest

None declared.

### Список литературы / References

1. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред / Р.И. Нигматулин – Москва: Наука, 1978 –336 с.
2. Кутушев А.Г. Математическое моделирование волновых процессов в аэродисперсных и порошкообразных средах/ А.Г. Кутушев – Санкт-Петербург: Недра, 2003– 284 с.
3. Стернин Л.Е. Двухфазные моно – и полидисперсные течения газа с частицами / Л. Е. Стернин – Москва: Машиностроение, 1980 – 176 с.
4. Федоров А.В. Волновые процессы в газовзвешах частиц металлов / А.В. Федоров, В.М. Фомин, Т.А. Хмель, Новосибирск, 2015 –301 с.
5. Вараксин А.Ю. Кластеризация частиц в турбулентных и вихревых двухфазных потоках/ А. Ю. Вараксин //Теплофизика высоких температур. 2014, Т. 52, № 5– С. 777-796.
6. Глазунов А.А. Численное исследование течения ультрадисперсных частиц оксида алюминия в сопле ракетного двигателя твердого топлива / А. А. Глазунов, Н.Н. Дьяченко, Л.И. Дьяченко // Теплофизика и аэромеханика. 2013, №1– С. 81-88.
7. Арефьев К.Ю. Расчетное исследование особенностей дробления и испарения капель в газодинамических течениях с циклическими ударными волнами/ К.Ю. Арефьев, А.В. Воронежский, С.А. Сучков// Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2015, № 10– С. 17-30.
8. Hishida M. Fundamentals of rotating detonations / M. Hishida, T. Fujiwara, P. Wolanski // Shock Waves. 2009, Volume 19, Issue 1– P. 1–10.

9. Губайдуллин Д.А. Численное исследование эволюции ударной волны в газозвеси с учетом неравномерного распределения частиц/ Губайдуллин, Д.А. Тукмаков // Математическое моделирование. 2014, Т.26, №10– С.109- 119.
10. Нигматулин Р.И. Ударно-волновой разлет газозвесей / Р.И. Нигматулин, Д.А. Губайдуллин, Д.А. Тукмаков // Доклады академии наук. 2016, том 466, № 4 – С. 418-421.
11. Tukmakov D.A. Numerical study of polydisperse aerosol dynamics with the drops destruction / D.A. Tukmakov // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2019, Vol. 40, No. 6 – P. 824-827.
12. Тукмаков Д.А. Численное исследование скоростного скольжения фаз при прохождении ударной волны малой интенсивности из чистого газа в запылённую среду/ Д.А. Тукмаков // Многофазные системы. 2019, том 14, №2– С. 125-131.
13. Тукмаков Д.А. Численное исследование влияния электрического заряда дисперсной фазы на параметры отражения ударной волны при распространении ударных волн из запыленных сред в однородный газ/ Д.А. Тукмаков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. 2019, №4 – С. 121-131.
14. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа/ Л.Г. Лойцянский –Москва: Издательство «Дрофа», 2003 – 784 с.
15. Fletcher C.A. Computation Techniques for Fluid Dynamics / C.A. Fletcher – Springer-Verlang: Berlin, 1988– 502 p.
16. Ковеня В.М. Применение метода расщепления в задачах аэродинамики. / В. М. Ковеня, Г.А. Тарнавский , С.Г. Черный – Новосибирск: Наука, 1990 – 247 с.
17. Музафаров И.Ф. Применение компактных разностных схем к исследованию нестационарных течений сжимаемого газа / И.Ф. Музафаров, С.В. Утюжников // Математическое моделирование. 1993, т.5, №3– С.74-83.
18. Тукмаков А.Л. Численное моделирование дрейфа твердых частиц при резонансных колебаниях газа в открытом канале // Акустический журнал. 2009, №2 – С. 247-255.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Nigmatulin R.I. Osnovy mekhaniki geterogennyh sred [Fundamentals of the mechanics of heterogeneous media] / R.I. Nigmatulin – Moscow: Science, 1978 – 336 p. [in Russian].
2. Kutushev A.G. Matematicheskoe modelirovanie volnovykh processov v aerodispersnykh i poroshkoobraznykh sredakh [Mathematical modeling of wave processes in aerodispersed and powdery media] / A.G. Kutushev – St. Petersburg: Nedra, 2003– 284 p. [in Russian].
3. Sternin L.E. Dvufaznye mono – i polidispersnye techeniya gaza s chasticami [Two-phase mono - and polydisperse gas flows with particles] / L. Ye. Sternin – Moscow: Mechanical Engineering, 1980 – 176 p. [in Russian].
4. Fedorov A.V. Volnovye processy v gazovzvesyakh chastic metallov [Wave processes in gas-suspended particles of metals] / A.V. Fedorov, V.M. Fomin, T.A. Hops, Novosibirsk, 2015 – 301 p. [in Russian].
5. Varaksin A.Y. Clusterization of particles in turbulent and vortex two-phase flows / A.Y. Varaksin // High Temperature, 2014, No. 5 – P. 752-769.
6. Glazunov A.A. Numerical investigation of the flow of ultradisperse particles of the aluminum oxide in the solid-fuel rocket engine nozzle / A.A. Glazunov, N.N. Dyachenko, L. I. Dyachenko // Thermophysics and Aeromechanics. 2013, No 1– P. 79-86.
7. Arefyev K.Yu. Raschetnoe issledovanie osobennostej drobleniya i ispareniya kapel' v gazodinamicheskikh techeniyah s ciklicheskimy udarnymi volnami [Computational study of the features of crushing and evaporation of droplets in gas-dynamic flows with cyclic shock waves] / K.Yu. Arefyev, A.V. Voronetsky, S.A. Suchkov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Mashinostroenie. [News of higher educational institutions. Engineering]. 2015, No. 10– P. 17-30. [in Russian].
8. Hishida M. Fundamentals of rotating detonations / M. Hishida, T. Fujiwara, P. Wolanski // Shock Waves. 2009, Volume 19, Issue 1– P. 1–10.
9. Gubajdullin D.A. Numerical investigation of the evolution of a shock wave in a gas suspension with consideration for the nonuniform distribution of the particles / D.A. Gubajdullin, D.A. Tukmakov // Mathematical Models and Computer Simulations. 2015, No 3 – P. 246-253.
10. Nigmatulin R.I. Shock Wave Dispersion of Gas – Particle Mixtures / R.I. Nigmatulin, D.A. Gubaidullin, D.A. Tukmakov // Doklady Physics. 2016, Vol. 61, No. 2– P. 70-73.
11. Tukmakov D.A. Numerical study of polydisperse aerosol dynamics with the drops destruction / D.A. Tukmakov // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2019, Vol. 40, No. 6 – P. 824-827.
12. Tukmakov D.A. CHislennoe issledovanie skorostnogo skol'zheniya faz pri prohozhdenii udarnoy volny maloj intensivnosti iz chistogo gaza v zapylyonnuyu sredu [A numerical study of the velocity slip of phases during the passage of a shock wave of low intensity from a pure gas into a dusty medium] / D.A. Tukmakov // Mnogofaznye sistemy [Multiphase systems]. 2019, Volume 14, No. 2– P. 125-131. [in Russian].
13. Tukmakov D.A. CHislennoe issledovanie vliyaniya elektricheskogo zaryada dispersnoj fazy na parametry otrazheniya udarnoy volny pri rasprostranenii udarnykh voln iz zapylyennykh sred v odnorodnyy gaz [Numerical study of the effect of the electric charge of a dispersed phase on the reflection parameters of a shock wave during the propagation of shock waves from dusty media into a homogeneous gas] / D.A. Tukmakov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Povolzhskij region. Fiziko-matematicheskie nauki. [News of higher educational institutions. Volga region. Physics and mathematics.] 2019, No. 4 – P. 121-131. [in Russian].
14. Loitsyansky L.G. Mekhanika zhidkosti i gaza [Mechanics of fluid and gas] / L.G. Loitsyansky – Moscow: Publishing House "Drofa", 2003 – 784 p. [in Russian].
15. Fletcher C.A. Computation Techniques for Fluid Dynamics / S.A. Fletcher – Springer-Verlang: Berlin, 1988– 502 p.
16. Covenia V.M. Primenenie metoda rasschepleniya v zadachah aerodinamiki [Application of the splitting method in aerodynamics problems] / V.M. Covenia, G.A. Tarnavsky, S.G. Cherny – Novosibirsk: Nauka, 1990 – 247 p. [in Russian].

17. Muzafarov I.F. *Primenenie kompaktnyh raznostnyh skhem k issledovaniyu nestacionarnyh techenij szhimaemogo gaza* [Application of compact difference schemes to the study of unsteady flows of a compressible gas] / I.F. Muzafarov, C.V. Utyuzhnikov // *Matematicheskoe modelirovanie*. [Mathematical modeling]. 1993, v.5, No. 3– P. 74-83. [in Russian].

18. Tukmakov A.L. Computer simulation of the drift of solid particles caused by resonance gas oscillations in the open channel /A.L. Tukmakov // *Acoustical Physics*. 2009, No 2 – P. 253-260.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.002>**ФОРМИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ ПРИМЕРЕ ДВУХ ЦЕННЫХ БУМАГ**

Научная статья

**Шаждекеева Н.К.<sup>1</sup>, Чанпалова А.О.<sup>2,\*</sup>**<sup>1,2</sup> АТГУ им. Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан

\* Корреспондирующий автор (cominguproses[at]mail.ru)

**Аннотация**

В статье уделено внимание рассмотрению эконометрических моделей котировок акций крупных отечественных компаний, базирующихся на моделировании портфеля ценных бумаг и прогнозирования его поведения с помощью математического моделирования с использованием элементов теории вероятности и математической статистики. На основе полученных результатов, компании и предприниматели могут выстроить стратегию по вложению и покупке акций, зная вероятный доход от портфеля определенных видов ценных бумаг.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, ценные бумаги, формирование портфеля акций.

**INVESTMENT PORTFOLIO FORMATION AND ANALYSIS ON EXAMPLE OF TWO SECURITIES**

Research article

**Shazhdekeeva N.K.<sup>1</sup>, Chanpalova A.O.<sup>2,\*</sup>**<sup>1,2</sup> Atyrau State University, named after Kh. Dosmukhamedov, Atyrau, Kazakhstan

\* Corresponding author (cominguproses[at]mail.ru)

**Abstract**

The paper considers the econometric models of stock prices of large domestic companies based on modeling a portfolio of securities and predicting its behavior using mathematical modeling with the elements of probability theory and mathematical statistics. Based on the obtained results, companies and entrepreneurs can build a strategy for investing and buying shares, knowing the likely income from a portfolio of certain types of securities.

**Key words:** mathematical modeling, securities, stock portfolio formation.

**Введение**

Неотъемлемой частью финансовой системы любого государства является фондовый рынок, или рынок ценных бумаг. Здесь формируются необходимые для экономического роста страны финансовые источники. Национальный рынок ценных бумаг РК развивается в соответствии с законом РК от 2 июля 2003 года № 461-П «О рынке ценных бумаг».

В связи с быстроменяющимися условиями современного рынка появляется большой риск допустить ошибку, например, в момент заработка или траты денежных средств, из-за постоянных изменений цен на ценные бумаги. И перед экономистами и математиками стоит задача изучения динамики рынка, анализа и прогнозирования дальнейших изменений цен на инструменты, обращающиеся на финансовом рынке. Еще одной причиной, которая заставляет обратить внимание на преждевременную оценку прогноза изменений цен, является возможность составления плана работы компании, позволяющего наиболее выгодно вложить денежные средства.

Наиболее выгодное вложение денежных средств представляется возможным при формировании инвестиционного портфеля. Каждый инвестор может формировать один или несколько портфелей, хранить их в различных депозитариях, торговаться на различных фондовых биржах. Постоянно меняющиеся курсы ценных бумаг влекут за собой изменение доходности портфеля и следственно общий доход инвестора. Для управления риском инвестиционного портфеля и сбережения вложенных средств возникает необходимость в анализе динамики курсов ценных бумаг, где используется приемы так называемого технического анализа.

Портфели могут различаться по структуре, доходности и риску. Инвестор в любой момент может изменить структуру портфеля, чтобы привести соотношение «доходность – риск» к выгодной ему величине.

Любой финансовый портфель характеризуется параметрами – ожидаемой эффективностью и риском, в качестве меры которого можно рассмотреть дисперсию (или стандартное отклонение). В формировании инвестиционного пакета финансовых активов важно соблюдать минимальный риск по сравнению с другими портфелями, составленными из этих же активов, чего позволяет достичь теория оптимального портфеля.

Инвестиционный портфель формируется из  $n$ -видов ценных бумаг (акций)

$$\sum_{j=1}^n X_j = 1 \quad (1)$$

где  $x_j$  – доля ценных бумаг  $j$  вида в денежном исчислении.

Через  $a_j$  всех типов акций выражается ожидаемая доходность или эффективность портфеля



$$a_p = \sum_{j=1}^n X_j a_j \quad (2)$$

Тогда дисперсию доходности можно вычислить по формуле

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_i X_j \sigma_{i,j} \quad (3)$$

Здесь  $\sigma_{ij}$  является ковариацией случайных доходностей  $a_i$  и  $a_j$  акций  $i$  и  $j$  соответственно.

Мерой риска портфеля является величина  $\sigma_p$ .

В случае, когда эффективности разных акций не коррелированы, ( $\sigma_{ij} = 0$  при  $i \neq j$ ), то

$$\sigma_p^2 = \sum_{j=1}^n X_j^2 \sigma_j^2 \quad (4)$$

Если деньги вложены в ценные бумаги в равном соотношении, то мы получаем частный случай

$$a_p = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_j \quad (5)$$

$$\sigma_p = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma_j^2} \quad (6)$$

Допустим, что величина дисперсии некоторых ценных бумаг максимальная  $\sigma_{\max}^2$ , тогда

$$\sigma_p = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma_j^2} \leq \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma_{\max}^2} = \frac{1}{n} \sqrt{n \sigma_{\max}^2} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma_{\max},$$

то есть

$$\sigma_p \leq \frac{\sigma_{\max}}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

Можно сделать вывод, что с увеличением количества видов акций оценка риска портфеля  $\sigma_p$  уменьшается, то есть происходит диверсификация инвестиционного портфеля.

Рассмотрим простейший пример, когда портфель состоит из двух типов ценных бумаг. В этом случае доля акций первого типа равна  $x$ , а доля акций второго типа равна  $(1-x)$ . Обозначим их математические ожидания доходности, дисперсии и ковариации через  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $\sigma_1^2$ ,  $\sigma_2^2$ ,  $\sigma_{1,2}$ .

Учитывая введенные новые обозначения, мы имеем:

$$\begin{aligned} a_p &= x a_1 + (1-x) a_2, \\ \sigma_p^2 &= x^2 \sigma_1^2 + (1-x)^2 \sigma_2^2 + 2x(1-x) \sigma_{1,2}. \end{aligned} \quad (8)$$

Теперь найдем точку значения производной функции  $a_p(\sigma_p)$ , стремящейся к бесконечности. Так как функция задана параметрически ( $a_p(x)$  и  $\sigma_p(x)$ ), то

$$\frac{da_p}{d\sigma_p} = \frac{\frac{da_p}{dx}}{\frac{d\sigma_p}{dx}} = 2 \frac{(a_1 - a_2) \sigma_p}{2x \sigma_1^2 + 2(1-x)^2 \sigma_2^2 + 2(1-x-x) \sigma_{1,2}} \quad (9)$$

Нужную нам точку вычисляем из следующего уравнения

$$x_0 \sigma_1^2 + (1 - x_0)^2 \sigma_2^2 + (1 - 2x_0) \sigma_{1,2} = 0 \quad (10)$$

Если решать уравнение относительно  $x_0$ , получим

$$x_0 = \frac{\sigma_2^2 - \sigma_{1,2}}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_{1,2}} \quad (11)$$

Для примера проведем анализ ЦБ отечественного рынка. В одном из расчетов для формирования портфеля из отечественных ЦБ с показателями за период январь-май 2019 года. Сейчас мы повторим формирование портфелей из этих же ЦБ, но с учетом показателей за период январь-май 2020 года и проведем сравнительный анализ изменившихся данных, а также сделаем вывод о поведении портфеля ЦБ в новых условиях. Для исследования были выбраны 4 типа акций казахстанского рынка: Народный Банк (1), КазТрансОйл (2), Казахтелеком (3) и КЕГОС (4). Для удобства ценные бумаги были пронумерованы от 1 до 6. Далее мы проведем статистическую характеристику этих типов ЦБ и сформируем инвестиционные портфели из 2 типов акций, а также рассмотрим их на совместимость и наилучший результат прибыли.

В таблице 1 представлены данные о ценах с января по май. Данные предоставлены официальным информационным сайтом [19].

Таблица 1 – Цена акций за период январь – май

Цена за период Акция	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>
Акция 1	103	102,3	99,8	107,11	101,18
Акция 2	1580	1489,1	1412	1567,3	1533,3
Акция 3	28000	28640	27730	25561	22330
Акция 4	1385	1414,4	1398	1400	1390

Таблица 2 – Дивиденды акций за период январь – май

Цена за период Акция	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>
Акция 1	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Акция 2	9,07	9,07	9,07	9,07	9,07
Акция 5	302,26	302,26	302,26	302,26	302,26
Акция 6	7,89	7,89	7,89	7,89	7,89

Используя формулы, представленные в главе 2.1, вычислим статистические характеристики акций.

Проведем расчеты доходности акций по формуле (2.1.1):

$$a_{j,t} = \frac{P_{j,t+1} - P_{j,t} + d_{j,t}}{P_{j,t}}$$

Доходность акций Народного банка за период январь – май:

$$a_{1,1} = \frac{P_{1,2} - P_{1,1} + d_{1,1}}{P_{1,1}} = \frac{103 - 102,3 + 0,22}{103} = -0,00466$$

$$a_{1,2} = \frac{P_{1,3} - P_{1,2} + d_{1,2}}{P_{1,2}} = \frac{102,3 - 99,8 + 0,22}{102,3} = -0,02229$$

$$a_{1,3} = \frac{P_{1,4} - P_{1,3} + d_{1,3}}{P_{1,3}} = \frac{99,8 - 107,11 + 0,22}{99,8} = 0,07545$$

$$a_{1,4} = \frac{P_{1,5} - P_{1,4} + d_{1,4}}{P_{1,4}} = \frac{101,18 - 107,11 + 0,22}{101,18} = -0,05331$$

Аналогичные вычисления проведем для других видов акций.

Вычислив доходность ЦБ, мы можем вычислить их математическое ожидание и дисперсию. Для расчета математического ожидания акций используем формулу (2.1.2):

$$\bar{a}_j = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T a_{j,t}$$

$$\bar{a}_1 = \frac{1}{T} (a_{1,1} + a_{1,2} + a_{1,3} + a_{1,4}) = \frac{1}{5} ((-0,00466) + (-0,02229) + 0,07545 + (-0,05331)) = -0,00096$$

Аналогично проведены вычисления для остальных ценных бумаг.

Для расчета дисперсии акций используем формулу (2.1.5):

$$\sigma_j = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (a_{j,t} - \bar{a}_j)^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{1}{T-1} [(a_{1,1} - \bar{a}_1)^2 + (a_{1,2} - \bar{a}_1)^2 + (a_{1,3} - \bar{a}_1)^2 + (a_{1,4} - \bar{a}_1)^2] \\ &= \frac{1}{4} [(0,04043 + 0,00096)^2 + (-0,02229 + 0,00096)^2 + (0,07545 + 0,00096)^2 + (-0,05331 + 0,00096)^2] = 0,00226 \end{aligned}$$

Аналогично проведены вычисления для остальных ценных бумаг.

Упорядочим рассчитанные показатели в табличный вид для прагматичного использования при дальнейших вычислениях.

Таблица 3 – Доходность

Акция \ Доходность, $a_{j,t}$	$a_{j,1}$	$a_{j,2}$	$a_{j,3}$	$a_{j,4}$
Акция 1	-0,00466	-0,02229	0,07545	-0,05331
Акция 2	-0,05179	-0,04569	0,11641	-0,01591
Акция 3	0,03365	-0,02122	-0,06732	-0,11458
Акция 4	0,02692	-0,00602	0,00707	-0,00151

Таблица 4 – Математическое ожидание

Номер акции	Математическое ожидание, $\bar{a}_j$
Акция 1	-0,00096
Акция 2	0,00060
Акция 3	-0,03389
Акция 4	0,00529

Таблица 5 – Дисперсия

Номер акции	Дисперсия, $\sigma_j$
Акция 1	0,00226
Акция 2	0,00464
Акция 3	0,00309
Акция 4	0,00016

Сформируем необходимые варианты портфелей: Народный банк(1) – Казахтелеком(3), КазТрансОйл(2) – KEGOG(4), Народный банк(1) – KEGOG(4), КазТрансОйл(2) – Казахтелеком(3).

Чтобы узнать о совместимости выбранных акций и выявить наиболее выгодное сочетание с большей прибылью, проведем диверсификацию портфелей, используя рассчитанные статистические характеристики.

Первоначально необходимо вычислить показатели ковариаций выбранных типов ЦБ. Для расчета используем формулу (2.1.3):

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (a_{i,t} - \bar{a}_i)(a_{j,t} - \bar{a}_j)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{1,3} &= \frac{1}{T-1} [(a_{1,1} - \bar{a}_1)(a_{3,1} - \bar{a}_3) + (a_{1,2} - \bar{a}_1)(a_{3,2} - \bar{a}_3) + (a_{1,3} - \bar{a}_1)(a_{3,3} - \bar{a}_3) + (a_{1,4} - \bar{a}_1)(a_{3,4} - \bar{a}_3)] \\ &= \frac{1}{5-1} [(-0,00466 + 0,00096)(0,03365 + 0,03389) + (-0,02229 + 0,00096)(-0,00602 + 0,03389) + (0,07545 + 0,00096)(0,00707 + 0,03389) + (-0,05331 + 0,00096)(-0,00151 + 0,03389)] \\ &= 0,00029 \end{aligned}$$

Аналогично проведены вычисления для остальных ценных бумаг.  
Упорядочим полученные данные в табличном виде.

Таблица 6 – Ковариация

Название портфеля	Ковариация, $\sigma_{ij}$
Портфель 1.3. Народный банк – Казахтелеком	0,00029
Портфель 2.4. КазТрансОйл – KEGOG	-0,00007
Портфель 1.4. Народный банк – KEGOG	0,00016
Портфель 2.3. КазТрансОйл – Казахтелеком	-0,00167

Используя данные таблицы 4, таблицы 5 и таблицы 6, рассчитаем статистические характеристики портфелей.

По формуле (2.5.10) рассчитаем доли ЦБ в портфеле 1.3. Будем считать  $x_{ij}$  – доля первой бумаги в портфеле, а  $(1 - x_{ij})$  – доля другой бумаги.

$$x_{1,3} = \frac{\sigma_3^2 - \sigma_{1,3}}{\sigma_1^2 + \sigma_3^2 - \sigma_{1,3}} = \frac{0,00309^2 - 0,00029}{0,00226^2 + 0,00309^2 - 0,00029} = 0,8819$$

$$(1 - x_{1,3}) = 1 - 0,8819 = 0,1181$$

По формулам (2.5.7) вычислим доходность и риск инвестиционного портфеля 1.3.

$$a_{p_{1,3}} = x_{1,3} \bar{a}_1 + (1 - x_{1,3}) \bar{a}_3 = 0,8819 \times (-0,00096) + (1 - 0,8819) \times (-0,03389) = -0,004849$$

$$\begin{aligned} \sigma_{p_{1,3}} &= x_{1,3}^2 \sigma_1^2 + (1 - x_{1,3})^2 \sigma_3^2 + 2x_{1,3}(1 - x_{1,3})\sigma_{1,3} \\ &= 0,8819^2 \times 0,00226^2 + (1 - 0,8819)^2 \times 0,00309^2 + 2 \times 0,8819 \times (1 - 0,8819) \times 0,00029 \\ &= 0,001111 \end{aligned}$$

Аналогично проведем расчеты для других портфелей.

Внесем рассчитанные показатели характеристик инвестиционных портфелей в соответствующую таблицу.

Таблица 7 – Статистические характеристики инвестиционных портфелей

№	Акции	Мат. ожидание	Дисперсия	Ковариация	Доли	Доходность портфеля	Риск портфеля
1	Народный банк	-0,00096	0,00226	0,00029	0,8819	-0,004849	0,001111
	Казахтелеком	-0,03389	0,00309		0,1181		
2	КазТрансОйл	0,00060	0,00464	-0,00007	0,7648	0,764846	0,000020
	KEGOG	0,00529	0,00016		0,2352		
3	Народный банк	-0,00096	0,00226	0,00016	0,9932	-0,000918	0,000113
	KEGOG	0,00529	0,00016		0,0068		
4	КазТрансОйл	0,00060	0,00464	-0,00167	0,9873	0,987344	0,000022
	Казахтелеком	-0,03389	0,00309		0,0127		

Чтобы определить успешную диверсификацию портфеля, необходимо сравнить показания значений риска портфеля с риском отдельных ЦБ. Если риск портфеля ниже показателей риска ЦБ, то диверсификация этого инвестиционного портфеля была успешной. Как видно из таблицы, диверсификация была успешной для следующих портфелей:

1. КазТрансОйл – KEGOG ( $\sigma_{p_{2,6}} < \sigma_{p2}, \sigma_{p_{2,6}} < \sigma_{p6}$ );
2. КазТрансОйл – Казахтелеком ( $\sigma_{p_{2,5}} < \sigma_{p2}, \sigma_{p_{2,5}} < \sigma_{p5}$ ).

На основании результатов расчетов можно сделать вывод, что у инвестора меньше всего риска потерять свои деньги при инвестировании в инвестиционные портфели, состоящие из этих типов ЦБ. Наиболее прибыльными

инвестициями среди успешно диверсифицированных портфелей будут инвестиции в портфели КазТрансОйл – KEGOG ( $\sigma_{p2.6}=0,000020$ ) и КазТрансОйл – Казахтелеком ( $\sigma_{p2.5}=0,000022$ ), поскольку эти портфели имеют самый низкий показатель риска.

Теперь выделим отдельно портфели КазТрансОйл – KEGOG и КазТрансОйл – Казахтелеком и сравним показатели 2020 года с показателями 2019 года.

Таблица 8 – Статистические характеристики инвестиционных портфелей

#№	Акции	Мат. ожидание	Дисперсия	Ковариация	Доли	Доходность портфеля	Риск портфеля
2019 год							
11	Народный банк	0,01475	0,00221	-0,00026	0,9819	0,981922	0,000005
	Казахтелеком	0,05571	0,00230		0,0181		
22	Народный банк	0,01475	0,00221	-0,00071	0,9932	0,993169	0,000005
	KEGOG	0,02177	0,00031		0,0068		
2020 год							
11	Народный банк	-0,00096	0,00226	0,00029	0,8819	-0,004849	0,001111
	Казахтелеком	-0,03389	0,00309		0,0181		
22	Народный банк	-0,00096	0,00226	0,00016	0,9932	-0,000918	0,000113
	KEGOG	0,00529	0,00016		0,0068		

Диверсификацию не прошли портфели КазТрансОйл – KEGOG и КазТрансОйл – Казахтелеком, показав отрицательные показатели доходности и высокий риск потери вложенных средств. По сравнению с данными на май 2019 года, показатели доходности упали, а показатели риска возросли. Можно сделать вывод, что только через постоянные сортировки и анализ обновляющихся данных возможна стабильная деятельность предприятия и/или предпринимателя без больших потерь своих средств. А для стабильного анализа нужно разработать определенную модель решения проблемы.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Conflict of Interest**

None declared.

**Список литературы / References**

1. Кузнецов А.В. Высшая математика. Математическое программирование / Кузнецов А.В., Сакович В.А., Холод Н.И.. Минск: «Высшая школа». 1994
2. Первозванский А.А. Финансовый рынок: расчет и риск / Первозванский А.А., Первозванская Т.Н.. М.:Инфа-М.1994
3. Котировки ценных бумаг Казахстанского рынка [Электронный ресурс]: URL: [http://investfunds.kz/markets/stocks/#result\\_table](http://investfunds.kz/markets/stocks/#result_table) (дата обращения: 05.03.2020)

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Kuznetsov A.V. Vysshaya matematika. Matematicheskoye programmirovaniye [Higher mathematics. Mathematical programming]./ Kuznetsov A.V., Sakovich V.A., Kholod N.I. Minsk: Higher School. 1994 [in Russian]
2. Pervozvansky A.A. Finansovyy rynek: raschet i risk [Financial market: calculation and risk] / Pervozvansky A.A., Pervozvanskaya T.N.. – М.: Infa-M. – 1994 [in Russian]
3. Kotirovki tsennykh bumag Kazakhstanskogo rynka [Securities quotes of the Kazakhstan market] [Electronic resource]: URL: [http://investfunds.kz/markets/stocks/#result\\_table](http://investfunds.kz/markets/stocks/#result_table) (accessed: 05.03.2020) [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.003>**ПРИБЛИЖЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ СОСТАВНЫМИ ДВУХТОЧЕЧНЫМИ МНОГОЧЛЕНАМИ ЭРМИТА**

Научная статья

**Шустов В.В. \***

ORCID: 0000-0002-2465-7475,

ФГУП Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем, Москва, Россия

\* Корреспондирующий автор (vshustov[at]gosniias.ru)

**Аннотация**

Рассмотрена задача приближения периодических функций составными двухточечными многочленами Эрмита. Получены конечные формулы представления этих многочленов, которые используют значения функции и ее производных в заданной точке. Указана связь двухточечных многочленов Эрмита и многочлена Тейлора применительно к представлению периодической функции. Приведена оценка приближения, выраженная через оценку производной соответствующего порядка. Указан достаточный признак сходимости последовательности составных двухточечных многочленов к периодической функции. Даны примеры разложения периодических функций с данными о погрешности и ее оценке.

**Ключевые слова:** периодические функции, двухточечный многочлен Эрмита, оценка погрешности приближения, сходимость последовательности двухточечных многочленов.

**APPROXIMATION OF PERIODIC FUNCTIONS BY COMPOSITE TWO-POINT HERMITE POLYNOMIALS**

Research article

**Shustov V.V. \***

ORCID: 0000-0002-2465-7475,

State Research Institute of Aviation Systems, Moscow, Russia

\* Corresponding author (vshustov[at]gosniias.ru)

**Abstract**

This paper deals with polynomial approximating a periodic functions by composite two-point Hermite polynomials. The final formulas of these polynomials, using the function values and its derivatives at a given point, are constructed. The relation of Taylor's polynomial and two-point polynomials with respect to representation of periodic function is specified. The estimation of proximity, expressed through the evaluation of the derivative of the corresponding order is given. A sufficient condition for the convergence of a sequence of two-point polynomials to a given periodic function is established. Examples are given in which periodic function is approximated by a sequence of two-point Hermite polynomials with data on an errors and its evaluation.

**Keywords:** periodic functions, two-point Hermite polynomial, approximation error estimate, convergence of two-point polynomials sequence.

**Введение**

Периодическими функциями называются функции, которые удовлетворяют условию  $f(x)=f(x+T)$ , где период  $T > 0$  [1, С. 9].

Для представления этих функции используются ряды Фурье. Теория этих рядов представлена в различных источниках, начиная от учебников курса математического анализа и теории функций [2], [3, С. 343], [4] и включая работы, в которых освещаются теоретические и практические аспекты использования этих рядов в курсе численных методов [5, С. 390], [6, С. 282], [7, С. 218].

В рядах Фурье применяются тригонометрические функции  $f(x) = \sin x$  и  $f(x) = \cos x$ . Для использования этих функций их необходимо вычислить, применяя многочлены Тейлора.

В настоящей работе предлагается использование составных многочленов для представления периодических функций.

Основные идеи и положения статьи анонсированы в докладе автора [14].

**1. Постановка и решение задачи**

Пусть периодическая функция  $f(x)$ , которая имеет период  $T$ , т.е.

$$f(x) = f(x+T), \quad (1)$$

задана на интервале  $(-\infty < x < \infty)$  и имеет производные на этом промежутке.

Пусть также в некоторой точке  $x_0$  интервала  $(-\infty, \infty)$  заданы значения функции  $f(x)$ , а также, ее производных до порядка  $m$  включительно:

$$f^{(j)}(x_0) = f_0^{(j)}, \quad j = 0, 1, \dots, m \quad (2)$$

Требуется построить составной многочлен  $H(x)$ , который определен на заданном интервале  $(-\infty < x < \infty)$ . Многочлен  $H(x)$  должен удовлетворять также условиям (1) и (2).

Пусть  $\xi$  - новая переменная, связанная с переменной  $x$  формулой:

$$\xi = \left\{ \frac{x - x_0}{T} \right\} \quad (3)$$

в которой функция  $\{z\}$  обозначает дробную часть своего аргумента, т.е.  $0 \leq \{z\} < 1$ . Диапазон изменения переменной  $\xi$ , таким образом, определен соотношением:

$$0 \leq \xi < 1 \quad (4)$$

Преобразование (3) отображает неограниченный интервал задания функции на промежуток  $[0, 1)$ .

Так как заданная функция периодическая и для нее по условию (2) существуют производные до порядка  $m$  включительно, то эти производные должны быть периодическими функциями.

Запишем условия периодичности производных в виде соотношений:

$$f^{(j)}(x_0 + T) = f_0^{(j)}, \quad j = 0, 1, \dots, m \quad (5)$$

Задача аппроксимации периодической функции на бесконечном интервале преобразована в задачу приближения этой функции на отрезке  $[0, 1]$  с условиями (2) и (5) на ее производные.

В качестве аппроксимирующей функции будем использовать двухточечный многочлен Эрмита, рассмотренный в [10] и [11].

Такой приближающий многочлен  $H_m(\xi(x))$ , удовлетворяющий условиям (2) и (5), с использованием переменной  $\xi$ , определенной формулой (3), можно представить в виде [10, С. 1097]:

$$H_m(\xi) = (1 - \xi)^{m+1} \sum_{j=0}^m \frac{f_0^{(j)} T^j}{j!} \xi^j \sum_{k=0}^{m-j} a_m^k \xi^k + \xi^{m+1} \sum_{j=0}^m \frac{f_0^{(j)} T^j}{j!} (\xi - 1)^j \sum_{k=0}^{m-j} a_m^k (1 - \xi)^k \quad (6)$$

где коэффициент  $a_m^k$  выражается через биномиальный коэффициент  $c_m^k$  (см. например, [12, С. 163]) как  $a_m^k = c_{m+k}^k$ .

Группируя слагаемые, входящие в правую часть формулы (6), получим компактную формулу для составного двухточечного многочлена  $H_m(\xi)$ , построенного для периодической функции:

$$H_m(\xi) = \sum_{j=0}^m \frac{f_0^{(j)} (T\xi)^j}{j!} \varphi_m^j(\xi) \quad (7)$$

где функции влияния  $\varphi_m^j(\xi)$  определены соотношением:

$$\varphi_m^j(\xi) = (1 - \xi)^{m+1} \sum_{k=0}^{m-j} a_m^k \xi^k + \xi^{m+1-j} (\xi - 1)^j \sum_{k=0}^{m-j} a_m^k (1 - \xi)^k \quad (8)$$

Из представления (7) наглядно видно, что двухточечный многочлен для периодической функции представляется в виде модифицированного многочлена Тейлора, построенного в заданной точке. Модификация состоит в том, что каждый член многочлена Тейлора умножается на соответствующую функцию влияния  $\varphi_m^j(\xi)$ .

Многочлен  $H_m(\xi)$  с использованием (7) и (8) может быть также записан в виде:

$$H_m(\xi) = \sum_{j=0}^m \frac{f_0^{(j)} T^j}{j!} \psi_m^j(\xi) \quad (9)$$

где координатные функции  $\psi_m^j(\xi)$ , являясь единственными сомножителями в (9), которые зависят от переменной  $\xi$ , представляются в виде:

$$\psi_m^j(\xi) = (1 - \xi)^{m+1} \xi^j \sum_{k=0}^{m-j} a_m^k \xi^k + \xi^{m+1-j} (\xi - 1)^j \sum_{k=0}^{m-j} a_m^k (1 - \xi)^k \quad (10)$$

Связь функций влияния  $\varphi_m^j(\xi)$  и координатных функций  $\psi_m^j(\xi)$  в соответствии с (8) и (10) осуществляется согласно соотношению:

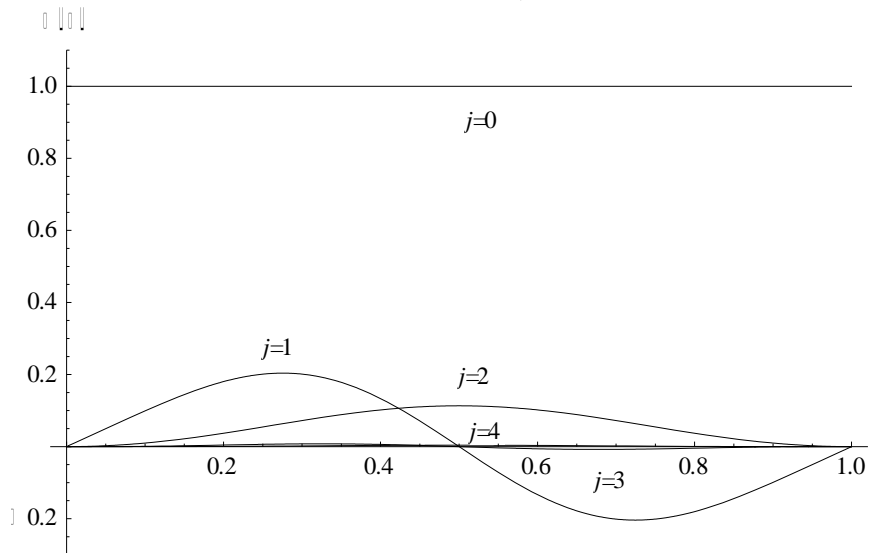
$$\psi_m^j(\xi) = \xi^j \varphi_m^j(\xi) \quad (11)$$

В таблице 1 представлены соотношения для многочлена  $H_m(\xi)$  при некоторых значениях  $m$ , полученные из формулы (9).

Таблица 1 – Формулы для  $H_m(\xi)$ 

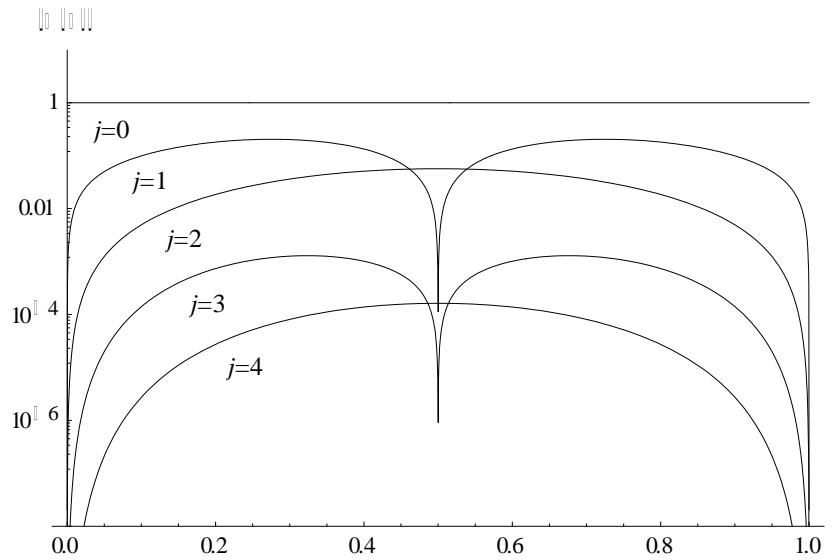
$H_0 = f_0$
$H_1 = f_0 + f_0'(\xi - 3\xi^2 + 2\xi^3)T$
$H_2 = f_0 + f_0'(\xi - 10\xi^3 + 15\xi^4 - 6\xi^5)T + \frac{f_0''}{2!}(\xi^2 - 2\xi^3 + \xi^4)T^2$
$H_3 = f_0 + f_0'(\xi - 35\xi^4 + 84\xi^5 - 70\xi^6 + 20\xi^7)T + \frac{f_0''}{2!}(\xi^2 - 5\xi^4 + 6\xi^5 - 2\xi^6)T^2 +$ $+ \frac{f_0'''}{3!}(\xi^3 - 5\xi^4 + 9\xi^5 - 7\xi^6 + 2\xi^7)T^3$
$H_4 = f_0 + f_0'(\xi - 126\xi^5 + 420\xi^6 - 540\xi^7 + 315\xi^8 - 70\xi^9)T + \frac{f_0''}{2!}(\xi^2 - 14\xi^5 + 28\xi^6 - 20\xi^7 + 5\xi^8)T^2 +$ $+ \frac{f_0'''}{3!}(\xi^3 - 21\xi^5 + 63\xi^6 - 78\xi^7 + 45\xi^8 - 10\xi^9)T^3 + \frac{f_0^{(4)}}{4!}(\xi^4 - 4\xi^5 + 6\xi^6 - 4\xi^7 + \xi^8)T^4$

На рис. 1 для примера представлены зависимости функций  $\psi_m^j(\xi)$ .

Рис. 1 – Зависимость  $\psi_m^j(\xi)$  при  $j=0-4$  и для  $m=4$ 

На рис. 2 представлены эти же зависимости, выполненные с использованием логарифмической шкалы по оси ординат, и, соответственно, на рисунке показаны графики модуля этих функций, т.е.  $|\psi_m^j(\xi)|$ .



Рис. 2 – Зависимость  $|\psi_m^j(\xi)|$ 

Из рисунка видно, что функции  $\psi_m^j(\xi)$  при четных значениях  $j$  принимают положительные значения и имеют максимум в середине отрезка, который монотонно убывает с увеличением  $j$ . Функции  $\psi_m^j(\xi)$  при нечетных значениях  $j$  до середины отрезка принимают положительные значения, обращаются в нуль в середине отрезка и имеют отрицательные значения во второй половине отрезка, при этом максимум модуля функции также монотонно убывает с увеличением  $j$ .

## 2. Остаточный член и его оценка

Для определения погрешности представления периодической функции составным двухточечным многочленом необходимо определить остаточный член приближения и сделать его оценку. Вследствие выбора способа аппроксимации в виде составных многочленов, выраженного преобразованием (3), исследование остаточного члена приближения периодической функции на всей области может быть ограничено рассмотрением этого члена только на отрезке  $[x_0, x_0+T]$ .

Остаточный член  $r(x)$ , определенный как разность между заданной периодической функцией и многочленом  $H(x)$

$$r(x) = f(x) - H(x) \quad (12)$$

согласно [10, С. 173], можно записать в виде:

$$r(x) = \frac{f^{(2m+2)}(\eta)}{(2m+2)!} (x - x_0)^{m+1} (x - x_0 - T)^{m+1} \quad (13)$$

где  $\eta \in (x_0, x_0 + T)$ , т.е.  $\eta$  – некоторая внутренняя точка отрезка  $[x_0, x_0+T]$ .

С использованием переменной  $\xi$ , определенной (3), остаточный член двухточечного представления согласно формуле (13), может быть записан в виде:

$$r(x(\xi)) = \frac{f^{(2m+2)}(\eta)}{(2m+2)!} \xi^{m+1} (\xi - 1)^{m+1} T^{2m+2} \quad (14)$$

Для погрешности  $\delta(x)$  представления многочлена  $H(x)$ , которая по определению равна модулю остаточного члена, т.е.

$$\delta(x) = |r(x)|, \quad (15)$$

в соответствии с (14) при  $0 \leq \xi \leq 1$  можно записать:

$$\delta(x(\xi)) = \frac{|f^{(2m+2)}(\eta)|}{(2m+2)!} \xi^{m+1} (1 - \xi)^{m+1} T^{2m+2}.$$

Пусть производная функции порядка  $2m+2$  на интервале  $(-\infty, \infty)$  ограничена некоторой константой  $M_{2m+2} > 0$ , т.е. считаем, что

$$|f^{(2m+2)}(x)| \leq M_{2m+2}, \quad x \in (-\infty, \infty) \quad (16)$$

Тогда погрешность аппроксимации функции на отрезке может быть записана как

$$\delta(\xi) \leq \Delta(\xi) \quad (17)$$

где  $\Delta(\xi)$  обозначена оценка локальной погрешности

$$\Delta(\xi) = \frac{M_{2m+2}}{(2m+2)!} \xi^{m+1} (1-\xi)^{m+1} T^{2m+2} \quad (18)$$

Из того, что  $\max_{0 \leq \xi \leq 1} \xi^{m+1} (1-\xi)^{m+1} = \frac{1}{4^{m+1}}$  (например, [10, с. 1098]), и из формулы (18) следует, что погрешность приближения функции  $\delta(x)$  удовлетворяет соотношению  $\delta(\xi) \leq \Delta$ , где оценка погрешности  $\Delta$  выражается соотношением

$$\Delta = \frac{M_{2m+2}}{4^{m+1} (2m+2)!} T^{2m+2} \quad (19)$$

Таким образом, верна следующая теорема.

**Теорема 1.** Пусть периодическая функция  $f(x)$  с периодом  $T$  определена на интервале  $(-\infty < x < \infty)$  и имеет достаточный набор производных на этом интервале. Пусть также в некоторой точке  $x_0$  интервала  $(-\infty, \infty)$  заданы значения функции  $f(x)$  и ее производных до порядка  $m$  включительно:

$$f^{(j)}(x_0) = f_0^{(j)}, \quad j = 0, 1, \dots, m.$$

Тогда функция  $f(x)$  может быть представлена в виде

$$f(x) = H_m(x) + r_m(x), \quad \text{где}$$

$$H_m(\xi(x)) = \sum_{j=0}^m \frac{f_0^{(j)} T^j}{j!} \psi_m^j(\xi),$$

$$\psi_m^j(\xi) = (1-\xi)^{m+1} \xi^j \sum_{k=0}^{m-j} c_{m+k}^k \xi^k + \xi^{m+1} (\xi-1)^j \sum_{k=0}^{m-j} c_{m+k}^k (1-\xi)^k,$$

$$r_m(\xi(x)) = \frac{f^{(2m+2)}(\eta)}{(2m+2)!} \xi^{m+1} (\xi-1)^{m+1} T^{2m+2},$$

$$\xi = \left\{ \frac{x - x_0}{T} \right\} \text{ и } \eta \in (x_0, x_0 + T).$$

**Следствие.** Пусть производная функции порядка  $2m+2$  на интервале  $(-\infty, \infty)$  ограничена некоторой константой  $M_{2m+2} > 0$ , т.е. выполняется условие

$$|f^{(2m+2)}(x)| \leq M_{2m+2}, \quad x \in (-\infty, \infty).$$

Тогда для погрешности  $\delta(x)$  аппроксимации функции имеет место

$$\delta(\xi(x)) \leq \Delta,$$

где оценка погрешности  $\Delta$  выражается соотношением

$$\Delta = \frac{M_{2m+2}}{4^{m+1}(2m+2)!} T^{2m+2}.$$

Действительно, эта формула для оценки погрешности  $\Delta$  следует из (18) и из того, что

$$\max_{0 \leq \xi \leq 1} \xi^{m+1}(1-\xi)^{m+1} = \frac{1}{4^{m+1}}.$$

Доказательство этой формулы приведено, например, в [10, С. 1098].

### 3. Сходимость приближений функции

Если функция имеет неограниченное число производных, то для нее может быть построена последовательность приближающих ее многочленов.

Исследуем условия, при которых последовательность составных двухточечных многочленов  $H_m(x)$  сходится к функции  $f(x)$  при  $m \rightarrow \infty$ .

Из формулы (12) следует, что функцию  $f(x)$  можно записать как:

$$f(x) = H_m(x) + r_m(x). \quad (20)$$

Из представления (20) видно, чтобы последовательность двухточечных многочленов  $H_m(x)$  сходилась к функции  $f(x)$ , необходимо и достаточно, чтобы для всех  $x$  имело место (см. [13, С. 549])

$$\lim_{m \rightarrow \infty} r_m(x) = 0.$$

При условии, когда рост производных ограничен некоторой показательной функцией их порядка, имеет место достаточный признак сходимости.

**Теорема 2.** Пусть периодическая функция  $f(x)$  и все ее производные ограничены в совокупности на интервале  $(-\infty < x < \infty)$  показательной функцией их порядка  $j$ , т.е. существуют такие постоянные  $M > 0$  и  $q > 0$ , такие, что для всех  $x \in (-\infty, \infty)$  и всех  $j = 0, 1, \dots$  имеет место

$$|f^{(j)}(x)| \leq Mq^j \quad (21)$$

Тогда на этом интервале функция  $f(x)$  представляется сходящейся последовательностью соответствующих ей составных двухточечных многочленов  $H_m(\xi(x))$ , т.е.

$$f(x) = \lim_{m \rightarrow \infty} H_m(\xi(x)) \quad (22)$$

или в соответствии с (9)

$$f(x) = \lim_{m \rightarrow \infty} \sum_{j=0}^m \frac{f_0^{(j)} T^j}{j!} \psi_m^j(\xi(x)),$$

где функции  $\psi_m^j(\xi)$  и  $\xi(x)$  определены формулами (11) и (3), соответственно.

**Доказательство.** Заметим сначала, что для любого числа  $a$  (см., например, [13, С.551])

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{a^m}{m!} = 0 \quad (23)$$

Для модуля остаточного члена  $|r_m(x)|$  с использованием (16), (17) и с учетом (19) можно записать:

$$|r_m(x)| \leq \frac{M}{4^{m+1}(2m+2)!} (qT)^{2m+2} \quad (24)$$

В силу (23) следует то, что

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{(qT)^{2m+2}}{(2m+2)!} = 0 \quad (25)$$

Кроме того, очевидно, имеет место

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{M}{4^{m+1}} = 0 \quad (26)$$

Из оценки (24) в силу (25) и (26) следует, что

$$\lim_{m \rightarrow \infty} r_m(x) = 0,$$

что и означает в соответствии с (20), что имеет место доказываемое утверждение (22) теоремы.

#### 4. Результаты численных экспериментов

**Пример 1.** Как известно, функция  $f(x) = \sin x$  является периодической функцией, которая имеет период  $T=2\pi$ . Производные этой функции вычисляются по формуле: (см. например [13, С. 149]):

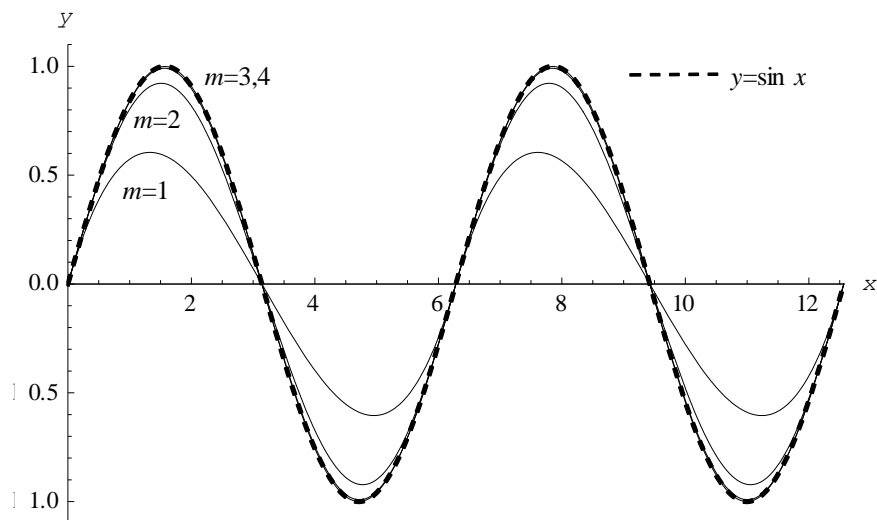
$$(\sin x)^{(j)} = \sin\left(x + \frac{\pi}{2} j\right), \quad j = 0, 1, \dots \quad (27)$$

Подставляя эти соотношения в формулы, приведенные в таблице 1, получим выражения для  $H_m(\xi)$ , которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Выражения для многочлена  $H_m(\xi)$

$H_0 = 0$
$H_1 = 2\pi(\xi - 3\xi^2 + 2\xi^3)$
$H_2 = 2\pi(\xi - 10\xi^3 + 15\xi^4 - 6\xi^5)$
$H_3 = 2\pi(\xi - 35\xi^4 + 84\xi^5 - 70\xi^6 + 20\xi^7) - \frac{(2\pi)^3}{3!}(\xi^3 - 5\xi^4 + 9\xi^5 - 7\xi^6 + 2\xi^7)$
$H_4 = 2\pi(\xi - 126\xi^5 + 420\xi^6 - 540\xi^7 + 315\xi^8 - 70\xi^9) - \frac{(2\pi)^3}{3!}(\xi^3 - 21\xi^5 + 63\xi^6 - 78\xi^7 + 45\xi^8 - 10\xi^9)$

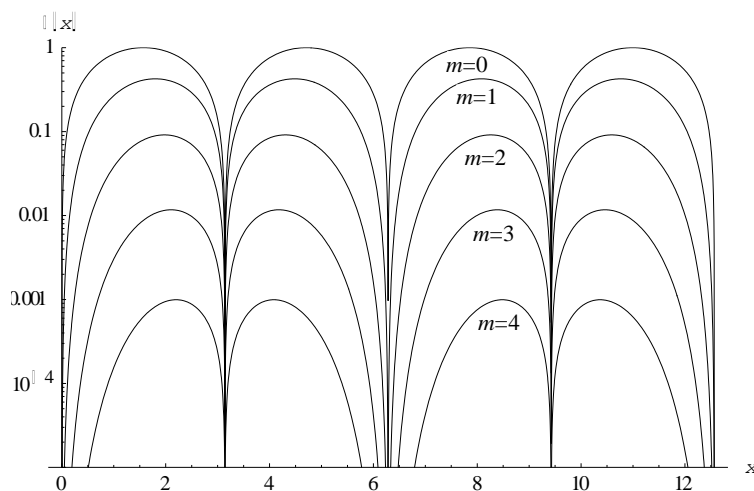
На рис. 3 приведены графики многочленов  $H_m(x)$ , для  $m = 0, 1, 2, 3, 4$ . Здесь же для сравнения представлен график функции  $f(x) = \sin x$ , обозначенный пунктирной линией.

Рис. 3 – Приближение функции  $f(x) = \sin x$ 

Из рисунка видно, что аппроксимирующие многочлены приближаются к данной функции при увеличении  $m$ . На рис. 4 показаны графики погрешности приближения  $\delta(x)$ , которая определена по формуле

$$\delta(x) = |f(x) - H_m(x)| \quad (28)$$

для значений параметра  $m = 0-4$ .

Рис. 4 – Погрешность приближения  $\delta(x)$ 

Из графиков, представленных на рисунке, видно, что погрешность  $\delta(x)$  также является периодической функцией с тем же периодом, что и заданная функция, обращается в ноль при  $x_k = 2\pi k$ ,  $k=0, \pm 1, \pm 2, \dots$  и в данном случае монотонно уменьшается с возрастанием  $m$ .

В таблице 3 представлены в числовой форме значения многочлена  $H_m$ , его погрешности  $\delta_m$  и ее оценки  $\Delta_m$  для значения  $x = \pi/2$ , при котором функция  $y = \sin x$  принимает максимальное свое значение.

Таблица 3 – Значения многочлена  $H_m$ , его погрешности  $\delta_m$  и ее оценки  $\Delta_m$ 

$s$	$m$	$H_m(\pi/2)$	$\delta_m$	$\Delta_m$
1	0	0.000000000000	1.000000000000	4.93480220054
3	1	0.589048622548	0.410951377452	4.05871212642
5	2	0.920388472731	0.079611527269	1.33526276885
7	3	0.991217827278	0.008782172722	0.23533063036
9	4	0.999377014126	0.000622985874	0.02580689139
11	5	0.999969215729	0.000030784271	0.00192957431
13	6	0.999998879582	0.000001120418	0.00010463810
15	7	0.999999968709	0.000000031291	0.00000430307

Из таблицы 3 видно, что при увеличении  $m$  значение многочлена  $H_m$  стремятся к точному значению функции  $y = \sin x$ , погрешность  $\delta_m$  стремится к нулю и оценка погрешности  $\Delta_m$ , ограничивая саму погрешность сверху, также стремится к нулю.

**Пример 2.** Рассмотрим периодическую функцию вида  $f(x) = \sin 2x - \cos x$ , которая также имеет период  $T=2\pi$ . Производные этой функции определяются соотношением:

$$(\sin 2x - \cos x)^{(j)} = 2^j \sin\left(x + \frac{\pi}{2}j\right) - \cos\left(x + \frac{\pi}{2}j\right), \quad j = 0, 1, \dots$$

Подставляя производные этой функции в формулы, представленные в табл. 2, получим соответствующие выражения для аппроксимирующих многочленов.

На рис. 5 представлены графики приближающих многочленов для  $m=2, 4, 6, 8$ . При увеличении  $m$  аппроксимирующие многочлены также стремятся к заданной функции.

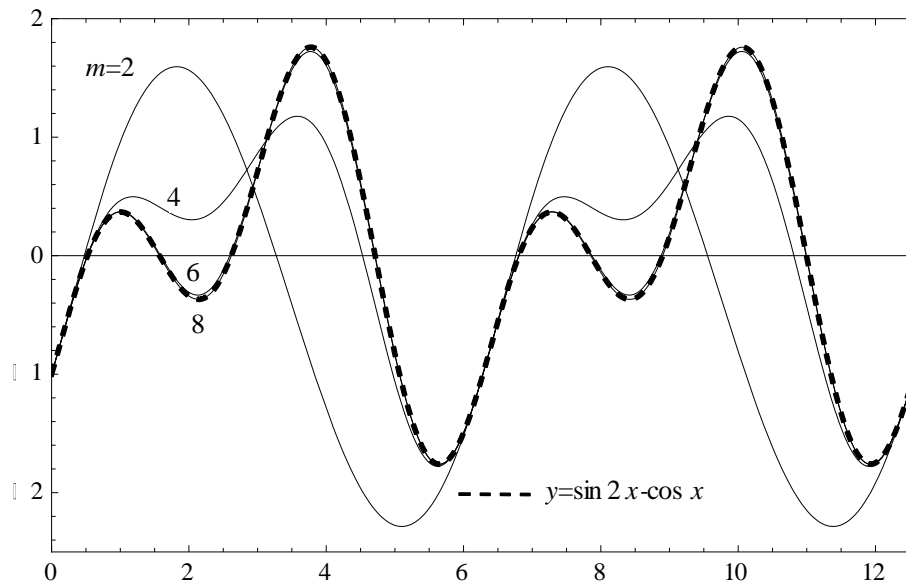


Рис. 5 – Приближение функции  $f(x) = \sin 2x - \cos x$

На рис. 6 показаны графики погрешности приближения  $\delta(x)$ , полученной по формуле (28) для различных значений параметра  $m$ .

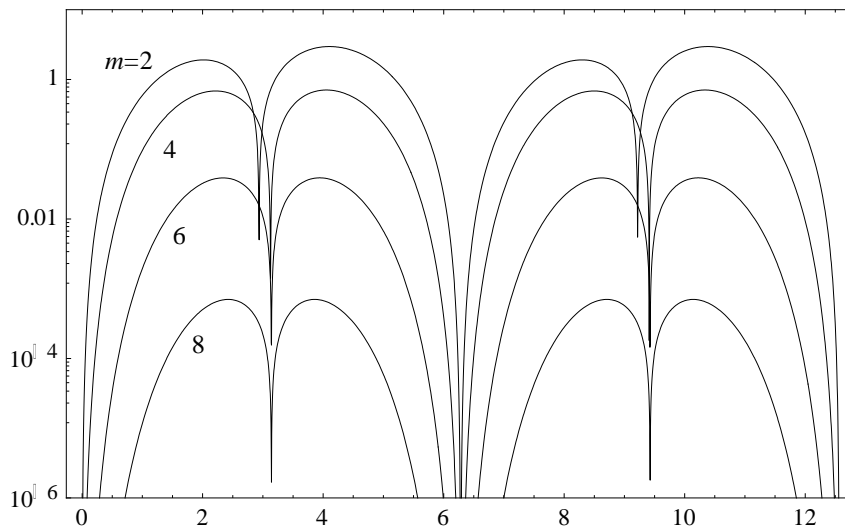


Рис. 6 – Погрешность приближения  $\delta(x)$

Из представленных графиков видно, что погрешность приближения  $\delta(x)$  имеет более сложный характер, но также стремится к нулю при возрастании  $m$ . Это объясняется выполнением достаточного условия теоремы 2 о сходимости последовательности аппроксимирующих многочленов.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Conflict of Interest

None declared.

**Список литературы / References**

1. Романовский П.И. Ряды Фурье. Теория поля. Аналитические и специальные функции. Преобразование Лапласа / Романовский П.И. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1980. – 336 с.
2. Архипов Г.И.. Лекции по математическому анализу. / Архипов Г.И., Садовничий А.А., Чубариков В.Н. – М.: Высшая школа, 1999. – 695с.
3. Кудрявцев Л.Д. Курс математического анализа. т. II. / Кудрявцев Л.Д. – М.: Высшая школа, 1981. – 584с.
4. Колмогоров А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа. / Колмогоров А.Н., Фомин С.В. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 624 с.
5. Березин И.С. Методы вычислений. Т. 1 / Березин И.С., Жидков Н.П. – М.: Физматлит, 1962. – 464 с.
6. Хемминг Р.В. Численные методы для научных работников и инженеров. / Хемминг Р.В. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1972. – 400 с.
7. Ланцош К. Практические методы прикладного анализа. / Ланцош К. – М.: Гос. изд. физ.-мат. лит., 1961. – 524 с.
8. Микеладзе Ш.Е. Численные методы математического анализа. / Микеладзе Ш.Е. М.: Гостехтеориздат, 1953. – 528 с.
9. Воробьев Н.Н. Теория рядов / Воробьев Н.Н. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 406 с.
10. Шустов В.В. О приближении функций двухточечными интерполяционными многочленами Эрмита / Шустов В.В. // ЖВММФ, 2015, № 7, С. 1091-1108.
11. Шустов В.В. Аппроксимация функций несимметричными двухточечными многочленами Эрмита и ее оптимизация / Шустов В.В. // ЖВММФ, 2015, № 12, С. 1999-2014.
12. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. СПб.: Изд. Лань, 2010 – 608 с.
13. Кудрявцев Л.Д. Математический анализ. Т. 1. / Кудрявцев Л.Д. – М.: Высшая школа, 1970. – 592с.
14. Шустов В.В. О приближении периодических функций составными двухточечными многочленами Эрмита / Шустов В.В. // Современные методы теории функций и их приложения: материалы 18 Саратовской зимней математической школы / Саратовский гос. ун-т. – Саратов, 2016. – С. 338-341.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Romanovskii P. I. Ryady Fur'e. Teoriya polya. Analiticheskie i spetsial'nye funktsii. Preobrazovanie Laplasa [Fourier series. Field theory. Analytical and special functions. Laplace Transformation] / Romanovskii P. I. . Moscow, Nauka, 1980, 336 p. [in Russian].
2. Arkhipov G. I. Lektsii po matematicheskomu analizu [Lectures on mathematical analysis] / Arkhipov G. I., Sadovnichii A. A., Chubarikov V. N.. Moscow, Vysshaya shkola, 1999, 695 p. [in Russian].
3. Kudryavtsev L. D. Kurs matematicheskogo analiza [Course of mathematical analysis] / Kudryavtsev L. D. . Vol II. Moscow, Vysshaya shkola, 1981. 584 p. [in Russian].
4. Kolmogorov A. N. Elementy teorii funktsii i funktsional'nogo analiza [Elements of the theory of functions and functional analysis] / Kolmogorov A. N., Fomin S. V. . Moscow, Nauka , 1989, 624 p. [in Russian].
5. Berezin I. S. Computing Methods. / I. S. Berezin, N. P. Zhidkov. Vol. 1 – Pergamon: Oxford, 1965. – 464 P.
6. Hamming R.W. Numerical Methods for Scientists and Engineers. Mc Graw-Hill Book Company / Hamming R.W, Inc New York, 1962.
7. Lanczos K. Applied analysis / Lanczos K. . Prentice Hall, 1956.
8. Mikeladze Sh. E. Chislennye metody matematicheskogo analiza [Numerical methods of mathematical analysis] / Mikeladze Sh. E.. Moscow, Gostekhteorizdat, 1953. 528 p. [in Russian].
9. Vorob'ev N. N. Teoriya ryadov [The theory of series] / Vorob'ev N. N. Moscow, Nauka, 1986, 406 p. [in Russian].
10. Shustov V. V. Approximation of functions by two-point Hermite interpolating polynomials / V. V. Shustov // Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2015. – Vol. 55. – No 7. – P. 1077–1093. doi: 10.1134/S0965542515040156
11. Shustov V. V. Approximation of functions by asymmetric two-point Hermite polynomials and its optimization / V. V. Shustov // Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2015. – Vol. 55. – No 12. – P. 1960–1974. doi: 10.1134/S0965542515120155
12. Bronshtein I. N. Spravochnik po matematike dlya inzhenerov i uchashchikhsya vtuzov [Handbook of mathematics for engineers and technical colleges students] / Bronshtein I. N., Semendiaev K. A. St Peterburg, Izd. Lan', 2010, 608 p. [in Russian].
13. Kudriavtsev L. D. Matematicheskii analiz [Mathematical analysis] / Kudriavtsev L. D. . Vol. 1. Moscow, Vysshaya shkola, 1970, 592 p. [in Russian].
14. Shustov V. V. O priblizhenii periodicheskikh funktsii sostavnymi dvukhtochnymi mnogochlenami Ermita [On the Approximation of Periodic Functions by Composite Two-Point Hermite Polynomials] / Shustov V. V. Sovremennye metody teorii funktsii i ikh prilozheniya : materialy Saratovskoi zimnei matemicheskoi shkoly. [Modern Methods of Function Theory and Application] : Proc. Saratov Winters School], Saratov, 2016, pp. 338-341 [in Russian].

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.004>

## ИНТЕГРАЦИЯ BIM И ГИС ТЕХНОЛОГИЙ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Научная статья

Абрамян С.Г.<sup>1,\*</sup>, Котляревская А.В.<sup>2</sup>, Оганесян О.В.<sup>3</sup>, Бурлаченко А.О.<sup>4</sup>, Дикмеджян А.А.<sup>5</sup><sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-3938-1096;<sup>1, 3, 4, 5</sup> Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия;<sup>2</sup> Университет РУДН, Москва, Россия

\* Корреспондирующий автор (susannagr[at]mail.ru)

## Аннотация

В статье рассматривается возможность обеспечения экологической безопасности строительства за счет внедрения BIM-технологий. Подчеркивается важность интеграции двух мощных информационных систем моделирования — BIM и GIS, применяемых в строительстве, а также необходимость доработки некоторых основополагающих моментов этой интеграции. С помощью обзора ряда научных публикаций выявлено, что эволюция системы BIM-технологий привела к тому, что в настоящее время она используется для решения различных управленческих задач, например эффективное управление людскими, энергетическими, материальными ресурсами на строительной площадке, контроль качества выполнения работ и т. д.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, организация строительства, эффективность внедрения BIM, интеграция BIM- и GIS-технологий.

## INTEGRATION OF BIM AND GIS TECHNOLOGIES IN ORDER TO ENSURE ENVIRONMENTAL SAFETY OF CONSTRUCTION

Research article

Abramyan S.G.<sup>1,\*</sup>, Kotlyarevskaya A.V.<sup>2</sup>, Oganessian O.V.<sup>3</sup>, Burlachenko A.O.<sup>4</sup>, Dikmedjyan A.A.<sup>5</sup><sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-3938-1096;<sup>1, 3, 4, 5</sup> Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia;<sup>2</sup> RUDN University, Moscow, Russia

\* Corresponding author (susannant[at]mail.ru)

## Abstract

The paper discusses the possibility of ensuring environmentally safe construction through the adoption of BIM technologies. It underlines the importance of integration of two powerful information modeling systems used in construction — BIM and GIS, and the elaboration of certain basic aspects of this integration. An overview of some scientific publications helped make a conclusion that the evolution of the BIM technologies has brought this system to the point where it is currently used for solving various management tasks, for example, management of workforce, utilities, material resources on construction site, assurance of work quality etc.

**Keywords:** environmental safety, organization of construction, efficiency of BIM implementation, integration of BIM and GIS technologies.

## Введение

Экологическая безопасность строительства является одним из основополагающих направлений устойчивого развития строительного производства. Развитие информационных технологий, появление компьютеров с большой информационной мощностью, доступ к Интернету открыли совершенно новые возможности обеспечения экологической безопасности в строительстве. Информационные технологии позволяют оптимизировать технологические процессы в строительстве по экологическим критериям, провести мониторинг выполненных работ и эксплуатируемых машин, благодаря полученным информационным данным контролировать использование энергетических ресурсов, например при помощи беспилотных летательных аппаратов.

## Основной текст

Анализ существующих компьютерных технологий показывает, что экологическая безопасность [1], [2], [3] и охрана труда [4], [5], [6] на строительной площадке с максимальной результативностью обеспечивается за счет применения BIM (Building Information Modeling)-технологий.

Если изначально система BIM-технологий толковалась как процесс создания модели, а готовая модель строительной системы как результат этого процесса, то в настоящее время система BIM-технологий воспринимается совершенно по-другому. Эволюция системы BIM-технологий привела к тому, что сегодня она используется для решения различных управленческих задач, например эффективное управление людскими, энергетическими, материальными ресурсами на строительной площадке [7], качеством выполнения работ [8].

В исследовании [9] определяется, что внедрение BIM-технологий приводит к значительному сокращению продолжительности строительства, тем самым решая одну из важнейших проблем всех строительных компаний — повышение фактической продолжительности строительства по сравнению с нормативной. Этой проблеме посвящена обзорная статья [10], где на основе анализа 493 статей выявляются причины «задержки своевременной сдачи объектов в эксплуатацию» в 29 странах мира, том числе в «Иране, Индии, Турции, Бангладеш, Саудовской Аравии,



Объединенных Арабских Эмиратов (ОАЭ), Камбодже, Омане, Малайзии, Тайване, Китае, Вьетнаме, США, Великобритании, Египте».

Экологическая безопасность на строительной площадке обеспечивается за счет сокращения или соблюдения нормативной продолжительности строительства, что, в свою очередь, зависит от ряда прямых и косвенных, внутренних и внешних факторов, к которым относятся правильная организация труда на строительной площадке, выбор необходимых машин и механизмов, привлечение квалифицированных рабочих и др.

Все это в конечном итоге приводит к уменьшению количества отходов строительных материалов, выбросов вредных веществ от работающих машин и механизмов, снижению коэффициента использования строительной площадки, увеличению коэффициентов использования машин по времени и грузоподъемности и т. д., в целом к сохранению экологического равновесия окружающей среды.

В публикациях [11], [12] также рассматриваются вопросы моделирования календарного планирования линейно-протяженных сооружений на примере конкретного объекта в целях обеспечения экологической безопасности выполнения работ на строительной площадке.

Правильность решения управленческих задач, связанных с внедрением BIM-технологий, зависит от совершенства общей среды данных (CDE — Common Data Environment), которая включает несколько различных информационных сред (проектировщиков, заказчиков, генподрядную и субподрядную организации, поставщиков и т. д.).

Отметим, что высокая эффективность внедрения BIM-технологий, особенно при реконструкции зданий [13], [14], специальных и линейно-протяженных сооружений, может быть достигнута путем интеграции BIM- и GIS (Geographic Information System)-технологий. Авторы научных публикаций [9], [15], [16] доказывают, что «интеграция информационного моделирования зданий (BIM) и геоинформационной системы (GIS) в значительной степени зависит от обмена данными между этими двумя системами» и часто при расширении совместимости этих двух систем возникают некоторые потери информации. Новый подход интеграции вышеуказанных информационных систем, а именно создание открытого исходного кода для передачи информации, рассматривается авторами работы [16].

Однако такой подход применим не ко всем объектам, так как некоторые строительные системы в целях экономической безопасности полностью шифруются. Тем не менее цифровое представление объектов строительства без GIS-технологий невозможно, так как на современном этапе развития BIM-технологии «фокусируются на микроуровне представления самих зданий, а ГИС обеспечивают представление внешнего окружения зданий на макроуровне» [15]. Авторы подчеркивают, что должны существовать как минимум три типичных режима интеграции BIM—GIS: 1. BIM приводит и GIS поддерживает; GIS ведет и BIM поддерживает; BIM и GIS участвуют в равной степени.

Особый интерес по обеспечению безопасности и простоты выполнения земляных работ при капитальном ремонте магистральных трубопроводов с интеграцией BIM и GIS представляет авторский подход в [17]. В предложенной автором организационной модели вскрытия участка трубопровода выявляются основные положительные стороны BIM и GIS: «исключение непроизводительных перемещений; снижение расхода топлива; сокращение выбросов в атмосферу; повышение производительности; сокращение сроков выполнения подготовительных процессов для осуществления земляных работ». Мощности интеграции BIM и GIS может быть также фундаментальной основой для создания интеллектуальной городской среды [18]. Системное объединение потенциалов BIM и GIS открывает новые возможности «на принципиально новом уровне проектировать, строить и эксплуатировать современные здания и сооружения, осуществлять мониторинг их безопасности» [19].

Интеграция двух мощных информационных систем может содействовать обеспечению не только экологической безопасности на строительной площадке, но и безопасному функционированию строительных объектов на всех этапах жизненного цикла и, по нашему мнению, в настоящий момент она нуждается в некоторых доработках. Считаем, что интеграционная модель BIM и GIS должна включать несколько этапов экологического планирования организации строительного производства:

- создание модели и разработка календарного плана производства работ (с помощью BIM);
- моделирование и разработка графиков движения людских и технических ресурсов, с привязкой к разработанным календарным планом с применением BIM;
- привязка объекта к конкретной местности строительства и разработка строительного генерального плана (равноценное участие GIS и BIM);
- определение максимальных выбросов вредных веществ: а именно оксидов азота в пересчете на  $\text{NO}_2$  и углерода, диоксидов углерода и серы, метана, аммиака, закиси азота, неметановых углеводородов и различных твердых частиц, пыли и т. д. от работающих машин, механизмов;
- сравнение расчетных значений с предельно допускаемыми концентрациями (ПДК), с целью выявления их влияния на окружающую природно-техногенную систему (равноценное участие GIS и BIM);
- при необходимости корректировки полученных данных (допустим расчетные значения выбросов вредных веществ выше ПДК) нужно создать новую модель экологического планирования.

### **Заключение**

Таким образом, на основе анализа ряда научных публикаций, в том числе зарубежных, входящих в наукометрические базы данных WoS и SCOPUS выявлено, что интеграция BIM и GIS позволяет основательно перейти к новому подходу экологического планирования организации строительного производства. И здесь можно рассматривать как минимум двухвариантное проектирование новой модели экологического планирования: снижение выбросов вредных веществ за счет уменьшения количества одновременно работающих машин и механизмов путем переноса дат начала и окончания некоторых технологических процессов или замены принятых в планировании машин и механизмов на машины с экологозащитными техническими характеристиками, так как выбросы вредных веществ зависят не только от количества машиночеловека работы механизма, мощности двигателя, но и от «старения двигателя» машины. Выбор оптимального варианта должен быть обоснован не только полученным экономическим

эффектом, но и размером предотвращенного экологического ущерба.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Conflict of Interest

None declared

### Список литературы / References\*

1. Dos Santos JE. Innovations in the Civil Construction Sector Provided by Information Technologies / JE Dos Santos, CX Galhardo, VML dos Santos // Revista Geintec-Gestao Inovacao E Tecnologias. – Vol. 9. – Issue 4. – 2019. – P. 5131-5145. DOI: 10.7198/geintec.v9i4.1382.
2. Jin RY. Integrating BIM with building performance analysis in project life-cycle / RY Jin, BT Zhong, L. Ma, A. Hashemi, LY Ding // Automation in Construction. – Vol. 106. – 2019. – Article Number: UNSP 102861.
3. Ma WN. Comprehensive Performance Evaluation Method of Green Materials for Coastal Buildings Based on BIM / WN Ma, YD Yin, G. Yang, Q. Li, BR Lu // Journal of Coastal Research. – Spec. Issue 93. – 2019. – P. 304-309. DOI: 10.2112/SI93-040.1.
4. Okakpu A., Exploring the environmental influence on BIM adoption for refurbishment project using structural equation modeling / A. Okakpu, A., Tookey J. Ghaffarianhoseini, J. Haar, A. Ghaffarianhoseini // Architectural Engineering and Design Management. – 2019. – DOI: 10.1080/17452007.2019.1617671.
5. Shafique M. An Overview of Construction Occupational Accidents in Hong Kong: A Recent Trend and Future Perspectives / M. Shafique, M. Rafiq // Applied Sciences-Basel. – Vol. 4. – Issue 10. – 2019. – Article Number: 2069.
6. Shuang D. An experimental study of intrusion behaviors on construction sites: The role of age and gender / D. Shuang, L. Heng, M. Skitmore, Y. Qin // Safety Science. – Vol. 115. – 2019. – P. 425-434. DOI: 10.1016/j.ssci.2019.02.035.
7. Yu ZB. Smarter construction site management using the latest information technology / ZB Yu, HT Peng, XY Zeng, M. Sofi, H. Xing, ZY Zhou // Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering. – Vol. 172 (Iss. 2) – 2019. – P. 89-95. DOI: 10.1680/jcien.18.00030.
8. Jayasinghe RS. Information-based quality management in reverse logistics supply chain A systematic literature review / RS Jayasinghe, N. Chileshe, R. Rameezdeen // Benchmarking-An International Journal. –Vol. 26. – Issue 7. – 2019. – P. 2146-2187. DOI: 10.1108/BIJ-08-2018-0238.
9. Sepasgozar SME. Delay Causes and Emerging Digital Tools: A Novel Model of Delay Analysis, Including Integrated Project Delivery and PMBOK / SME Sepasgozar, R. Karimi, S. Shirowzhan, M. Mojtahedi, S. Ebrahimzadeh, D. McCarthy // Buildings. –Vol. 9. – Issue 9. – 2019. – Article Number: 191.
10. Pavlovskis M. Ranking of Heritage Building Conversion Alternatives by Applying BIM and MCDM: A Case of Sapieha Palace in Vilnius / M. Pavlovskis, D. Migilinskas, J. Antucheviciene, V. Kutut // Symmetry-Basel. –Vol. 11. – Issue 8. – 2019. – Article Number: 973. DOI: 10.3390/sym11080973.
11. Abramyan S.G. Modeling of Construction Processes for a Specific Object Based on Environmental Parameters / S.G. Abramyan, O.V. Burlachenko, O.V. Oganessian // Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. – 2017. – Vol. 12. – Issue 7 (106). – P. 797–803. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.7.797-803.
12. Абрамян С.Г. Экологическая обоснованность обеспечения необходимого состава парка машин при капитальном ремонте линейной части магистрального трубопровода / С.Г. Абрамян, В.В. Фоминова // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». – 2017. – Том 4. – №4. – С.9. URL: today/PDF/11TS417. pdf. DOI: 10.15862/11TS417
13. Sztwiertnia D. HBIM (heritage Building Information Modell) of the Wang Stave Church in Karpacz - Case Study / D. Sztwiertnia, A. Ochalek, A. Tama, P. Lewinska // International Journal of Architectural Heritage. – 2019. DOI: 10.1080/15583058.2019.1645238.
14. Ding ZK. A digital construction framework integrating building information modeling and reverse engineering technologies for renovation projects / ZK Ding, S. Liu, LH Liao, L. Zhang // Automation in Construction. – Vol. 102. – 2019. – P. 45-58.
15. Wang H. Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis / H. Wang, Y. Pan, XC Luo // Automation in Construction. –Vol. 103, – 2019. –P. 41-52. DOI: 10.1016/j.autcon.2019.03.005.
16. 16. Zhu JX. Integration of BIM and GIS: Geometry from IFC to shapefile using open-source / JX Zhu, XY Wang, P. Wang, ZY Wu, MJ Kim // Automation in Construction. – Vol. 102. – 2019. – P. 105-119. DOI: 10.1016/j.autcon.2019.02.014.
17. Ахмедов А.М. Совершенствование подготовительных процессов при осуществлении земляных работ на линейной части магистральных трубопроводов / Ахмедов А.М. // Инженерный вестник Дона. – 2017. – №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3952.
18. Серая Е.С. Интеллектуальная городская среда. Интеграция ГИС и BIM. [Electronic resource] / Серая Е.С., Шеина С.Г., Петров К.С., Матвейко Р.Б // Инженерный вестник Дона. – 2019. – №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5495 (дата обращения:02.02.2020)
19. Минаев В.А. Интеграция BIM-технологий и моделей геодинамических рисков на территории застройки. . Минаев В.А., Мохов А.И., Фаддеев А.О., Кузьменко Н.А // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – №1(65). – С. 263– 273.

### Список литературы на английском языке / References in English\*

1. Dos Santos JE. Innovations in the Civil Construction Sector Provided by Information Technologies / JE Dos Santos, CX Galhardo, VML dos Santos // Revista Geintec-Gestao Inovacao E Tecnologias. – Vol. 9. – Issue 4. – 2019. – P. 5131-5145. DOI: 10.7198/geintec.v9i4.1382.
2. Jin RY. Integrating BIM with building performance analysis in project life-cycle / RY Jin, BT Zhong, L. Ma, A. Hashemi, LY Ding // Automation in Construction. – Vol. 106. – 2019. – Article Number: UNSP 102861.

3. Ma WN. Comprehensive Performance Evaluation Method of Green Materials for Coastal Buildings Based on BIM / WN Ma, YD Yin, G. Yang, Q. Li, BR Lu // *Journal of Coastal Research*. – Spec. Issue 93. – 2019. – P. 304-309. DOI: 10.2112/SI93-040.1.
4. Okakpu A., Exploring the environmental influence on BIM adoption for refurbishment project using structural equation modeling / A. Okakpu, A., Tookey J. Ghaffarianhoseini, J. Haar, A. Ghaffarianhoseini // *Architectural Engineering and Design Management*. – 2019. – DOI: 10.1080/17452007.2019.1617671.
5. Shafique M. An Overview of Construction Occupational Accidents in Hong Kong: A Recent Trend and Future Perspectives / M. Shafique, M. Rafiq // *Applied Sciences-Basel*. – Vol. 4. – Issue 10. – 2019. – Article Number: 2069.
6. Shuang D. An experimental study of intrusion behaviors on construction sites: The role of age and gender / D. Shuang, L. Heng, M. Skitmore, Y. Qin // *Safety Science*. – Vol. 115. – 2019. – P. 425-434. DOI: 10.1016/j.ssci.2019.02.035.
7. Yu ZB. Smarter construction site management using the latest information technology / ZB Yu, HT Peng, XY Zeng, M. Sofi, H. Xing, ZY Zhou // *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering*. – Vol. 172 (Iss. 2) – 2019. – P. 89-95. DOI: 10.1680/jcien.18.00030.
8. Jayasinghe RS. Information-based quality management in reverse logistics supply chain A systematic literature review / RS Jayasinghe, N. Chileshe, R. Rameezdeen // *Benchmarking-An International Journal*. – Vol. 26. – Issue 7. – 2019. – P. 2146-2187. DOI: 10.1108/BIJ-08-2018-0238.
9. Sepasgozar SME. Delay Causes and Emerging Digital Tools: A Novel Model of Delay Analysis, Including Integrated Project Delivery and PMBOK / SME Sepasgozar, R. Karimi, S. Shirowzhan, M. Mojtahedi, S. Ebrahimzadeh, D. McCarthy // *Buildings*. – Vol. 9. – Issue 9. – 2019. – Article Number: 191.
10. Pavlovskis M. Ranking of Heritage Building Conversion Alternatives by Applying BIM and MCDM: A Case of Sapieha Palace in Vilnius / M. Pavlovskis, D. Migilinskas, J. Antucheviciene, V. Kutut // *Symmetry-Basel*. – Vol. 11. – Issue 8. – 2019. – Article Number: 973. DOI: 10.3390/sym11080973.
11. Abramyan S.G. Modeling of Construction Processes for a Specific Object Based on Environmental Parameters / S.G. Abramyan, O.V. Burlachenko, O.V. Oganessian // *Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]*. – 2017. – Vol. 12. – Issue 7 (106). – P. 797–803. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.7.797-803. [in Russian]
12. Abramyan S.G. *Jekologicheskaja obosnovannost' obespechenija neobhodimogo sostava parka mashin pri kapital'nom remonte linejnoj chasti magistral'nogo truboprovoda* [Ecological validity of providing the required composition fleet during overhaul of the linear part of the pipeline] / S.G. Abramyan, V.V. Fominova // *Internet-zhurnal «Transportnye sooruzhenija» [Russian journal of transport engineering]* – 2017. – Vol. 4. – № 3. – P.9. Available at: [t-s.today/PDF/11TS417.pdf](http://t-s.today/PDF/11TS417.pdf). DOI: 10.15862/11TS417. [in Russian]
13. Sztwiertnia D. HBIM (heritage Building Information Modell) of the Wang Stave Church in Karpacz - Case Study / D. Sztwiertnia, A. Ochalek, A. Tama, P. Lewinska // *International Journal of Architectural Heritage*. – 2019. DOI: 10.1080/15583058.2019.1645238.
14. Ding ZK. A digital construction framework integrating building information modeling and reverse engineering technologies for renovation projects / ZK Ding, S. Liu, LH Liao, L. Zhang // *Automation in Construction*. – Vol. 102. – 2019. – P. 45-58.
15. Wang H. Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis / H. Wang, Y. Pan, XC Luo // *Automation in Construction*. – Vol. 103. – 2019. – P. 41-52. DOI: 10.1016/j.autcon.2019.03.005.
16. Zhu JX. Integration of BIM and GIS: Geometry from IFC to shapefile using open-source / JX Zhu, XY Wang, P. Wang, ZY Wu, MJ Kim // *Automation in Construction*. – Vol. 102. – 2019. – P. 105-119. DOI: 10.1016/j.autcon.2019.02.014.
17. Akhmedov A.M. *Sovershenstvovanie podgotovitel'nyh processov pri osushhestvlenii zemljanyh rabot na linejnoj chasti magistral'nyh truboprovodov* [The improvement of preparative processes during the earthworks on the linear main pipeline portion] [Electronic resource] / A.M. Akhmedov // *Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering journal of Don]* – 2017. – №1. – P. 57. – URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3952](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3952). (accessed:02.02.2020) [in Russian]
18. Seraya E.S. *Intellectual'naja gorodskaja sreda. Integracija GIS i BIM* [Smart urban environment. Integration of GIS and BIM] / E.S. Seraya, S.G. Sheina, K.S. Petrov, R.B. Matveyko // *Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering journal of Don]* – 2019. – №1. – P. 106. – URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5495](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5495) [in Russian]
19. Minaev V.A. *Integracija BIM-tehnologij i modelej geodinamicheskikh riskov na territorii zastrojki* [Integration of BIM-technologies and geodynamic risks models on building territory] / V.A. Minaev, A.I. Mokhov, A.O. Faddeev, N.A. Kuz'menko // *Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti [Technosphere Safety of Technologies]* – 2017. – № 1(65). – P. 263–273. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.005>**ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ МЕДЛЕННЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ НА СОСТОЯНИЕ НАНОПЛЕНОК KCl И LiF НА ПОВЕРХНОСТИ Si(111)**

Научная статья

**Хожиев Ш.Т.<sup>1</sup>, Тачилин С.А.<sup>2</sup>, Ганиев А.А.<sup>3,\*</sup>, Умарходжаева З.Н.<sup>4</sup>**<sup>3</sup> ORCID: 0000-0003-1879-1931;<sup>1, 2, 3, 4</sup> Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан

\* Корреспондирующий автор (abduvohidganiyev330[at]mail.ru)

**Аннотация**

В данной статье приводятся данные по изучению и определению условия образования точечных дефектов и их кластеров на поверхности тонких нанопленок KCl и LiF сформированных на поверхности Si(111) при облучении медленными электронами. Методом спектроскопии полного тока установлены энергетические зависимости образования поверхностных точечных дефектов, а также влияние температуры при облучении и последующем отжиге на образование точечных дефектов и их ассоциаций.

**Ключевые слова:** точечные дефекты, электронное облучение, коллоиды, спектроскопия полного тока, поверхностный потенциал, наноплёнка.

**INFLUENCE OF IRRADIATION BY SLOW ELECTRONS ON THE STATE OF KCl AND LiF NANO FILMS ON THE SURFACE OF Si (111)**

Research article

**Khojiyev Sh.T.<sup>1</sup>, Tachilin S.A.<sup>2</sup>, Ganiyev A.A.<sup>3,\*</sup>, Umarchodjaeva Z.N.<sup>4</sup>**<sup>3</sup> ORCID: 0000-0003-1879-1931;<sup>1, 2, 3, 4</sup> Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

\* Corresponding author (abduvohidganiyev330[at]mail.ru)

**Abstract**

This article presents data on the study and determination of the conditions for the formation of point defects and their clusters on the surface of thin KCl and LiF nanofilms formed on the Si (111) surface upon irradiation with slow electrons. Using the method of full current spectroscopy, we determined the energy dependences of the formation of surface point defects, as well as the effect of temperature upon irradiation and subsequent annealing on the formation of point defects and their associations.

**Keywords:** point defects, electron irradiation, colloids, total current spectroscopy, surface potential, nanofilm.

**Введение**

По мере уменьшения размеров электронных приборов и перехода к тонкопленочной и нанoeлектронной технологии первостепенное значение приобретают свойства поверхностей и границ раздела материала, как правило, отличающихся от объемных свойств вещества. Возможность управления типом, концентрацией и распределением дефектов создает благоприятные перспективы целенаправленного изменения свойств твердых тел в нужном направлении [1]. Изучение поверхностных точечных дефектов (ТД) и их кластеров при электронном облучении тонких пленок щелочно-галлоидных кристаллов (ЩГК) на монокристалле Si(111) важно [4], [5] как с точки зрения выяснения механизмов дефектообразования, так и для улучшения совершенства эпитаксиально выращенных полупроводниковых пленок для трехмерных интегральных схем, а также для микропроцессорной технологии в целом. Установление связи между образованием ТД и их ассоциаций на облучаемой поверхности ЩГК и процессами электронно-стимулированной десорбции (ЭСД), а также кластерного распыления способствует лучшему пониманию механизмов этих явлений [6]. Исследования коллоидов с применением традиционных рентгенографических и электронно-микроскопических методов не увенчались успехом, поскольку их размеры находятся на пределе чувствительности данных методов. Из температурной зависимости дефектообразования можно получить важную информацию позволяющую выяснить механизмы образования, взаимодействия и отжига точечных дефектов.

Вопросу образования ТД и их агломератов на поверхности и в объеме ЩГК посвящено много работ. Как показывает анализ экспериментальных и теоретических работ до настоящего времени исследовались в основном массивные кристаллические образцы при облучении их электронами больших энергий. Дефектообразование в ионных кристаллах при облучении электронами малой энергии, особенно в области порога создания экситонов и электронно-дырочных пар, почти не изучалось.

Эффективность дефектообразования при малых энергиях электронов низка. Кроме того, в при таких условиях дефекты возникают в очень тонком приповерхностном слое мишени. Это требует выбора достаточно поверхностно чувствительного метода регистрации ТД.

Целью настоящей работы являлось экспериментальное исследование образования точечных дефектов и их кластеров в пленках KCl и LiF сформированных на поверхности Si(111) при их облучении медленными электронами. Методом спектроскопии полного тока СПТ были определены: энергетические зависимости образования поверхностных точечных дефектов, влияние температуры отжига ( $T_{отж}$ ) и температуры облучения ( $T_{обл}$ ) на образование ассоциаций ТД.

**Методы и принципы исследования**

Для исследования образования ТД и их агломератов вплоть до образования коллоидов малых размеров на поверхности и в приповерхностной области тонких пленок KCl и LiF сформированных на поверхности Si(111) был

применён метод низкоэнергетической пороговой спектроскопии полного тока (СПТ). Методика [4] применима для контроля различных дефектов на поверхности тонких плёнок ЦГК и определения их типа по энергетическому положению и интенсивности спектральных максимумов. Метод электронной спектроскопии полного тока является низкоэнергетичной разновидностью пороговой вторично-электронной спектроскопии. Этот метод отличается высокой поверхностной чувствительностью, информативностью и простотой экспериментальной реализации. Конструкция, режимы работы, экспериментальная реализация метода СПТ подробно приведены в работах [6], [2]. Осаждение плёнок KCl и LiF на поверхность Si(111) осуществлялось термическим испарением из соответствующих тиглей. Испаритель KCl представлял собой трубку с закрытым дном, на которую была намотана нихромовая спираль, обеспечивающая получение температуры 500-600°C. Испаритель для напыления плёнок KCl был сделан из керамики, а для получения плёнок LiF- из кварца.

Для облучения образцов электронами более высокой энергии с целью генерации точечных дефектов использовалась электронная пушка, которая позволяла получать электроны с энергией до 5 кэВ и плотностью тока до 1 мкА/см<sup>2</sup>.

Конструкция системы нагрева образца представляла собой танталовый цилиндр, внутрь которого была вмонтирована вольфрамовая спираль. Исследуемый образец крепится к торцу цилиндра с помощью специальных лапок-держателей. К боковой части образца была подведена хромель-алюмелевая термопара, обеспечивающая контроль температуры образца в диапазоне от комнатной до 1400°C. Скорость формирования плёнок KCl и LiF определялась в отдельном градуировочном эксперименте.

Кремниевая подложка нагревалась до температуры, обеспечивающей 100% поверхностную ионизацию падающих на нее молекул KCl и LiF. По величине тока положительных ионов [2] в цепи «коллектор-образец» определялась интенсивность молекулярного потока, отражённого от поверхности подложки при заданной температуре испарителя. По известной интенсивности молекулярного потока и времени напыления проводилась оценка толщины напыляемой плёнки в основном эксперименте. Скорость напыления не превышала 4 Å/мин.

### Основные результаты и их обсуждение

Определено изменение поверхностного потенциала заряда образцов по смещению положения первичного пика СПТ относительно некоторого исходного состояния [2], [4]. Этим же методом были измерены значения потенциала поверхности  $\varphi_s$  плёнок KCl и LiF в процессе облучения медленными электронами (Рис. 1). Изменения величины поверхностного потенциала плёнок при облучении электронами объясняются изменением эффективного значения коэффициента вторичной электронной эмиссии  $\sigma_{\text{эфф}}$ .

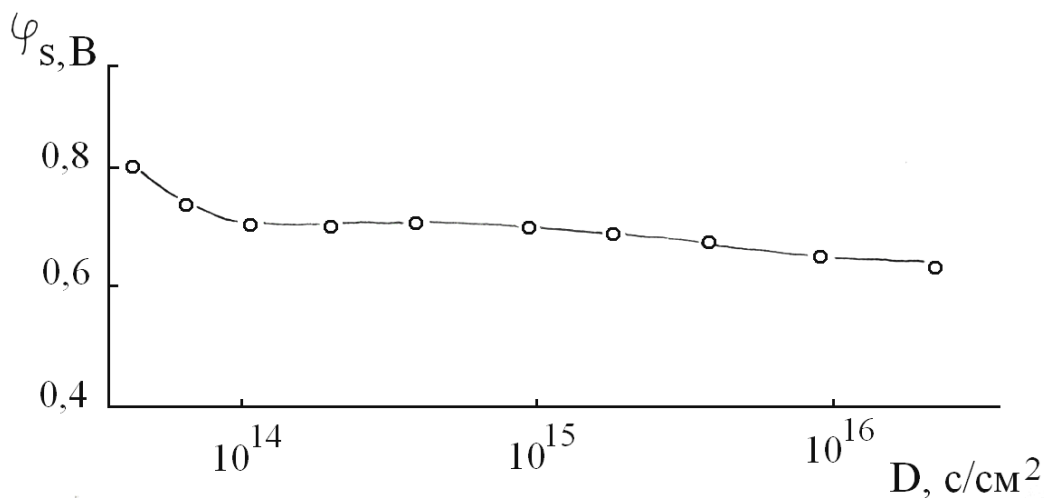


Рис. 1 – Изменение потенциала поверхности  $\varphi_s$  плёнки LiF в зависимости от дозы облучения электронами с энергией 32 эВ

Анализируя зависимость концентрации F-центров, определенной по высотам соответствующих пиков СПТ, от дозы электронного облучения при различных энергиях обнаружено, что с ростом дозы концентрация F-центров возрастает, проходит через пологий максимум, медленно уменьшается и стабилизируется.

Возрастание концентрации ТД с уменьшением дозы на начальной стадии облучения связано с созданием и накоплением F-центров. Некоторое уменьшение их числа при больших дозах облучения происходит в результате их превращения в М- и R-центры. Зависимость концентрации F-центров от энергии облучающих электронов для заданной дозы представляет собой прямую линию в исследованной области энергии. Это свидетельствует о том, что энергия первичных электронов в основном затрачивается на неупругие взаимодействия с созданием ТД. Аналогичные результаты были получены для плёнок LiF/Si(111). В случае LiF даже при незначительных дозах облучения сразу образуются более крупные агломераты ТД. Устойчивые одиночные центры образуются с меньшей эффективностью. Поэтому основным первичным продуктом для образования коллоидов служат димерные R-центры.

Как показывает дозовая зависимость концентрации R-центров, с ростом дозы облучения их концентрация возрастает, затем уменьшается. Это свидетельствует о том, что сначала происходит создание и накопление R-центров, затем их превращение в более крупные агломераты. Также показывает логарифмическая зависимость концентрации F и R-центров от дозы электронного облучения.

Также были определены температурные зависимости образования, превращения и сохранения электронных и коллоидных центров, возникающих при облучении медленными электронами, а также экспоненциальное снижение до нуля концентрации F-центров при нагреве до 200°C плёнок KCl и до 400°C плёнок LiF (см. рисунок 2). Установлен перегиб концентрации коллоидов в максимумах при 100°C. Видно, что с ростом температуры подложки в диапазоне от комнатной до 200°C для KCl и 400°C для LiF, концентрация F-центров экспоненциально падает до нуля, а концентрация коллоидов имеет максимум при температуре 100°C.

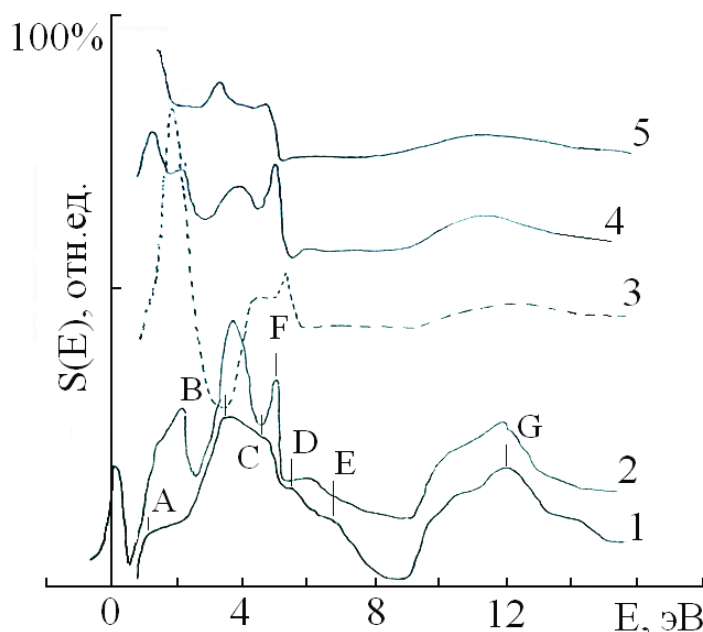


Рис. 2 – Изменение спектра полного тока свеженапыленной и отожженной нанопленки LiF сформированной на поверхности Si(111):

1 – Свеженапыленная пленка LiF/Si(111) отожженная при 200°C в течении 15 мин; 2 – Плёнка после облучения электронами с энергий 200 эВ и дозой  $5 \cdot 10^{16}$  е/см<sup>2</sup>; 3 – Плёнка после дальнейшего облучения до дозы  $2,8 \cdot 10^{16}$  е/см<sup>2</sup>; 4 – Облучённая плёнка после отжига при 300°C в течение 10 мин; 5 – Плёнка после отжига при 400 °с в течение 10 мин.

Выявлена зависимость дефектообразования от дозы облучения, а также при последующем ступенчатом отжиге пленки KCl при различных температурах. С ростом дозы первичный максимум смещается в сторону меньших энергий и раздваивается на пики А и В. При этом изменяется положение и высота пика В. С ростом дозы этот пик несколько сглаживается, а при нагреве до температуры 300-400°C наблюдается четкое его отделение от пика А. Пик В исчезает при температуре 500-550°C. Если сравнить положение пика В с положением ассоциаций F-центров, то его можно охарактеризовать как X-центр (скопление большого количества F-центров) или как коллоидный центр (маленькая частица щелочного металла). Кроме X-центров и коллоидов все электронные центры отжигаются при температурах 130-160°C.

Аналогичный вид имеет зависимость концентрации коллоидов от температуры при облучении в модели роста коллоидных центров. Известно [6], что изменение ширины пика на его полувысоте связано с изменением размеров коллоидов при воздействии на них тем или иным способом. Установлено, что ширина пика коллоидов увеличивается с ростом дозы облучения при температурах от комнатной до 200°C. При ступенчатом отжиге пленок KCl наблюдается уменьшение размеров коллоидов. Это связано с тем, что рост температуры ускоряет испарение атомов щелочного металла из коллоидов и их десорбцию. Лимитированность количества F-центров также влияет на дальнейший рост размеров коллоидных частиц. При температуре 200°C F-центры практически исчезают. Аналогичные результаты были получены для пленок LiF.

Температура влияет на вид образующихся кластерных дефектов. С ростом температуры концентрация одиночных центров уменьшается, а концентрация агломератов растет [3]. При температурах отжига 300-500°C размеры коллоидов сначала возрастают затем монотонно уменьшаются. При этом количество R-центров влияет на рост размеров коллоидов.

Также параллельно было исследовано распыление кристаллов LiF ионами цезия. При распылении пленок LiF было установлено, что ионы Li начинают появляться в спектре после того, как температура подложки достигает 200°C. С ростом температуры образуются все более крупные агломераты. С повышением температуры увеличивается количество вакансий и дефектов, и все больше количество ионов Li и F занимают положение дефектов внедрения или замещения вблизи других ионов, что способствует процессу образования кластеров.

На основе экспериментальных результатов предложена модель образования поверхностных нанокластеров при облучении пленок KCl и LiF сформированных на поверхности Si(111) низкоэнергетичными электронами.

#### Заключение

Методом спектроскопии полного тока исследовано образование ТД и их кластеров вплоть до образования металлических коллоидов на поверхности тонких пленок KCl и LiF сформированных на поверхности Si(111) при облучении медленными электронами.

Определены энергетические зависимости образования коллоидных центров на поверхности тонких пленок используемых в нанотехнологии при облучении медленными электронами.

На основе температурных зависимостей установлено, что с ростом температуры подложки в диапазоне от комнатной до 200<sup>0</sup>С для плёнок KCl концентрация стабильных F-центров уменьшается, а концентрация коллоидов имеет максимум при температуре порядка 100<sup>0</sup>С, для LiF соответственно при температуре около 350-450<sup>0</sup>С.

#### Конфликт интересов

Не указан

#### Conflict of Interest

None declared

#### Список литературы / References

1. Парфианович И.А. Электронные центры окраски в ионных кристаллах / Парфианович И.А., Пензина Э.Э.. Иркутск: Восточно-Сибирское книж. Изд-во. – 1977 – С. 48.
2. Комолов С.А. Интегральная вторично-электронная спектроскопия поверхности / Комолов С.А. Ленинград. – 1986. – С. 58-66.
3. Щварц К.К. Диэлектрические материалы: Радиационные процессы и радиационная стойкость / Щварц К.К., Экманис Ю.А. Рига. Зинатне. – 1989 – С. 59.
4. Атабаев Б.Г. Дефектообразование и зарядка в тонких слоях KCl/Si(111) при облучении медленными электронами. / Атабаев Б.Г., Гаипов С.Г., Болтаев Н.Н., Хожиев Ш.Т. // Поверхность. – 2000 – №5 – С. 18-22.
5. Хожиев Ш.Т. // Диссертация на соискание учен. степ. канд. физ-мат. наук / Хожиев Ш.Т. Ташкент. Изд. «ФАН». – 2001 – С. 125.
6. Komolov S.A. Surface Sciences / Komolov S.A., Chadderton L.T. – 1979. – V.31. – P.146.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Parfianovich I.A. Elektronnye centry okraski v ionnyh kristallah [Electronic color centers in ionic crystals] / Parfianovich I.A., Penzina E.E. Irkutsk: Vostochno-Sibirskoe knizh. Izd-vo. – 1977 – P. 48. [in Russian]
2. Komolov S.A. Integral'naja vtorichno-elektronnaja spektroskopija poverhnosti [Integral secondary electron spectroscopy of the surface] / Komolov S.A. Leningrad. – 1986. – P. 58-66. [in Russian]
3. Shvartz K. K. Dielektricheskie materialy: Radiazionnye prozessy i radiazionnaja stojkost' [Integral secondary electron spectroscopy of the surface] / Shvartz K. K., Ekmanis Yu.A.. Riga. Zinatne. – 1989 – P. 59. [in Russian]
4. Atabaev B.G. Defektoobrazovanie i zarjadka v tonkih slojah KCl/Si(111) pri obluchenii medlennymi elektronami. [Defect formation and charging in thin layers of KCl/Si (111) under irradiation with slow electrons] / Atabaev B.G., Gaipov S.G., Boltaev N.N., Khojiev Sh.T. Poverhnost'. – 2000 – №5 – P. 18-22. [in Russian]
5. Khojiev Sh.T. Dissertaziya na soiskaniye uchen. step. kand. fiz-mat. nauk [Dissertation for the academic degree PhD] / Khojiev Sh.T. Tashkent. Izd. «FAN». – 2001 – P. 125. [in Russian]
6. Komolov S.A. Surface Sciences / Komolov S.A., Chadderton L.T. – 1979. – V. 31. – P. 146.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.006>**КОНТРОЛЬ НАД ПРОЕКТОМ НА UNITY: ЧАСТЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАЧИНАЮЩИХ РАЗРАБОТЧИКОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Научная статья

**Карелова Р.А.<sup>1,\*</sup>, Коробейников П.С.<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> Нижнетагильский технологический институт (филиал) Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Нижний Тагил, Россия

\* Корреспондирующий автор (riya2003[at]mail.ru)

**Аннотация**

Широкий спектр инструментов кроссплатформенной разработки компьютерных игр делают среду разработки Unity одной из самых популярных на сегодняшний день, в том числе для создания обучающих симуляторов, интерактивных дидактических материалов, систем человеко-машинной коммуникации и т.п. В статье выделены наиболее часто встречающиеся проблемы начинающих разработчиков, связанные с контролем над проектом, в частности, с управлением вызовами методов, заложенных на уровне библиотек Unity, и вызовами ресурсозатратных методов. Предложены пути решения обозначенных проблем.

**Ключевые слова:** unity, проблемы архитектуры, оптимизация, Singleton, разработка игры, скрипты, управление методами.

**UNITY PROJECT CONTROL: FREQUENT PROBLEMS OF BEGINNING DEVELOPERS AND WAYS OF THEIR SOLUTION**

Research article

**Karelova R.A.<sup>1,\*</sup>, Korobejnikov P.S.<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> Nizhny Tagil Technological Institute (branch) of the Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Nizhny Tagil, Russia

\* Corresponding author (riya2003[at]mail.ru)

**Abstract**

A wide range of cross-platform development tools for computer games makes the Unity development environment one of the most popular today, especially for creating training simulators, interactive didactic materials, human-machine communication systems, etc. The paper highlights the most common problems of novice developers related to project control, in particular, with managing method calls implemented at the Unity library level and resource-intensive method calls. The authors propose ways of solving the problems mentioned above.

**Keywords:** unity, software architecture issues, optimization, Singleton, game development, scripts.

**Введение**

Все, кто, так или иначе, сталкивался с разработкой компьютерных игр, знакомы с программным обеспечением, позволяющим облегчить процесс разработки игрового проекта, предоставляя разработчику готовые программные компоненты. Одной из самых популярных для малобюджетных и среднебюджетных компаний по созданию и продвижению игр является среда разработки Unity. Большое количество инструментов для кроссплатформенной разработки, подробная документация, активная поддержка в виде регулярных обновлений позволяют достаточно быстро начать разрабатывать проекты даже тем, кто не является профессиональным программистом. Многие будущие разработчики начинают постигать основы программирования создавая свои первые игры.

Следует отметить, что сегодня среда разработки Unity применяется не только для разработки игр, но и для создания обучающих симуляторов [1], [4], [5], интерактивных дидактических материалов [3], систем человеко-машинной коммуникации для лиц с ограниченными возможностями [2], а также для решения задач реконструкции фасадов зданий [6].

Как и любая среда разработки, Unity имеет свои нюансы при создании и поддержке архитектуры проекта. Многие проблемы, часто встречающиеся в проектах, являются следствием ошибочного восприятия обучающих видео, которые создают для разработчиков Unity. Как правило, в них демонстрируется то, как пользоваться той или иной технологией и игнорируется правильная интеграция её в код проекта. Обучающие видео от сторонних разработчиков чаще всего направлены на лёгкость и скорость, что влечёт за собой дальнейшее построение архитектуры с большим количеством зависимостей и трудностями ее расширения в дальнейшем. Зависимости и отсутствие контроля вызывают усложнённую поддержку проектов, а также увеличивают сроки подключения к ним новых разработчиков. Самой частой проблемой разработчиков Unity является отсутствие контроля над порядком выполнения методов событий, а также неправильный или слишком частый вызов методов, которые негативно сказываются на производительности приложения.

Содержание многочисленных обсуждений на специализированных форумах, а также личный опыт авторов позволили выделить несколько основных проблем, с которыми сталкиваются начинающие программисты Unity.

Первая проблема в указанном контексте, на которую следует обратить внимание, заключается в управлении вызовами методов, которые заложены на уровне библиотек Unity. *MonoBehaviour* является базовым классом, унаследовав который, дочерний класс получает возможность реализации внутренних событий Unity. Класс, который наследуется от *MonoBehaviour*, может реализовывать такие методы как *Update*, вызывающий каждый кадр, *Start*, вызывающийся при инициализации класса, и т.п. (см. Листинг 1).



## Листинг 1. Реализация методов событий

```
using UnityEngine;
public class Test : MonoBehaviour
{
    private void Start()
    {
        // Выполняется при инициализации скриптов
    }

    private void Update()
    {
        // Выполняется каждый кадр
    }
}
```

Данные методы не имеют наследования или переопределения, они заложены на стороне библиотек, которые написаны на C++ и вызываются с помощью рефлексии. Вызов этих функций происходит в неизвестной разработчику иерархии. В Unity нет удобного средства управления последовательностью вызова этих событий. Многие начинающие разработчики пренебрегают решением этой проблемы и используют встроенные методы во всех своих скриптах. Это влечет за собой отсутствие контроля над кодом, что негативно скажется на управлении проектом при его увеличении, а также может вызвать непредвиденные ошибки [10].

Решением данной проблемы является централизация данных методов в одном скрипте, реализовав который появится возможность вручную обновлять необходимые классы и обновлять их состояние. Существует несколько подходов к централизации методов.

Один из подходов заключается в разработке скрипта, сообщающего классам о вызове методов *DontDestroyOnLoad* (см. Листинг 2). Этот метод создает сцену (если таковой еще не существует), которая будет существовать на протяжении всей жизни приложения, пока на ней есть какие-либо объекты, и помещает на эту сцену объект, передаваемый в качестве параметра. После этого в созданном классе нужно создать массив из тех, кто заинтересован в прослушивании событий, и при срабатывании того или иного события, вызывать свой метод, который будет являться аналогом события Unity.

## Листинг 2. Вызов метода DontDestroyOnLoad

```
using UnityEngine;
public class Ticker : MonoBehaviour
{
    private List<IEnvetsListner> _eventListners = new List<IEnvetsListner>();
    private void OnEnable()
    {
        DontDestroyOnLoad(this);
    }

    private void Update()
    {
        foreach(listner in _eventListners)
        {
            listener.Tick(); // Tick является собственным методом, аналог Update
        }
    }

    private void AddEventListener(IEnvetsListner listner)
    {
        _eventListners.Add(listner);
    }
}
```

Плюсом данного подхода является упорядоченность и прямой вызов методов непосредственно из класса, сообщающего о событиях, и отсутствие возможности подписаться на эти события извне. Минусом такого подхода является необходимость связывать выделенную сцену и игровую при их инициализации с помощью *GameObject.Find*. Данный метод выполняет поиск объектов на сцене, осуществляя проход по каждому из них и сравнивая их имена со строкой, передаваемой в качестве параметра (см. Листинг 3).

## Листинг 3. Реализация поиска объекта на сцене

```
using UnityEngine;
public class Test : MonoBehaviour, IEnvetsListner
{

```

```

private Ticker _ticker;
private void Start()
{
    var tickerObj = GameObject.Find("Ticker");
    _ticker = tickerObj.GetComponent<Ticker>();
    _ticker.AddEventListener(this);
}
}

```

Время выполнения данного метода пропорционально количеству объектов на сцене. Данный подход может быть применен, если сцены проекта не перегружены большим количеством объектов.

Другим вариантом решения проблемы является инициализация класса с помощью *DontDestroyOnLoad* и вызов метода с помощью статического класса или паттерна Singleton, на который впоследствии подпишется головной скрипт сцены и будет самостоятельно сообщать другим классам на сцене, что произошло то или иное событие. Плюсом данного подхода является отсутствие прямой зависимости от объектов сцены и их количества. Это же является и его минусом (особенно если над проектом трудится большое количество разработчиков), так как любой скрипт в проекте может подписаться на данные события. Данную проблему можно решить с помощью интерфейса для класса, который будет осуществлять оповещение объектов на текущей сцене о событии Unity. Это позволит ограничить объекты, которые подписаны на данное событие, и отследить классы, которые ошибочно реализуют данный интерфейс.

Второй часто встречаемой проблемой при построении архитектуры игровой сцены является излишний вызов ресурсозатратных методов. Такими, например, являются методы, вызываемые для создания и уничтожения объектов на сцене в течение работы приложения. Метод *Instantiate*, который создаёт объект на сцене, так же как и метод *Destroy*, который удаляет объект со сцены, влекут за собой создание и удаление объектов на уровне кода C++, и такие манипуляции негативно сказываются на времени, затрачиваемом на их выполнение. Даже вызов 10 пустых объектов с небольшой вложенной иерархией занимает много вычислительных ресурсов, что особенно негативно сказывается на производительности, если проект будет запущен на смартфонах (см. Рисунок 1).

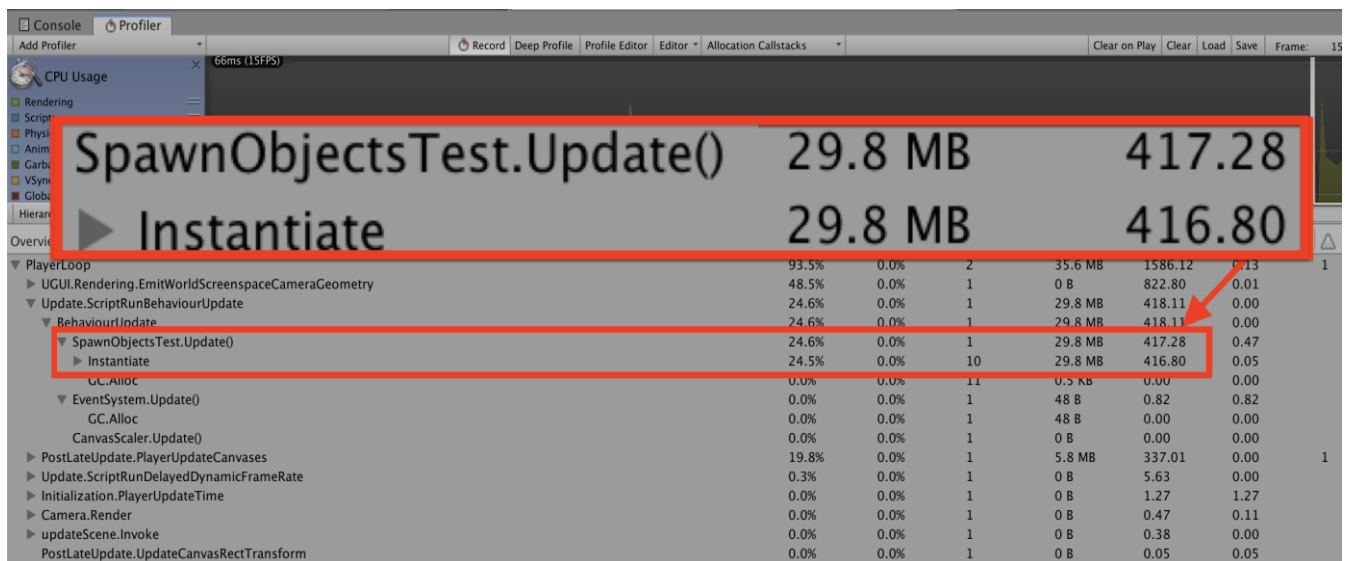


Рис.1 – Затраты на создание пустых объектов

Если на этапе инициализации приложения или сцены этим временем часто можно пренебречь, то во время игрового процесса данную проблему нужно решать заранее. Самый частый способ решения данной проблемы – это создание пула объектов (*GameObjectPool*) (см. Листинг 4) [8], [9]. Вместо удаления со сцены объект помещается в массив ожидания для повторного использования. Если объект необходимо показать снова, он извлекается из массива и снова включается.

#### Листинг 4. Реализация *GameObjectPool*

```

using UnityEngine;
public class GameObjectPool<T> : MonoBehaviour where T : MonoBehaviour
{
    private Stack<T> _pool = new Stack<T>();

    private void GetObjectFromPool()
    {
        var obj = _pool.Pop();
        If (obj == null)
        {
            obj = Instantiate(obj);
        }
    }
}

```

```

    obj.SetActive(true);
    return obj;
}

private void ReleaseObject(T obj)
{
    obj.SetActive(false);
    _pool.Push(obj);
}
}

```

Данный способ имеет один недостаток. При первом обращении к объекту в любом случае вызывается метод *Instantiate*, так как данного объекта еще не существует. Во избежание данной проблемы объекты помещаются в *GameObjectPool* заранее, на этапе инициализации сцены. При реализации данного подхода чаще всего используют статичный класс с методами добавления и изъятия объектов из массива, который заново инициализируют при каждой смене сцены. Самой частой ошибкой при реализации данного подхода является создание единого контейнера для объектов, что вызывает необходимость смены родительского объекта в иерархии сцены. Данная операция зависит от количества дочерних элементов внутри объекта, у которого меняется родительский объект. И чем выше количество вложенных объектов, тем выше время данной операции. Особенно сильно это наносит ущерб производительности, если такая операция происходит внутри *Canvas*. *Canvas* – это объект для интерфейса в Unity, в котором отрисовка зависит не от координат, а от положения объекта в иерархии. Смена иерархии влечёт за собой полную перерисовку всего интерфейса, что пагубно отражается на производительности игры (см. рисунок 2).

Method	Memory (KB)	Time (s)
SpawnObjectsTest.Update()	116.2 KB	12.46
Transform.SetParent	116.2 KB	12.43

Method	Percentage	Memory (KB)	Time (s)
PlayerLoop	87.7%	0.6 MB	62.80
PostLateUpdate.PlayerUpdateCanvases	49.5%	0.5 MB	35.51
Update.ScriptRunBehaviourUpdate	20.2%	116.2 KB	14.43
BehaviourUpdate	20.2%	116.2 KB	14.43
SpawnObjectsTest.Update()	17.4%	116.2 KB	12.46
Transform.SetParent	17.3%	116.2 KB	12.43
EventSystem.Update()	2.8%	0 B	2.02
CanvasScaler.Update()	0.0%	0 B	0.00
UGUI.Rendering.EmitWorldScreenspaceCameraGeometry	9.6%	0 B	6.90
Initialization.PlayerUpdateTime	7.2%	0 B	5.17
Camera.Render	0.3%	0 B	0.22
PostLateUpdate.UpdateRectTransform	0.1%	0 B	0.14
PostLateUpdate.UpdateAudio	0.0%	0 B	0.05
PreUpdate.SendMouseEvents	0.0%	0.6 KB	0.03
EarlyUpdate.UpdateMainGameViewRect	0.0%	0 B	0.02
PostLateUpdate.UpdateAllRenderers	0.0%	0 B	0.01
UpdateScreenManagerAndInput	0.0%	0 B	0.01

Рис. 2 – Затраты на смену родительского объекта

В данном случае лучше не менять родительский контейнер, а отключать объект непосредственно в используемом месте, но также стоит помнить, что вместе с тем уйдёт и централизация отключенных объектов в одном месте. Для решения проблем, связанных с децентрализацией отключенных объектов, нужно заранее выделить контейнер для объектов одного типа. Например, для окон и диалогов стоит выделить контейнер, куда будут помещаться все окна и диалоги при их инициализации, которые будут существовать только в рамках одного родительского объекта.

Третьей проблемой, с которой чаще всего сталкиваются начинающие разработчики на Unity, – это злоупотребление паттерном Singleton [7]. Данный паттерн позволяет создать в проекте класс, который гарантирует, что он будет иметь единственный экземпляр во всём проекте (см. Листинг 5).

Листинг 5. Инициализация класса как Singleton

```

using UnityEngine;

public class Test : MonoBehaviour
{
    public static Test Instance;

    public int Score {get; private set;}

    private void Start()
    {
        if (Instance == null)
        {

```

```

    Instance = this;
}
else
{
    Destroy(gameObject);
}
}
}

```

После создания экземпляра появляется возможность получить доступ к данному классу из любой точки проекта (см. Листинг 6).

Листинг 6. Получение доступа к Singleton

```

using UnityEngine;
public class Test2 : MonoBehaviour
{
    private void SomeAction()
    {
        Test.Instance.Score++;
    }
}

```

Данным подходом чаще всего злоупотребляют новички в программировании, которые начали своё обучение с Unity. Плюсом данного подхода является скорость реализации на ранних этапах создания проекта, а также простота его применения. Минусы же гораздо более весомые в долгосрочной перспективе. Чем больше разрастается проект, тем менее управляемым он становится, так как Singleton порождает большое количество связей в проекте, а также сводит к минимуму контроль над вызовом его методов, так как его методы может вызывать любой класс в проекте. Вместо использования Singleton лучше уделить больше времени на построение архитектуры приложения и применить паттерны проектирования, которые не связывают все объекты с одним классом. Паттерн Singleton может быть очень полезен для прототипирования приложения (так как цикл жизни прототипа очень низкий, а поддержка отсутствует), либо для централизации событий, о которых говорилось ранее.

#### Заключение

Unity является мощным инструментом, благодаря которому можно создавать большие приложения со сложной иерархией, поэтому при работе с ним необходимо уделить особое внимание проработке и построению архитектуры приложения. Учитывая описанные проблемы можно снизить риски, связанные с неуправляемостью кода, а также улучшить производительность за счёт грамотного проектирования и управления сценой.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Список литературы / References

1. Бочкарев Н.А. Подходы к трансформации объектов виртуальных пространств в среде Unity / Н.А. Бочкарев, Р.С. Молотов // Вестник Ульяновского государственного технического университета. – 2016. – №3. – С.38-41.
2. Зенг, В.А. Создание прототипа компьютерного бесконтактного компьютерного интерфейса в Unity 3D / В.А. Зенг // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – Выпуск 12. – С. 480-485.
3. Калиниченко А.В. Интерактивные электронные дидактические средства с когнитивной визуализацией / А.В. Калиниченко // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2017. Т. 17. – № 2. – С. 359–364. DOI: 10.17586/2226-1494-2017-17-2-359-364
4. Матвеев П.О. Особенности моделирования светотехники и звуковых эффектов транспортных средств при разработке обучающих симуляторов в среде Unity / П.О. Матвеев, Р.С. Молотов // Вестник Ульяновского государственного технического университета. – 2016. – № 3. – С. 48-52.
5. Сабанчиев А.М. Система визуализации с использованием виртуальной реальности в комплексе симуляции полета / А.М. Сабанчиев, Т.И. Кулиев // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2018. Т.14. – № 4. – С.80-86. DOI: 10.17122/1999-5458-2018-14-4-80-86
6. Тришин И.Г. Опыт создания программного обеспечения на базе игрового движка Unity 3D для решения задач реконструкции фасадов Георгиевского собора г. Юрьев-Польский (Владимирская область) [Электронный ресурс] / И.Г. Тришин // Историческая информатика. – 2018. – № 2. – С. 68 - 74. – URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=26602](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=26602). DOI: 10.7256/2585-7797.2018.2.26602
7. Hipple R. Three ways to architect your game with ScriptableObjects [Электронный ресурс] / R. Hipple. – URL: <https://unity.com/how-to/architect-game-code-scriptable-objects> (accessed: 12.02.2020)
8. Izzo S. Type-safe object pool for Unity [Электронный ресурс] / S. Izzo. – URL: [https://www.gamasutra.com/blogs/SamIzzo/20180611/319671/Typesafe\\_object\\_pool\\_for\\_Unity.php](https://www.gamasutra.com/blogs/SamIzzo/20180611/319671/Typesafe_object_pool_for_Unity.php) (accessed: 12.02.2020)
9. Placzek M. Object pooling in Unity [Электронный ресурс] / M. Placzek. – URL: <https://www.raywenderlich.com/847-object-pooling-in-unity> (accessed: 12.02.2020)

10. Simonov V. 10000 Update() calls [Электронный ресурс] / V. Simonov. – URL: <https://blogs.unity3d.com/2015/12/23/1k-update-calls> (accessed: 12.02.2020)

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Bochkarev N.A. Podhody k transformacii ob"ektov virtual'nyh prostranstv v srede Unity [Approaches to the transformation of objects of virtual spaces in a Unity environment] / N.A. Bochkarev, R.S. Molotov // Vestnik Ul'yanovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Ulyanovsk State Technical University]. – 2016. – №3. – pp. 38-41. [in Russian].
2. Zeng V.A. Sozdanie prototipa komp'yuternogo beskontaktnogo komp'yuternogo interfejsa v Unity 3D [Prototyping a computer contactless computer interface in Unity 3D] / V.A. Zeng // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki [Bulletin of Tula State University. Technical science]. – 2019. – Vol.12. – pp. 480-485. [in Russian]
3. Kalinichenko A.V. Interaktivnye elektronnye didakticheskie sredstva s kognitivnoj vizualizaciej [Interactive electronic didactic tools with cognitive visualization] / A.V. Kalinichenko // Nauchno-tekhnicheskij vestnik informacionnyh tekhnologij, mekhaniki i optiki [Scientific and technical bulletin of information technologies, mechanics and optics]. – 2017. – № 2. – pp. 359–364. DOI: 10.17586/2226-1494-2017-17-2-359-364 [in Russian].
4. Matveev P.O. Osobennosti modelirovaniya svetotekhniki i zvukovyh efektov transportnyh sredstv pri razrabotke obuchayushchih simulyatorov v srede Unity [Features of modeling lighting and sound effects of vehicles in the development of training simulators in a Unity environment] / P.O. Matveev, R.S. Molotov // Vestnik Ul'yanovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Ulyanovsk State Technical University]. – 2016. – № 3. – pp. 48-52. [in Russian]
5. Sabanchiev A.M. Sistema vizualizacii s ispol'zovaniem virtual'noj real'nosti v komplekse simulyacii poleta [Visualization system using virtual reality in a flight simulation complex] / A.M. Sabanchiev, T.I. Kuliev // Elektrotekhnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy [Electrical and information systems and systems]. – 2018. – № 4. – pp. 80-86. DOI: 10.17122/1999-5458-2018-14-4-80-86 [in Russian].
6. Trishin I.G. Opyt sozdaniya programmno obespечeniya na baze igrovogo dvizhka Unity 3D dlya resheniya zadach rekonstrukcii fasadov Georgievskogo sobora g. YUr'ev-Pol'skij (Vladimirskaaya oblast') [The experience of creating software based on the Unity 3D game engine for solving the problems of reconstruction of the facades of St. George Cathedral in Yuryev-Polsky (Vladimir Region)] [Electronic resource] / I.G. Trishin // Istoricheskaya informatika [Historical computer science]. – 2018. – № 2. – pp. 68 - 74. – URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=26602](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=26602). DOI: 10.7256/2585-7797.2018.2.26602 (accessed: 12.02.2020) [in Russian].
7. Hipple R. Three ways to architect your game with ScriptableObjects [Electronic resource] / R. Hipple. – URL: <https://unity.com/how-to/architect-game-code-scriptable-objects> (accessed: 12.02.2020).
8. Izzo S. Type-safe object pool for Unity [Electronic resource] / S. Izzo. – URL: [https://www.gamasutra.com/blogs/SamIzzo/20180611/319671/Typesafe\\_object\\_pool\\_for\\_Unity.php](https://www.gamasutra.com/blogs/SamIzzo/20180611/319671/Typesafe_object_pool_for_Unity.php) (accessed: 12.02.2020)
9. Placzek M. Object pooling in Unity [Electronic resource] / M. Placzek. – URL: <https://www.raywenderlich.com/847-object-pooling-in-unity> (accessed: 12.02.2020).
10. Simonov V. 10000 Update calls [Electronic resource] / V. Simonov. – URL: <https://blogs.unity3d.com/2015/12/23/1k-update-calls> (accessed: 12.02.2020).

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.007>**ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Научная статья

**Квач С.С.<sup>1,\*</sup>, Квач И.В.<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> Югорского государственного университета, Ханты-Мансийск, Россия

\* Корреспондирующий автор (irina.kvach2015[at]yandex.ru)

**Аннотация**

В данной работе авторы излагают новый подход к организации общетехнической подготовки специалистов по добыче нефти и газа исходя из новых требований, заложенных профессиональным стандартом, а также предопределённых новыми условиями образовательного процесса. Содержание курса строится на основе анализа процессов организации и осуществления ремонтных работ на предприятиях нефтегазовой отрасли. Особенностью предложенного образовательного курса является уникальность его содержания, направленная на минимизацию и достаточность знаний и умений, для выполнения «общетехнических трудовых функций» заданных профессиональным стандартом.

**Ключевые слова:** ремонт оборудования, нефтегазопромысловое оборудование, подготовка специалистов по добыче нефти, профессиональный стандарт 19.007, общетехнические трудовые функции, организация ремонта.

**GENERAL TECHNICAL ISSUES OF OIL FIELD DEVELOPMENT AND OPERATION**

Research article

**Kvach S.S.<sup>1,\*</sup>, Kvach I.V.<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> Ugra state University, Khanty-Mansiysk, Russia

\* Corresponding author (irina.kvach2015[at]yandex.ru)

**Abstract**

The authors describe a new approach to organizing general technical training of specialists in oil and gas production based on the new requirements laid down by the professional standard, as well as predetermined by the new conditions of the educational process. The content of the course is based on an analysis of the processes of organizing and carrying out repair work at oil and gas enterprises. A feature of the proposed educational course is the uniqueness of its content, aimed at minimizing and sufficient knowledge and skills to perform the “general technical labor functions” set by the professional standard.

**Keywords:** equipment repair, oil and gas field equipment, training of specialists in oil production, professional standard 19.007, General technical labor functions, organization of repair.

**Введение**

Одним из основных вызовов современности для нефтегазодобывающей промышленности Российской Федерации и для Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (одного из крупнейших нефтедобывающих регионов мира) является минимизация рисков снижения объемов добычи нефти. Для достижения этой цели необходимо обеспечить безотказную, надежную и безаварийную работу оборудования на всей протяженности комплекса технологических процессов добычи нефти, включая: поисково-разведочные работы, бурение нефтяных скважин, разработку месторождений, эксплуатацию нефтяных скважин, сбор и подготовку скважинной продукции, транспортировку нефтепродуктов и множество других процессов, которые могут проводиться как последовательно, так и параллельно.

Принятый в 2018 году профессиональный стандарт 19.007 «Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата» выдвигает ряд конкретных требований к знаниям, умениям и навыкам специалистов, работающих в сфере нефтегазового дела.

В первую очередь, профстандарт акцентирует внимание на умении специалиста обеспечивать выполнение плановых и аварийных работ по ремонту нефтегазопромыслового оборудования, работ по техническому обслуживанию и ремонту агрегатов нефтегазодобычи, диагностике, осмотру и обследованию оборудования по добыче углеводородного сырья. Исходя из указанного требования, в профстандарте возникают следующие «заданные параметры» специалиста [1]:

- умение осуществлять чтение чертежей и иной технической документации как общего, так и специального назначения;
- знание базовых основ черчения и инженерной графики, основ электротехники, наличие базовых знаний в областях материаловедения, метрологии и стандартизации;
- знание основ организации ремонтного производства, в том числе сварочного производства.

С другой стороны, в условиях трансформации Вузов, возникают новые требования к структуре и содержанию дисциплин. В нашем случае, указанные знания, умения и навыки будущего специалиста необходимо сформировать на протяжении двух семестров, при объёме дисциплины – шесть зачётных единиц (216 часов).

В указанных условиях, задача, поставленная профессиональным стандартом, требует новых подходов к содержательному наполнению учебных курсов.

В данной работе авторы раскроют опробованные в учебном процессе подходы к созданию учебной дисциплины путём объединения в одном учебном курсе материалов из различных отраслей знаний, с целью получения будущим специалистом общетехнических знаний в соответствии с требованием профессионального стандарта.

В прошлые годы, указанные компетенции реализовывались через освоение студентом на различных, порой абсолютно не взаимосвязанных учебных дисциплинах, на разных курсах подготовки, что значительно затрудняло понимание студентом материала. К тому же, данный материал и сам по себе является сложным для студентов направления «нефтегазовое дело», в виду того, что он плохо увязывается со знаниями, получаемыми ими при изучении геологии, дисциплин связанных с изучением процессов бурения, добычи нефти и подготовки нефти.

После выхода из строя детали (узла или агрегата), первоочередные действия специалиста заключаются в изучении технической документации на данную деталь (узел или агрегат). По чертежам, спецификациям и иной технической документации сотрудник должен установить принцип работы оборудования, проанализировать основные возможные частые поломки. Работник должен знать последовательность чтения сборочных чертежей, уметь определять особенности соединения деталей, выделять различные виды посадок. Важно, чтобы специалист, по технологическим картам и чертежам, мог осуществить разборку и последующую сборку узла (машины или агрегата), замену вышедших из строя деталей, а также осуществить необходимое обслуживание: настройку, замену смазки и т.д. Именно на получение указанных знаний, умений и навыков в первую очередь направлен модуль 1 дисциплины.

Важным навыком является умение специалиста установить годность детали – соответствие её параметров заданным технической документацией. Для чего специалист осуществляет необходимые измерения, устанавливает технические параметры детали и сопоставляет их с заданными чертежом, обращая внимание при этом на заданные чертежом поля допусков. Такие навыки требуют знаний и умений в области метрологии, владения основными понятиями в области взаимозаменяемости и стандартизации. Именно этим знаниям посвящён модуль 2 учебного курса.

Следует отметить, что существенное значение в работе нефтегазопромыслового оборудования имеют электрические машины и приводы. В Ханты-Мансийском автономном округе, более 90% скважин оборудованы электроцентробежными насосами, подавляющая часть вспомогательных конвейеров и насосов, редукторы привода станков-качалок, и многие другие единицы техники также оборудованы электроприводом. Все электрические установки предприятий нефтяной и газовой отраслей представляют собой совокупность большого или малого числа сложных или простых электрических цепей. Использование электрической энергии на буровых установках, предприятиях добычи и транспортировки нефти, на газоперерабатывающих станциях способствует повышению технических и экономических показателей производства.

Так, в современной литературе указывают, что себестоимость проходки скважин при бурении их установками с электрическим приводом на 15–20 % ниже, а скорость проходки выше, чем при бурении установками с дизельным приводом [2, С. 3-5].

Для осуществления их ремонта, специалист должен знать основы электротехники, уметь читать электрические схемы, знать принцип работы основных, используемых на предприятиях нефтегазодобычи электрических машин. Отдельные особенности функционирования электрических машин и оборудования, понимание основных принципов их работы студент изучает в модуле 3 учебного курса

Ремонт деталей нефтегазопромыслового оборудования зачастую связан с осуществлением сварки, наплавки, термообработки и иных методов увеличения твёрдости поверхности детали. Квалифицированный специалист, при организации и осуществлении ремонта должен знать марки и основные механические свойства применяемых для изготовления нефтегазопромыслового оборудования конструкционных материалов. Получение указанных знаний студентом запланировано в модуле 4 учебного курса.

Ну и конечно же, крайне необходимы квалифицированному специалисту знания об организации ремонтных процессов, порядках и сроках проведения плановых осмотров и планово-предупредительных ремонтов (ППР), об основах организации и проведения капитальных ремонтов, технической документации оформляемой при этих процессах. Не обходится ремонт и без осуществления работником ряда слесарных операций. Данные знания и умения студент получает в процессе изучения модуля 5 - основы ремонтного и слесарного дела.

### **Основные результаты**

Созданный и предлагаемый ко вниманию учебный курс «Общетехнический курс» базируется на основных знаниях, необходимых при осуществлении операций, выполняемых на реальном производстве и включил в себя следующие, не равновесные по объёму модули:

1. Основы черчения и начертательной геометрии;
2. Основы метрологии, взаимозаменяемости, стандартизации и сертификации;
3. Основы электротехники;
4. Основы материаловедения;
5. Основы ремонтного и слесарного дела.

При изучении каждой последующей темы, студент, в большей или меньшей степени, опирается на знания и умения, полученные при изучении предыдущей темы.

Такой набор модулей обусловлен в первую очередь последовательностью и спецификой осуществления ремонтных работ на производстве.

Представленный учебный курс базируется на основных знаниях, получаемых в общеобразовательной школе на уроках физики и математики, и не базируется на дисциплинах, осваиваемых в Вузе, что даёт возможность его изучения уже на 1 или 2 курсе.

### **Заключение**

Опробованный в течение 2019-2020 учебного года курс, показал высокую его эффективность, как образовательного ресурса, ввиду того, что его практическая направленность предопределяет привлекательность для студентов специальности «нефтегазовое дело». Уникальный набор модулей, позволяет системно и последовательно получить базовые общетехнические знания и навыки обслуживания и ремонта нефтегазопромыслового оборудования заложенные в требованиях профессионального стандарта.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Conflict of Interest**

None declared.

**Список литературы / References**

1. Приказ Минтруда России от 03.09.2018 N 574н "Об утверждении профессионального стандарта "Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата" (Зарегистрировано в Минюсте России 24.09.2018 N 52235) [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации URL <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 21.04.2020)

2. Цылёв П.Н. Электропривод и электрооборудование технологических объектов нефтегазовой отрасли : учеб. пособие / П.Н. Цылёв. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – 192 с.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Prikaz Mintruda Rossii ot 03.09.2018 N 574n "Ob utverzhdenii professional'nogo standart'a "Spetsialist po dobyche nefti, gaza i gazovogo kondensata" (Zaregistrovano v Minyuste Rossii 24.09.2018 N 52235) [Order of the Ministry of Labor of Russia of 09/03/2018, No. 574n "On approval of the professional standard for specialists in the production of oil, gas and gas condensate" (Registered in the Ministry of Justice of Russia on 24.09.2018 No. 52235)] [Electronic resource] // Official Internet portal of legal information URL: <http://www.pravo.gov.ru> [in Russian]

2. Tylev P.N. Elektroprivod i elektrooborudovaniye tekhnologicheskikh ob'yektov neftegazovoy otrasli: ucheb. posobiye [Electric drive and electrical equipment of technological objects of the oil and gas industry: textbook. Allowance] / P.N. Tylev. – Perm: Publishing house Perm. nat. researched Polytechnic University, 2015. – 192 p. (accessed: 21.04.20) [in Russian]



DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.008>

## РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ЭЛЕКТРОНИКЕ: СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Научная статья

Марченко А.Л. \*

ORCID: 0000-0002-1825-0023,

Московский авиационный институт (МАИ), Москва, Россия

\* Корреспондирующий автор (marchenkoal[at]mail.ru)

### Аннотация

Концепция непрерывного образования предполагает наличие или разработку электронных учебно-методических комплексов по учебным дисциплинам бакалавриата и специалитета в области техники и технологий. В статье рассмотрена структура и функциональные возможности компонентов разработанного комплекса УМК-Э2 по электронике, используемого в учебном процессе МАИ. В комплекс включены: унифицированная программа по дисциплине «Электротехника и электроника», электронный курс, лабораторный практикум, варианты курсовых работ, программные тренажеры, тестовые задания и другие электронные образовательные ресурсы, обеспечивающие сопровождение всех видов аудиторных занятий и самостоятельную работу дома обучающихся по неэлектротехническим направлениям подготовки бакалавриата и дипломированных специалистов.

**Ключевые слова:** электронный учебно-методический комплекс, структурные компоненты, электроника, электронный курс, виртуальный лабораторный практикум.

## DEVELOPMENT OF TEACHING MATERIALS ON ELECTRONICS: STRUCTURE AND FUNCTIONAL OPPORTUNITIES

Research article

Marchenko A.L. \*

ORCID: 0000-0002-1825-0023,

Moscow Aviation Institute (MAI), Moscow, Russian

\* Corresponding author (marchenkoal[at]mail.ru)

### Abstract

The concept of lifelong education assumes the presence or development of electronic educational and methodical materials in the academic disciplines of bachelor and master degrees in the field of engineering and technology. The paper discusses the structure and functionality of the components of the developed complex UMK-E2 in electronics, used in the educational process of MAI. The complex includes a unified program in the "Electrical Engineering and Electronics" discipline, an electronic course, a laboratory workshop, course work options, software simulators, test items and other electronic educational resources providing support for all types of class hours and independent work of students in non-electrical specialties of a bachelor and master degrees.

**Keywords:** electronic training materials, structural components, electronics, electronic course, virtual laboratory workshop.

### Введение

Высшее техническое образование по праву признается одной из наиболее авторитетных областей образовательной системы, а подготовка научно-технических и инженерных кадров – ключевым фактором социально-экономического развития страны.

Особенностью современной образовательной политики во многих технических вузах страны является сокращение объема часов на изучение технических дисциплин (вплоть до 1/3 от общего объема в образовательных программах по направлениям подготовки в области техники и технологий) при одновременном увеличении в нем доли самостоятельной работы.

Такой подход не ведет к достижению требуемого уровня знаний обучающихся по неэлектротехническим направлениям подготовки бакалавров и дипломированных специалистов по таким классическим дисциплинам, как Теоретическая механика, Сопротивление материалов, Электротехника и электроника и др.

В этих условиях качественное освоение обучающимися технических дисциплин возможно как за счет актуализации их содержания и технологий обучения, так и повышения эффективности их самостоятельной работы посредством широкого использования электронных учебно-методических комплексов (ЭУМК) по изучаемым дисциплинам (предметных ЭУМК), размещаемых на сайтах вузов, в электронных библиотечных системах (ЭБС), в Яндекс Диска и в других электронных хранилищах.

### Концептуальные основы разработки предметных ЭУМК

Концепция непрерывного образования (life-long learning) предполагает наличие предметных ЭУМК по изучаемым дисциплинам. При этом каждый предметный ЭУМК должен базироваться на соответствующей примерной программе базового курса, написанном на ее основе учебнике и методической системе обучения.

Трудности создания предметных ЭУМК связаны с необходимостью интеграции в единые комплексы электронных образовательных ресурсов (ЭОР), созданных в различных программных средах для работы с конкретным браузером, с учетом разных объемов зачетных единиц на их изучение не менее чем в 15-20-ти направлениях и профилях подготовки в вузе, а также актуализировать их в соответствии с принятой в вузе технологией обучения.

Размещают предметные ЭУМК в многофункциональных системах управления образованием вуза LMS (Moodle, Atutor, e-Learning XHTML Editor, WebCT и др.).

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 55751-2013 [1] нами разработан электронный комплекс УМК-Э2 по электронике, в основу разработки которого положена унифицированная программа дисциплины трудоемкостью 8 зачетных единиц (288 ч), с учетом которой написан и издан учебник «Электротехника и электроника» в двух томах: том 1 «Электротехника» [2] и том 2 «Электроника» [3] с размещением их текстов в формате .pdf в ЭБС znanium.com НИЦ ИНФРА-М, а также в электронных комплексах УМК-Э1 по электротехнике (840 МБ) [4], [5] и УМК-Э2 по электронике (800 МБ) [6].

### Структура комплекса УМК-Э2 по электронике

Стартовая страница комплекса УМК-Э2 представлена на рис. 1. В первой строке сверху экрана дисплея выведены браузером Internet Explorer данные комплекса УМК-32. Во второй строке экрана, кроме названия электронного курса ЭЛЕКТРОНИКА, размещены кнопки команд: Содержание (названия глав курса), ГОСТы (список ГОСТов, относящихся к электронике), Вспомогательные программы.

Для удобства навигации в следующей строке выведены кнопки названий компонентов УМК-Э2: Программа дисциплины, Электронный курс, Упражнения, Лабораторные работы, Курсовые работы, Тренажеры, Тесты, Калькулятор, Озвучивание, Авторские ЭОР, Темы рефератов.



Рис. 1 – Стартовая страница комплекса УМК-Э2 по электронике

После щелчка мышью на одном из компонентов записанная в нем информация выводится ниже строк команд в два поля экрана: в левое – меню данного раздела, а в правое (рабочее) поле – учебный или справочный материал.

Переход на любой параграф главы компонента **Электронный курс** осуществляется с помощью меню, расположенного в левом поле (рис. 2), на любой кадр (подпункт) параграфа – с помощью древовидной структуры, разворачивающейся в левом поле (см. параграф 6.3 в левом поле рис. 2) после щелчка мышью на правой кнопке, находящейся в этом же поле выше названия глав курса (после щелчка мышью на левой кнопке в левом поле остаются только ссылки на параграфы); вывод в рабочее поле необходимой последовательности кадров параграфа – с помощью кнопок **ВПЕРЕД** и **НАЗАД**, расположенных внизу кадров, а переход на новую главу – с помощью кнопок меню, расположенных ниже рабочего поля.

**ЭЛЕКТРОНИКА** Содержание | ГОСТы | Вспомог. программы | 11

Программа дисциплины | Электронный курс | Упражнения | Лаб. работы | Курсовые работы | Тренажёры | Тесты | Калькулятор | Озвучивание | Авторские ЗОР | Темы рефератов

**Тема 6. ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

- 6.1. Логические основы цифровых устройств (ЦУ)
- 6.2. Логические элементы (ЛЭ) и схемы
- 6.3. Приведение ЛЭ к единому базису**
  - 6.3.1. Методы приведения ЛЭ к единому базису
  - 6.3.2. Несовпадение типа ЛЭ
  - 6.3.3. Несовпадение числа входов ЛЭ**
- 6.4. Минимизация ФАП
- 6.5. Функционирование и классификация ЛУ
- Контрольные вопросы и упражнения
- Лр29. Логические элементы и схемы

### 6.3.3. Несовпадение числа входов логических элементов

При решении этой задачи **число входов** реального элемента может быть **больше или меньше требуемого**. В первом случае можно воспользоваться соотношениями строки 1 или строки 3 (см. табл. 6.6). В качестве примера на рис. 6.7 представлены три варианта выполнения операции 2И-НЕ на элементе 3И-НЕ. При этом тип 3-входового элемента не имеет значения.

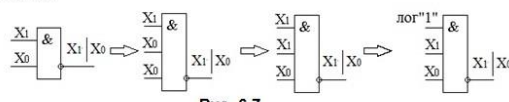


Рис. 6.7

Во втором случае, когда **число входов** базового элемента **меньше необходимого**, можно либо с использованием соотношений алгебры логики **преобразовать** исходное выражение к требуемому виду, либо **дважды инвертировать** часть выражения, содержащего требуемое число переменных.

Приведем **3-входовые элементы к 2-входовому**:

$$X_2 | X_1 | X_0 = \overline{\overline{X_2} \cdot \overline{X_1} \cdot \overline{X_0}} = \overline{\overline{X_2} \cdot \overline{X_1}} \cdot \overline{X_0} = X_2 | X_1 | \overline{X_0}, \quad (6.7)$$

$$X_2 \downarrow X_1 \downarrow X_0 = \overline{X_2 + X_1 + X_0} = \overline{X_2 + X_1} \cdot \overline{X_0} = \overline{X_2} \downarrow \overline{X_1} \downarrow X_0. \quad (6.8)$$

Для **четырёх переменных** можно записать:

$$X_3 | X_2 | X_1 | X_0 = \overline{\overline{X_3} \cdot \overline{X_2} \cdot \overline{X_1} \cdot \overline{X_0}} = \overline{\overline{X_3} \cdot \overline{X_2}} \cdot \overline{X_1} \cdot \overline{X_0} = \overline{X_3} \downarrow \overline{X_2} | X_1 | \overline{X_0}. \quad (6.9)$$

Из выражений (6.7)-(6.9) можно сделать вывод, что **уменьшение количества входов элементов ФАП до заданного, ведет к усложнению технической реализации устройства.**

← НАЗАД → ВПЕРЕД

Введение | Глава 1 | Глава 2 | Глава 3 | Глава 4 | Глава 5 | Глава 6 | Глава 7 | Глава 8 | Глава 9 | Глава 10 | Глава 11 |

Рис. 2 – Интерфейс страницы компонента Электронный курс (Глава 6)

### Функциональные возможности компонентов УМК-32

**Электронный курс.** Ядром комплекса УМК-Э2 по электронике является компонент Электронный курс (практически дублирующий в виде нескольких сот кадров тексты тома 2 «Электроника»), разработанный с использованием языка разметки HTML (см. рис. 2).

Ввод в оболочку подготовленных фрагментов текста, рисунков, сложных формул, тестовых заданий, файлов озвучивания элементов модуля и др. выполнен непосредственно с клавиатуры с помощью редактора Блокнот.

Для этого предварительно тексты глав модуля разбивались на фрагменты (будущие кадры), равными 80-90 % площади рабочего поля экрана вычислительного устройства ВУ (ноутбука, нетбука, персонального компьютера и др.) или более на 10-15 % в случае необходимости логического завершения рассматриваемого вопроса или задания.

Фрагменты текста в формате с расширением .doc записывались в файлы в виде web-страниц в редакторе MS Word. Графический материал и сложные формулы преобразовывались в редакторе Paint в файлы с расширением .pdf. Аннотации и названия глав, параграфов, упражнений, таблиц озвучены дикторами программ ВУ чередующимися женским и мужским голосами.

Особенностью кадров электронного курса, а также кадров других компонентов комплекса УМК-Э2 по электронике, является цветовое выделение: названий кадров – цветом darkblue; дефиниций, технических терминов, названий элементов, устройств и т.д. – цветом red; их определений, назначений элементов, устройств и т.п. – цветом blue; основного текста, формул и рисунков – цветом black (см. рис. 2). Реже выделены цветом blue или другим цветом начальные или заключительные абзацы кадров.

По мнению обучающихся такое представление учебного материала на экране ВУ, вместо одноцветного (обычно черного цвета), меньше утомляет зрение, акцептирует внимание к определению терминов или назначению элементов, их свойств и характеристик, что особенно важно при подготовке к тестированию и к экзамену.

### Упражнения

Упражнения размещены после соответствующих кадров теоретического материала компонента **Электронный курс**. Они также сгруппированы по главам (рис. 3), названия которых выводятся в левое поле экрана монитора после щелчка мышью на кнопке **Упражнения** командной строки. После выбора названия главы и номера упражнения, его задание с решением выводится в правое поле монитора. Изучив алгоритм его решения, таким же образом на экран монитора вызываются упражнения с подобными заданиями для расчета или синтеза электронных схем.

## Упражнение 6.12

Синтезировать логическую схему устройства в базисе 4ИЛИ-НЕ по полученной в упражнении 6.2 логической функции  $F(X)$ .

**Решение.**

1. Базисные элементы 4ИЛИ-НЕ размещаем от входа к выходу согласно их расположению в функции  $F(X)$ . Слева располагаем три инвертора  $DD_3, DD_1, DD_0$ , к соединенным входам которых подаются сигналы  $X_3, X_1$  и  $X_0$  (рис. 6.16).

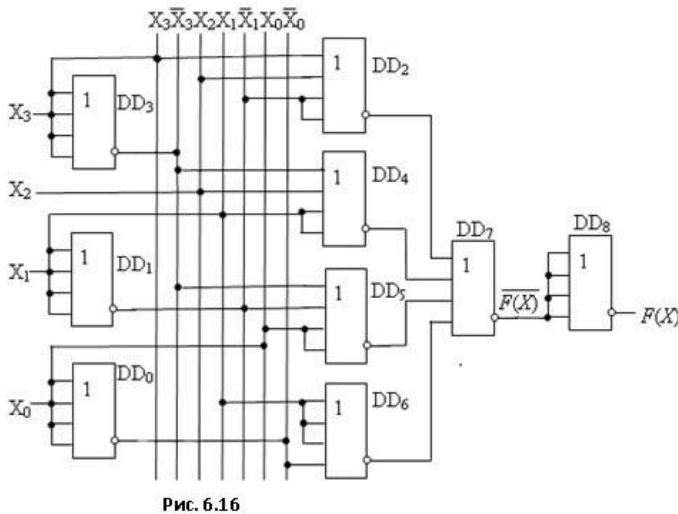


Рис. 6.16

2. Входы  $X_3, X_1$  и  $X_0$  и непосредственно вход  $X_2$ , а также инверсные выходы инверторов **соединяем** с соответствующими проводами:  $X_3, \bar{X}_3, X_2, X_1, \bar{X}_1, X_0, \bar{X}_0$  вертикально расположенной шины. Согласно ФАЛ  $F(X)$  к этим же проводам **подключаем** входы четырех базисных элементов  $DD_2, DD_4, DD_5, DD_6$ , а их выходы **соединяем** с входами элемента  $DD_7$ , на выходе которого **получаем** инверсную функцию  $F(X)$ . Для получения неинверсной функции  $F(X)$  к выходу элемента  $DD_7$  **подключаем инвертор**  $DD_8$ .

**Примечание.** Входы одноименных переменных элемента 4ИЛИ-НЕ соединяют между собой и к ним подводят один проводник.

Рис. 3 – Интерфейс компонента Упражнения (Упражнение 6.12)

## Лабораторные работы

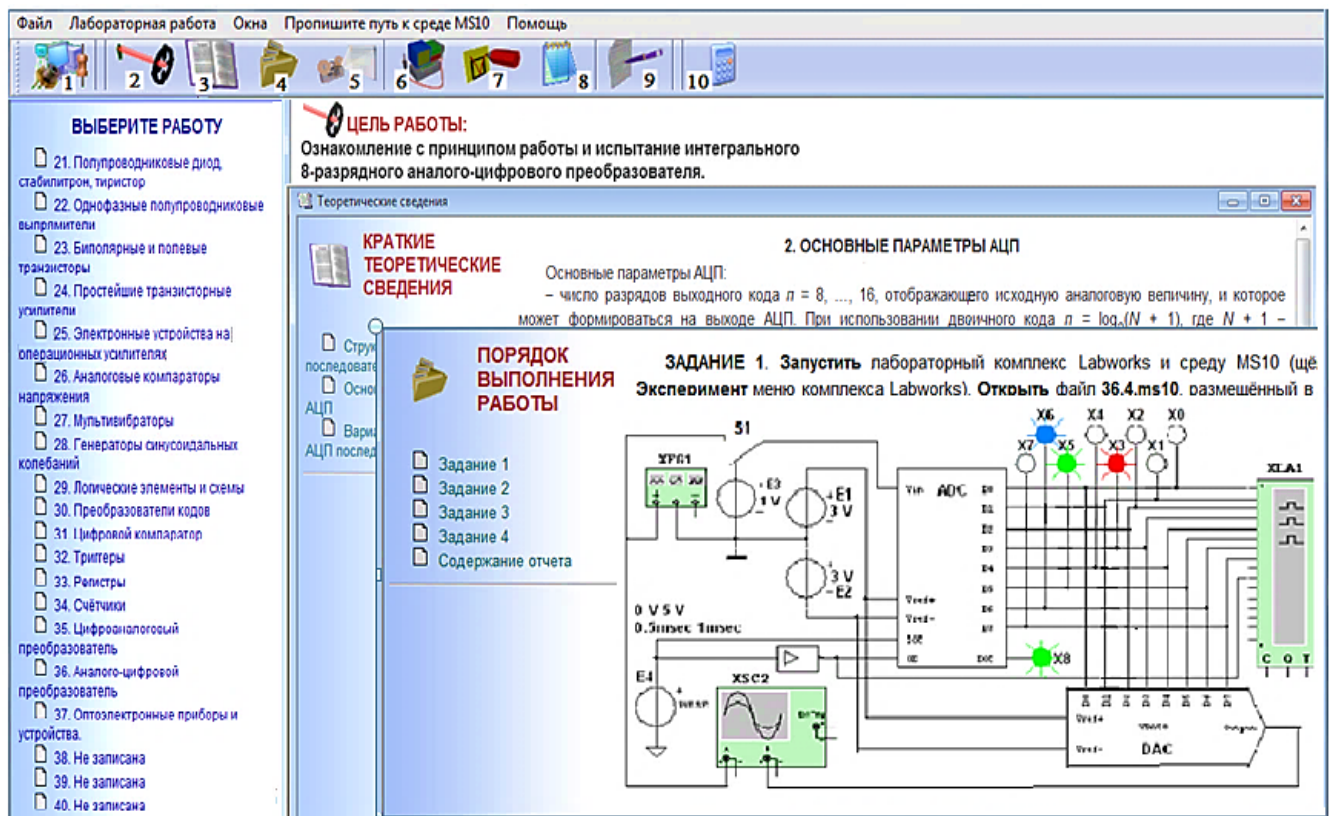
Лабораторный практикум является важнейшим компонентом ЭУМК по технической дисциплине.

В качестве средства моделирования и испытания электронных устройств выбрана программная среда NI Multisim v. 10 (MS10), в которой смоделировано сорок схем устройств для проведения 17-ти виртуальных лабораторных работ, охватывающих практически все изучаемые темы модуля «Электроника».

В качестве примера на рис. 4 приведены фрагменты страниц лабораторной работы №36 «Испытание аналого-цифрового преобразователя».

Лабораторные работы выполняются в программной среде **LabWorks** [7], [8]. В описании каждой работы сформулирована ее цель, приведены краткие теоретические сведения по теме работы, индивидуальные задания на расчет и моделирование схемы в среде MS10, даны рекомендации по проведению экспериментов, обработке полученных данных и оформлению отчета с использованием шаблона электронной тетради [9].





**Контрольный режим**

**ЗАДАНИЕ**  
Собрать схему цифрового устройства и заполнить таблицу 3 состояниями сумматора SM при подаче заданной последовательности входных сигналов (кодов cba = 1,3,4,6,7), входных данных мультиплексора MS и начальных значений счетчиков CT1 и CT2 (см. таблицу 1)

Оставшееся время: **18:37**  
 Фамилия: **Иванов**  
 Имя: **Михаил**  
 № группы: **T10-3-213**  
 Оценка: **3** (набранно: 15 из 20 возможных баллов)  
 Дата: **21.03.2020**

**Таблица 1**

Подключение MS		Входы DC			Подключение выходов DC к входам				Подключение входов MS к выходам						Начальное значение:	
Адрес	Данные	4	2	1	CT1		CT2		CT1		CT2				CT1	CT2
A1 A0	D3...D0	4	2	1	C	R	C	R	A4	A2	A1	B4	B2	B1	CT1	CT2
b c	15	b	a	c	MS	1,3	0,5,7	a,b,c	Q2	0	Q1	Q2	0	Q1	5	7

**Таблица 3**

Мультиплексор		Счетчики		Сумматор SM	
MS: 0 1	CT1	0 1	0 1	0 1	0 1
D3 ○ ○	5	A4 ○ ○	B4 ○ ○		
D2 ○ ○		A2 ○ ○	B2 ○ ○		
D1 ○ ○		A1 ○ ○	B1 ○ ○		
D0 ○ ○	7				

Рис. 5 – Страница тренажера Э5 для анализа цифровых схем (Контрольный режим)

Тренажер Э5 функционирует в двух режимах: тренировочном (с выводом ошибок и с подсказками по их исправлению) и контрольном. При работе в тренировочном режиме оценивается каждое действие обучающегося при выполнении этапов задания, и он не допускается к выполнению следующего этапа задания, если в предыдущем выполненном им этапе при программной проверке выявлены ошибки, отмеченные красным цветом. Он может многократно выполнять этап задания без ограничения времени, до устранения ошибок.

В контрольном режиме обучающийся выполняет задание в течение ограниченного времени без подсказок с выводом интегральной оценки за выполнение всех операций задания в баллах, вычисленных как отношение правильно выполненных операций к общему числу необходимых действий (см. рис. 5, справа).

В программе тренажера предусмотрена возможность добавления администратором или преподавателем (с правами администратора) в базу данных неограниченного числа вариантов задания.

### Тесты

В комплексе УМК-Э2 реализован системный подход к контролю уровня освоения изучаемой дисциплины:

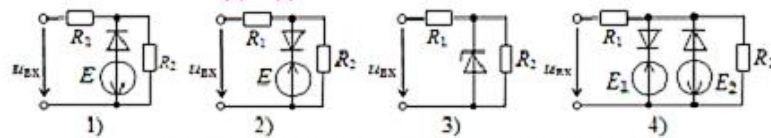
- \* проверяется подготовленность обучающихся к изучению электроники: они должны пройти входное тестирование по физике и математике с тем, чтобы по результатам их уровня подготовленности выбрать соответствующую технологию обучения;

- \* оценивается уровень освоения разделов модуля посредством проведения в семестре четырех рубежных сессий тестирования в тестовой системе UTIS, а перед экзаменом – итоговое тестирование по модулю «Электроника», по 30-ти заданиям в тесте, выбираемых из базы, содержащей 120 тестовых заданий, в основном, в закрытой форме (на опознание, различение, соответствие, на решение (в один или в два этапа) типовых задач модуля) и, частично, в открытой форме (рис. 6).

Тестовая система UTIS включает три функциональных компонента: UTISB-конструктор, UTISE-экзаменатор и UNIS.DLL – динамическая библиотека с функцией кодирования и декодирования данных; четыре теста по электронике (по 30 тестовых заданий в каждом тесте), а также пакеты по математике и физике, в которых по 80 заданий.

Воспользовавшись тестовыми заданиями и программой UTIS, обучающиеся в любой момент могут проверить уровень освоения теоретического материала, умения решать типовые задачи, подготовленность к выполнению лабораторных работ, к рубежным и к итоговому тестированию по модулю «Электроника»

### 1. Соответствие между схемами на полупроводниковых диодах и их названиями:



- |                                     |                                     |                                     |                                     |  |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | ограничитель с ограничением снизу;       |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | параметрический стабилизатор напряжения; |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | двухсторонний ограничитель;              |
| <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | ограничитель с ограничением сверху.      |

2. Баланс амплитуд в схеме устройства с коэффициентом усиления  $K_u = 0,5$  и с обратной связью (ОС), будет при коэффициенте ОС  $\beta$ , равном: \_\_\_\_ [Эталон: 2]

3. Десятичный эквивалент двоичного кода на выходе 8-разрядного АЦП при напряжениях:  $U_{0,max} = 2$  В,  $-U_{0,min} = -2$  В и  $U_{вх} = 0,5$  В равен: \_\_\_\_ [Эталон: 32]

4. Тип усилителя, у которого коэффициент усиления по напряжению меньше единицы:

- ☐ транзисторный усилитель в схеме с ОЭ;
- ☒ транзисторный усилитель в схеме с ОК;
- ☐ дифференциальный усилитель.

5. Минимально необходимые значения эталонных напряжений  $\pm U_0$  в вольтах для преобразования в бинарные коды синусоидального напряжения  $u_{вх}(t) = 1,41 \sin \omega t$  равны: \_\_\_\_ [Эталон:  $\pm 2$ ]

Рис.6 – Типовые тестовые задания по модулю «Электроника»

#### Калькулятор

Электротехнический калькулятор ElCalc [13] предназначен для использования при расчёте параметров и характеристик схем электронных устройств при выполнении курсовых и лабораторных работ, на практических занятиях и при проведении сессий тестирования.

В программе ElCalc реализовано (рис. 7):

\* вычисление унарных операций (над одной переменной) и бинарных (над двумя переменными) с действительными и комплексными числами (функциями), а результат выполнения операции выводится в алгебраической и показательной формах и одновременно отображается в виде вектора в комплексной плоскости и синусоид с соответствующими начальными фазами во временной области;



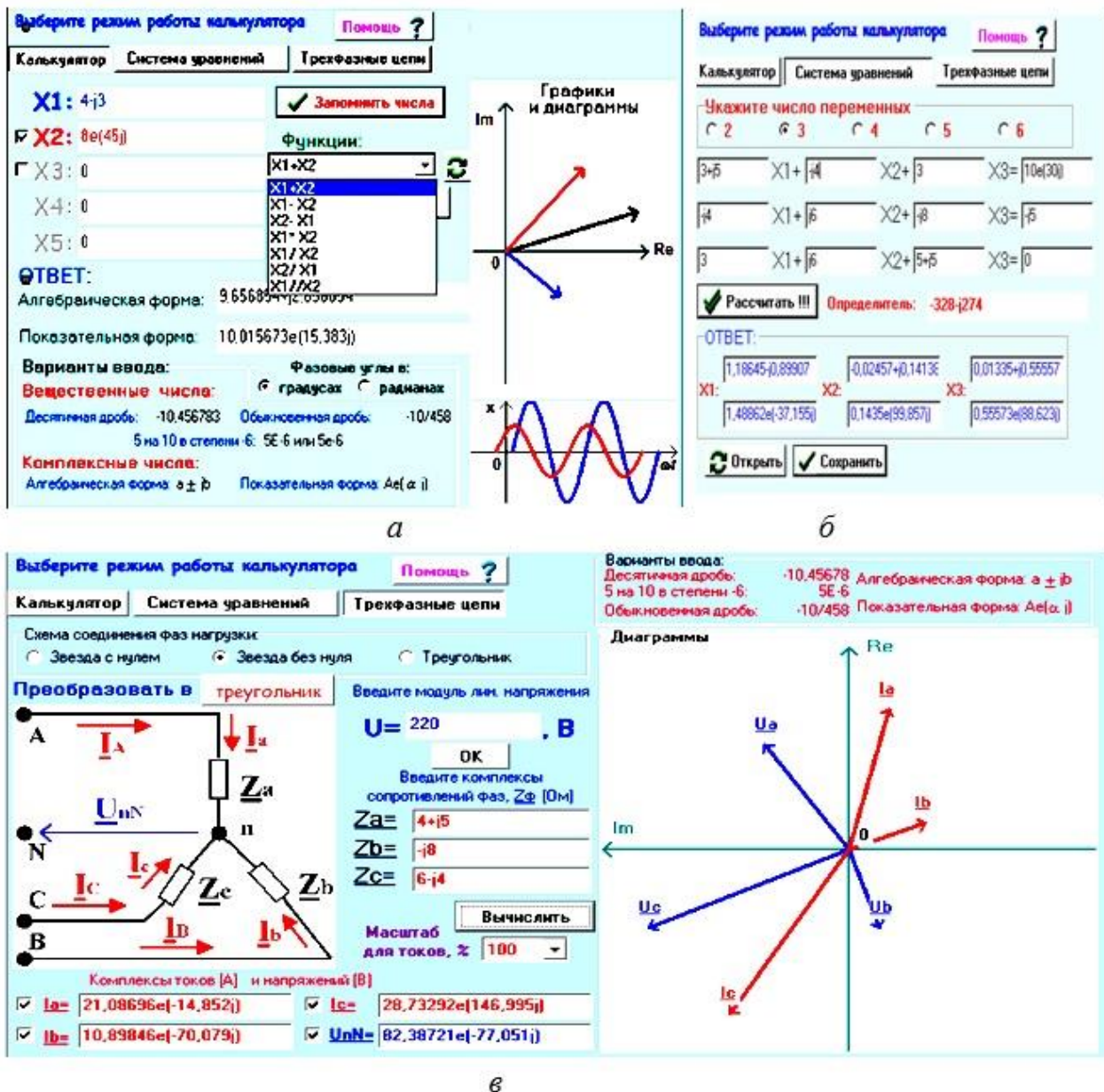


Рис. 7 – Интерфейсы модулей калькулятора ElCalc:  
а – калькулятор; б – системы уравнений; в – трёхфазные цепи

\* решение системы уравнений 2-й...6-й степени с действительными и комплексными коэффициентами с выводом значения определителя системы и всех искоемых комплексных функций в алгебраической и показательной формах записи;

\* вычисление и отображение в комплексной плоскости фазных и линейных токов, фазных напряжений трёхфазного приёмника электрической энергии (фазы которого соединены по схемам: звезда с нулём, звезда без нуля или треугольник), включая аварийные режимы (короткое замыкание и обрыв фаз(ы)).

#### Программные инструментальные средства

При разработке структуры и конкретной программной реализации интерфейсов компонентов УМК-Э2 использовалась операционная система Windows и следующие программные среды:

- \* язык разметки гипертекста HTML с использованием редактора Блокнот (авторский инструментальный для создания предметных УМК, программа дисциплины, электронный курс);
- \* среда Borland C++ Builder (программы LabWorks, ElCalc и др.);
- \* среда схемотехнического моделирования NI Multisim v. 10.1 (модели схем цепей электронных приборов и устройств);
- \* кроссплатформенная среда Qt-Creator (тренажер Э5 для анализа цифровых схем);
- \* язык Delphi (тестовая система UTIS);
- \* текстовые редакторы MS Word, Adobe Acrobat.

#### Минимальные требования к компьютеру

Для корректного отображения на экране дисплея текстовых файлов со встроенными графическими объектами, подготовленными с использованием языка разметки гипертекста HTML, C++ и др., компьютер должен соответствовать следующим минимальным требованиям: тип: IBM PC, OS Windows 8, браузер Internet Explorer 9,



Adobe Acrobat Reader 9.0, 1024 МБ свободного дискового пространства, 1024 МБ оперативной памяти, CD-ROM, дисплей 17": 1280x1024 (1280x800 на ноутбуке).

Отладка всех программ УМК-Э2 проводилась на компьютерах IBM PC с OS Windows 7 или 8 и с установленными средами (программами): Internet Explorer 9; Adobe Acrobat Reader 9.0; NI Multisim v. 10 или v. 11.

#### **Отличительные особенности и ограничения использования комплекса УМК-Э2 по электронике**

Отличительной особенностью комплекса УМК-Э2 по электронике является целостность продукта, созданного в авторской среде разработки предметных ЭУМК, обеспечивающей сопровождение всех видов аудиторных занятий по модулю «Электроника» и работу студента дома, в частности:

- \* понятный и простой интерфейс (никаких скрытых меню и сложных приложений);
- \* удобство навигации;

\* отображение разным цветом текстов абзацев электронного курса и озвучивание названий компонентов комплекса (аннотаций, параграфов и кадров модуля), с синхронизаций голосов дикторов с выводом текстов аннотаций глав модуля на экран дисплея в виде бегущей строки.

Ограничения использования комплекса УМК-Э2 по электронике связаны с другим программным обеспечением и аппаратной частью рабочих станций вычислительных устройств и с другим установленным браузером.

#### **Заключение**

Развитие информационно-коммуникационных технологий ведет к кардинальному изменению вузовской образовательной системы, что отразилось в федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования (ФГОС ВО) последнего поколения.

В частности, для реализации требований ФГОС ВО к учебно- методическому и информационному обеспечению основных образовательных программ направлений подготовки необходимо пересматривать и ежегодно обновлять рабочие программы (соответственно содержание) дисциплин учебных планов с разными объемами как общих часов на их изучение, так и часов по видам занятий.

Выполнение указанных требований, относящихся к электротехническим дисциплинам учебных планов, выполняется посредством несложной переработки электронных УМК-Э1 по электротехнике [5] и УМК-Э2 по электронике [6].

Пользовательский интерфейс УМК-Э2 по электронике максимально прост и понятен, и может использоваться в качестве инструментария для разработки ЭУМК по другим техническим дисциплинам.

#### **Конфликт интересов**

Не указан.

#### **Conflict of Interest**

None declared.

#### **Список литературы / References**

1. ГОСТ Р 55751-2013. Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Электронные учебно-методические комплексы. Требования и характеристики. – Введ. 2013.11.08. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
2. Марченко А.Л. Электротехника и электроника. Учебник: в 2 т. Т. 1: Электротехника. / Марченко А.Л., Опадчий Ю.Ф. // – М.: ИНФРА-М, 2015, 2020. – 574 с.
3. Марченко А.Л. Электротехника и электроника. Учебник: в 2 т. Т. 2: Электроника. / Марченко А.Л., Опадчий Ю.Ф. // – М.: ИНФРА-М, 2019. – 391 с.
4. Марченко А.Л. Разработка учебно-методического комплекса по электротехнике. / Марченко А.Л. // – Екатеринбург: Международный научно-исследовательский журнал INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL. Технические науки. №10 (52), Октябрь 2016, часть 2. – С. 86-92.
5. Марченко А.Л. УМК-Э1 (учебно-методический комплекс по электротехнике). Свидетельство о регистрации электронного ресурса в ОФЕРНиО №24117 от 24.06.2019.
6. Марченко А.Л. УМК-Э2 (учебно-методический комплекс по электронике). Свидетельство о регистрации электронного ресурса в ОФЕРНиО №24181 от 09.09.2019.
7. Беневоленский С.Б., Марченко А.Л., Освальд С.В. Программный комплекс LabWorks. Свидетельство о регистрации в ОФАП №5876 от 20.03.2006. Номер гос. регистрации в ВНИИЦ ФАПО 50200600397 от 22.03.2006.
8. Марченко А.Л. Лабораторный практикум по электротехнике и электронике в среде Multisim. Учебное пособие для вузов (+ CD). / Марченко А.Л., Освальд С.В. // – М.: ДМК Пресс, 2010. – 448 с.
9. Марченко А.Л., Освальд С.В., Воробьев С.С. Электронная тетрадь отчета по лабораторной работе по электротехнике и электронике. Свидетельство о регистрации электронного ресурса в ОФЕРНиО №00030 от 02.06.2009.
10. Марченко А.Л. Электротехника и электроника: курсовые работы с методическими указаниями и примерами [Электронный ресурс] / Марченко А.Л., Опадчий Ю.Ф. URL: znanium.com 2015. – 105 с. (дата обращения: 31.03.2020).
11. Марченко А.Л. Частотные фильтры: пассивные, активные и цифровые. Учебное методическое пособие. / Марченко А.Л. // – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – 166 с.
12. Марченко А.Л. Тренажер Э5 для анализа цифровых схем. Свидетельство о регистрации электронного ресурса в ОФЕРНиО №22131 от 06.09.2016. / Марченко А.Л., Опадчий Ю.Ф., Шульгин Д.А
13. Марченко А.Л. Электротехнический калькулятор. Свидетельство о регистрации в ОФАП №3975 от 27.10.2004 г. / Марченко А.Л., Куракин А.С. Номер гос. регистрации в ВНИИЦ ФАПО 50200401285 от 15.11.2004.
14. Qt Creator и его стиль оформления [Электронный ресурс] URL: <http://qt-project.org/forums/viewthread/16938> (дата обращения: 31.03.2020).

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. GOST R 55751-2013. Informatsionno-kommunikatsionnyye tekhnologii v obrazovanii. Elektronnyye uchebno-metodicheskiye komplekсы. Trebovaniya i kharakteristiki [Information and communication technologies in education. Electronic training complexes. Requirements and specification]s. – Enter. 2013.11.08. – М.: Standartinform, 2014. – 12 p. [in Russian]
2. Marchenko A.L. Elektrotekhnika i elektronika. Uchebnik: v 2 t. T. 1: Elektrotekhnika. [Electrical and Electronics. Textbook: in 2 vols. V. 1: Electrical Engineering.] / Marchenko A.L., Opadchiy Yu.F. // М.: INFRA-M, 2015, 2020. – 574 p. [in Russian]
3. Marchenko A.L. Elektrotekhnika i elektronika. Uchebnik: v 2 t. T. 2: Elektronika. [Electrical and Electronics. Textbook: in 2 vols. V. 2: Electronics] / Marchenko A.L., Opadchiy Yu.F. // М.: INFRA-M, 2019. – 391 p. [in Russian]
4. Marchenko A.L. Razrabotka uchebno-metodicheskogo kompleksa po elektrotekhnike. [Development of training materials in electrical engineering] / Marchenko A.L. // Yekaterinburg: Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. Tekhnicheskiye nauki [Yekaterinburg: International research journal. Technical science. – No. 10 (52), – October 2016. – Part 2. – P. 86-92. [in Russian]
5. Marchenko A.L. UMK-E1 (uchebno-metodicheskiy kompleks po elektrotekhnike). Svidetel'stvo o registratsii elektronnoy resursa v OFERNiO [UMK-E1 (educational-methodical complex for electrical engineering). Certificate of registration of an electronic resource in OFERNiO] No. 24117 of: June 24, 2019. [in Russian]
6. Marchenko A.L. UMK-E2 (uchebno-metodicheskiy kompleks po elektronike). Svidetel'stvo o registratsii elektronnoy resursa v OFERNiO [UMK-E2 (educational-methodical complex for electronics). Certificate of registration of electronic resource in OFERNiO] No. 24181 of 09.09.2019. [in Russian]
7. Benevolensky S.B., Marchenko A.L., Oswald S.V. Programmnyy kompleks LabWorks. Svidetel'stvo o registratsii v OFAP [LabWorks software package. Certificate of registration in OFAP] No. 5876 dated 03/20/2006. State number Registration at the All-Russian Scientific Research Center of Scientific and Technical Information FAPO 50200600397 Accessed: 03.22.2006. [in Russian]
8. Marchenko A.L. Laboratornyy praktikum po elektrotekhnike i elektronike v srede Multisim. Uchebnoye posobiye dlya vuzov (+ SD). [Laboratory workshop on electrical engineering and electronics in the environment of Multisim. Textbook for universities (+ CD).] / Marchenko A.L., Oswald S.V. // – М.: DМК Press, 2010. – 448 p. [in Russian]
9. Marchenko A.L., Oswald S.V., Vorobyov S.S. Elektronnaya tetrad' otcheta po laboratornoy rabote po elektrotekhnike i elektronike. Svidetel'stvo o registratsii elektronnoy resursa v OFERNiO [Electronic notebook report on laboratory work in electrical engineering and electronics. Certificate of registration of electronic resource in OFERNiO] No. 00030 dated 02.06.2009. [in Russian]
10. URL: [znanium.com/](http://znanium.com/) Marchenko A.L., Opadchiy Yu.F. Elektrotekhnika i elektronika: kursovyye raboty s metodicheskimi ukazaniyami i primerami (data obrashcheniya [Electrical and Electronics: term papers with guidelines and examples] (Accessed: 03/31/2020). 2015. – 105 p. [in Russian]
11. Marchenko A.L. Chastotnyye fil'try: passivnyye, aktivnyye i tsifrovyye. Uchebnoye metodicheskoye posobiye [Frequency filters: passive, active and digital. Training manual] / Marchenko A.L. // – М.: Hot line – Telecom, 2017. – 166 p. [in Russian]
12. Marchenko A.L., Opadchiy Yu.F., Shulgin D.A. Trenazher E5 dlya analiza tsifrovyykh skhem. Svidetel'stvo o registratsii elektronnoy resursa v OFERNiO [E5 simulator for the analysis of digital circuits. Certificate of registration of electronic resource in OFERNiO] No. 22131 of 09/06/2016. [in Russian]
13. Marchenko A.L., Kurakin A.S. Elektrotekhnicheskii kal'kulyator. Svidetel'stvo o registratsii v OFAP [Electrotechnical calculator. Certificate of registration in OFAP] No. 3975 of October 27, 2004. State number. Registration at the All-Russian Scientific Research Center for Scientific and Technical Information FAPO 50200401285 of November 15, 2004. [in Russian]
14. Qt Creator I yego stil' [Qt Creator and its design style] [Electronic resource] URL: <http://qtproject.org/forums/viewthread/16938> (accessed: 03/31/2020). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.009>**ИССЛЕДОВАНИЕ САНИТАРНО ГИГИЕНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЛИМЕРНОЙ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ НАПОЛНЕННОЙ КРАХМАЛОМ**

Научная статья

**Мяленко Д.М.<sup>1,\*</sup>, Михайленко П.Г.<sup>2</sup>, Головань Н.С.<sup>3</sup>**<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-6342-7218;<sup>2</sup> ORCID: 0000-0002-0085-0801;<sup>3</sup> ORCID: 0000-0003-3778-421;<sup>1, 2, 3</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности Москва, Россия

\* Корреспондирующий автор (d.myalenko[at]vnimi.org)

**Аннотация**

В мировой и отечественной практике большинство упаковочных материалов производится из нефтяного сырья, как правило из полимеров класса полиолефинов: полиэтилена, полипропилена и их сополимеров. Данные материалы хорошо зарекомендовали себя в качестве упаковочных материалов для молочной и пищевой продукции, так как обладают необходимым набором физико-механических, санитарно-гигиенических и эксплуатационных свойств. Однако не смотря на это, полимерные материалы оказывают существенную нагрузку на экологию и окружающую среду. Проблема утилизации упаковки остается открытой и острой. В связи с этим представляет интерес поиска альтернативных упаковочных материалов с требуемым комплексом свойств и уменьшенной нагрузкой на экологию. Такими материалами могут служить наполненные органическими и неорганическими компонентами полимерные материалы.

В работе приведены данные санитарно-гигиенических исследований (определение формальдегида, определение бромлирующих веществ и миграции летучих органических соединений) полимерной полиэтиленовой пленки наполненной крахмалом.

**Ключевые слова:** полимерная пленка с ускоренной деструкцией, определение формальдегида, миграция летучих органических соединений.

**STUDY OF SANITARY HYGIENIC INDICATORS OF POLYMER POLYETHYLENE FILM FILLED WITH STARCH**

Research article

**Myalenko D.M.<sup>1,\*</sup>, Mikhailenko P.G.<sup>2</sup>, Golovan N.S.<sup>3</sup>**<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-6342-7218;<sup>2</sup> ORCID: 0000-0002-0085-0801;<sup>3</sup> ORCID: 0000-0003-3778-421;<sup>1, 2, 3</sup> All-Russian Research Institute of Dairy Industry Moscow, Russia

\* Corresponding author (d.myalenko[at]vnimi.org)

**Abstract**

In world and domestic practice, most packaging materials are made from petroleum feedstocks, usually from polymers of the polyolefin class: polyethylene, polypropylene and their copolymers. These materials have proven themselves as packaging materials for dairy and food products, as they have the necessary set of physical, mechanical, sanitary, hygienic, and operational properties. However, despite this, polymeric materials have a significant burden on the ecology and the environment. The problem of packaging disposal remains open and acute. In this regard, it is of interest to search for alternative packaging materials with the required set of properties and a reduced environmental burden. Such materials may be polymeric materials filled with organic and inorganic components.

The paper presents data on sanitary-hygienic studies (determination of formaldehyde, determination of brominating substances and migration of volatile organic compounds) of a polymeric plastic film filled with starch.

**Keywords:** polymer film with accelerated destruction, determination of formaldehyde, migration of volatile organic compounds.

**Введение**

В настоящее время вопросы экологии и охраны окружающей среды стоят довольно остро [1]. Если взять во внимание тот факт, что в качестве упаковки для молочной и пищевой промышленности львиная доля (свыше 60,0%) [2] применяются полимерные материалы то возникает необходимость создания, новых материалов которые несут уменьшенную нагрузку на экологию после ее использования в качестве упаковки [3].

В качестве таких материалов, способных выступить в роли альтернативы традиционно применяемым могут выступить наполненные растительными компонентами (например, крахмал, хмель и различные отходы растительного сырья) полимерные материалы [3], [4].

В данной работе представлены результаты научных исследований полимерной полиэтиленовой пленки наполненной крахмалом в содержании 50,0% масс.

Опытные образцы для испытаний были получены на лабораторном оборудовании по технологии плоскощелевой экструзии совместно с нашим коллегами из ФГОУ ВО МГУПП.

В качестве санитарно-гигиенических показателей полиэтиленовой пленки наполненной крахмалом с концентрацией 50% масс. предназначенной для контакта с пищевыми продуктами были выбраны следующие показатели: определение

допустимого количества миграции веществ, приложению 1 ТР ТС 005/2011; содержание формальдегида в водных вытяжках; содержание бромлирующих веществ [5], [6].

На изменение санитарно-гигиенических показателей могут влиять различные факторы такие как способ получения упаковочного материала, условия и температурные режимы эксплуатации, условия фасовки (например, горячий розлив) и пр [9], [10], [11].

#### *Определение миграции летучих органических соединений*

Образцы пленки с содержанием крахмала 50,0% выдерживали в модельной трех модельных средах (дистиллированная вода, раствор молочной кислоты 0,3% и 3,0%) в соответствии с требованиями Технического регламента ТР ТС 005/2011. Время экспозиции составило 10 суток.

Исследования проводились на газовом хроматографе «Кристаллюкс 4000М» с капиллярными колонками ZB-WAX 60x0,53x1,0 и ZB-624 60x0,53x3,0

Результаты проведенных исследований представлены в Таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Результаты исследования модельных сред из полиэтиленовой пленки наполненной крахмалом с концентрацией 50,0% масс.

Наименование показателя	Фактические значения		
	Время экспозиции 10 суток		
	Дистиллирован-ная вода	Раствор молочной кислоты 0,3%	Раствор молочной кислоты 3,0%
Ацетальдегид, мг/дм <sup>3</sup>	Менее 0,05	Менее 0,05	0,08
Этилацетат, мг/ дм <sup>3</sup>	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05
Гексан, мг/дм <sup>3</sup>	Менее 0,005	0,008	0,008
Гептан, мг/дм <sup>3</sup>	Менее 0,005	Менее 0,005	0,012
Ацетон, мг/ дм <sup>3</sup>	Менее 0,05	0,05	0,06
Метиловый спирт, мг/ дм <sup>3</sup>	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05
Бутиловый спирт, мг/ дм <sup>3</sup>	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05
Изобутиловый спирт, мг/ дм <sup>3</sup>	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05
Пропиловый спирт, мг/дм <sup>3</sup>	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05
Изопропиловый спирт, мг/дм <sup>3</sup>	Менее 0,05	Менее 0,05	Менее 0,05

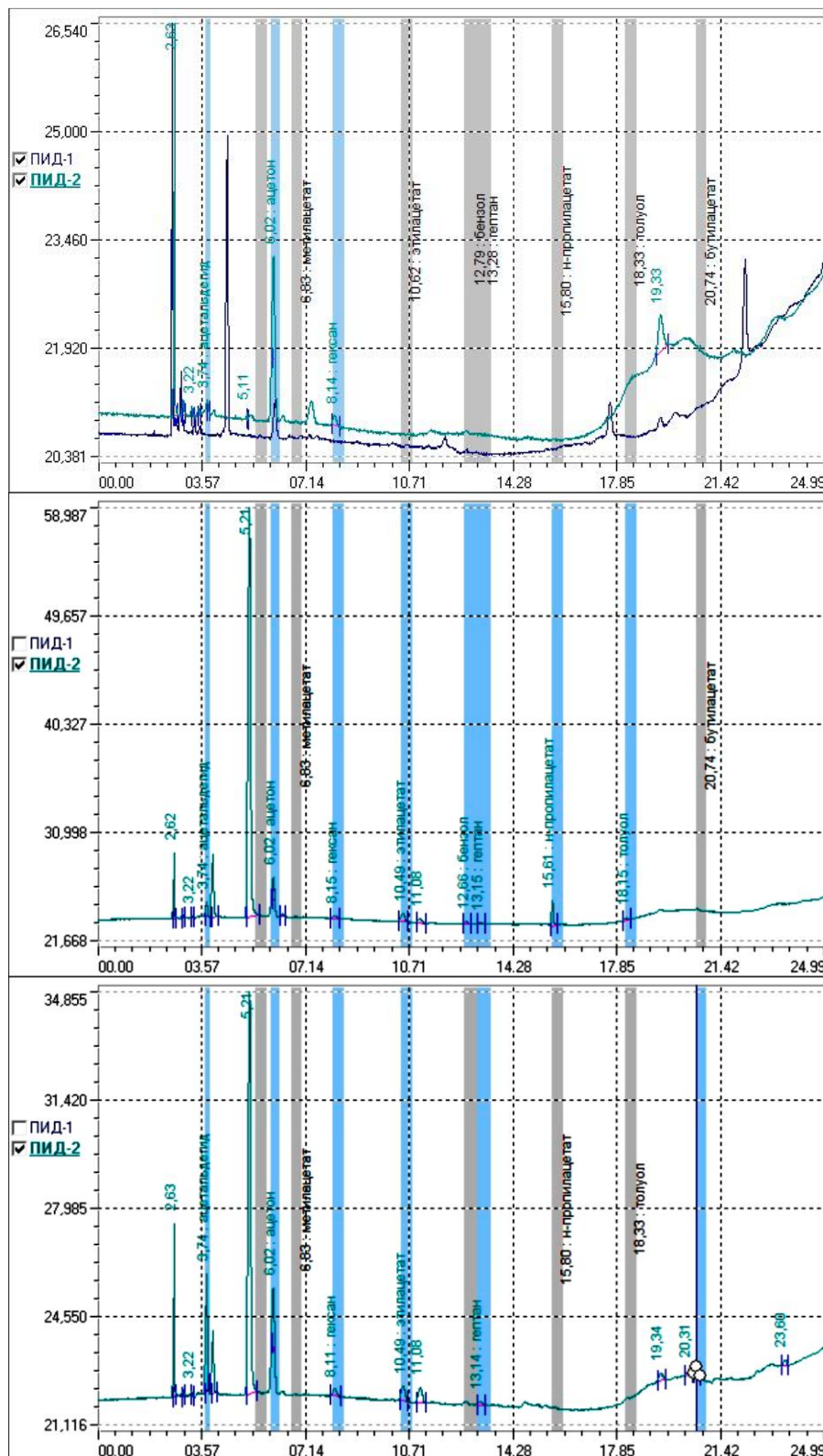


Рис. 1 – Хроматограммы вытяжек на дистиллированной воде (а), раствора молочной кислоты 0,3% (б) и 3,0% (в) из образцов полиэтиленовой пленки с содержанием крахмала 50,0% масс.

Полученные результаты санитарно-гигиенических исследований свидетельствуют о том, что опытные образцы полимерной пленки с содержанием крахмала 50,0% масс не превышают уровень сверхнормативной миграции летучих органических соединений. Полученные результаты не превышают допустимых норм ДКМ установленных в приложении 1 к техническому регламенту таможенного союза «О безопасности упаковки» (ТР ТС 005/2011). Однако следует отметить что водные вытяжки на основе молочной кислоты 0,3% и 3,0% имеют несколько увеличенные значения по миграции гексана, гептана, изопропанола и ацетальдегида. Это может быть связано с химическими свойствами самой модельной среды. Она более интенсивно «вытягивает» вещества из исследуемых образцов упаковки.

#### *Результаты исследований миграции формальдегида*

Расчет концентрации формальдегида в модельных средах проводили по РД 52.54.492-2006 формула для расчета представлена ниже.

$$X = \frac{100 \times q_0 \times b \times 1000}{V_a \times V_v}$$

Где:  $q_0$  – содержание формальдегида в аликвоте отгона, найденное по градуировочной зависимости, мг;

$b$  – коэффициент, учитывающий степень отгонки формальдегида;

$V_a$  – объем аликвоты отгона, см<sup>3</sup> (равный 25)

$V_v$  – объем пробы воды, взятый для отгона, см<sup>3</sup> (равный 200)

Полученные результаты исследований миграции формальдегида из модифицированной крахмалом полиэтиленовой пленки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание формальдегида опытных образцах модифицированной полиэтиленовой пленки в различных модельных средах

Модельная среда	Результаты исследований		
	Оптическая плотность, D	Содержание формальдегида в аликвоте отгона, мг/дм <sup>3</sup>	Содержание формальдегида, мг/дм <sup>3</sup>
Дистиллированная вода	0,010	0,00165	0,047
Раствор молочной кислоты 0,3%	0,014	0,00207	0,053
Раствор молочной кислоты 3,0%	0,016	0,00189	0,046

Как видно из полученных данных содержание формальдегида в различных модельных средах практически одинаковое, что свидетельствует о том, что состав модельной среды практически не влияет на увеличение миграции формальдегида. Все полученные значения соответствуют требованиям нормативной и технической документации. Опыт работы лаборатории и нарабатанный массив экспериментальных данных показывает, что в раствор молочной кислоты 0,3% мигрирует больше формальдегида по сравнению с другими модельными средами. Данная тенденция, по нашему мнению может быть связана с изменением pH модельной среды.

#### *Определение бромлирующих веществ.*

Содержание бромлирующих веществ – ненормируемый показатель (вследствие различной токсичности отдельных бромлирующих веществ), но с его помощью можно получить представления о миграции из полимерного материала в модельную среду [10], [11], контактирующую с ним, фенола, непредельных соединений и других веществ, присоединяющих бром, т.е. о суммарном количестве органических веществ, реагирующих с бромом [7], [8].

Результаты исследований свидетельствуют об отсутствии деструктивных процессов, протекающих в опытных образцах полимерной полиэтиленовой пленки наполненной крахмалом с содержанием 50,0% масс.

#### **Выводы**

Комплексные санитарно-гигиенические исследований свидетельствуют об отсутствии сверхнормативной миграции летучих органических соединений (ЛОС) из опытных образцов полимерной полиэтиленовой пленки наполненной крахмалом в концентрации 50,0% масс.

Интенсивность миграции мономеров зависит от типа модельной среды. Установлено, что в вытяжке из модельной среды на основе 0,3% молочной кислоты мигрирует больше формальдегида по сравнению с другими модельными средами, о чем свидетельствуют полученные результаты.

Полученные полимерные материалы могут после полных физико-механических исследований могут быть рекомендованы в качестве альтернативы полимерным материалам, традиционно применяемым в молочной и пищевой отрасли.

#### **Конфликт интересов**

Не указан.

#### **Conflict of Interest**

None declared.

#### **Список литературы / References**

1. Кочергина Л.Л. Гигиенические аспекты оценки полимерных упаковочных материалов и изделий / Л.Л. Кочергина // Молочная промышленность, №5, 2007. - С. 11 – 12.
2. Шевченко М.Г. Гигиенические требования к полимерным материалам, применяемым в пищевой промышленности / М.Г. Шевченко, С.В. Генель, В.Д. Феофанов - М.: Медицина, 1972. – 196 с.
3. Голиков И.В. Гигиенические проблемы современных упаковочных материалов для молочных продуктов / И.В. Голиков, А.А. Ильин, Г.Н. Крейцберг, Д.В. Макаревич, И.А. Роздов // Молочная промышленность, №9, 2003. – С. 43-46.
4. Тоня В.А. Актуальные проблемы санитарно-гигиенической оценки полимерных материалов для упаковки пищевых продуктов / В.А. Тоня, А.Г. Столянова, Е.Г. Островская, И.В. Дерикот, Т.В. Тихонова, Т.А. Севастьянова, С.Н. Просенюк // Актуальные проблемы транспортной медицины № 1 (3), 2006 г. С. 128-133.
5. Федотова О.Б., Безопасность упаковки: новое и хорошо забытое старое / О.Б. Федотова, А.Н. Богатырев // Пищевая промышленность. 2014. № 1. С. 12-14.
6. Фильчакова С.А. Микробиологическая чистота упаковки для молочных продуктов / С.А. Фильчакова // Молочная промышленность. 2008. № 7. С. 44-46.
7. Федотова О.Б. О показателях качества упаковочного материала, упаковки и их контроле / О.Б. Федотова // Молочная промышленность. 2017. № 1. С. 33-36.

8. Мясенко Д.М. Обеззараживание тары и упаковки УФ-излучением / Д.М. Мясенко // Молочная промышленность. 2008. № 8. С. 78.
9. Токсикология и гигиена применения полимерных материалов в пищевой промышленности / под ред. В. Е. Ковшило. – М.: Медицина, 1980. – 240 с.
10. Ухарцева И.Ю. Методы контроля свойств полимерных упаковочных материалов для пищевых продуктов (обзор) / И.Ю. Ухарцева, Е.А. Цветкова, В.А. Гольдаде // Пластические массы, №1-2, 2020 С 48-56.
11. Игинова Р.В. Санитарно-гигиенические требования к упаковочным полимерным материалам для пищевых продуктов / Р.В. Игинова // Современные наукоёмкие инновационные технологии сборник статей Международной научно-практической конференции. 2018. С. 56-58.

#### **Список литературы на английском языке / References in English**

1. Kochergina L.L. Gigienicheskie aspekty ocenki polimernyh upakovocnyh materialov i izdelij [Hygienic aspects of the assessment of polymer packaging materials and products] / L.L. Kochergina // Molochnaja promyshlennost' [Dairy industry], №5, 2007. - P. 11 – 12. [in Russian]
2. Shevchenko M.G. Gigienicheskie trebovaniya k polimernym materialam, primenjaemym v pishhevoj promyshlennosti [Hygienic requirements for polymeric materials used in the food industry] / M.G. Shevchenko, S.V. Genel', V.D. Feofanov - M.: Medicina [Medicine], 1972. – 196 p. [in Russian]
3. Golikov I.V. Gigienicheskie problemy sovremennyh upakovocnyh materialov dlja molochnyh produktov [Hygienic problems of modern packaging materials for dairy products] / I.V. Golikov, A.A. Il'in, G.N. Krejberg, D.V. Makarcev, I.A. Rozdov // Molochnaja promyshlennost' [Dairy industry], №9, 2003. – P. 43-46. [in Russian]
4. Tonja V.A. . Aktual'nye problemy sanitarno-gigienicheskoy ocenki polimernyh materialov dlja upakovki pishhevyh produktov [Actual problems of sanitary-hygienic evaluation of polymeric materials for food packaging] / V.A. Tonja, A.G. Stoljanova, E.G. Ostrovskaja, I.V. Derikot, T.V. Tihonova, T.A. Sevast'janova, S.N. Prosenjuk // Aktual'nye problemy transportnoj mediciny [Actual problems of transport medicine] № 1 (3), 2006 g. P. 128-133. [in Russian]
5. Fedotova O.B. Bezopasnost' upakovki: novoe i horosho zabytie staroe [Packaging safety: new and well-forgotten old] / O.B. Fedotova, A.N. Bogatyrev // Pishhevaja promyshlennost' [Food industry]. 2014. № 1. P. 12-14. [In Russian]
6. Filchakova S.A. Mikrobiologicheskaja chistota upakovki dlja molochnyh produktov [Microbiological cleanliness of packaging for dairy products] / S.A. Filchakova // Molochnaja promyshlennost' [Dairy industry]. 2008. № 7. P. 44-46. [in Russian]
7. Fedotova O.B. O pokazateljah kachestva upakovocnogo materiala, upakovki i ih kontrole [On the quality indicators of packaging material, packaging and their control] / O.B. Fedotova // Molochnaja promyshlennost' [Dairy industry]. 2017. № 1. P. 33-36. [in Russian]
8. Myalenko D.M. Obezzarazhivanie tary i upakovki UF-izlucheniem [Disinfection of containers and packaging with UV radiation] / D.M. Myalenko // Molochnaja promyshlennost' [Dairy industry]. 2008. № 8. P. 78. [in Russian]
9. Toksikologija i gigiena primenenija polimernyh materialov v pishhevoj promyshlennosti [Toxicology and hygiene of the use of polymeric materials in the food industry] / ed. V. E. Kovshilo – M.: Medicina [Medicine], 1980. – 240 p. [in Russian]
10. Uharceva I.Ju. Metody kontrolja svojstv polimernyh upakovocnyh materialov dlja pishhevyh produktov (obzor) [Methods of controlling the properties of polymer packaging materials for food (review)] / I.Ju. Uharceva, E.A. Cvetkova, V.A. Gol'dade // Plasticheskie massy [Plastics], №1-2, 2020 P 48-56. [in Russian]
11. Iginova R.V. Sanitarно-gigienicheskie trebovaniya k upakovocnym polimernym materialam dlja pishhevyh produktov [Sanitary requirements for packaging polymer materials for food] / R.V. Iginova / Sovremennye naukojomye innovacionnye tehnologii sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Modern high technology innovative technologies collection of articles of the International scientific-practical conference]. 2018. P. 56-58. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.010>

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СТЕРИЛИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АСЕПТИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Обзор

Словеснов Н.А.<sup>1,\*</sup>, Мирсаитов С.Ф.<sup>2</sup>, Светличный В.В.<sup>3</sup>, Словеснов Е.А.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0003-4624-1937;

<sup>1,2</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "МИРЭА - Российский технологический университет", ФГБОУ ВПО РТУ МИРЭА, Москва, Россия;

<sup>3</sup> ЗАО «ФармФирма «Сотекс», Сергиев Посад, Россия;

<sup>4</sup> Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», ФГБОУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Москва, Россия

\* Корреспондирующий автор (slovesnnik[at]gmail.com)

### Аннотация

Технология изготовления стерильных (асептических) лекарственных средств, обеспечивающих высокую степень чистоты препарата, его стерильность, в соответствии с правилами GMP, постоянно совершенствуется на основе последних достижений науки и практики. Для реализации этой технологии, в фармацевтической отрасли особое внимание уделяется подготовке оборудования, а именно этапу стерилизации оборудования.

В данной статье рассмотрены методы проведения стерилизации и методы подтверждения стерильности. Рассмотрена безразборная стерилизация (стерилизация на месте «SIP») технологического оборудования асептического производства, а также представлена структурная схема ИИС, разработанная по требованиям нормативной документации.

**Ключевые слова:** стерилизация, стерилизация паром на месте, подтверждение стерильности.

## ANALYSIS OF EQUIPMENT STERILIZATION PROCESS FOR APPLICATION IN ASEPTIC PRODUCTION

Review

Slovesnov N.A.<sup>1,\*</sup>, Mirsaitov S.F.<sup>2</sup>, Svetlichny V.V.<sup>3</sup>, Slovesnov E.A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0003-4624-1937;

<sup>1,2</sup> Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, MIREA – Russian Technological University, FSBEI of HPE, MIREA RTU, Moscow, Russia;

<sup>3</sup> Sotex FarmFirma CJSC, Sergiev Posad, Russia;

<sup>4</sup> Federal State Educational Budgetary Institution of Higher Education, Financial University under the Government of the Russian Federation, FSBEI of HPE, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

\* Corresponding author (slovesnnik[at]gmail.com)

### Abstract

The production technology of sterile (aseptic) drugs providing a high degree of purity, and sterility, following the rules of GMP, is continuously improved based on the latest achievements of science and practice. Special attention is paid to the preparation of equipment, namely the stage of equipment sterilization, to implement this technology in the pharmaceutical industry.

This article discusses sterilization methods and methods for confirming sterility. The authors have considered sterilization in place (sterilization at the SIP place) of aseptic production equipment, and a block diagram of the IMS developed according to the requirements of regulatory documentation was also presented.

**Keywords:** sterilization, steam sterilization in place, confirmation of sterility.

### Введение

Фармацевтическая промышленность является одной из наиболее важных отраслей экономики государства. В современном мире фармацевтическая промышленность — это наукоемкое и высокотехнологичное производство, работающее в условиях рыночных отношений.

Высокое качество любого препарата (как и его цена) зачастую определяет его конкурентное преимущество на рынке в сравнении с его аналогами других производителей. Поэтому, для обеспечения заданных критериев качества необходимо иметь устойчивую систему контроля качества на предприятии, основанной на анализе многочисленных данных, полученных из разных источников (производственных, технологических, и т.д.). Все это в совокупности делает процесс производства лекарственных препаратов сложным и основанным на высокой степени автоматизации производства.

Одним из важнейших этапов производства лекарственных препаратов (и частью системы контроля качества) является подготовка оборудования, имеющего непосредственный контакт с ЛП в процессе его приготовления, в частности процедуры его стерилизации.

Стерильное оборудование — это первый шаг к асептическому производству. Если оборудование не стерильно или невозможно доказать его стерильность, то речи об асептическом производстве лекарственных средств быть не может.

Стерилизация — валидируемый процесс освобождения какого-либо предмета или материала от всех видов микроорганизмов, либо их уничтожение [1, С. 52].



Процесс отмирания микроорганизмов, во время стерилизации, описывается экспоненциальным законом. Исходя из этого, вероятность наличие жизнеспособных микроорганизмов на каждом отдельном изделии может быть снижена до очень малых чисел, но никогда не может быть доведена до нуля [2, С. 76].

Стерилизация оборудования осуществляется термическим и химическим путями.

#### 1. Термическая стерилизация

Исходя из названия понятно, что эти методы стерилизации осуществляются при нагревании поверхностей до определенной температуры в течении определенного времени.

К термической стерилизации относятся следующие методы:

- Суховоздушная стерилизация – при данном методе стерилизации к материалу стерилизуемого оборудования подается горячий, сухой воздух заданной температуры. При достижении материалом заданной температуры начинается отсчет времени действия.

- Стерилизация текучим паром – при данном методе стерилизации, к материалу стерилизуемого оборудования подается водяной пар без давления в течении заданного времени. При таком методе стерилизации уничтожаются лишь вегетативные формы микроорганизмов. При наличии микроорганизмов споровых форм данный метод стерилизации неэффективен.

- Стерилизация паром под давлением – наиболее надежный и широко распространённый метод стерилизации. При данном методе стерилизации к материалу стерилизуемого оборудования подается водяной пар под давлением, благодаря чему достигается температура выше 100 °С [2, С. 83]. Процесс стерилизации паром под давлением представляет из себя подачу сухого, насыщенного и неперегретого пара, который используется в качестве стерилизующего средства, в оборудование таким образом, чтобы пар контактировал с рабочими поверхностями технологического оборудования, с которыми в последствии будет контактировать лекарственное средство.

#### 2. Химическая стерилизация

Методы химической стерилизации основаны на высокой специфической (избирательной) чувствительности микроорганизмов к различным химическим веществам, что обуславливается физико-химической структурой их клеточной оболочки и протоплазмы. Для многих веществ эффект антимикробного действия до конца не изучен, как и не изучены до конца возможные побочные влияния остатков данных средств. Основой любого варианта химической стерилизации является взаимодействие бактерицидного вещества с микроорганизмами [3, С. 557].

Для стерилизации оборудования, предназначенного для асептического производства, наиболее эффективным методом является стерилизация паром под давлением, в связи с простотой выполнения технологического процесса и отсутствием побочных последствий для продукта, который будет контактировать с данным оборудованием. При таком методе стерилизации емкости, трубопроводы, и все части оборудования, которые могут соприкасаться с продуктом во время асептического технологического процесса производства лекарственных средств нагреваются чистым паром под давлением до определенной температуры и выдерживаются под этой температурой определенное время [4, С. 435]. Такой метод стерилизации оборудования называют стерилизацией на месте (SIP - sterilization-in-place).

Стерилизация на месте (sterilization-in-place "SIP") – Метод стерилизации внутренних поверхностей оборудования или всей системы "на месте" без ее разборки с использованием стерилизующих средств [4, С. 437].

Стерилизация паром на месте становится все более широко используемой в фармацевтической и биотехнологической отраслях, поскольку производители стремятся повысить уровень обеспечения стерильности, произведенной асептической продукции [6, С. 3].

Стерильность оборудования, а значит, успешное прохождение процесса стерилизации подтверждается несколькими способами:

##### 1. Химическими индикаторами.

Химические индикаторы представляют собой вещества, которые при выдержке определенного температурного режима изменяют свой цвет или агрегатное состояние. Соответственно, если после процесса стерилизации индикатор поменял цвет на нужный, то цикл считается успешно завершенным и оборудование стерильно [11, С. 253].

##### 2. Биологическими индикаторами.

Биологические индикаторы представляет собой препарат из патогенных спорообразующих микроорганизмов с известной высокой устойчивостью к данному типу стерилизационного процесса. Задачей биологических индикаторов является подтверждение способности стерилизационного процесса убивать устойчивые микробные споры. Это наиболее критичный и достоверный тест стерилизационного процесса [8, С. 162].

##### 3. Физический метод.

Подтверждение стерилизации при таком методе заключается в измерении таких параметров, как температура, давление и время стерилизации. Периодически проводится повторная квалификация цикла стерилизации при заданных температуре, давлении и времени выдержки. При данной квалификации используются химические и биологические индикаторы. При успешном прохождении квалификации, разрешается использовать такой цикл стерилизации. В дальнейшем любое отклонение от стандартных режимов стерилизации является сигналом для оператора о вероятном сбое аппаратуры и не стерильности оборудования.

##### 4. Аналитический метод.

При данном методе подтверждения стерилизации рассчитывается критерий летальности  $F_0$ . Величина  $F_0$  – мера способности тепловой стерилизационной обработки инактивировать микроорганизмы, рассчитанная при температуре 121,1°С, величине  $z$ , равной 10°С, и величине  $D$ , равной 1 минуте. Величина  $z$  – Изменение температуры, необходимое для изменения величины  $D$  в 10 раз.  $D$  величина – Время или доза облучения, необходимая для достижения инаktivации 90% популяции тест-микроорганизмов при установленных условиях [5, С. 10].

В настоящее время критерий летальности рассчитывается благодаря данным полученным с помощью датчиков температуры, после проведения цикла стерилизации. Используют обычно для этого либо отчет в виде графика, на

котором присутствуют кривые показаний датчиков температуры или отчет, в котором значения температуры представлены в табличном виде.

После проведения цикла стерилизации необходимо подтвердить стерильность оборудования. При стерилизации паром на месте прямым путем (с использованием химических или биологических индикаторов) это выполнить невозможно, так как при извлечении индикаторов герметичность, а значит и стерильность оборудования будет нарушена. Исходя из этого, использование химических и биологических индикаторов возможно только при периодической валидации (аттестации) процесса стерилизации, так как оборудование до попадания в него продукта остается герметичным и посмотреть оценить состояние индикаторов невозможно. Поэтому в ходе производственного процесса для подтверждения стерильности используют физический метод.

Основными параметрами стерилизации при физическом методе подтверждения стерилизации является температура, которая должна быть не менее 121 °С и время, в течении которого эта температура выдерживается. Однако, если проводится стерилизация оборудования, которое имеет в своем составе фильтры (стерилизующие, дыхательные и т.д.), то в этом процессе появляется и предельное верхнее значение температуры. Это максимальная температура, при которой не происходит деформации пор фильтра, а соответственно его пропускной и фильтрующей способности. В большинстве случаев верхнее значение температуры составляет 135 °С [9, С. 58] [10, С. 750].

При данном методе происходит запись значений технологических параметров (температур и давления), а также время, в течение которого проходит процесс.

Согласно ГОСТ Р ИСО 13408-5-2011 при стерилизации оборудования необходимо контролировать следующие параметры [5, С. 23]:

1. Температуру стерилизуемой поверхности в критических точках оборудования;
2. Температуру в нижней точке (на сливе конденсата в дренаж);
3. Давление пара в оборудовании.

Во время процесса стерилизации необходимо обеспечить регулирование и контроль (запись) текущих параметров во время процесса стерилизации. При этом каналы измерения температуры и давления, предназначенные для регулирования процесса и контроля (регистрации) должны быть развязаны между собой. То есть, использовать один и тот же канал измерения для управления процессом и для регистрации данных недопустимо.

Для обеспечения этих требований необходимо реализовать информационно-измерительную систему со следующей структурной схемой (см. рисунок 1) [7, С. 97].

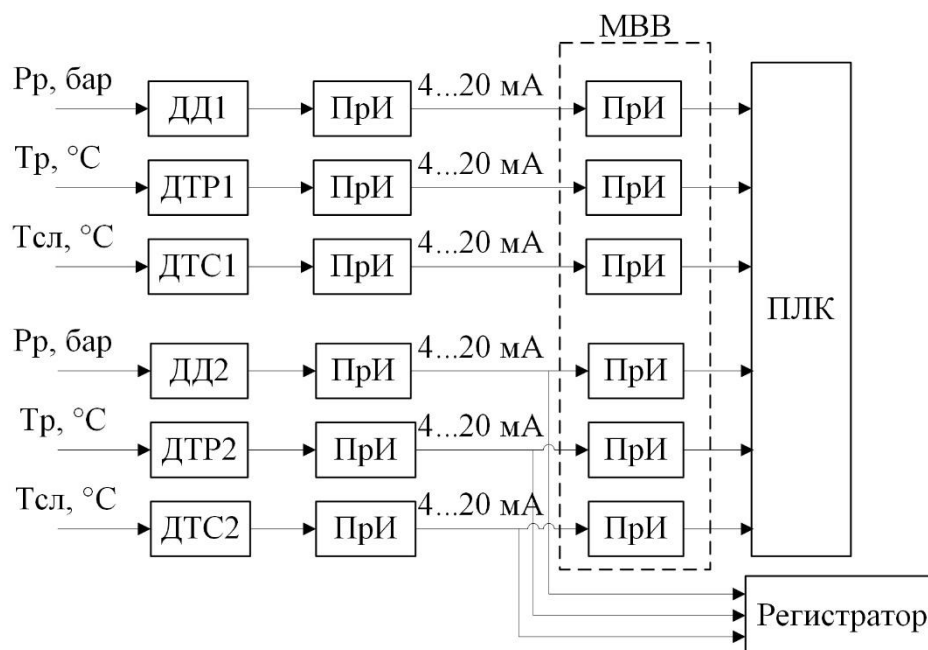


Рис. 1 – Структурная схема ИИС: (Р<sub>р</sub>, бар – давление среды при SIP; Т<sub>р</sub>, °С – температура поверхности оборудования; Т<sub>сл</sub>, °С – температура в нижней точке (на сливе в дренаж); ДД1 – датчик давления контура регулирования; ДТР1 – датчик температуры поверхности оборудования контура регулирования; ДТС1 – датчик температуры нижней точки контура регулирования; ДД2 – датчик давления контура регистрации; ДТР2 – датчик температуры поверхности оборудования контура регистрации; ДТС2 – датчик температуры нижней точки контура регистрации; При – преобразователь интерфейса; ПЛК – промышленный логический контроллер; МВВ – модуль ввода-вывода ПЛК)

Как видно из структурной схемы, разрабатываемая система имеет два контура в каждый из которых входит три канала измерения: контур регулирования (ДД1, ДТР1, ДТС1) и контур регистрации (ДД2, ДТР2, ДТС2). Каждый канал измерения имеет датчик и преобразователь интерфейса, с помощью которого сигнал от датчика преобразуется в сигнал токовой петли. Все каналы измерения контура регулирования подключены непосредственно к модулю ввода-вывода, который имеет АЦП для преобразования сигнала токовой петли в цифровой, удобный для дальнейшей обработки ПЛК. Каналы контура регистрации с помощью интерфейса токовой петли подключены к ПЛК и к Регистратору. На регистраторе ведется запись технологических параметров во время процесса стерилизации с периодом 1 секунда. Каналы контура регистрации подключены к ПЛК для обеспечения самодиагностики всех измерительных каналов ИИС посредством сравнения сигналов с датчиков, измеряющих один и тот же параметр. Если

разница значений параметров с разных датчиков выходит за допустимые пределы, то процесс стерилизации останавливается.

С помощью датчиков температуры ведется регистрация значения температуры, как в критических точках стерилизуемого оборудования, так и на сливе конденсата в дренаж.

Регулировка температуры во время цикла стерилизации производится по показаниям датчика давления. По значению давления в оборудовании, рассчитывается теоретическое значение температуры, которое должна быть при данном давлении. Исходя из теоретической температуры, в оборудовании поддерживается заданное давление чистого пара.

Перед началом цикла стерилизации проверяется герметичность оборудования, для безопасности оборудования и персонала. Для этого в оборудование подается сжатый воздух, до определенного значения давления. С помощью датчика давления оценивают падение значения давления за определенное время и делают вывод о герметичности оборудования.

Регистратор необходим для предоставления отчета по циклу стерилизации. В данном отчете может фигурировать, как график, на котором имеются кривые температуры, так и таблица, в которой с определенной частотой записаны значения температуры. Если во время цикла стерилизации все параметры находились в допустимых пределах, время выдержке равно заданному, то цикл считается успешно завершённым и стерилизуемое оборудование считается стерильным. Если же, в какой-то момент один из параметров вышел за свои предельные значения или время стерилизации менее заданного, то стерилизуемое оборудование считается нестерильным.

Благодаря такой схеме ИИС возможно корректно проводить SIP технологического оборудования, а также дополнительно обеспечить самодиагностику измерительных каналов, и оповещение оператору о неисправности.

#### **Заключение**

В данной статье были кратко рассмотрены существующие методы стерилизации оборудования. Рассмотрены основные аспекты и требования к процессу SIP (стерилизация на месте). Были указаны методы подтверждения стерильности оборудования, их применение в процессе SIP. Разработана структурная схема информационно-измерительной системы, с помощью которой возможно подтверждение стерилизации физическим методом.

В дальнейшем предлагается рассмотреть возможность использования аналитического метода подтверждения стерильности оборудования и именно с помощью данного метода фиксировать окончание процесса стерилизации.

#### **Конфликт интересов**

Не указан

#### **Conflict of Interest**

«None declared»

#### **Список литературы / References**

- ГОСТ Р ИСО 17665-1-2016 (ISO/TS 17665-2:2016) Стерилизация медицинской продукции. Влажное тепло. Часть 1. Требования к разработке, валидации и текущему контролю процесса стерилизации медицинских изделий. – М.: Стандартинформ, 2016. – С. 52 – 58.
- Краснюк И.И. Технология лекарственных форм. / Краснюк И.И. М.: Академия – 2004. – С. 75 – 87.
- Чуешов В.И. Промышленная технология лекарств. В 2 ч. Ч. 2. / Чуешов В.И. Х.: МТК-Книга. С. 556 – 559.
- Paul R.S., Heldman D.R. Introduction to Food Engineering / Paul R.S., Heldman D.R. – Amsterdam: Elsevier, 2009. – P. 435-440.
- ГОСТ Р ИСО 13408-5-2011. Асептическое производство медицинской продукции. Часть 5. Стерилизация на месте. – М.: Стандартинформ, 2012. – С. 6 – 24.
- Dion M. Steam Sterilization Principles / Dion M., Parker W. // Pharmaceutical engineering. – 2013. – Vol. 33(6). – P. 3-5.
- Словеснов Н.А. Разработка автоматической системы очистки и стерилизации мобильных реакторов фармацевтического назначения / Словеснов Н.А., Мирсаитов С.Ф., Светличный В.В. // Материалы конференции «Приоритетные дискуссии XXI века: междисциплинарные исследования современности». – Ростов-на-Дону 2019. – С. 95 – 98.
- Абрамова И.М. Пути оптимизации способов и средств предстерилизационной очистки, стерилизации и методов их контроля / Абрамова И.М. // Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В.И. Васильева – Москва, 2002 – С. 158 – 165.
- Nordhauser F.M. Sterilization of Drugs and Devices Technologies for the 2000th. / Nordhauser F.M., Olson W.P. – London: Taylor & Francis group, 2000. – P. 55-59.
- Flickinger M.C. Downstream Industrial Biotechnology: Recovery and Purification. / Flickinger M.C. – North Carolina: Wiley, 2013. – P. 750.
- Галынкин В.А. Основы фармацевтической микробиологии: учеб. Пособие / Галынкин В.А., Заикина Н.А., Кочеровец В.И. – СПб.: Проспект Науки, 2008. – С. 249 – 260.

#### **Список литературы на английском языке / References in English**

- GOST R ISO 17665-1:2006 Sterilizacija medicinskoj produkcii. Vlaznoe teplo. Chast' 1. Trebovanija k razrabotke, validacii i tekushhemu kontrolju processa sterilizacii medicinskih izdelij [Sterilization of health care products - Moist heat - Part 1: Requirements for development, validation and routine control of a sterilization process for medical devices] – M.: Standartinform, 2016. – P. 52 – 58. [in Russian]
- Krasnjuk I.I. Tehnologija lekarstvennyh form [Technology of dosage forms]. / Krasnjuk I.I. M.: Akademija – 2004. – P. 75 – 87. [in Russian]
- Chueshov V.I. Promyshlennaja tehnologija lekarstv. V 2 ch. Ch. 2 [Industrial technology of drugs. In 3 h the P. 2]. / Krasnjuk I.I. H.: MTK-Kniga. P. 556 – 559. [in Russian]

4. Paul R.S. Introduction to Food Engineering / Paul R.S., Heldman D.R. – Amsterdam: Elsevier, 2009. – P. 435-440. [in Russian]
5. GOST ISO 13408-5:2006 Asepticheskoe proizvodstvo medicinskoj produkcii. Chast' 5. Sterilizacija na meste [Aseptic processing of health care products - Part 5: Sterilization in place] – M.: Standartinform, 2012. – P. 6 – 24. [in Russian]
6. Dion M. Steam Sterilization Principles/ Dion M., Parker W. // Pharmaceutical engineering. – 2013. Vol. 33(6). – P. 3-5. [in Russian]
7. Slovesnov N.A. Razrabotka avtomaticheskoy sistemy ochistki i sterilizacii mobil'nyh reaktorov farmacevticheskogo naznachenija [Development of an automatic system for cleaning and sterilization of pharmaceutical mobile reactors]/ Slovesnov N.A., Mirsaitov S.F., Svetlichnyj V.V. // Materialy konferencii «Prioritetnye diskussii XXI veka: mezhdisciplinarnye issledovanija sovremennosti» [Materials of the conference "Priority Discussions of the 21st Century: Interdisciplinary Studies of the Present]. – Rostov-na-Donu 2019. – P. 95 – 98. [in Russian]
8. Abramova I.M. Puti optimizacii sposobov i sredstv predsterilizacionnoj ochistki, sterilizacii i metodov ih kontrolja [Ways to optimize methods and means of pre-sterilization cleaning, sterilization and methods for their control] / Abramova I.M. // Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii, posvjashhennoj 100-letiju so dnja rozhdenija V.I. Vashkova [Materials of the All-Russian Scientific Conference dedicated to the centenary of the birth of V.I. Vashkova]. – Moscow, 2002 – P. 158 – 165. [in Russian]
9. Nordhauser F.M. Sterilization of Drugs and Devices Tehnologies for the 2000th. / Nordhauser F.M., Olson W.P. – London: Taylor & Francis group, 2000. – P. 55-59. [in Russian]
10. Flickinger M.C. Downstream Industrial Biotechnology: Recovery and Purification. / Flickinger M.C. – North Carolina: Wiley, 2013. – P. 750. [in Russian]
11. Galynkin V.A. Osnovy farmacevticheskoy mikrobiologii: ucheb. Posobie [Fundamentals of pharmaceutical microbiology: textbook. Allowance] / Galynkin V.A., Zaikina N.A., Kocherovec V.I. – SPb.: Prospekt Nauki, 2008. – P. 249 – 260. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.011>**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИТКОВЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ОБМОТКЕ СТАТОРА АВТОНОМНОГО АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА**

Научная статья

**Соболь А.Н.<sup>1,\*</sup>, Андреева А.А.<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

\* Корреспондирующий автор (asob2010[at]mail.ru)

**Аннотация**

В статье рассматривается построение математической модели симметричных трехфазных витковых коротких замыканий в обмотке статора автономного асинхронного генератора, являющихся предельным случаем размагничивания короткозамкнутых контуров обмотки. Адекватность полученной модели подтверждена экспериментально. С помощью полученной модели появляется возможность достоверно рассчитать токи, а также другие возможные характеристики ААГ при витковых замыканиях в статорной обмотке, необходимые для построения защитных устройств.

**Ключевые слова:** асинхронный генератор, модель, витковые замыкания.**MATHEMATICAL MODELING OF TURN-TO-TURN SHORT CIRCUITS IN STATOR WINDING OF AUTONOMOUS ASYNCHRONOUS GENERATOR**

Research article

**Sobol A.N.<sup>1,\*</sup>, Andreeva A.A.<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> FSBEI of HE Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

\* Corresponding author (asob2010[at]mail.ru)

**Abstract**

The article considers the construction of the mathematical model of symmetric three-phase turn-to-turn short circuits in the stator winding of an autonomous asynchronous generator, which is the limiting case of demagnetization of turn-to-turn short circuit windings. The adequacy of the obtained model is approved experimentally. The obtained model enables us to reliably calculate the currents, as well as other possible characteristics of the AAG during a short circuit in the stator winding, which is necessary for the construction of protective devices.

**Keywords:** asynchronous generator, model, coil circuits.**Введение**

В наше время широкое распространение получили автономные асинхронные генераторы с емкостным самовозбуждением. Как показано в обзорах [10] и [12] генераторы нашли применение в электроснабжении предприятий, а также для личных нужд в качестве альтернативных источников энергии.

Тем не менее в процессе их эксплуатации возникают различные трудности. Это обусловлено отсутствием чувствительных защит генераторов.

Большая доля всех отказов асинхронных машин (более 90 %), согласно данным [7] и [11], приходится на различные виды повреждений обмотки статора, в том числе на витковые короткие замыкания. Тем не менее в [2] говорится о том, что существует мнение о ненужности защиты генератора поскольку при витковых коротких замыканиях в статорной обмотке он теряет возбуждение. Однако, в результате проведенных опытных исследований доказано, что в случае наличия небольшого (3 – 5 %) количества короткозамкнутых витков обмотки, генератор продолжает длительно работать, имея при этом замкнутые витки в обмотке. В результате происходит снижение надежности электроустановки, использующей асинхронный генератор, как источника электроснабжения.

В процессе разработки защиты генератора от витковых коротких замыканий, как показано в [4], необходимо знать информационные признаки данного вида повреждений и их специфику.

В процессе выявления данных информационных параметров, как показано в [12] и [13], особая роль отводится математическому моделированию. Необходимо разработать модель, позволяющую изучить электромагнитные процессы, протекающие при этом в генераторе, в частности, диапазон изменения фазных токов и напряжений, а также спрогнозировать развитие данных процессов. Кроме того, математическая модель позволяет дополнить физический эксперимент, что, несомненно, является ценным для изучения аварийных режимов работы генератора. Согласно [9] данный факт позволяет установить целесообразность использования различных устройств защиты.

**Методы и принципы исследования**

Электромагнитное воздействие короткозамкнутого контура в обмотке статора выражается в размагничивании генератора. При этом магнитный поток в области данного контура уменьшается. В связи с этим целесообразно рассмотреть модель с наличием короткозамкнутых контуров сразу в трех фазах статорной обмотки, так как данный вид повреждений является предельным случаем такого вида размагничивания.

Кроме того, построение данной симметричной математической модели облегчается тем, что в данном случае применимы допущения, описанные в [6] и [12] и являющиеся традиционными для симметричных машин. Среди таких допущений можно выделить электрическую, магнитную и, кроме того, пространственную симметрию машины. Принимаем, что поверхности ротора и статора генератора имеют цилиндрическую форму. Значение магнитной проницаемости стальных участков генератора равно бесконечности. Распределение магнитодвижущей силы в зазоре имеет гармонический характер (данные обмотки носят название «синусных»). Также считаем, что вращающееся поле

машины имеет круговую форму, число параллельных ветвей статорной обмотки равно единице, а сама обмотка выполнена одним элементарным проводником.

Для получения нашей модели необходимо вначале ввести понятие относительного числа короткозамкнутых витков.

$$W = \frac{W_{K3}}{W_{обм}} \quad (1)$$

где  $W_{K3}$  – количество замкнувшихся витков,  $W_{обм}$  – общее количество витков в фазе.

Составим систему дифференциальных уравнений в системе  $\alpha$ - $\beta$  координат, как наиболее удобную для решения с помощью ЭВМ, учитывая внешнюю емкость конденсаторной батареи ( $c$ ), а также нагрузку (сопротивление  $Z_H$ ). Система координат представлена на рисунке 1.

Предварительно введем, как описано в [7], обозначения основных параметров в относительных величинах. Для этого принимаем следующие основные базовые величины, к которым относятся амплитудные номинальные значения фазного тока и напряжения, номинальное значение угловой частоты, а также номинальное значение момента

$$U_b = \sqrt{2}U_s, I_b = \sqrt{2}I_s, \omega_b = \omega = 2\pi f_s, M_b = \frac{3pU_b I_b}{2\omega_b} \quad (2)$$

где  $U_s, I_s$  – номинальное напряжение и ток статора соответственно,  $f_s$  – частота тока,  $p$  – число пар полюсов.

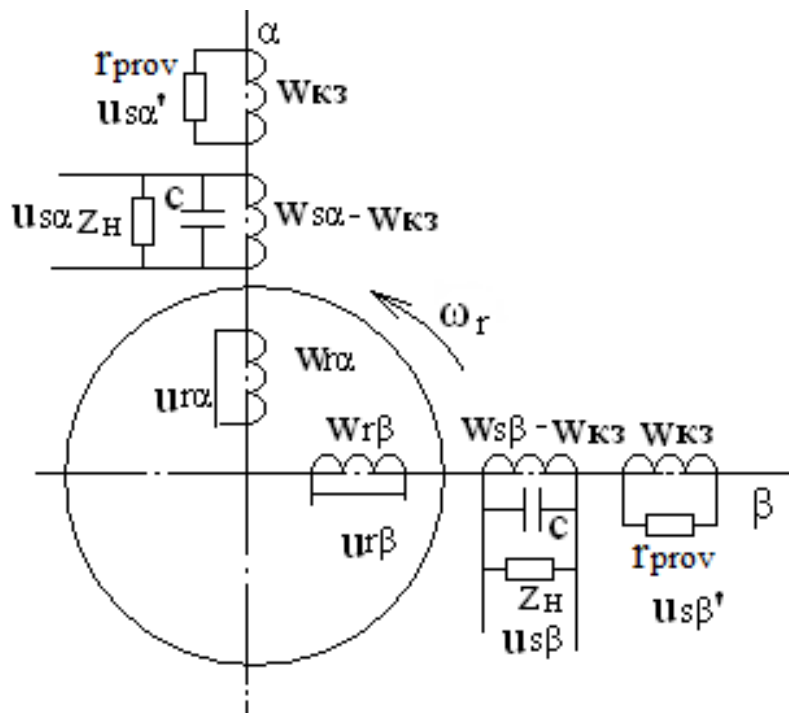


Рис. 1 – Пространственная модель ААГ в неподвижной  $\alpha$ - $\beta$  системе координат для исследования симметричных витковых коротких замыканий

Также согласно [3] принимаем базовые величины сопротивления, индуктивности, емкости, а также времени соответственно

$$R_b = \frac{U_b}{I_b}, L_b = \frac{U_b}{\omega_b I_b}, C_b = \frac{I_b}{\omega_b U_b}, \Psi_b = \frac{U_b}{\omega_b}, t_b = \frac{1}{\omega_b}. \quad (3)$$

Ток статора и нагрузки, сопротивления статорной и роторной обмоток, индуктивность цепи нагрузки в относительных величинах определяются следующим образом

$$\bar{u}_s = \frac{u_s}{U_b}, \bar{i}_s = \frac{i_s}{I_b}, \bar{i}_h = \frac{i_h}{I_b}, \bar{\Psi}_r = \frac{\Psi_r}{\Psi_b}, r_s = \frac{R_s}{R_b}, r_r = \frac{R_r}{R_b}, \bar{L}_h = \frac{L_h}{L_b} \quad (4)$$

где  $u_s, i_s, i_h, \Psi_r, L_h$  – реальные величины напряжения, тока статора, тока нагрузки, потокосцепления и индуктивности нагрузки,  $R_s, R_r$  – соответственно величины активных сопротивлений статора и ротора.

Кроме того, введем относительные величины электромагнитного момента, а также вращающего моментов приводного двигателя

$$\bar{m} = \frac{M_{\text{э}}}{M_b}, \bar{m}_c = \frac{M_c}{M_b} \quad (5)$$

где  $M_{\text{э}}$  – электромагнитный момент асинхронного генератора,  $M_c$  – вращающий момент приводного двигателя.

Аналогичным образом запишем следующие безразмерные параметры

$$x_s = \frac{\omega_b L_s}{R_b}, x_r = \frac{\omega_b L_r}{R_b}, x_m = \frac{\omega_b L_m}{R_b}, \bar{T}_m = \frac{J \omega_b}{M_b} \quad (6)$$

где  $L_s, L_r, L_m$  – индуктивности статора, ротора, а также взаимная индуктивность соответственно,  $J$  – сумма моментов ротора, а также вращающего генератор механизма.

Введем также величины

$$\bar{t} = \frac{t}{t_b}, \bar{v} = \frac{\omega_r}{\omega_b}, \bar{c} = \frac{C}{C_b} \quad (7)$$

где  $t$  – время,  $\omega_r$  – угловая скорость ротора,  $C$  – емкость цепи возбуждения.

Определяем безразмерные коэффициенты следующим образом

$$r = (r_s + k_r^2 r_r), x'_s = \left( x_s - \frac{x_m^2}{x_r} \right), k_r = \frac{x_m}{x_r}, \bar{T}_r = \frac{x_r}{r_r} \quad (8)$$

И, на конец, для записи системы дифференциальных уравнений вводим коэффициенты.

$$r_k = r \cdot W + r_{\text{prov}}, x'_{sk} = x'_{sk} \cdot W^2, k_{r1} = k_r \cdot W. \quad (9)$$

где  $W$  – число замкнутых витков в соотношении с числом витков в фазе,  $r_{\text{prov}}$  – сопротивление образовавшегося короткозамкнутого контура.

Итоговая система уравнений, включающая ток в короткозамкнутом контуре  $i_W$  будет иметь следующий вид

$$\begin{aligned} \frac{d\bar{i}_{s\alpha}}{d\bar{t}} &= \frac{\bar{u}_{s\alpha}}{x'_s} - \frac{r\bar{i}_{s\alpha}}{x'_s} + \frac{k_r}{x'_s \bar{T}_r} \bar{\Psi}_{r\alpha} + \frac{k_r}{x'_s} p v \bar{\Psi}_{r\beta}, \\ \frac{d\bar{i}_{s\beta}}{d\bar{t}} &= \frac{\bar{u}_{s\beta}}{x'_s} - \frac{r\bar{i}_{s\beta}}{x'_s} + \frac{k_r}{x'_s \bar{T}_r} \bar{\Psi}_{r\beta} - \frac{k_r}{x'_s} p v \bar{\Psi}_{r\alpha}, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\frac{d\bar{\Psi}_{r\alpha}}{d\bar{t}} = k_r r_r \bar{i}_{s\alpha} + k_{r1} r_r \bar{i}_{w\alpha} - \frac{1}{\bar{T}_r} \bar{\Psi}_{r\alpha} - p v \bar{\Psi}_{r\beta},$$

$$\frac{d\bar{\Psi}_{r\beta}}{d\bar{t}} = k_r r_r \bar{i}_{s\beta} + k_{r1} r_r \bar{i}_{w\beta} - \frac{1}{\bar{T}_r} \bar{\Psi}_{r\beta} + p v \bar{\Psi}_{r\alpha},$$

$$\frac{dv}{d\bar{t}} = \frac{k_r}{\bar{T}_m} (\bar{\Psi}_{r\alpha} \bar{i}_{s\beta} - \bar{\Psi}_{r\beta} \bar{i}_{s\alpha}) + \frac{k_{r1}}{\bar{T}_m} (\bar{\Psi}_{r\alpha} \bar{i}_{w\beta} - \bar{\Psi}_{r\beta} \bar{i}_{w\alpha}) - \frac{\bar{m}_c}{\bar{T}_m},$$

$$\frac{d\bar{i}_{H\alpha}}{d\bar{t}} = \frac{\bar{u}_{s\alpha} - \bar{i}_{H\alpha} \bar{r}_H}{\bar{L}_H},$$

$$\frac{d\bar{i}_{H\beta}}{d\bar{t}} = \frac{\bar{u}_{s\beta} - \bar{i}_{H\beta} \bar{r}_H}{\bar{L}_H},$$

$$\frac{d\bar{u}_{s\alpha}}{d\bar{t}} = \frac{\bar{i}_{s\alpha} - \bar{i}_{H\alpha}}{\bar{C}},$$

$$\frac{d\bar{u}_{s\beta}}{d\bar{t}} = \frac{\bar{i}_{s\beta} - \bar{i}_{H\beta}}{\bar{C}},$$

$$\frac{d\bar{i}_{w\alpha}}{d\bar{t}} = -\frac{r_k \bar{i}_{w\alpha}}{x'_{sk}} + \frac{k_{r1}}{\bar{T}_r x'_{sk}} \bar{\Psi}_{r\alpha} + \frac{k_{r1}}{x'_{sk}} p v \bar{\Psi}_{r\beta},$$

$$\frac{d\bar{i}_{w\beta}}{d\bar{t}} = -\frac{r_k \bar{i}_{w\beta}}{x'_{sk}} + \frac{k_{r1}}{\bar{T}_r x'_{sk}} \bar{\Psi}_{r\beta} - \frac{k_{r1}}{x'_{sk}} p v \bar{\Psi}_{r\alpha}.$$

Для решения данной системы использовался пакет MathCAD.

Чтобы модель была адекватна, необходимо сравнить ее выходные данные данными, как описано в [8], с полученными в ходе опытных испытаний реальной установки с генератором. Опытный стенд включал в себя самовозбуждающийся генератор, выполненный на основе электрического двигателя марки 4A100S4Y3.

#### Основные результаты

Ток в фазе генератора с наличием короткозамкнутых витков и собственно ток короткозамкнутой части обмотки показаны на рисунках 2 и 3. Зависимости получены двумя способами, а именно решением уравнений в MathCAD и осциллографированием реальных токов генератора.



Рис. 2 – Ток в фазе генератора





Рис. 3 – Ток в короткозамкнутой части обмотки

На основании этих данных можно утверждать, что в случае симметричного виткового короткого замыкания происходит уменьшение тока поврежденной фазы. Ток короткозамкнутого контура превышает в несколько раз номинальный ток генератора.

При этом видно, что полученная математическая модель хорошо согласуется с экспериментальными данными. Отличие полученных зависимостей составляет величины 3 – 4 %. Таким образом, можно говорить об адекватности модели.

#### Заключение

С помощью дифференциальных уравнений нам удалось получить работающую модель. С ее помощью появляется возможность изучить происходящие при повреждении обмотки в генераторе процессы.

Благодаря разработанной модели было установлено, что в случае наличия сразу во всех трех фазах генератора 3 % короткозамкнутых витков происходит изменение токов в фазах, а именно их уменьшение в 1,2 раз. Также удалось получить кривую тока короткого замыкания. Его значение шестикратно превышает номинальный ток в фазах генератора. При этом генератор продолжает функционировать, несмотря на то, что его обмотка повреждена.

Разработанная модель удовлетворяет условиям адекватности. В частности, это подтверждается экспериментально путем сравнения кривых токов, которые получены в результате моделирования с осциллограммами, полученными опытным путем на стенде. Разница значений токов при этом составляет всего 3 – 5 %.

Данная модель с большой долей достоверности позволяет получить значения токов и других возможных электромеханических характеристик самовозбуждающегося генератора при симметричном замыкании витков его статорной обмотки. Данные характеристики могут быть использованы для разработки соответствующих защитных устройств.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Список литературы / References

1. Баракин Н. С. Асинхронный генератор с автотрансформаторной обмоткой статора / Н. С. Баракин, А. Н. Соболев, А. А. Кумейко // Сельский механизатор. - 2018. - № 7-8. - С. 48 – 49.
2. Богдан А. В. Информационные признаки повреждения обмотки статора для построения релейной защиты автономного асинхронного генератора / А. В. Богдан, А. Н. Соболев // Известия вузов. Электромеханика. - 2017. - № 6. - С. 72-76.
3. Богдан А. В. Математическая модель самовозбуждения автономного асинхронного генератора / А. В. Богдан, А. Н. Соболев // Известия вузов. Электромеханика. - 2012. - № 2. - С. 47-50.
4. Богдан А. В. Обнаружение виткового замыкания в обмотке статора асинхронного генератора / А. В. Богдан, А. Н. Соболев, Н. С. Баракин // Сельский механизатор. - 2018. - № 7-8. - С. 44 – 45.
5. Герман-Галкин, С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем MATLAB 6.0 / С. Г. Герман-Галкин. - М.: Корона принт, 2001. - 320 с.
6. Копылов И. П. Электрические машины: учебник / И. П. Копылов. - М.: Юрайт, 2015. - 630 с
7. Кулаковский В. Б. Работа изоляции в генераторах: Возникновение и методы выявления дефектов / В. Б. Кулаковский. - М.: Энергоиздат, 1981. - 256 с.
8. Соболев А. Н. Диагностика повреждений в обмотке статора автономного асинхронного генератора / А. Н. Соболев // Инновации в сельском хозяйстве. - 2016. - № 2. - С. 225-228.
9. Пат. 66127 U1 Российская Федерация, МПК Н 02 К 11 00, Н 02 Н 7 08. Устройство для дифференциальной защиты асинхронного генератора / Соболев А. Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет». - № 2006147115/22; заявл. 27.12.06; опубл. 27.08.07, Бюл. № 24. - 4 с.
10. Торопцев Н. Д. Области применения асинхронных генераторов / Н. Д. Торопцев // Энергетик. - 2004. - № 3. - С. 31 – 34.

11. Eftekhari M. Online Detection of Induction Motor's Stator Winding Short-Circuit Faults / M. Eftekhari, M. Moallem, S. Sadri, and M.-F. Hsieh // IEEE Systems Journal. – 2013. - Vol. PP. - No. 99. - P. 1 – 11.
12. Md. Rasel Sarkar Mathematical modelling and simulation of induction generator based wind turbine in Matlab / Simulink / Md. Rasel Sarkar, Sabariah Julai, Chong Wen Tong, Ong Zhi Chao and Mahmudur Rahman // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2015. - Vol. 10. - No. 22. - P. 17276 – 17280.
13. Jain S.K. Transient performance of three-phase self-excited induction generator during balanced and unbalanced faults / S.K. Jain, J.D. Sharma and S.P. Singh // IEE Proc.-Gener. Trans. Distrib. – 2002. - Vol. 149. - Vol. 149. - No.1. - P. 50 – 57.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Barakin N. S. Asinhronnyj generator s avtotransformatornoj obmotkoj statora [Asynchronous generator with autotransformer stator winding] / N. S. Barakin, A. N. Sobol', A. A. Kumejko // Sel'skij mekhanizator [Rural machine operator]. - 2018. - № 7-8. - P. 48 – 49. [in Russian]
2. Bogdan A. V. Informacionnye priznaki povrezhdeniya obmotki statora dlya postroeniya relejnoj zashchity avtonomnogo asinhronnogo generator [Information signs of stator winding damage for building relay protection of an autonomous asynchronous generator] / A. V. Bogdan, A. N. Sobol' // Izvestiya vuzov. Elektromekhanika [University News. Electromechanics]. - 2017. – № 6. - P. 72-76. [in Russian]
3. Bogdan A. V. Matematicheskaya model' samovozbuzhdeniya avtonomnogo asinhronnogo generator [A mathematical model of self-excitation of an autonomous asynchronous generator] / A. V. Bogdan, A. N. Sobol' // Izvestiya vuzov. Elektromekhanika [University News. Electromechanics]. - 2012. - № 2. - P. 47-50. [in Russian]
4. Bogdan A. V. Obnaruzhenie vitkovogo замыкания v obmotke statora asinhronnogo generator [Detection of a short circuit in the stator winding of an asynchronous generator] / A. V. Bogdan, A. N. Sobol', N. S. Barakin // Sel'skij mekhanizator [Rural machine operator]. - 2018. - № 7-8. - P. 44 - 45. [in Russian]
5. German-Galkin, S. G. Komp'yuternoe modelirovanie poluprovodnikovyyh sistem MATLAB 6.0 [Computer simulation of semiconductor systems MATLAB 6.0] / S. G. German-Galkin. – M.: Korona print, 2001. – 320 p. [in Russian]
6. Kopylov I. P. Elektricheskie mashiny: uchebnik [Electric machines: a tutorial] / I. P. Kopylov. – M.: YUrajt, 2015. – 630 p. [in Russian]
7. Kulakovskij V. B. Rabota izolyacii v generatorah: Vozniknovenie i metody vyyavleniya defektov [Insulation Operation in Generators: The Occurrence and Methods of Detecting Defects] / V. B. Kulakovskij. – M.: Energoizdat, 1981. – 256 p. [in Russian]
8. Sobol' A. N. Diagnostika povrezhdenij v obmotke statora avtonomnogo asinhronnogo generator [Diagnosis of damage in the stator winding of an autonomous asynchronous generator] / A. N. Sobol' // Innovacii v sel'skom hozyajstve [Agricultural Innovation]. - 2016. - № 2. - P. 225-228. [in Russian]
9. Pat. 66127 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK H 02 K 11 00, H 02 H 7 08. Ustrojstvo dlya differencial'noj zashchity asinhronnogo generatora [Device for differential protection of an asynchronous generator] / Sobol' A. N.; the applicant and the patentee Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University. - № 2006147115/22; appl. 27.12.06; publ. 27.08.07, Bul. Number 24. - 4 p.
10. Toropcev N. D. Oblasti primeneniya asinhronnyh generatorov [Applications for Asynchronous Generators] / N. D. Toropcev // Energetik [Power engineer]. - 2004. - № 3. - P. 31 – 34.
11. Eftekhari M. Online Detection of Induction Motor's Stator Winding Short-Circuit Faults / M. Eftekhari, M. Moallem, S. Sadri, and M.-F. Hsieh // IEEE Systems Journal. – 2013. - Vol. PP. - No. 99. - P. 1 – 11.
12. Md. Rasel Sarkar Mathematical modelling and simulation of induction generator based wind turbine in Matlab / Simulink / Md. Rasel Sarkar, Sabariah Julai, Chong Wen Tong, Ong Zhi Chao and Mahmudur Rahman // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2015. - Vol. 10. - No. 22. - P. 17276 – 17280.
13. Jain S.K. Transient performance of three-phase self-excited induction generator during balanced and unbalanced faults / S.K. Jain, J.D. Sharma and S.P. Singh // IEE Proc.-Gener. Trans. Distrib. – 2002. - Vol. 149. - Vol. 149. - No.1. - P. 50 – 57.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.012>**ДВУХСЛОЙНОЕ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ НА ОСНОВЕ ШУНГИТА**

Научная статья

**Тихомиров А.А.<sup>1,\*</sup>, Пшеничников М.А.<sup>2</sup>**<sup>1, 2</sup> Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия;

\* Корреспондирующий автор (sasha.82[at]mail.ru)

**Аннотация**

Работа посвящена исследованию возможности применения шунгитового порошка в качестве дополнительного слоя грунта для обеспечения растекания тока заземляющего устройства. Получена зависимость удельного сопротивления шунгитового порошка от сжимающей силы и весовой влажности. Проведены измерения удельного сопротивления от протекающего тока в однослойном и двухслойном грунте с частичной заменой шунгитовым порошком. Проведенные измерения показывают падающую характеристику зависимости удельного сопротивления от протекающего тока через заземляющее устройство.

**Ключевые слова:** заземляющее устройство, грунт, удельное сопротивление.

**TWO-LAYER EARTHING DEVICE IN ELECTRIC-POWER ENGINEERING BASED ON SHUNGITE**

Research article

**Tikhomirov A.A.<sup>1,\*</sup>, Pshenichnikov M.A.<sup>2</sup>**<sup>1, 2</sup> Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

\* Corresponding author (sasha.82[at]mail.ru)

**Abstract**

The work is devoted to the study of the possibility of shungite powder application as an additional soil layer to ensure the spreading of a current in the grounding device. The authors have obtained the dependence of the resistivity of shungite powder on compressive strength and weight moisture. They measured resistivity from the flowing current in a single-layer and two-layer soil with partial replacement with shungite powder. The measurements show a falling characteristic of the dependence of the resistivity on the flowing current through the grounding device.

**Keywords:** grounding device, soil, resistivity.

**Введение**

Заземляющее устройство является важным элементом электроэнергетической системы, выполняющее защитную функцию от опасных перенапряжений, которые возникают как при аварийных режимах, так и в процессе эксплуатации.

Для обеспечения надежности электроснабжения, заземляющее устройство должно иметь неизменное нормативное сопротивление в соответствии с нормами ПУЭ [1]. Отдельным вопросом является рассмотрение величины сопротивления заземляющего устройства при импульсных токах для выполнения молниезащиты.

Удельное сопротивление грунта является многофакторной величиной, что затрудняет описание его электрических характеристик. Так в работах [2],[3] показана сложность предсказания удельного сопротивления грунта, из-за влияния его плотности и влажности на величину удельного сопротивления. Кроме того на удельное электрическое сопротивление грунта существенно влияет температура окружающей среды при переходе в отрицательные значения из-за промерзания грунта.

Сезонное изменение температуры окружающей среды, уровня осадков в случае высокого удельного сопротивления грунта могут приводить к выходу за нормативные значения величины сопротивления заземляющего устройства. Кроме того низкая удельная проводимость грунта может быть причиной зависимости сопротивления заземляющего устройства от протекающего тока [4]. Для снижения удельного сопротивления грунта и обеспечения нормативного сопротивления заземляющего устройства может применяться засоление грунта, однако такой подход не решает проблему создания надежного растекания тока на длительный период.

При большом удельном сопротивлении грунта, например в условиях Крайнего Севера или скальных пород, обеспечение нормативной величины сопротивления заземлителя требует увеличения габаритных размеров электродов, что существенно повышает экономические затраты на строительство.

Развитие заземляющих устройств связано с применением новых технических решений и материалов. Так электролитическое заземляющее устройство обеспечивает электрохимический контакт с грунтом через поры пробки в нижней части заземлителя [5]. Преимуществом электролитического заземляющего устройства является возможность обеспечения лучшего электрического контакта с высокоомным грунтом по сравнению с классическим электродным заземлителем. Недостатком такого заземляющего устройства является применение электролитов как потенциально опасных материалов для окружающей среды, кроме того налагается условие положительных рабочих температур, что ограничивает их применение.

Для нивелирования изменения удельного сопротивления грунта от промерзания в [6] описана возможность использования заземляющего устройства на основе электродов нагревателей.

В связи с развитием буровых технологий находят применение глубинные вертикальные заземлители с их вводом нижние слои грунта с меньшим удельным сопротивлением. При этом возможна частичная или полная замена грунта на материал с низким удельным сопротивлением с получением нормативных параметров заземляющего устройства. Так [7] показано преимущество установки вертикальных электродов над горизонтальными при проектировании

заземляющего устройства в случае двухслойного или более грунта.

Применение частичной замены грунта делает актуальной задачу рассмотрение новых материалов с низким удельным сопротивлением для обеспечения растекания электрического тока, которые одновременно не являлись бы экологически опасными для окружающей среды.

Целью работы является рассмотрение возможности применения шунгита (аналога стеклогуглерода) как отдельного слоя грунта для уменьшения общего сопротивления заземляющего устройства с вертикальными электродами.

Электрофизические свойства шунгита исследовались в работах [8], [9]. Шунгит представляет собой композит наночастиц углерода с разнообразными минеральными примесями (наиболее часто встречаются пирит, кварц, сфалерит) добываемый открытым способом. Наночастицы входящие в состав шунгита обладают деформированными графеновыми плоскостями. Удельное сопротивление шунгита составляет порядка  $0,001 \text{ Ом} \times \text{м}$ , что делает возможным его применение в области экранировки электромагнитного излучения.

#### Основная часть

В настоящей работе использовался шунгит Зажогинского месторождения фракцией 100 мкм.

Для измерения зависимости удельного сопротивления шунгита от давления использовался керамический цилиндр с расположенным в его нижней части электродом (см. Рисунок 1) в который засыпался шунгитовый порошок и придавливался верхним электродом. Измерение сопротивления производилось с помощью мультиметра. Внутренний диаметр цилиндра 1 равен 15 см, а высота шунгитового порошка 5 см.

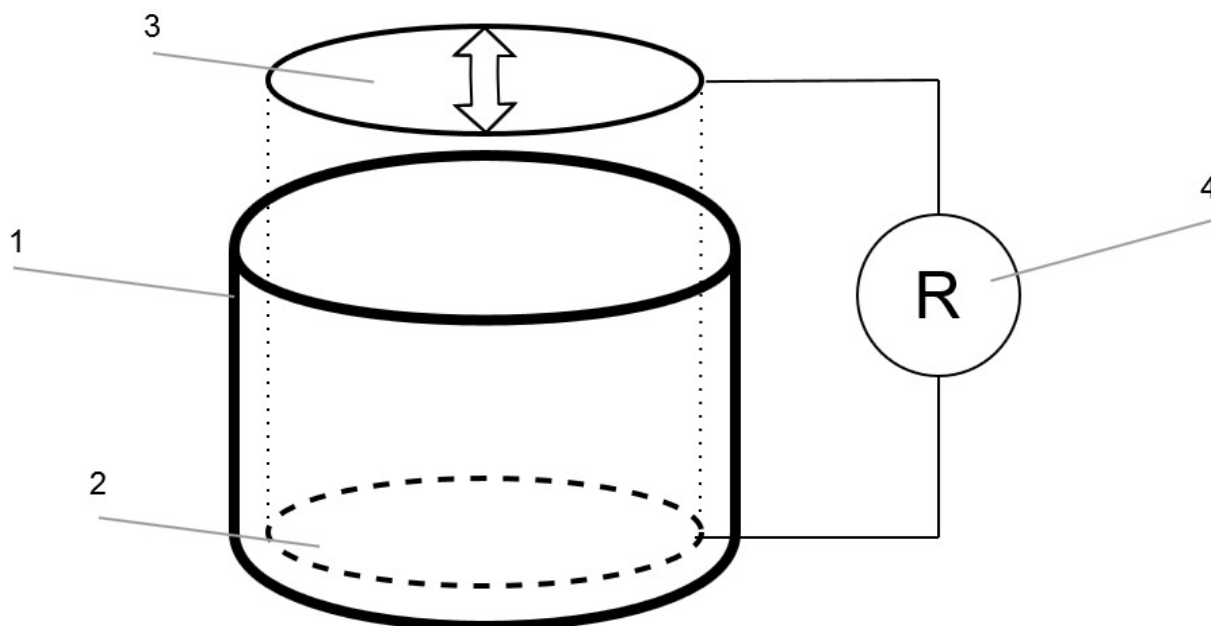


Рис. 1 – Схема измерения удельного сопротивления грунта от давления:  
1 – диэлектрический цилиндр, 2, 3 – верхний и нижний электрод, 4 – мультиметр

Полученная зависимость удельного сопротивления шунгитового материала от давления, которая представлена на рисунке 2 показала практически линейное падение с ростом давления. При этом при создании циклической нагрузки шунгитовый материал показал повторяемость результатов с погрешностью порядка 20%.

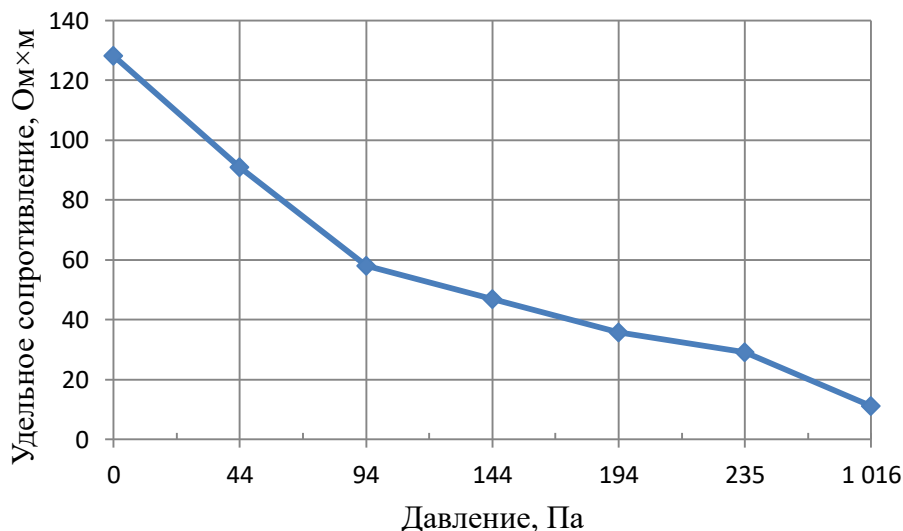


Рис. 2 – Зависимость удельного сопротивления от давления

На рисунке 3 представлены результаты измерений зависимости удельного сопротивления шунгитового порошка от весовой влажности в ненагруженном состоянии.

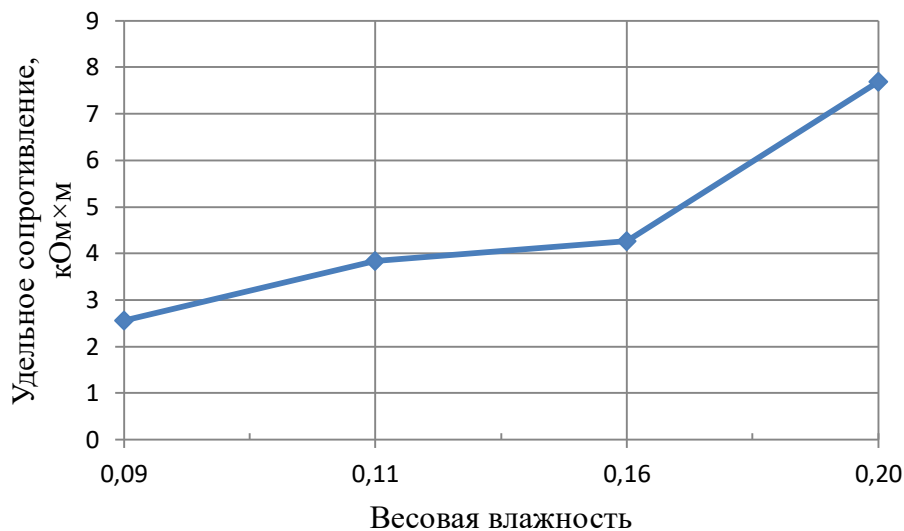


Рис. 3 – Зависимость удельного сопротивления от давления

Для измерения массы шунгитового порошка использовались весы Massa K BK 3000.

Для исследования растекания тока в грунте при его частичной замене шунгитовым материалом была собрана экспериментальная установка, показанная на рисунке 4, представляющая собой металлический короб (40x21x30 см) наполненный грунтом (супесь) в который погружен электрод диаметром 6 мм.

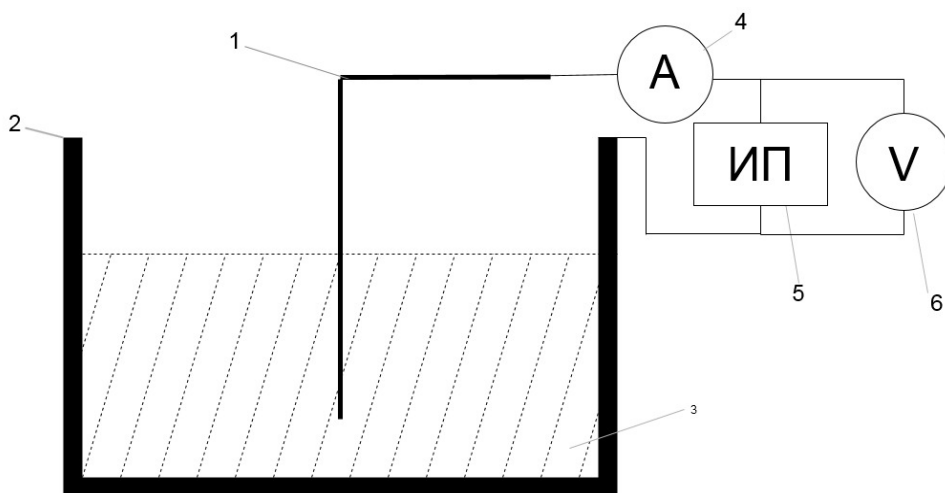


Рис. 4 – Экспериментальная установка

1 – электрод, 2 – металлический короб, 3 – грунт, 4 – амперметр, 5 – источник питания, 6 – вольтметр

Для измерения сопротивления такого заземлителя, между корпусом короба и электродом подавалось переменное напряжение с частотой 50 Гц с помощью источника питания (5). Ток растекания измерялся амперметром (4).

Зависимости сопротивления заземляющего устройства от протекающего тока при различных глубинах погружения электрода в однослойный грунт показаны на рисунке 5.

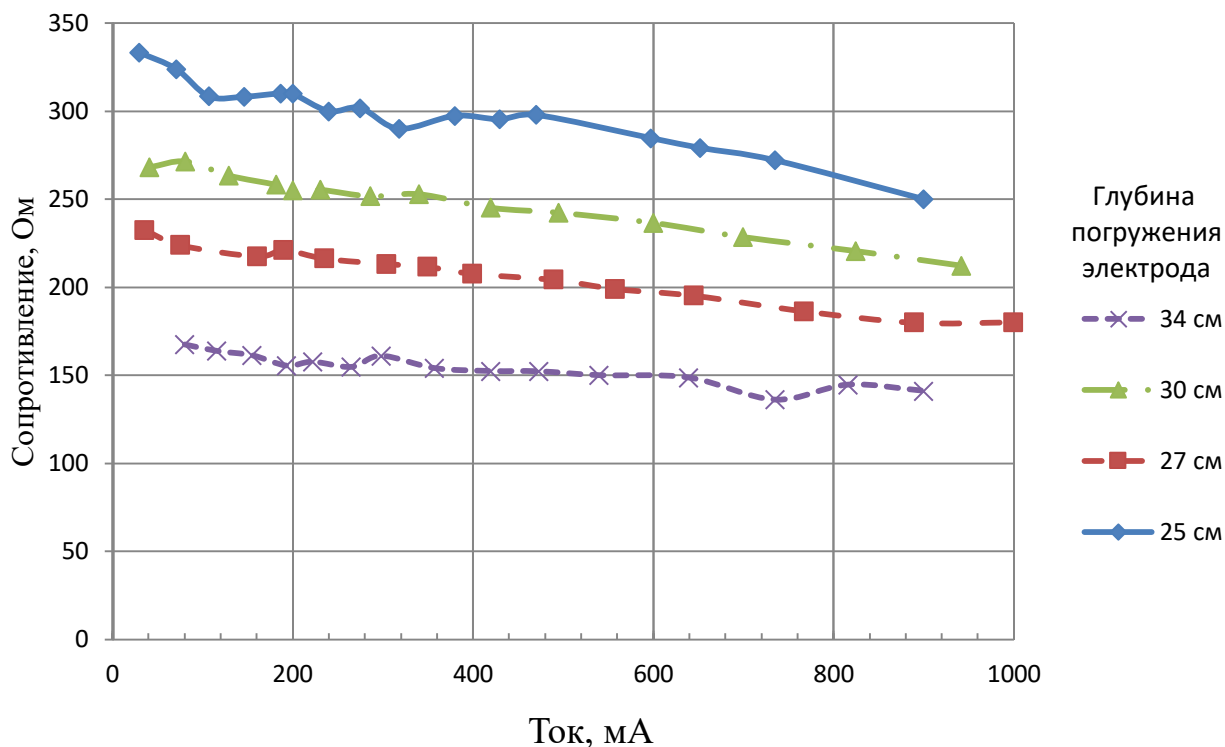


Рис. 5 – Зависимость сопротивления заземляющего устройства от тока в однослойном грунте

Для измерения сопротивления заземляющего устройства при частичной замене грунта, верхний слой (около 1 см) был заменен на шунгитовый порошок.

Зависимости сопротивления заземляющего устройства от протекающего тока при различных глубинах погружения электрода в двухслойном грунте показаны на рисунке 6.

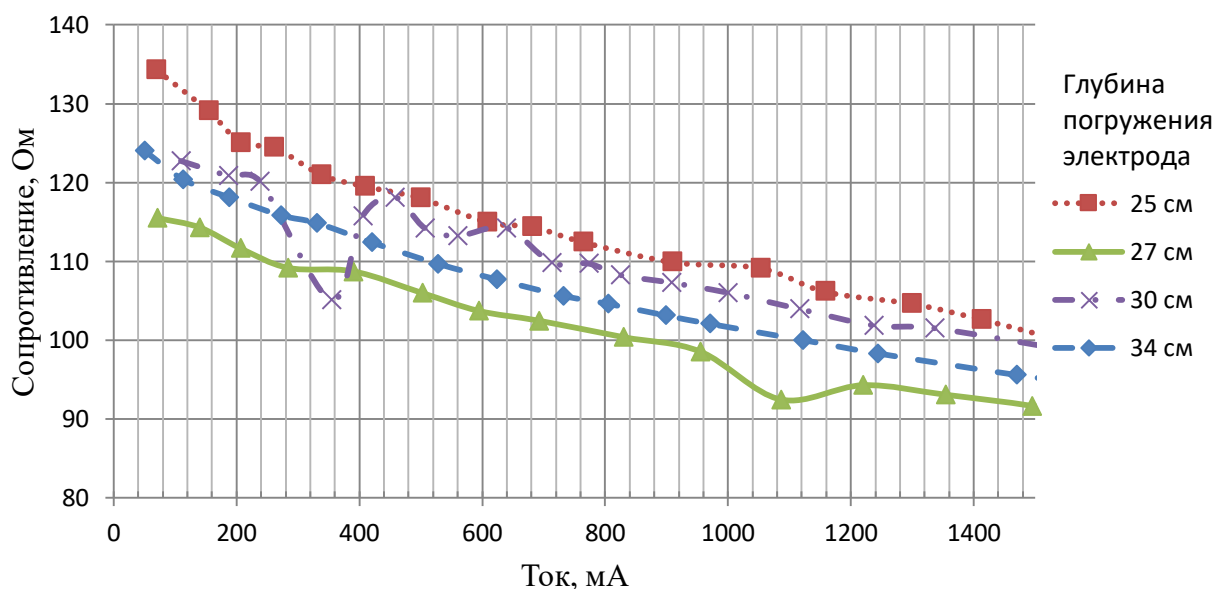


Рис. 6 – Зависимость сопротивления заземляющего устройства от тока в двухслойном грунте

### Заключение

Из представленных вольт-амперных характеристик видно близкое к линейному падению сопротивления заземлителя с ростом напряжения как в случае однослойного грунта так и при частичной замене грунта. Полученные результаты показывают, что шунгитовый порошок обладает достаточно низким удельным сопротивлением от 130 до 10 Ом-м в зависимости от давления, при этом его электрическое сопротивление практически линейно падает с ростом тока.

**Конфликт интересов**

«Не указан».

**Conflict of Interest**

«None declared».

**Список литературы / References**

1. Правила устройства электроустановок: 7-е издание (ПУЭ)/ Главгосэнергонадзор России. М.: Изд-во ЗАО «Энергосервис», 2007. 610 с.
2. Зайцева Н. М. Зависимость удельного сопротивления грунта от плотности / Зайцева Н.М., Исабекова Б.Б., Зайцев Д.С. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2009. – № 6. – С. 138–141.
3. Зайцева Н. М. Зависимость удельного электрического грунта от влажности и температуры / Н.М. Зайцева, Д.С. Зайцев, М.Я. Клецель // Электричество. – 2008. – № 9. – С. 31–35.
4. Васильев П.Ф. Методы снижения сопротивления растеканию тока в многолетнемерзлых грунтах / В.П. Кобылин, В.А. Седалищев, Р.П. ЛиФир-Су, П.Ф. Васильев // Изв. РАН. Энергетика. – 2008. – №1. – С. 117–121.
5. Иванов В.Г. Электролитические заземлители. Преимущества и перспективы использования / В.Г. Иванов, А.М. Чернюк // Энергетика и электрификация. – № 6. – 2007. – С. 23–29.
6. Способ выполнения заземления в многолетнемерзлых грунтах / Ефремов В.Н., Кобылин В.П., Пат. РФ 2181918, 2002.
7. Caetano C. E. F. et al. A simplified method for calculating the impedance of vertical grounding electrodes buried in a horizontally stratified multilayer ground //2018 34th International Conference on Lightning Protection (ICLP). – IEEE, 2018. – С. 1–7.
8. Batista R., Paulino J. O. S. A practical approach to estimate grounding impedance of a vertical rod in a two-layer soil // Electric Power Systems Research. – 2019. – Т. 177. – С. 105973.
9. Парфеньева, Л.С. Электропроводность шунгитового углерода / Л.С. Парфеньева, И.А. Смирнов, А.З. Зайденберг, Н.Н. Рожкова, Г.Б. Стефанович // ФТТ. – 1994. –Т. 36, № 1. – С. 234-236.
10. Голубев Е.А. Электрофизические свойства и структурные особенности шунгита (природного наноструктурированного углерода) // ФТТ. – 2013. –Т. 55. – В. 5. – С.995-1002.

**Список литературы на английском языке / References in English\***

1. Pravila ustroystva elektroustanovok: 7-ye izdaniye (PUE) [Electrical installation rules: 7th edition (PUE)] / Glavgosenergonadzor of Russia. M.: Publishing House of CJSC Energoservice, 2007. – 610 p. [in Russian]
2. Zaitseva N. M. Zavisimost' udel'nogo soprotivleniya grunta ot plotnosti [Dependence of soil resistivity on density] / Zaitseva N. M., Isabekova B. B., Zaitsev D. S. // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy energetiki [News of higher educational institutions. Energy issues]. – 2009. – No. 6. – P. 138–141. [in Russian]
3. Zaitseva N. M. Zavisimost' udel'nogo elektricheskogo grunta ot vlazhnosti i temperatury [Dependence of specific electric soil on humidity and temperature] / N.M. Zaitseva, D.S. Zaitsev, M.Ya. Kletsel // Elektrichestvo [Electricity]. – 2008. – No. 9. – P. 31–35. [in Russian]
4. Vasiliev P.F. Metody snizheniya soprotivleniya rastekaniyu toka v mnogoletnemerzlykh gruntakh [Methods of reducing the resistance to current spreading in permafrost soils] / V.P. Kobylin, V.A. Sedalischev, R.P. LiFir-Su, P.F. Vasiliev // Izv. RAN. Energetika [Bul. Of RAS. Energy] – 2008. – No. 1. – P. 117–121. [in Russian]
5. Ivanov V.G. Elektroliticheskiye zazemliteli. Preimushchestva i perspektivy ispol'zovaniya [Electrolytic grounding. Advantages and prospects of use] / V.G. Ivanov, A.M. Chernyuk // Energetika i elektrifikatsiya [Energy and Electrification]. – No. 6. – 2007. – P. 23–29. [in Russian]
6. Sposob vypolneniya zazemleniya v mnogoletnemerzlykh gruntakh [Method of grounding in permafrost soils] / Efremov V.N., Kobylin V.P., Pat. RF 2181918, 2002. [in Russian]
7. Caetano C. E. F. A simplified method for calculating the impedance of vertical grounding electrodes buried in a horizontally stratified multilayer ground //2018 34th International Conference on Lightning Protection (ICLP). – IEEE, 2018. – С. 1–7.
8. Batista R. A practical approach to estimate grounding impedance of a vertical rod in a two-layer soil / Batista R., Paulino J. O. S. // Electric Power Systems Research. – 2019. – V. 177. – С. 105973.
9. Parfenyeva, L.S. Elektroprovodnost' shungitovogo ugleroda [Electrical conductivity of shungite carbon] / L.S. Parfenyeva, I.A. Smirnov, A.Z. Seidenberg, N.N. Rozhkova, G.B. Stefanovich // FTT. – 1994. – V. 36, – No. 1. – P. 234-236. [in Russian]
10. Golubev E.A. Elektrofizicheskiye svoystva i strukturnyye osobennosti shungita (prirodnogo nanostrukturirovannogo ugleroda) [Electrophysical properties and structural features of shungite (natural nanostructured carbon)] // FTT. – 2013. – V. 55. – P. 5. – P.995-1002. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.013>**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПЛАЗМЕННЫМ ПОТОКОМ, СОДЕРЖАЩИМ МЕЛКОДИСПЕРСНУЮ ФАЗУ**

Научная статья

**Чащин Е.А.<sup>1,\*</sup>, Балашова С.А.<sup>2</sup>**<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «КГТА им.В.А. Дегтярева», Ковров, Россия;<sup>2</sup> АО «ВНИИ «Сигнал», Ковров, Россия;

\* Корреспондирующий автор (kanircha[at]list.ru)

**Аннотация**

Используемые в настоящее время технологические установки плазменного напыления обеспечивают прочность адгезионного сцепления, как правило, в пределах 30 – 40 МПа при пористости покрытий около 10 %. Дальнейшее повышение достигнутого уровня труднодостижимо традиционными методами. В работе показана возможность интенсификации процессов плазменного напыления введением в плазменный поток, в качестве дополнительного источника энергии, модулированного лазерного излучения. Предложена математическая модель, описывающая взаимодействие импульсного лазерного излучения с плазменным потоком, содержащим мелкодисперсную фазу. Получены оценки энергетических и временных параметров лазерного излучения, обеспечивающих повышение эффективности плазменного напыления. Показано, что энергия вводимого дополнительно в плазменный поток лазерного излучения имеет ограничения как по минимальному, так и по максимальному уровню энергии.

**Ключевые слова:** комбинированное воздействие, плазменное напыление, лазерное излучение.

**INTERACTION OF PULSE LASER RADIATION WITH PLASMA FLOW CONTAINING FINELY DISPERSED PHASE**

Research article

**Chashchin E.A.<sup>1,\*</sup>, Balashova S.A.<sup>2</sup>**<sup>1</sup> FSBEI of HE, KSTA named after V.A. Degtyarev, Kovrov, Russia;<sup>2</sup> JSC, SRI Signal, Kovrov, Russia

\* Corresponding author (kanircha[at]list.ru)

**Abstract**

Currently used plasma spraying technological units typically provide adhesion within the range of 30–40 MPa with a coating porosity of about 10%, and it is difficult to achieve a further increase of this level with traditional methods. The paper shows the possibility of intensifying plasma spraying processes by introducing modulated laser radiation into the plasma stream as an additional energy source. The authors propose a mathematical model that describes the interaction of pulsed laser radiation with a plasma stream containing a finely dispersed phase; they have obtained estimates of the energy and time parameters of laser radiation, which increase the efficiency of plasma spraying. It is shown that the energy of laser radiation introduced additionally into the plasma stream has limitations both on the minimum and maximum energy levels.

**Keywords:** combined exposure, plasma spraying, laser study.

**Введение**

К настоящему времени известно более 100 тыс. направлений использования источников концентрированных потоков энергии [1], [2], [3]. При этом основная доля такого высокотехнологичного оборудования используется на промышленных предприятиях для обработки материалов. На рис. 1-3 представлено распределение спроса на лазерные технологические системы и операции [4], [5], [6].

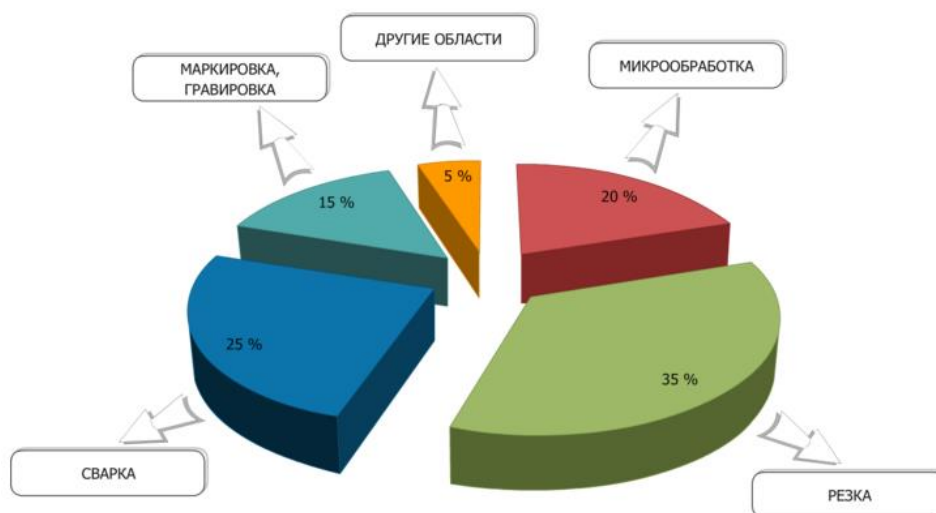


Рис. 1 – Распределение спроса на лазерные технологические операции по основным технологическим операциям [4]



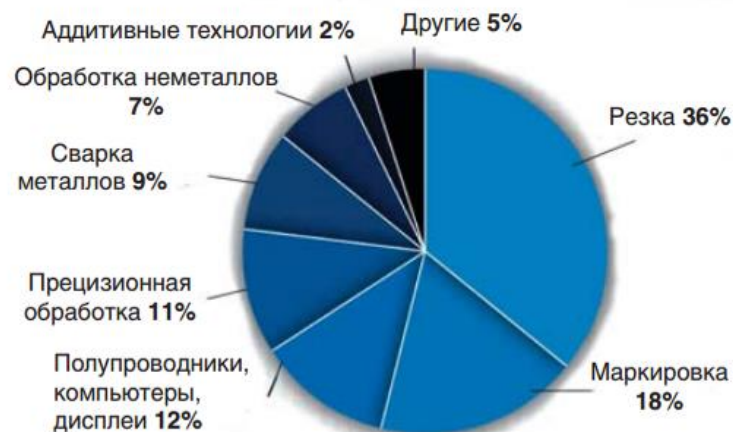


Рис. 2 – Процентное соотношение продажи лазеров для различных видов обработки материалов в 2016 г. [5]

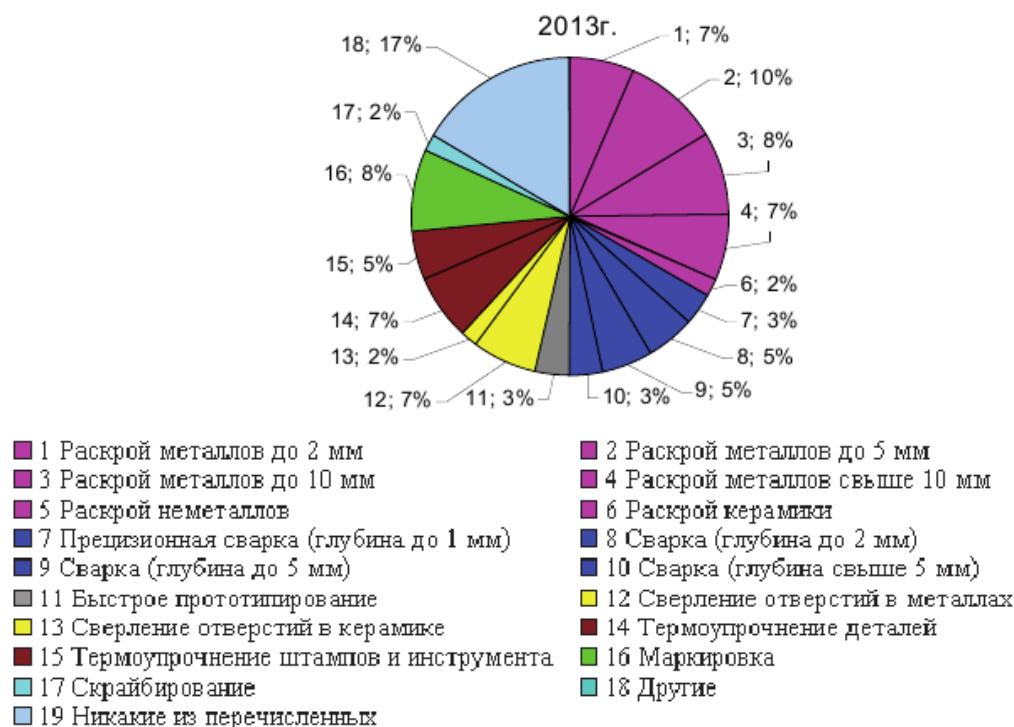


Рис. 3 – Технологические операции лазерной обработки [6]

Высокое качество и скорость обработки, возможность обрабатывать сложные контуры изделий и минимальные изменения структуры материала в зоне воздействия – далеко не полный перечень преимуществ технологий обработки концентрированными потоками энергии. В то же время, следует отметить, что среди приведенных видов обработки, доля технологических операций связанных с реализацией процессов нагревания и плавления материалов без разрушения, таких как напыление мала и составляет по разным оценкам (см. рис. 2-3) 5-12% и 5-9% соответственно. Одним из основных препятствий на пути внедрения технологических операций связанных с реализацией процессов нагревания и плавления материалов без разрушения в производство, является более низкая энергетическая и экономическая эффективность. Основные закономерности явлений переноса теплоты, механизм и методология исследования процессов теплообмена [7] показывают, что увеличения эффективности процессов обработки концентрированными потоками энергии можно добиться, сократив время, затрачиваемое на нагрев поверхности. Это может быть реализовано применением дополнительных источников для сопутствующего нагрева.

Одним из первых упоминаний о возможности применения подобного комбинированного воздействия можно считать предложенный в 1966 г. способ лазерно-плазменной обработки [8]. Реализация работ в этом направлении позволила разработать передовую технологию, позволяющую выполнять операции лазерно-плазменной сварки, наплавки и резки металлов (рис. 4, а), а так же закалки металлических поверхностей, нанесения покрытий и ведения других технологических процессов (рис. 4, б).

Предложенный способ комбинированной обработки концентрированными потоками энергии обеспечивает возможность существенного повышения эффективности использования лазерного излучения. В частности, при сварке алюминиевого сплава АМг-2 толщиной 0,35 мм лазерным излучением мощностью 250 Вт совместно с плазменной обработкой, скорость сварки возрастает в 3 раза до 9 м/мин [12].

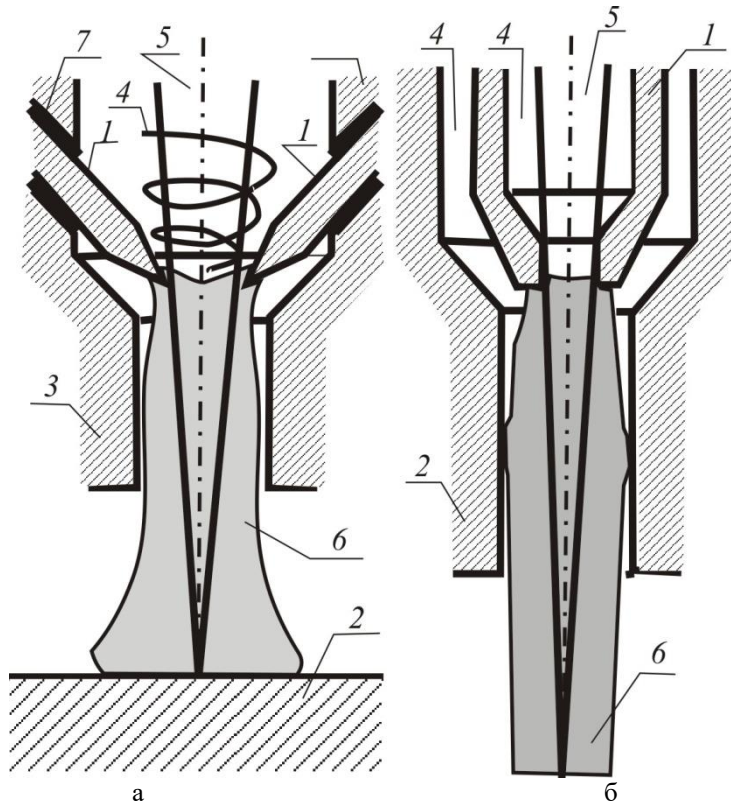


Рис. 4 – Схемы интегрированных плазмотронов прямого (а) и косвенного (б) действия [12]:

1 – катод, 2 – анод, 3 – плазмформирующее сопло, 4 – плазмобразующий газ, 5 – лазерный пучок, 6 – плазма, 7 – изолятор

Применение дополнительных источников для сопутствующего нагрева выявило ряд преимуществ, к которым следует отнести то, что тепловое воздействие не является суммой балансов тепла отдельно взятых источников лазерной и плазменной обработки [13].

Следует отметить, что рассмотренные выше методы повышения эффективности обработки концентрированными потоками энергии предназначены для повышения эффективности в первую очередь лазерной обработки. Однако при выполнении производственных операций напыления, большей производительностью, по сравнению с лазерной обработкой, обладают установки именно плазменного напыления. В то же время, используемые в настоящее время технологические установки плазменного напыления обеспечивают прочность адгезионного сцепления, как правило, в пределах 30 – 40 МПа при пористости покрытий около 10 % [14]. Дальнейшее повышение достигнутого уровня этих свойств, связано с интенсификацией теплового воздействия на частицы порошка напыляемого материала, что труднодостижимо традиционными методами. Это делает актуальным рассмотрение вопроса о возможности интенсификации процессов плазменного напыления введением в плазменный поток, в качестве дополнительного источника энергии, модулированного лазерного излучения.

#### Методы и принципы исследования

Высокая плотность мощности, достигаемая в импульсе модулированного излучения, вызывает возникновение оптического пробоя. Высокое поглощение энергии лазерного излучения, реализуемое в области пробоя, обеспечивает, по сравнению с традиционными методами введения лазерного излучения в плазменный поток [15], уменьшение потерь на отражение в 7-9 раз до 5-10% от уровня энергии падающего излучения. Рассмотрим тепловое воздействие модулированного излучения на плазменный поток, содержащий мелкодисперсную фазу.

Принимаем, что условием возникновения пробоя является нарастание концентрации возбужденных электронов при превышении частоты ионизации  $\nu_i$  над частотой диффузионных потерь  $\nu_D$  [13].

$$E = \frac{\omega}{a \cdot n \cdot \sigma \cdot e} \left[ \frac{m_e \varepsilon^*}{3} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

где  $\omega$  - круговая частота излучения;  $\varepsilon$  - диэлектрическая проницаемость вещества;  $\varepsilon^*$  - потенциал ионизации атома;  $m_e$  - масса атома газа;  $a$  - характерный размер области воздействия луча (диаметр луча);  $\sigma$  - сечение взаимодействия электрон-атом;  $n$  - концентрация в месте воздействия лазерного луча на плазменный поток.

Тогда, интенсивность лазерного пучка, обеспечивающего возникновение пробоя [15]

$$I = c \varepsilon \varepsilon_0 E^2 \quad (2)$$

$E = \frac{3}{2} kT$  – энергия электрона;  $T$  – температура плазменного потока;  $k$  – постоянная Больцмана.  
Сечение взаимодействия электрон-атом  $\sigma$  зависит от температуры плазменного потока [14]

$$\sigma = 2.66 N_{\text{вал}} a_0^2 \pi \left( \frac{\varepsilon_{iH}^*}{\varepsilon^*} \right) f_1 \frac{-1 + \frac{E}{\varepsilon^*}}{\left( \frac{E}{\varepsilon^*} \right)^2} \ln \left( 1.25 f_2 \frac{E}{\varepsilon^*} \right) \quad (3)$$

где  $\varepsilon_{iH}^*$  – энергия ионизации атома водорода;  $a_0$  – радиус первой орбиты атома водорода;  $N_{\text{вал}}$  – число валентных электронов;  $f_1=0.8 \div 1.3$ ,  $f_2=0.7 \div 3$  – постоянные (в последующих расчетах принято  $f_1=1$  и  $f_2=2$ ).

Оценим толщину слоя прогреваемого движущимся ионизационным фронтом. Будем считать, что при формировании оптического пробоя в плазменном потоке, фронт ионизации распространяется в режиме светодетонационной волны со скоростью:

$$V_{\text{сдв}} = \left( 2(\gamma^2 - 1) \right)^{1/3} \left( \frac{I}{\rho_0} \right)^{1/3} \quad (4)$$

где  $\rho_0$  – плотность газовой среды;  $\gamma$  – показатель адиабаты газа.

Для обеспечения равномерности свойств наносимого покрытия, за время действия импульса лазерного излучения должен обеспечиваться дополнительный прогрев плазменного потока по всему его сечению. Зная скорость (4), определим расстояние, пройденное фронтом за время  $t = \tau - \Delta t$ , где  $\tau$  – время воздействия излучения,  $\Delta t$  – время разогрева плазмы.  $\Delta t$  вычисляем по приращению температуры в приближении одномерной задачи нагрева среды с объемным поглощением [13].

$$\Delta T = \frac{\alpha_{\text{ис}}(T_{pl}) \cdot I \cdot \Delta t}{\rho_0 \cdot C_{pl}} \quad (5)$$

где  $C_{pl}$  – теплоемкость плазменного потока, принимаемая при температуре плазменного потока более  $10^4$  К равной  $13 \text{ кДж/(кг·К)}$  [14].

Рассмотрим влияние лазерного излучения, удовлетворяющего полученным условиям на нагрев плазменного потока, содержащего мелкодисперсную фазу. По неявной конечно-разностной схеме были проведены расчеты с целью оценки воздействия лазерного импульса на температуру частиц напыляемого материала. При допущении приблизительной оценки расположения фронта плавления, процессы нагрева и плавления в конденсированной среде можно рассматривать в рамках единой расчетной области без разделения на твердое тело и расплав. В соответствии с известными рекомендациями [16] в нестационарном уравнении теплопроводности для моделирования области нагрева с плавлением используем сглаженную функцию удельной теплоемкости  $c(T)$  [16], которая, кроме сглаживания перепада в значении при фазовом переходе «твердое тело – расплав», включает в себя удельную энергию плавления:

$$\partial T / \partial t + (\vec{V}, \text{grad} T) = a(T) \Delta T, \quad a(T) = \lambda_T(T) / c(T) \rho \quad (6)$$

где  $a(T)$  – температуропроводность,  $\lambda_T(T)$  – теплопроводность,  $\rho$  – плотность материала,  $\vec{V}$  – вектор скорости движения.

### Основные результаты

Технологические плазменные установки обеспечивают получение низкотемпературной плазмы с температурой потока на срезе сопла плазматрона  $6 \div 20 \cdot 10^3 \text{ К}$ . Из рис. 5, а видно, что с уменьшением температуры плазменного потока пороговая интенсивность нелинейно возрастает до значений  $10^{10} - 10^{12} \text{ Вт/см}^2$ , что может быть достигнуто при использовании импульсов модулированного излучения.

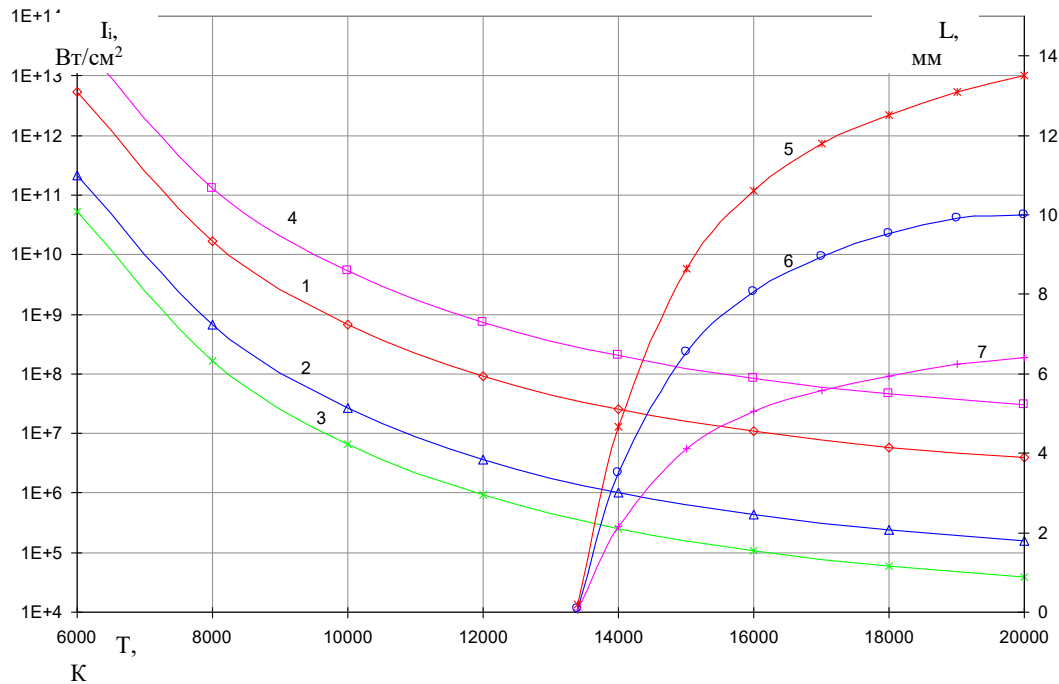


Рис. 5 – Зависимость пороговой интенсивности пробоя  $I_i$  (1-3) и пиковой мощности лазерного импульса  $P_i$  (4) в азоте от начальной температуры  $T$ , К.

Диаметр лазерного луча: 1 мм (1), 5 мм (2) и 10 мм (3).

Зависимость расстояния  $L$ , мм (5-7), пройденного ПП от начальной температуры  $T$ , К.

Длительность импульса: 100 нс (7), 200 нс (6), 300 нс (5).

Видно (рис. 5, кривая 1-3), что при уменьшении интенсивности лазерного излучения момент возникновения пробоя сдвигается к концу импульса модулированного излучения, так же видно, что при уменьшении начальной температуры плазменного потока время возникновения пробоя увеличивается, что в совокупности приводит к снижению толщины слоя. Учитывая линейные размеры плазменного потока на срезе сопла можно принять, что расстояние, пройденное фронтом должно быть не менее 1 мм. С учетом сделанного допущения видно, что временные и энергетические параметры лазерного пучка должны лежать в диапазоне: длительность импульса от 100 – 300 нс, энергия импульса не менее 0,524 Дж.

Результаты расчетов (6) приведены на рис. 6. Видно, что в результате воздействия импульсного лазерного излучения температура поверхности сферической частицы существенно превышает температуру плавления напыляемого материала. При импульсном воздействии, температура сначала повышается до максимального значения, а после окончания действия импульса, вследствие прекращения процессов испарения, температура поверхности интенсивно снижается до температуры плавления и стабилизируется на достигнутом уровне.

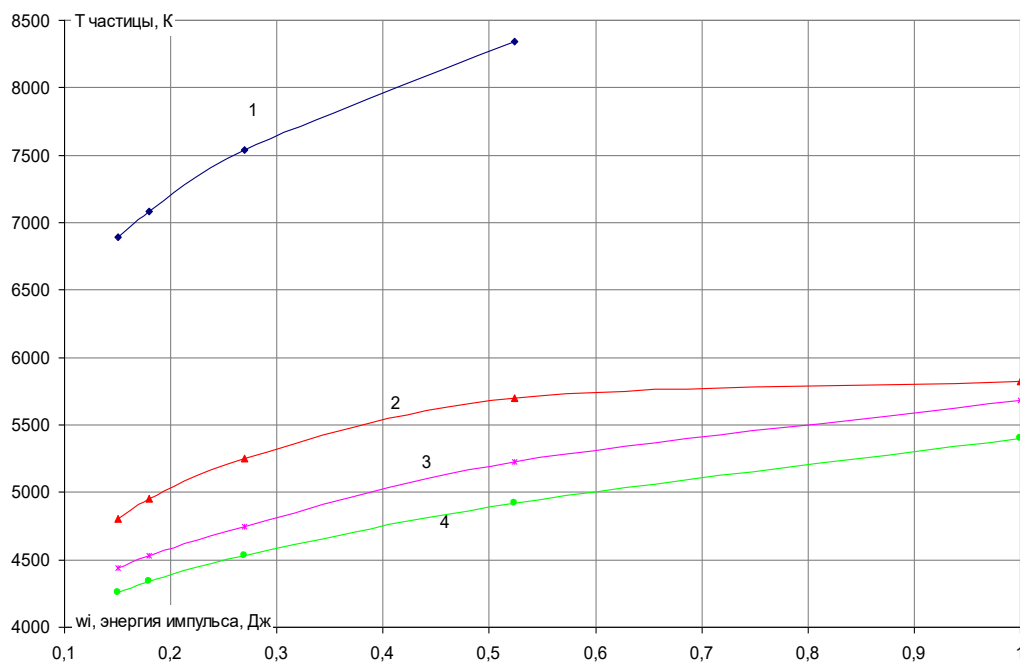


Рис. 6 – Зависимость температуры нагрева частицы  $Al_2O_3$  от энергии импульса лазерного излучения.

Длительность импульса: 10нс (1), 100нс (2), 200нс (3), 300нс (4).

## Обсуждение

Из результатов расчетов видно, что энергия вводимого дополнительно в плазменный поток лазерного излучения ограничена как по минимальному уровню - при нагреве мелкодисперсной фазы находящейся в плазменном потоке, уровень дополнительно поступающей энергии должен быть не меньше необходимого для образования оптического пробоя. Так и по максимальному уровню – дополнительный нагрев лазерным излучением не должен достигать полного испарения частиц мелкодисперсной фазы.

После проведенного анализа с помощью разработанной нами математической модели (1-6) получены следующие параметры лазеров – импульсы с длительностью от 10-50 нс и энергией импульса от 0,01 до 0,25 Дж нагревают частицу до 7-9 кК и при этом она испаряется на 60-80%; импульсы длительностью 90-300 нс и энергией импульса от 0,15 до 0,524 Дж нагревают частицу до 4-6 кК и при этом частица испаряется на 20-50%. Более длинные импульсы приводят к полному испарению напыляемых частиц. Для плазменного напыления окиси алюминия с помощью подогрева лазерным излучением наиболее оптимальными являются лазеры с длительностью импульса от 100 до 250 нс и мощностью импульса от 0,15 до 0,524 Дж. Приведенные параметры показывают возможность применения серийно выпускаемых технологических лазеров.

## Заключение

Предложена математическая модель, описывающая взаимодействие импульсного лазерного излучения с плазменным потоком, содержащим мелкодисперсную фазу. Получены оценки энергетических и временных параметров лазерного излучения, обеспечивающих повышение эффективности плазменного напыления. Показана возможность повышения прочности адгезионного сцепления плазменно-напыленного покрытия свыше 40 ППа.

## Конфликт интересов

Не указан.

## Conflict of Interest

None declared.

## Список литературы / References

1. Григорьянц А.Г. Технологические процессы лазерной обработки: Учеб. пособие для вузов / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров; под общей редакцией А.Г. Григорьянца. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006 – 664 с.
2. Игнатов А. Г. Десять лет успеха: рынок фотоники и лазерных технологий (2004–2015 годы) / А.Г. Игнатов // Фотоника. — 2015. — № 3. — С. 10–26.
3. Игнатов А. Г. Рынок лазерных технологий 2004–2015 / А.Г. Игнатов // Ритм машиностроения. — 2015. — № 7. — С. 28–35.
4. Сапрыкин Д. Возможность будущего роста: анализ перспектив российского рынка лазерных технологий в условиях кризиса [Электронный ресурс] // Ремонт. Инновации. Технология. Модернизация. [http://www.laserapr.ru/files/news/ritm\\_%D1%81%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8F%D0%B1%D1%80%D1%8C%202009.pdf](http://www.laserapr.ru/files/news/ritm_%D1%81%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8F%D0%B1%D1%80%D1%8C%202009.pdf) (дата обращения 10.03.2020 )
5. Where have all the lasers gone?/G. Overton, A. Noguee, D. Belforte, C. Holton/Laser Focus World. — 2017. — Vol. 53. — January, № 1. — P. 32–52.
6. Афримович В.Б. Тенденции развития рынка лазерных технологий для решения задач лазерной обработки материалов. Часть.2. Рынок лазерных технологий в России и Самарской области / В.Б. Афримович, В.С. Казакевич, С.И. Яреско // Известия Самарского научного центра РАН.-2014.- т. 16, №4 - С. 276-286.
7. Михеев М. А. и др. Основы теплопередачи / А.М. Михеев, И.М. Михеева - изд. 2-е, стереотип. М.: Энергия, 1977 - 344 с.
8. Геречихин Л.И. Однополярный импульсный плазменный генератор в сочетании с ОКГ как источник получения плазменных струй / Л.И. Геречихин, Л.Я. Минько // ЖПС – 1966 - № 4.
9. Патон, Б.Е. Микроплазменная сварка / Б.Е. Патон. – Киев: Наукова думка, 1979 – 248 с.
10. Патон Б.Е. Гибридная лазерно-микроплазменная сварка металлов малых толщин / Б.Е. Патон // Автоматическая сварка. – 2002 – №3. – С. 5–9.
11. Шелягин В.А. Технологические особенности лазерной, микроплазменной и гибридной лазерной-микроплазменной сварки алюминиевых сплавов / В.А. Шелягин, А.М. Оришич // Автоматическая сварка. – 2014 – Т. №5(734). – С. 35–42.
12. Григорьянц, А.Г. и др. Гибридные технологии лазерной сварки / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.М. Чирков. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004 – 49 с.
13. Рыкалин Н.Н. и др. Лазерная и электроннолучевая обработка материалов / Н.Н. Рыкалин, А.А. Углов, И.В. Зуев и др.; под общей редакцией Н.Н. Рыкалина. - М.: Машиностроение, 1985. - 496 с.
14. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления / А.Ф. Пузряков. - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2003. – 360 с.
15. Пат. 2449048 Российская федерация, МПК7 C23C4/12. Способ лазерно-плазменного напыления покрытий / Чашин Е.А.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО "Ковровская государственная технологическая академия имени В.А. Дегтярева". - №2010120868/02. заявл. 24.05.10, опубл.
16. Балашова С.А. Повышение эксплуатационных характеристик керамических покрытий / С.А. Балашова, Е.А. Чашин, Шилов И.В. и др. // Вестник Саратовского государственного технического университета. - 2009. Т. 2. № 1 (38). - С. 73-80.

## Список литературы на английском языке / References in English

1. Grigor'yanc A.G. Tekhnologicheskie processy lazernoj obrabotki: Ucheb. posobie dlya vuzov [Technological processes of laser processing: Studies. Handbook for universities] / A.G. Grigor'yanc, I.N. SHiganov, A.I. Misyurov; pod obshchej redakciej A.G. Grigor'yanca. – М.: Izd-vo MGTU im. N.E. Bauman, 2006 – 664 p. [in Russian].

2. Ignatov A. G. Desyat' let uspekha: rynek fotoniki i lazernykh tekhnologij (2004–2015 gody) [Ten years of success: Photonics and laser technology market (2004-2015)] / A.G. Ignatov //Fotonika [Photonics]. — 2015. — № 3. — P. 10–26 [in Russian].
3. Ignatov A. G. Rynek lazernykh tekhnologij 2004–2015 [Laser technology market 2004-2015] / A.G. Ignatov // Ritm mashinostroeniya [Rhythm of mechanical engineering]. — 2015. — № 7. — P. 28–35 [in Russian].
4. Saprykin D. Vozmozhnost' budushchego rosta: analiz perspektiv rossijskogo rynka lazernykh tekhnologij v usloviyah krizisa [The possibility of future growth : analysis of the prospects of the Russian laser technology market in the context of the crisis] [Electric resource] // Remont. Innovacii. Tekhnologiya. Modernizaciya [Repair. Innovations. Technology. Modernization.]. URL: [http://www.laserapr.ru/files/news/ritm\\_%D1%81%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8F%D0%B1%D1%80%D1%8C%202009.pdf](http://www.laserapr.ru/files/news/ritm_%D1%81%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8F%D0%B1%D1%80%D1%8C%202009.pdf) (accessed: 10.03.2020) [in Russian].
5. Where have all the lasers gone?/G. Overton, A. Noguee, D. Belforte, C. Holton/Laser Focus World. — 2017. — Vol. 53. — January, № 1. — P. 32–52.
6. Afrimovich V.B. Tendencii razvitiya rynka lazernykh tekhnologij dlya resheniya zadach lazernoj obrabotki materialov. CHast'.2. Rynek lazernykh tekhnologij v Rossii i Samarskoj oblasti [Trends in the development of the market of laser technologies for solving problems of laser processing of materials. Part.2. Laser technology market in Russia and Samara region] / V.B. Afrimovich, V.S. Kazakevich, S.I. Yares'ko // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN [Proceedings of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences].-2014.- Vol. 16, №4 - P. 276-286 [in Russian].
7. Miheev M. A. Osnovy teploperedachi [Basics of heat transfer] / A.M. Miheev, I.M. Miheeva - izd. 2-e, stereotip. M.: Energiya, 1977 - 344 p. [in Russian].
8. Gerechihin L.I. Odnopolyarnyj impul'snyj plazmennyy generator v sochetanii s OKG kak istochnik polucheniya plazmennyykh struj [Unipolar pulsed plasma generator in combination with OKG as a source for producing plasma jets] / L.I. Gerechihin, L.YA. Min'ko // ZHPS [WPS] – 1966 - № 4 [in Russian].
9. Paton, B.E. Mikroplazmennaya svarka [microplasma welding] / B.E. Paton. – Kiev: Naukova dumka, 1979 – 248 p. [in Russian].
10. Paton B.E. Gibridnaya lazerno-mikroplazmennaya svarka metallov malykh tolshchin [Hybrid laser-microplasma welding of small-thickness metals] / B.E. Paton // Avtomaticheskaya svarka [Automatic welding]. – 2002 – №3. – P. 5–9 [in Russian].
11. Shelyagin V.A. Tekhnologicheskie osobennosti lazernoj, mikroplazmennoj i gibridnoj lazernoj-mikroplazmennoj svarki alyuminievykh splavov [Technological features of laser , microplasma and hybrid laser- microplasma welding of aluminum alloys] / V.A. SHelyagin, A.M. Orishich // Avtomaticheskaya svarka [Automatic welding] . – 2014 – Vol. №5(734). – P. 35–42. [in Russian].
12. Grigor'yanc, A.G. Gibridnye tekhnologii lazernoj svarki [Hybrid laser welding technologies] / A.G. Grigor'yanc, I.N. SHiganov, A.M. CHirkov. – M.: Izdatel'stvo MGTU im. N.E. Bauman, 2004 – 49 p. [in Russian].
13. Rykalin N.N. Lazernaya i elektronoluchevaya obrabotka materialov [Laser and electron beam processing of materials] / N.N. Rykalin, A.A. Uglov, I.V. Zuev i dr.; pod obshchej redakciej N.N. Rykalina. - M.: Mashinostroenie, 1985. - 496 p. [in Russian].
14. Puzryakov A.F. Teoreticheskie osnovy tekhnologii plazmennogo napyleniya [Theoretical foundations of plasma spraying technology] / A.F. Puzryakov. - M.: Izd-vo MGTU im.N.E.Bauman, 2003. – 360 p. [in Russian].
15. Pat. 2449048 Russian Federation, МПК7 C23C4/12. Sposob lazerno-plazmennogo napyleniya pokrytij / Chashchin E.A.; the applicant and patentee Kovrov State Technological Academy; appl. 24/05/10; publ.
16. Balashova S.A. Povyshenie ekspluatatsionnykh harakteristik keramicheskikh pokrytij [Improving the performance of ceramic coatings] / S.A. Balashova, E.A. Chashchin, Shilov I.V. and others // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Saratov state technical University]. - 2009. Vol. 2. № 1 (38). - P. 73-80. [in Russian].

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.014>**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УГРОЗАМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ СЪЁМНЫХ НОСИТЕЛЕЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ**

Научная статья

**Чекулаева Е.Н.<sup>1,\*</sup>, Фомин Е.В.<sup>2</sup>**<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-1825-0023;<sup>2</sup> ORCID: 0000-0002-1825-0097;<sup>1,2</sup> Поволжский государственный технологический университет; Йошкар-Ола, Россия

\* Корреспондирующий автор (lenchik281287[at]mail.ru)

**Аннотация**

В статье описана система противодействия угрозам информационной безопасности при работе с внешними носителями, которая необходима для минимизации ущерба риска нарушения целостности, конфиденциальности и доступности информации. Рассмотрена структура программного комплекса противодействия угрозам информационной безопасности при работе с внешними носителями. Данная структура поможет пользователям защитить данные на съёмном носителе, чтобы не произошла утечка информации, а само программное обеспечение представит собой комплекс технических мер для обеспечения защиты данных на съёмных носителях.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, защита информации, съёмные носители, USB флеш-накопитель, автоматизированная система, угрозы информационной безопасности.

**DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF REACTION TO INFORMATION SECURITY THREATS IN IDENTIFYING REMOVABLE MEDIA IN AN AUTOMATED SYSTEM**

Research article

**Chekulaeva E.N.<sup>1,\*</sup>, Fomin E.V.<sup>2</sup>**<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-1825-0023;<sup>2</sup> ORCID: 0000-0002-1825-0097;<sup>1,2</sup> Volga State Technological University; Yoshkar-Ola, Russia

\* Corresponding author (lenchik281287[at]mail.ru)

**Abstract**

The article describes the system of reacting to information security threats when working with external media, which is necessary to minimize the risk of violating the integrity, confidentiality, and accessibility of information. The structure of the software complex for countering threats to information security arising in the process of working with external media is considered. This structure will help users to protect data on removable media, avoid the leakage of information, whereas self-software will serve as a set of technical measures to ensure data protection on removable media.

**Keywords:** information security, information protection, removable media, USB flash drive, automated system, information security threats.

**Введение**

Разработка данного программного обеспечения обусловлена тем, что съёмные носители вошли в жизнь современного общества и сейчас являются очень удобным и эффективным средством хранения информации. Сегодня можно с уверенностью утверждать, что важнейшим активом любой современной компании является информация. Как и всякий критически важный актив, информация нуждается в защите, а в случае ее утечки компания несет довольно серьезные убытки. Активное обеспечение информационной безопасности (ИБ) данных является одной из ключевых задач в области защиты информации. Данное решение помогает пользователям защитить данные на съёмном носителе, чтобы в случае утери, искажения, съёма информации с устройства не произошла утечка данных. Для решения данной проблемы разработана система, компоненты которой, взаимодействуя, повышают состояние информационной безопасности данных на съёмном носителе [6].

USB-флеш-накопитель—один из типов носителей на флэш-памяти, появившийся на рынке в 2001 г. По форме USB-флеш-накопитель напоминает брелок продолговатой формы. Работать с устройством очень удобно — для этого не требуется никаких дополнительных устройств. Поэтому данное изобретение уверенно вошло в жизнь современного человека, и сейчас пользуется спросом. Но при появлении нового способа хранения информации, появляются и новые каналы утечки информации. И если специалисты по информационной безопасности в достаточной мере освоили и применяют инструменты защиты от внешних нарушителей, то с внутренними дело обстоит не так гладко [4]. Разработанная авторами система характеризуется, как способ дополнительной защиты информации на съёмном носителе.

Теоретической и методологической базой исследования послужили труды авторов, рассмотревшие основу информационной безопасности, какие угрозы влияют на автоматизированную систему, таких как: Е.В. Вострецова, А.Ю. Щеглов, О.М. Васильева.

В работах вышеперечисленных авторов, необходимо, учесть недостаточную изученность теоретического и методологического инструментария разработки системы противодействия угрозам ИБ при идентификации съёмных носителей в автоматизированной системе. Отсутствие программного комплекса обусловили актуальность выбранной темы, что позволило сформулировать цель и задачи работы.

### **Цель исследования**

Целью исследования является разработка системы противодействия угрозам информационной безопасности при идентификации съёмных носителей в автоматизированной системе

В соответствии с поставленной целью в статье определены следующие задачи:

1. Рассмотреть угрозы информационной безопасности, которые возникают при использовании съёмных носителей в автоматизированной системе, дать им характеристику;
2. Описать систему противодействия угрозам информационной безопасности при идентификации съёмных носителей в автоматизированной системе;
3. Выделить основные функции работы программного комплекса при идентификации съёмных носителей в автоматизированной системе;
4. Разработать структуру программного комплекса противодействия угрозам информационной безопасности при работе с внешними носителями.

Данная система противодействия угрозам информационной безопасности при идентификации съёмных носителей в автоматизированной системе позволяет обеспечить защиту от несанкционированного доступа, несанкционированного копирования, а также заражение устройства, на котором стоит система от троянов различного типа. Программное обеспечение осуществляет установку защиты и привязку к уникальным параметрам USB-накопителя [2].

### **1. Угрозы информационной безопасности использования съёмных носителей в автоматизированной системе**

Защита информации включает полный комплекс мер по обеспечении целостности и конфиденциальности информации при условии ее доступности для пользователей, имеющих соответствующие права.

Целостность – понятие, определяющее сохранность качества информации и ее свойств.

Конфиденциальность предполагает обеспечение секретности данных и доступа к определенной информации отдельным пользователям.

Доступность – качество информации, определяющее ее быстрое и точное нахождение конкретными пользователями.

USB-накопители остаются серьезной угрозой для информационной безопасности предприятий. Учитывая возрастающие скорости работы накопителей, их емкость, но не человеческий фактор. Сотрудник, умышленно или случайно, может способствовать утечке больших объемов важных данных [1].

Угрозы, возникающие при использовании USB накопителей: [3]

- Утеря носителя с конфиденциальной информацией;
- Утечка конфиденциальной информации, при неправильном хранении конфиденциальной информации;
- Несанкционированные неумышленные действия пользователей;
- При повреждении USB - носителя доступ к информации может быть невозможен;
- Exploit-программы внедрённые в прошивку USB-накопителя злоумышленником;
- Уязвимости операционной системы позволяющие исполнять файлы при подключении съёмного носителя;
- Отказ съёмного носителя в обслуживании, при не качественном оборудовании. (Вследствие чего нарушается доступ к информации);
- Теневое копирование данных с подключаемых к компьютеру переносных запоминающих устройств;
- Сбои в работе оборудования и программного обеспечения;
- Вредоносное программное обеспечение, приводящее к повреждению компонентов оборудования;

Каждой угрозе могут быть сопоставлены различные уязвимости, устранение или существенное ослабление которых влияет на вероятность реализации угроз ИБ.

### **2. Система противодействия угрозам информационной безопасности при идентификации съёмных носителей в автоматизированной системе**

Система противодействия угрозам информационной безопасности при идентификации съёмных носителей в автоматизированной системе создавалась авторами в целях минимизация ущерба вследствие нарушения требований целостности, конфиденциальности и доступности информации. Данная система представляет собой комплекс технических мер, направленных на обеспечение информационной безопасности данных на съёмном носителе, которые представлены на рис.1



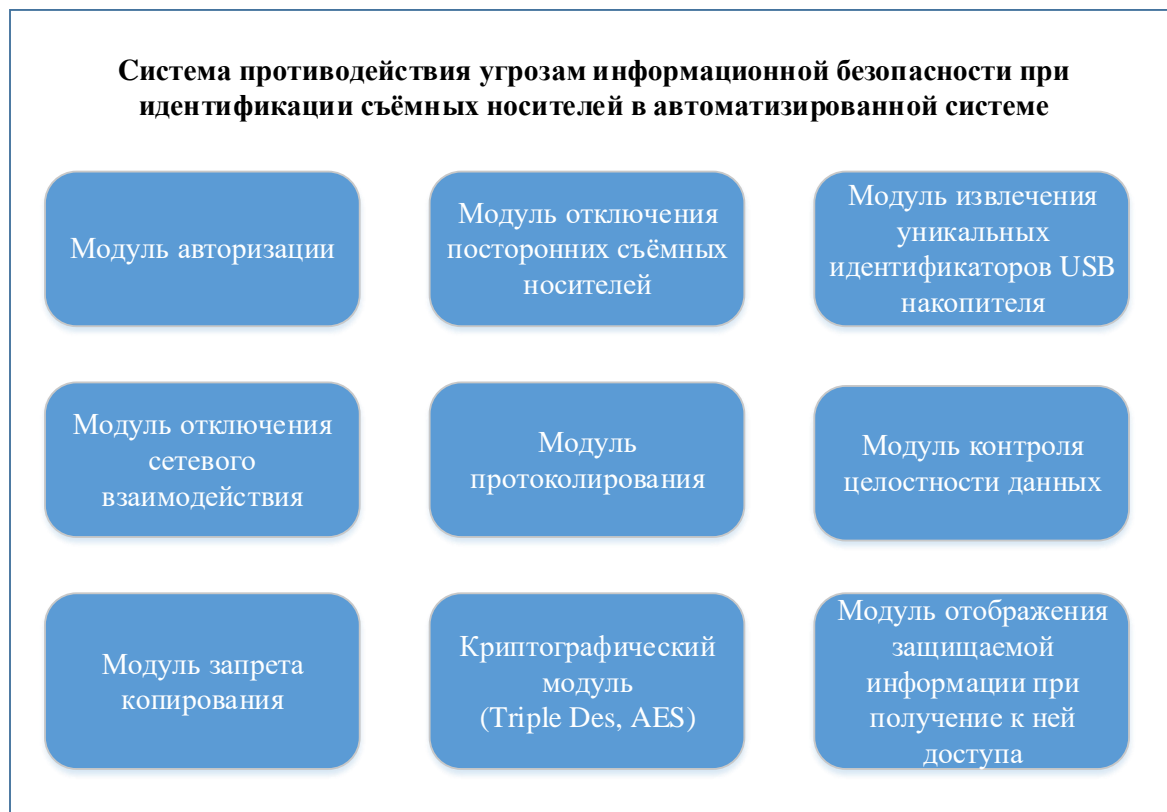


Рис. 1 – Комплекс технических мер

Исходя из рис.1 авторами дана характеристика каждой технической мере, которая в группировке образует целый комплекс технических мер, а именно:

#### **Модуль авторизации**

Если вы решили предоставить определённым пользователям доступ к некоторым закрытым ресурсам информации, или вам необходимо персонифицировать какую-то информацию, то вам необходим модуль авторизации. Задача данного модуля заключается в регистрации пользователей в системе, идентификация по уникальным логинам и паролям, и аутентификации пользователя в системе.

#### **Модуль отключения посторонних съёмных носителей**

Потеря конфиденциальных данных часто происходит после того, как злоумышленник получил доступ к информации на защищаемом носителе. Например, если мошенник каким-то образом получил возможность прочитать файлы, то следующим этапом в утечке информации следует сохранить полученную информацию на съёмном незаметном носителе. Для этого нужен данный модуль, чтобы при возникновении утечки конфиденциальности данных локализовать распространение информации.

#### **Модуль отключения сетевого взаимодействия**

Программный или программно-аппаратный элемент, осуществляющий запрет сетевого взаимодействия при работе с конфиденциальной информацией. Данный модуль предотвращает возможную преднамеренную или непреднамеренную утечку информации по сети.

#### **Модуль запрета копирования**

Компонент системы, который способен организовать максимально возможную защиту от копирования информации. Защита распространяется как на текст, так и на изображения, на любые файлы, добавленные в систему.

#### **Модуль извлечения уникальных идентификаторов USB накопителя**

Каждое устройство имеет свой уникальный идентификатор - это уникальный и постоянный буквенно-числовой идентификатор, предназначенный для идентификации подключаемого оборудования в автоматизированной системе. По уникальным идентификаторам можно предположительно определить тип контроллера и производителя устройства. Данный модуль необходим в системе для идентификации съёмного носителя в системе, для продолжения выполнения работы и доступа к защищаемой информации.

#### **Модуль контроля целостности данных**

Модуль контроля целостности реализует процедуру контроля объектов, предназначенный для отслеживания неизменности содержимого защищаемых данных. Модуль получает текущие значения контролируемых параметров, вычисляет контрольные суммы для набора проверяемых объектов. Затем сравнивает полученные значения с эталонными значениями, хранящимися в соответствующих пакетах контроля целостности, оповещает о результатах проверки.

#### **Модуль отображения защищаемой информации при получении к ней доступа**

Основной принцип работы модуля отображения защищаемой информации заключается в отображении защищаемых файлов с следующим параметрами:

- Имя защищаемого файла;
- Дата создания;

- Размер;
- Дата изменения;
- Последний пользователь работающий с данной информацией.

#### Модуль протоколирования

Для анализа возможных угроз информационной безопасности необходимы средства для фиксирования нарушений.

Модуль протоколирования в данной системе регистрирует:

- Проверку контроля целостности;
- Авторизация пользователей в системе;
- Фиксация нарушений работы системы противодействия угрозам информационной безопасности при идентификации съёмных носителей в автоматизированной системе;

#### Криптографический модуль (Triple Des, AES)

Независимый модуль, позволяющий осуществлять криптографические операции в системе противодействия угрозам информационной безопасности при идентификации съёмных носителей в автоматизированной системе. Данный модуль необходим для криптографического преобразования вводимых и получаемых данных для обеспечения конфиденциальности, целостности, аутентификации [8].

В разработке системы авторами используется следующие симметричные алгоритмы шифрования:

- Triple Des(3DES);
- AES (таб.1)

Таблица 1 – Характеристика симметричных алгоритмов шифрования

Факторы	AES	3DES
Размер ключа	128, 192, 256 бит	112, 168 бит
Тип шифрования	Симметрично-блочное шифрование	Симметрично-блочное шифрование
Размер блока	128, 192, 256 бита	64 бита
Год создания	2000	1978
Количество возможных ключей	$2^{128}, 2^{192}, 2^{256}$	$2^{112}, 2^{168}$
Время, необходимое для проверки всех возможных ключей со скоростью 50 миллионов ключей в секунду	$5 \cdot 10^{21}$ лет	800 дней

В соответствии с приведенной характеристикой в таб.1 отражены факторы и дана характеристика алгоритмов шифрования для создания программного комплекса противодействия угрозам информационной безопасности при работе с внешними носителями.

### 3. Структура программного комплекса противодействия угрозам информационной безопасности при работе с внешними носителями.

В настоящее время выделяются следующие основные функции работы программного комплекса:

- Мандатное управление доступа
- Добавлением учетных записей занимается администратор безопасности
- При запуске программы, происходит блокирование других съёмных носителей, с целью исключить возможность съёма информации
- Реализован механизм запрета копирования, при получении доступа к конфиденциальной информации
- Реализован алгоритм отключения сетевого взаимодействия, с целью исключить возможность удалённого получения доступа к защищаемой информации
- Обфускация программного обеспечения
- Реализованы функции контроля целостности данных
- Присутствует система регистрирования событий, при работе с программным обеспечением.

На основании приведенных основных функций работы, авторами составлена структура, которая будет включать следующие составляющие:

#### 1. Мандатное управление доступом

Разграничение доступа субъектов к объектам, основанное на назначении прав пользователя (админ, клиент) для информации, содержащейся на съёмных носителях [7]. Администратор имеет доступ к базе данных и осуществляет редактирование доступа к защищаемым информационным ресурсам (рис.2).

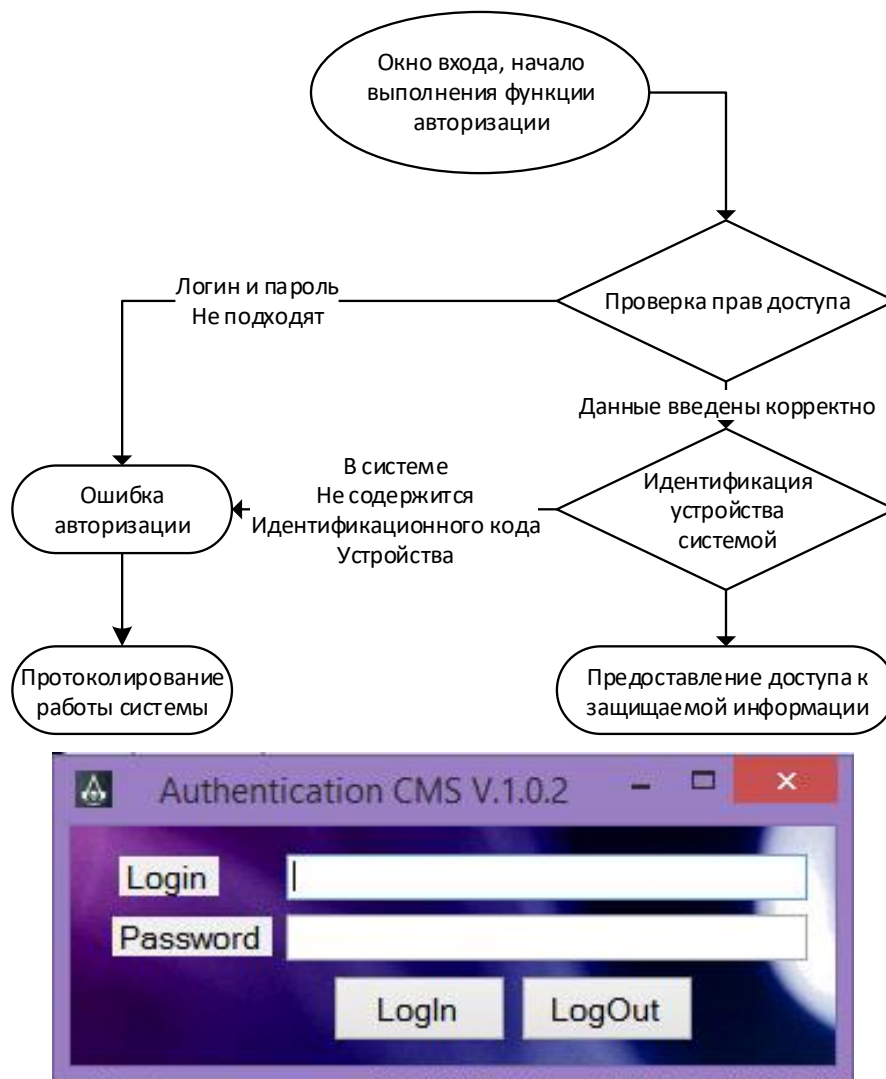


Рис. 2. – Окно авторизации, при запуске программного обеспечения

## 2. Блокировка съёмных носителей

Съёмные носители могут содержать вредоносный код и подвергать компьютер риску. Чтобы заблокировать съёмный носитель, в системе реализована функция опроса всех подключенных съёмных носителей и последующее ограничение доступа к ним, при работе системы (рис.3). Также в конфигурацию входит отслеживание новых подключаемых съёмных носителей при выполнении кода программы, что позволяет системе сразу блокировать их при подключении, для устранения возможности утечки ТКУИ вещественного типа.

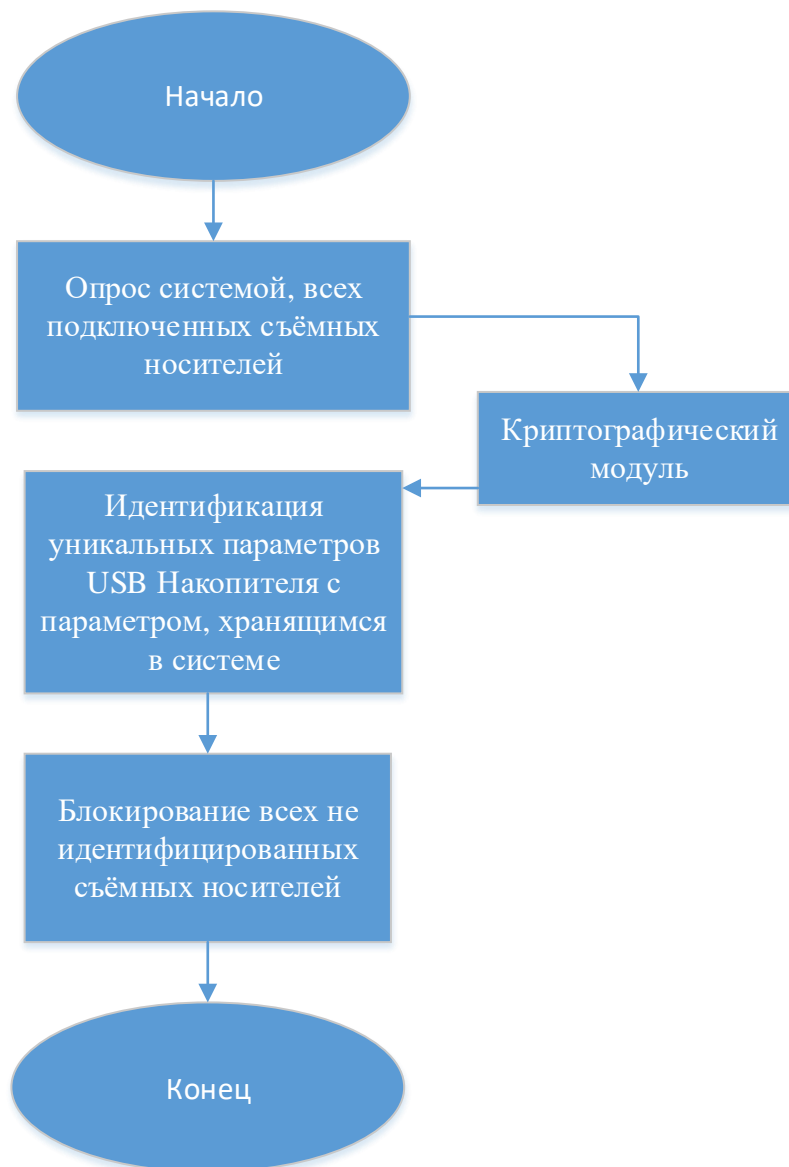


Рис. 3 – Схема работы модуля отключения посторонних съёмных носителей

### 3. Запрет копирования

Для борьбы с нежелательным копированием контента в системе предусмотрена функция запрета копирования. Функционал выполнен с помощью класса Clipboard. Данный класс предоставляет методы работы с буфером обмена. При попытках копирования информации с носителя происходит отчистка буфера обмена, в следствие чего злоумышленнику не предоставляется возможности скопировать рабочий файл или информацию с съёмного носителя.

### 4. Отключение межсетевого взаимодействия

Межсетевое взаимодействие - это способ соединения компьютерной сети с другими сетями с помощью шлюзов, которые обеспечивают общепринятый порядок маршрутизации пакетов информации между сетями. Данную связь обеспечивают сетевые адаптеры в автоматизированной системе. Данное решение отключает данную возможность, для предотвращения утечки через каналы сети.

### 5. Обфускация ПО

Обфускация — изменение исполняемого кода программы к виду, который сохраняет ее функциональность, но затрудняет понимание, анализ алгоритмов работы, а также модификацию при декомпиляции. Так как данное программное обеспечение хранит всю информацию внутри себя, целесообразно использовать данный метод.

### 6. Контроль целостности данных

Обеспечение целостности данных также является одной из функций системы противодействия от угроз ИБ. В данном решении, контроль целостности необходим для анализа изменений в документе и предотвращения нарушения целостности данных. В случае выявления ошибок при прохождении процедуры контроля целостности, система защиты за протоколирует данный результат и обновит имеющуюся информацию об объекте. При этом средства защиты от несанкционированного доступа предоставляют следующие алгоритмы проверки целостности данных через расчёт контрольных сумм файлов.

### 7. Модуль протоколирования

Для анализа работоспособности системы и слежением за нарушениями угроз информационной безопасности в конфигурацию программного обеспечения входит модуль протоколирования и просмотра протокола. Система фиксирует результат идентификации пользователя, время входа, целостность файлов, подключение других съёмных

носителей, время запуска системы (начало работы пользователя с ресурсами), а также фиксируются результаты работы отдельных модулей системы. Данное решение помогает анализировать инциденты безопасности при их возникновении.

### Заключение

В ходе работы были рассмотрены и определены угрозы информационной безопасности, возникающие при использовании съемных носителей в автоматизированной системе, и как показала практика: лучшая защита от нападения — это не допускать ее. Нельзя защиту информации ограничивать только техническими методами. Основной недостаток защиты — это человеческий фактор и поэтому надежность системы безопасности зависит от отношения к ней.

Описана система противодействий угрозам ИБ при идентификации съемных носителей в автоматизированной системе, что позволит минимизировать ущерб, вследствие нарушения требований целостности, доступности и конфиденциальности всей информации.

Разработана структура программного комплекса, где на этапе тестирования программное обеспечение показало стабильную работу и правильное выполнение поставленных целей по защите информации, а также получившееся криптографическое программное обеспечение позволит хранить, перемещать в физическом пространстве и обрабатывать сведения, относящиеся к конфиденциальной информации, не опасаясь за нарушение принципов информационной безопасности.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Conflict of Interest

None declared.

### Список литературы / References

1. Щеглов А.Ю. Компьютерная безопасность. Как выбрать средство для борьбы с внутренними угрозами? [Электронный ресурс] / Щеглов А.Ю. URL: <http://www.npp-itb.spb.ru/publications/14.html> (дата обращения: 20.04.20)
2. ЗАО «Лаборатория Касперского», Руководство по настройке и использованию программы Kaspersky Password Manager. Электронный ресурс [https://kaspersky.antivirus.lv/files/26021\\_kpm5.0\\_ru.pdf](https://kaspersky.antivirus.lv/files/26021_kpm5.0_ru.pdf) (дата обращения: 20.04.20)
3. Чечуга О.В. Угрозы безопасности информационной системы предприятия. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ugrozy-bezopasnosti-informatsionnoy-sistemy-predpriyatiya> (дата обращения: 20.04.20)
4. [Электронный ресурс] URL: [https://habr.com/ru/company/vps\\_house/blog/343498/](https://habr.com/ru/company/vps_house/blog/343498/) (дата обращения: 20.04.20)
5. [Электронный ресурс] URL: <http://crypto34.ru/service/security/> (дата обращения: 20.04.20)
6. Васильева О.М. Информационная безопасность в организации, [Электронный ресурс] / Васильева О.М. URL: <http://nirit.org/wp-content/uploads/2019/03/46-49.pdf> (дата обращения: 20.04.20)
7. [Электронный ресурс] URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/192452> (дата обращения: 20.04.20)
8. Криптография в отдельном блоке: криптографический сопроцессор семейства STM32F4xx [Электронный ресурс]: <https://www.compel.ru/lib/54365> (дата обращения: 20.04.20)
9. [Электронный ресурс] URL: <https://fstec.ru/component/attachments/download/812> (дата обращения: 20.04.20)
10. Личихина А.Б. Модели противодействия угрозам нарушения информационной безопасности при эксплуатации баз данных в защищенных корпоративных информационных системах [Электронный ресурс] / Личихина А.Б. URL: <https://www.dissercat.com/content/modeli-protivodeistviya-ugrozam-narusheniya-informatsionnoi-bezopasnosti-pri-ekspluatatsii-b> (дата обращения: 20.04.20)

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Shcheglov A.Yu. Kompyuternaya bezopasnost. kak vybrat sredstvo dlya borby s vnutrennimi ugrozami? [Computer security. how to choose a means for combating internal threats] [Electronic resource] A.Yu. Shcheglov URL: <http://www.npp-itb.spb.ru/publications/14.html> [in Russian]
2. ZAO «Laboratoriya Kasperskogo», Rukovodstvo po nastroiike i ispolzovaniyu programmy KasperskyPasswordManager [Kaspersky Lab ZAO, Guide for Configuring and Using KasperskyPasswordManager]. [Electronic resource]: URL [https://kaspersky.antivirus.lv/files/26021\\_kpm5.0\\_ru.pdf](https://kaspersky.antivirus.lv/files/26021_kpm5.0_ru.pdf) (accessed: 20.04.20) [in Russian]
3. Kand. tekhn. nauk, dots. O.V. Chechuga, Ugrozy bezopasnosti informatsionnoi sistemy predpriyatiya [PhD in Eng., Assoc. prof. O.V. Chechuga, SEcurity threats to the information system of an enterprise]. [Electronic resource] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ugrozy-bezopasnosti-informatsionnoy-sistemy-predpriyatiya> (accessed: 20.04.20) [in Russian]
4. [Electronic resource] URL: [https://habr.com/ru/company/vps\\_house/blog/343498/](https://habr.com/ru/company/vps_house/blog/343498/) (accessed: 20.04.20)
5. [Electronic resource] URL: <http://crypto34.ru/service/security/> (accessed: 20.04.20)
6. Vasilyeva O.M. Informatsionnaya bezopasnost v organizatsii [Information security in the organization] [Electronic resource] URL: <http://nirit.org/wp-content/uploads/2019/03/46-49.pdf> (accessed: 20.04.20) [in Russian]
7. [Electronic resource] URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/192452> (accessed: 20.04.20)
8. Kriptografiya v otdelnom bloke: kriptograficheskiy soprotsessor semeistva STM32F4xx [Cryptography in a Separate Block: Cryptographic Coprocessor of the STM32F4xx Family] [Electronic resource]: URL: <https://www.compel.ru/lib/54365> (accessed: 20.04.20) [in Russian]
9. [Electronic resource] URL: <https://fstec.ru/component/attachments/download/812> (accessed: 20.04.20)
10. Lichihina A.B. Modeli protivodeistviya ugrozam narusheniya informatsionnoi bezopasnosti pri ekspluatatsii baz dannykh v zashchishchennykh korporativnykh informatsionnykh sistemakh [Models for Countering Threats to Information Security Breaches in the Operation of Databases in Secure Corporate Information Systems] [Electronic resource] / Lichihina A.B. URL: <https://www.dissercat.com/content/modeli-protivodeistviya-ugrozam-narusheniya-informatsionnoi-bezopasnosti-pri-ekspluatatsii-b> (accessed: 20.04.20) [in Russian]

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕПРЕССОРНЫХ ПРИСАДОК ЗАРУБЕЖНЫМИ КОМПАНИЯМИ В ТРУБОПРОВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ**

Научная статья

**Деменин Е.С.<sup>1,\*</sup>, Николаев А.К.<sup>2</sup>, Зарипова Н.А.<sup>3</sup>**<sup>1, 2, 3</sup> Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

\* Корреспондирующий автор (eg.demenin[at]yandex.ru)

**Аннотация**

Проведен анализ эффективности депрессорных присадок, применяемых в зарубежных компаниях, для транспортировки высоковязких и высокостывающих нефтей трубопроводным транспортом с целью применения для дальнейших разработок и рекомендаций отечественным компаниям ТЭК. Рассмотрена характеристика метода, его преимущества и недостатки, ограничения применения, приведены примеры использования.

**Ключевые слова:** депрессорные присадки, трубопроводный транспорт, высоковязкая нефть, полимеры, этилен, битум.

**RESEARCH OF THE USAGE OF POUR-POINT DEPRESSANTS BY FOREIGN COMPANIES IN PIPELINE TRANSPORTATION FOR HIGH-VISCOSITY OILS**

Research article

**Demenin E.S.<sup>1,\*</sup>, Nikolaev A.K.<sup>2</sup>, Zaripova N.A.<sup>3</sup>**<sup>1, 2, 3</sup> Saint-Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia

\* Corresponding author (eg.demenin[at]yandex.ru)

**Abstract**

The analysis of the efficiency of pour-point depressants used by foreign companies for the transportation of highly viscous and highly hardening oils with the help of pipelines is carried out with the aim of implementing the same strategies by domestic companies. The characteristic of the method, its advantages and disadvantages, limitations of application, and examples of use are given.

**Keywords:** pour-point depressant, pipeline transportation, high viscosity oil, polymers, ethylene, bitumen.

**Введение**

Депрессорные присадки – это нерастворимые синтетические полимерные продукты, которые способны изменять реологические свойства нефтей, такие как вязкость, скорость и напряжение сдвига. Использование присадок существенно может изменить процесс кристаллизации парафинистых нефтей с высокой температурой застывания и является достаточно перспективным способом трубопроводного транспорта высоковязких и тяжелых нефтей.

Высоковязкая нефть представляет собой коллоидальную взвесь, состоящую из асфальтенов и мальтенов в жидкой фазе, то есть насыщенных углеводородов, ароматических углеводородов и смол [1]. Осаждение и агрегация молекул асфальтенов в составе нефти значительно повышает ее вязкость и плотность, в результате чего наблюдается высокое сопротивление потоку при ее перекачке по трубопроводу. Поэтому снижение этого эффекта благодаря использованию депрессорных присадок, снижающих точку потери текучести, позволяет повысить текучесть нефти.

Точка потери текучести (или точка застывания) нефти – это самая низкая температура, при которой нефть застывает и утрачивает свойство текучести. Поэтому крайне сложно перекачивать по трубопроводу парафинистую нефть в условиях холодной погоды. Это связано с тем, что снижение температуры влечет за собой кристаллизацию, которая делает невозможным перемещение молекул нефти. Кристаллизация зависит от погодных условий, состава нефти, температуры и давления во время ее транспортировки.

Добавление таких сополимеров как полиакрилаты, полиметакрилаты, сополимер полиэтилена с винилацетатом, метакрилат и т.д. предотвращает осаждение парафина и асфальтенов и повышает стабильность нефти при транспортировке [2], [3].

Одним из методов улучшения реологических свойств высоковязких нефтей является добавление к ним продуктов, богатых асфальтосмолистыми веществами – гудрона, битума и др. [4].

В мировой практике в качестве депрессорных присадок применяются вещества химической природы:

- сополимеры этилена с полярными мономерами (сополимеры этилен-винилацетата и их композиции, тройные сополимеры на основе этилена и винилацетата, сополимеры этилена с другими полярными мономерами);
- продукты полиолефинового типа (сополимеры этилен-пропилена, этилен-пропилен-диена и продукты их деструкции, сополимеры альфаолефинов, модифицированные поолеолефины);
- полиметакрилатные присадки (полиалкил(мет)акрилаты, сополимеры алкил(мет)акрилатов);
- химические вещества неполимерного типа (алкилнафталины, эфиры многоатомных кислот и спиртов, амиды, содержащие длинные алкилы).

Депрессорные присадки широко применяются в США, Канаде, Казахстане, Венесуэле.

Высокопарафинистые нефти, обработанные депрессорными присадками, транспортируются также и по западно-европейским трубопроводам, таким как Роттердам-Рейн, Иль-де-Франс, Финнар-Гринжемаут. Введение присадок в

размере 0,12-0,15 % масс., способствовало снижению величины пластической вязкости в 2-4 раза, а динамическое напряжение сдвига уменьшилось в 50-70 раз.

Применение депрессорной присадки с концентрацией 50 ppm компанией PetroChina на нефтепроводе Hui-Ning (Китай) позволило снизить температуру застывания с 24°C до 8°C. Имеется положительный опыт применения депрессорных присадок на нефтепроводах в Судане, там температура застывания была снижена с 36°C до 27°C, на подводных нефтепроводах месторождения Mumbai High-Uran в Индии и нефтепроводах Новой Зеландии.

Примерами депрессорных присадок, основу которых составляют сополимеры этилена с винилацетатом, являются присадки фирмы «Эксон» (США), такие как «Парадин», ЕСА-5920, ЕСА-8400, ЕСА-8583, присадки «Лейназол-1000» (Германия), «Стабинол Fj» фирмы «Surnitorno» (Япония) и др. Соплимеры этилена с винилацетатом могут обладать различной молекулярной массой от 103 до 105 и любым соотношением мономеров. Благодаря этому обеспечивается широкое варьирование их физико-химических и эксплуатационных свойств, поскольку для улучшения низкотемпературных свойств различных видов нефтей и нефтепродуктов необходимы сополимеры с определенными свойствами.

В настоящее время основное количество данного сополимера этилена с винилацетатом для получения депрессорной присадки получают по технологии, разработанной фирмами Basell Poliolefins (установка Lupotech T) и ExxonMobil Chemical Co [5].

Другой зарубежной присадкой-депрессором, коррелирующей по составу с отечественным Сэвиленом, является EVA. Она также представляет собой сополимер винилацетата и этилена. Однако соотношение мономеров в составе депрессора EVA является гораздо более постоянной величиной при переходе от партии к партии в рамках одной марки в отличие от Сэвилена.

К другой группе депрессоров относятся присадки полиолефинового типа, простейшим представителем присадки-депрессора указанного типа является НМПЭ, который является побочным продуктом при производстве полиэтилена высокого давления.

В практике наибольшее применение получили этилен-пропиленовые сополимеры (СКЭП), тройные этилен-пропилендиеновые сополимеры (СКЭПТ) и продукты их термодеструкции (СКЭП-Р, СКЭПТ-Р).

В мировой практике также применяются депрессорные присадки полиолефинового типа. Первыми полиолефиновыми присадками, которые успешно прошли лабораторные, а затем и опытно-промышленные испытания в 1969-1970 гг., были зарубежные стимуляторы потока группы «Pararnins» фирмы «Esso Research» (Paradyne 70, ЕСА 4242, ЕСА 5217, ЕСА 5234).

Возрастает интерес к полиметакрилатным депрессорным присадкам и отмечается их перспективность, так как, с одной стороны, присадки на основе соединений этого класса обладают высокой эффективностью, с другой – их отличает использование простого технологического процесса при получении (атмосферное давление, стандартное оборудование, невысокие температуры – менее 100 °C).

Современные тенденции в области полиалкил(мет)акрилатных депрессорных присадок основаны на получении сополимеров высших алкил(мет)акрилатов и виниловых мономеров типа винилацетата. Также сополимеры алкилфумаратов и алкилмалеинов с виниловыми мономерами по эффективности превосходят хорошо известные депрессоры – сополимеры этилена с винилацетатом.

В качестве сомономеров с высшим алкил(мет)акрилатом предлагается ряд виниловых и диеновых соединений, в том числе сомомеры ионного характера при небольшом их содержании [6], [7], [8], которые дают продукты сополимеризации, способные растворяться в тяжелой нефти [9], [10].

К депрессорным присадкам на основе акрилатов относятся присадка HiTEC 5788 компании Afton Chemical Corporation, присадки компании LSPI, присадка VISCOPLEXR компании PPD Evonik Oil Additives USA.

Наибольшее распространение среди неполимерных (конденсационных) депрессорных присадок получили сложноэфирные (кислородсодержащие) и амидные (азотсодержащие) присадки, получаемые по реакциям этерификации и амидирования.

Производство депрессорных присадок, ввиду их широкого применения, осуществляет большое количество компаний ExxonMobil Chemical Co, Surnitorno, Esso Research, BASF, LSPI, Oronite, CNPC, Nalco Champion, Lead Oilfield Solutions Company, ProTec и др.

Необходимо добавить, что рынок депрессорных присадок также насыщен продукцией и отечественных производителей. Можно выделить присадки компаний Мирико, Флэк, НИИнефтепромхим, Мастер Кемикалз и др.

Ввиду различных физико-химических свойств нефтей на разных месторождениях, а также условиях их транспортирования, сравнивать депрессорные присадки отечественных и зарубежных производителей достаточно сложно. Необходимо проводить испытания присадок на том или ином образце нефти и только после этого можно будет говорить об их эффективности. К примеру, высоковязкая нефть транспортируется в США по Трансаяскинской трубопроводной системе, в Казахстане по МН «Узень-Атырау-Самара» и в Китае по нефтепроводу Hui-Ning, однако, ввиду того, что свойства нефтей и климатические условия транспортирования различны, то и методы транспортирования отличаются. В Китае достаточно только применения депрессорных присадок, а вот в США и Казахстане, параллельно с депрессорными присадками, нефть подогревают и добавляют противотурбулентные присадки ПТП.

Депрессорные присадки применяют на объектах нефтедобычи, морских, подводных и магистральных трубопроводах.

Применение депрессорных присадок имеет следующие достоинства:

- присадка вводится в нефть один раз, и ее действие сохраняется на всей протяженности трубопроводной системы;
- повышается надежность работы нефтепровода за счет снижения пусковых давлений (после остановок перекачки);

- увеличение пропускной способности трубопровода достигается без значительных капиталовложений на его реконструкцию;
- снижается парафинизация внутренней поверхности трубопровода;
- присадки незаменимы в районах вечной мерзлоты, где подогрев высоковязкой нефти может привести к растеплению грунта.

К недостаткам применения депрессорных присадок для трубопроводного транспорта высоkozастывающей и высоковязкой нефти относится высокая стоимость импортных реагентов и низкая эффективность отечественных. Кроме того, уменьшение температуры застывания нефти при применении депрессорных присадок достигается за счет влияния на процесс кристаллизации парафинов, и соответственно, эффективность депрессоров зависит от количественного содержания парафинов, что в случае перекачки нефти с низким содержанием парафина может привести к нецелевому использованию химических реагентов.

Недостатком применения депрессорных присадок также является необходимость их ввода в нефть при температуре 60-70 °С, указанное обусловлено тем, что при данных температурах большая часть парафинов находится в растворенном состоянии.

#### **Заключение**

В качестве депрессорных присадок в основном используются следующие полимерные вещества:

- сополимеры этилена с полярными мономерами;
- полиолефины;
- полиметакрилатные соединения.

В качестве депрессорных присадок в мировой практике наибольшее распространение получили полимерные вещества – сополимеры этилена с полярными мономерами, полиолефины, полиметакрилатные соединения. Среди присадок на полимерной основе подавляющее большинство принадлежит сополимерам этилена с винилацетатом. Ведутся поиски и разработки из числа химических соединений непалимерного типа, которые также могли бы быть использованы в виде агентов, снижающих температуру застывания. К таким соединениям можно отнести кислород - и азотсодержащие сложные эфиры. Однако эффект от применения химических соединений непалимерного типа становится доступен лишь при высоких концентрациях, порядка от 250 до 800 ppm. В то время как концентрация полимерных присадок не превышает 80 ppm.

#### **Конфликт интересов**

Не указан.

#### **Conflict of Interest**

None declared.

#### **Список литературы / References**

1. Saniere A. Argillier (2004) Pipeline Transportation of Heavy Oils, a Strategic, Economic and Technological Challenge. Oil & Gas Science and Technology / A. Saniere, I. Henaut and J. F. – Rev. IFP, Vol. 59 (2004), No. 5, pp. 455-466
2. Machado ALC Gonzalez G (2001) Poly (ethylene-co-vinyl acetate) as wax inhibitor of a Brazilian crude oil: oil viscosity, pour point and phase behavior of organic solutions./ Machado ALC, Lucas EF, J Pet Sci Eng 32: 159-165.
3. Soldi AR Cesar- Oliveira MAF (2007) Polymethacrylates: pour point depressants in diesel oil./ Soldi AR, Oliveira ARS, Barbosa RV, Eur Polym J 43:3671-3678.
4. Глущенко В.Н. Оценка эффективности ингибиторов асфальтосмолапарафиновых отложений. Нефтяное хозяйство. / Глущенко В.Н., Юрпалов И.А., Шипигузов Л.М. 2007. №5. С.84-87.
5. Мастобаев Б.Н. История применения химических реагентов и технологий в трубопроводном транспорте нефти и нефтепродуктов. Дис. д-ра техн. наук. Специальность 07.00.10, 02.00.13.-/ Мастобаев, Б.Н. Уфа, 2003.
6. Malic Sanjay A novel polymer useful for drag reduction in hydrocarbons fluids and its preparation / Malic Sanjay // EP0471116 (A1) / 19.02.1992.
7. Malic Sanjay Process for the preparation of a new polymer useful for drag reduction in hydrocarbon fluids in exceptionally dilute polymer solutions / Malic Sanjay. Shintre Satish N., Mashelkar Raghunat A. / Пат. США 5080121 / 14.01.1992.
8. Burden T.L. Disperse non-polyalphaolefin drag reducing polymers / Burden T.L., Johnston R.L., Harris W.F., et al./ Пат. США 7888407 B2 / 15.02.2011.
9. Ritter W. New aqueous emulsion copolymerization for improving properties of crude oils / Ritter W., Herold C.-P. // PCT/EP89/01024, 22.03.1990.
10. Gessel D.E., Washecheck P.H. Composition and method for friction loss reduction / Пат. США 4952738 / 28.08.1990.

#### **Список литературы на английском языке / References in English**

1. Saniere A. Argillier (2004) Pipeline Transportation of Heavy Oils, a Strategic, Economic and Technological Challenge. Oil & Gas Science and Technology / A. Saniere, I. Henaut and J. F. – Rev. IFP, Vol. 59 (2004), No. 5, pp. 455-466
2. Machado ALC Gonzalez G (2001) Poly (ethylene-co-vinyl acetate) as wax inhibitor of a Brazilian crude oil: oil viscosity, pour point and phase behavior of organic solutions./ Machado ALC, Lucas EF, J Pet Sci Eng 32: 159-165.
3. Soldi AR Cesar- Oliveira MAF (2007) Polymethacrylates: pour point depressants in diesel oil./ Soldi AR, Oliveira ARS, Barbosa RV, Eur Polym J 43:3671-3678.
4. Glushchenko V.N. Otsenka effektivnosti ingibitorov asfaltosmoloparafinovykh otlozhenii [Assessment of the Effectiveness of Inhibitors of Asphalt-Resin-Paraffin Deposits]. / Glushchenko V.N., Yurpalov I.A., Shipiguzov L.M. // Neftyanoe khoziaystvo [Oil Industry]. – 2007. – No.5. – P.84-87. [in Russian]
5. Mastobaev B.N. Istoriya primeneniya khimicheskikh reagentov i tekhnologii v truboprovodnom transporte nefti i nefteproduktov [History of the Use of Chemicals and Technologies in the Pipeline Transportation of Oil and Oil Products]./ Mastobaev, B.N. Thesis of PhD in Engineering. Specialty 07.00.10, 02.00.13. – Ufa, 2003. [in Russian]
6. Malic Sanjay A novel polymer useful for drag reduction in hydrocarbons fluids and its preparation / Malic Sanjay / EP0471116 (A1) / 19.02.1992.
7. Malic Sanjay. Process for the preparation of a new polymer useful for drag reduction in hydrocarbon fluids in exceptionally dilute polymer solutions / Malic Sanjay. Shintre Satish N., Mashelkar Raghunat A. / Pat. USA 5080121 / 14.01.1992.
8. Burden T.L. Disperse non-polyalphaolefin drag reducing polymers / Burden T.L., Johnston R.L., Harris W.F. et al/ Pat. USA 7888407 B2 / 15.02.2011.
9. Ritter W. New aqueous emulsion copolymerization for improving properties of crude oils/ Ritter W., Herold C.-P. / PCT/EP89/01024, 22.03.1990.
10. Gessel D.E. Composition and method for friction loss reduction / Gessel D.E., Washecheck P.H. / Пат. США 4952738 / 28.08.1990.



DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.016>**ОЦЕНКА ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СЕВЕРНОМ УЧАСТКЕ МОСКОВСКОГО ЦЕНТРАЛЬНОГО КОЛЬЦА**

Научная статья

**Новиков А.В.<sup>1,\*</sup>, Родионов А.В.<sup>2</sup>, Сумарукова О.В.<sup>3</sup>**<sup>1</sup> ORCID: 0000-0003-1521-1102;<sup>2</sup> ORCID: 0000-0003-4560-6471;<sup>3</sup> ORCID: 0000-0003-0935-2849;<sup>1, 2, 3</sup> ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

\* Корреспондирующий автор (anovikov[at]rgau-msha.ru)

**Аннотация**

Данная статья направлена на оценку уровня шумового воздействия на станциях Московского Центрального кольца (МЦК). МЦК является городской системой железнодорожного транспорта, призванного снизить нагрузку на станции Московского метро. Ежедневно МЦК пользуются около 400000 человек, что является большим показателем, и поэтому, таким условиям, способным негативно повлиять на самочувствие пассажиров, как уровень шума на станциях МЦК нужно уделять особое внимание. Был проведен анализ уровня шумового воздействия станций МЦК.

**Ключевые слова:** шум, оценка воздействия, жилые зоны, Московское Центральное кольцо, уличные деревья, электропоезд.

**EVALUATION NOISE IMPACT ON THE NORTHERN SECTION OF THE MOSCOW CENTRAL CIRCLE**

Research article

**Novikov A.V.<sup>1,\*</sup>, Rodionov A.V.<sup>2</sup>, Sumarukova O.V.<sup>3</sup>**<sup>1</sup> ORCID: 0000-0003-1521-1102;<sup>2</sup> ORCID: 0000-0003-4560-6471;<sup>3</sup> ORCID: 0000-0003-0935-2849;<sup>1, 2, 3</sup> Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

\* Corresponding author (anovikov[at]rgau-msha.ru)

**Abstract**

This article is aimed at evaluation of noise impact level at Moscow Central Circle (MCC) stations. The MCC is an urban rail transport system designed to reduce the traffic load at Moscow Metro stations. About 400,000 people use the MCC every day, which is a great indicator, and therefore, such conditions that can negatively affect the well-being of passengers as the noise level at the MCC stations should be given special attention. The noise level of the MCC stations was analyzed.

**Keywords:** noise, impact assessment, residential zones, Moscow Central Circle, street trees, electric train.

**Введение**

Защита населения от сверхнормативного шума является одной из важных геоэкологических проблем. Высокий уровень шума может вызывать дискомфорт, а также негативные физиологические изменения в организме. Одной из негативных особенностей шума является его специфическое (на органы слуха) и неспецифическое (на организм в целом) воздействие.

У людей, подвергающихся высокому уровню шума, по сравнению с теми, кто подвергается меньшему риску, увеличивается число случаев головной боли, появляется раздражительность, увеличивается зависимость от успокоительных и снотворных средств, повышается уровень психических заболеваний и т.д. Воздействие шума также связано с рядом возможных физических последствий, таких как простуда, изменения кровяного давления и других сердечно-сосудистых изменений, проблемы с пищеварительной системой, а также хроническая усталость, в то время как длительное воздействие шума уровня 80 дБ или более того может вызвать глухоту [4].

Наибольшая площадь шумового загрязнения на территории города обусловлена воздействием автотранспортных потоков [1].

По оценкам экспертов, в РФ число жителей, которые подвергаются сверхнормативному воздействию железнодорожного шума, составляет до 8-10 млн человек. Железнодорожный транспорт - один из основных источников шума согласно жалобам населения [2].

Традиционно звуковое воздействие железных дорог на население создается из-за звукового излучения при контакте колёс с рельсами, которое может быть выражено различными способами, в зависимости от движения подвижного состава и траектории движения, такими как вибрация от подвижного состава, контактный шум и шум при поворотах состава [6].

Московское Центральное кольцо – это маршрутная линия железнодорожного пассажирского транспорта в столице, частично объединенная с метрополитеном по системе оплаты проезда и пересадкам. МЦК является городской системой движения электропоездов по основному ходу Малого кольца Московской железной дороги (МК МЖД). Для любого пользователя общественного транспорта важно знать, насколько хорошо обустроен данный вид транспорта, его станции, и какое воздействие на человека и окружающую среду оказывает этот способ перемещения внутри города. Воздействие железнодорожного шума на окружающую среду многообразно. По интенсивности шум от

железнодорожного транспорта занимает промежуточное значение между автомобильным и авиационным шумами, однако по числу источников железнодорожному шуму нет равных.

Взаимодействие колес с рельсами является основным источником шума и напрямую зависит от скорости и геометрической конфигурации колеи. На прямых участках пути шум в основном создаётся из-за шероховатости поверхности колес и рельсов и их взаимного трения, в то время как при преодолении изгибов колеса создают больше шума за счёт скольжения металлических колес по рельсам. Причиной этого явления является конструктивная природа вагонов, в которых колеса закреплены в параллельных осях, что удерживает наружные колеса больше времени на прохождение кривых, чем внутренние [4].

Повышение уровня шума до 40 ... 70 дБ в бытовых или природных условиях оказывает значительное давление на нервную систему, ухудшает самочувствие и может спровоцировать невроз при длительном воздействии [3].

#### Методы и принципы исследования

Для обследования был выбран участок МЦК от станции Коптево до станции Ботанический сад. Замеры шума проводились два раза в день в периоды 8:00-9:00 и 21:00-22:00. Выбор данных временных отрезков обусловлен тем, что в период 8:00-9:00 идет так называемый утренний «час пик», а в вечернее время 21:00-22:00, наоборот, пассажиропоток заметно меньше.

Для оценки шумового воздействия был использован измеритель характеристик окружающей среды СЕМ DT-8820.

#### Оценка шумового воздействия на станциях МЦК

Основным источником шума на МЦК являются поезда «Ласточка». Скоростной электропоезд "Ласточка" (Desiro RUS) был разработан немецкой компанией Siemens AG. Он состоит из 5 вагонов, общая длина всего состава достигает 130 м. Электропоезд может развивать скорость до 160 км/ч.

Результаты замеров были сопоставлены с расчетными данными эквивалентного и максимального уровня звука, создаваемого отдельными поездами 3-й категории (электропоездами) на расстоянии 25 м от оси ближнего магистрального железнодорожного пути, приведенной в ГОСТ 54933-2012:

$$L_{3, Aeq25} = 28,9lgv_3 + 10lg \left\{ \arctg \left( \frac{l_3}{25} \right) \right\} + 28;$$

$$L_{3, Amax25} = 27,5lgv_3 + 10lg \left\{ \arctg \left( \frac{l_3}{50} \right) \right\} + 36,2,$$

где  $v_3$  – скорость движения поезда, км/ч;  $l_3$  – длина поезда, м.

Максимальный уровень шума составляет, по замерам до прибытия поезда 60 - 64 дБ(А), в момент прибытия поезда на платформу, достигает 75 - 78 дБ(А). По расчетным данным значения эквивалентного уровня звука и максимальный уровень звука составляют 85,9 и 90,8 дБ(А) соответственно. Это говорит прежде всего о хорошо проведенных мероприятиях по снижению уровня шума на этапе проектирования МЦК. Однако необходимо стремиться к большему снижению уровня шума, с целью минимизации воздействия не только на пассажиров, но и прежде всего на проживающих вблизи МЦК жителей мегаполиса.

Существует ряд технических решений [7], способных снизить уровень шума от поездов:

- установку акустических экранов (АЭ);
- сооружение искусственных выемок или насыпей;
- посадка зеленых насаждений;
- звукоизолирующее остекление в защищаемых зданиях;
- реализацию принципа снижения шума в источнике.

Принцип снижения шума в источнике реализуется по следующим направлениям:

- акустическое шлифование рельсов;
- применение вибродемпфирующих накладок на шейку рельса;
- нанесение на шейку рельса, тележку и колеса виброшумопоглощающей мастики;
- использование подрельсовых и подшпальных подкладок;
- нанесение слоя алюминия на тормозные диски;
- обточка бандажей колес.

Что касается акустических экранов, то данные исследований показывают, что АЭ будет эффективен только на уровне 1-го и 2-го этажей здания. Снижение эффективности экрана с увеличением высоты объясняется непопаданием в зону звуковой тени расчетных точек, расположенных выше 5 м. Кроме того, заметное снижение эффективности акустического экрана объясняется тем, что источник шума находится на насыпи, а установка более высокого экрана нецелесообразна как с эстетической точки зрения, так и с технической (сложность и дороговизна).

И если АЭ построены на большей протяженности МЦК, то такие технические мероприятия как звукоизолирующее остекление в большинстве станций не было проведено. Реализация данного мероприятия может снизить уровень шумового воздействия на пассажиров МЦК.

Городские насаждения могут не только использоваться в качестве ветровых барьеров, но и иметь благоприятный эффект снижения вибрации и снижения уровня шума (т.е. в качестве звуковых барьеров). Это эффективный, экологический и экономический метод снижения вибрации и борьбы с шумом [8]. Зеленые массивы снижают городской шум, что связано с высокой звукоотражающей способностью листьев. В среднем кроны деревьев поглощают до 25 % падающей на них звуковой энергии и около 75 % этой энергии отражают и рассеивают. Установлено, что уровень городского шума при прохождении сквозь кроны лиственных насаждений средней густоты и высотой 7–8 м снижается на 10–15 дБ, а полосой насаждений шириной 200–250 м – на 35–45 дБ. Шумоизоляционные свойства насаждений зависят от их ширины, густоты, высоты, конструкции видового состава

растений. Наиболее эффективным считается свободное расположение деревьев и кустарников в шахматном порядке. Шумопоглощающая способность наиболее ярко выражена у клена, липы, калины, тополя, березы [12].

В 2017 году планировалось провести высадку зелёных насаждений вдоль станций Московского Центрального Кольца для снижения шумового и механического загрязнения. Начать высадку хотели с деревьев, таких как голубая ель и остролистный клён. Также планировали высадить живые изгороди из кустарников и цветники. На текущий момент озеленение на многих обещанных станциях так и не было проведено.

### Заключение

По итогам исследования можно сделать вывод, что уровень шума от электропоездов МЦК выше предельно-допустимого, отчего длительное пребывание пассажиров на станциях способно негативно повлиять на слух этих пассажиров. Для минимизации такого воздействия следует провести ряд технических мероприятий, таких как звукоизолирующее остекление, акустическое шлифование рельс, использование прежде всего подрельсовых и подпальных подкладок.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Conflict of Interest

None declared.

### Список литературы / References

1. Лагутина Н. В. Оценка изменения уровня шума от наземного транспорта г. Москвы / Н.В. Лагутина, А.В. Новиков, О.В. Сумарукова // Защита от повышенного шума и вибрации. – 2019. – С. 534-542.
2. Копытенкова О. И. Геоэкологическая оценка применения акустических экранов для защиты селитебной территории при транспортировке полезных ископаемых железнодорожным транспортом / О. И. Копытенкова, Д. Е. Курепин, Е. В. Верещагина // Вестник Тувинского государственного университета. Естественные и сельскохозяйственные науки. – 2016. – С. 36-43.
3. Lagutina N. V. Evaluation of noise of the Moscow metro / Lagutina N. V., Novikov A. V., Sumarukova O. V. // Akustika. – 2019. – Т. 32. – Р. 216-221.
4. Starčević S. M. Noise as an external effect of traffic and transportation / S. M. Starčević, N. J. Bojović // Vojnotehnički glasnik. – 2016. – Т. 64 – №. 3 – Р. 866-891.
5. ГОСТ Р 54933-2012. Шум. Методы расчета уровней внешнего шума, излучаемого железнодорожным транспортом. Технические требования. – Введ. 2013-03-01.
6. Tavares de Freitas R. Life cycle cost evaluation of noise and vibration control methods at urban railway turnouts / R. Tavares de Freitas, S. Kaewunruen // Environments. – 2016. – Т. 3 – №. 4 – Р. 34.
7. Титова Т. С. Технические решения по снижению шума от высокоскоростных железнодорожных магистралей / Т. С. Титова, А. Е. Шашурин, Ю. С. Бойко // Транспорт Российской Федерации. – 2015. – С. 30-33.
8. Huang J. Trees as large-scale natural phononic crystals: Simulation and experimental verification / J. Huang, Y. Liu, Y. Li. // International Soil and Water Conservation Research. – 2019. – Т. 7 – №. 2 – Р. 196-202.
9. Сайфуллин В. Р. Определение шумового загрязнения от железнодорожного транспорта на примере города Абакан натуральным и расчетным методами / В. Р. Сайфуллин, Е. В. Шанина // Инновационная наука. – 2015. – С. 112-114.
10. Иванов Н. И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом // Н. И. Иванов // Университетская книга; Логос. – 2008. – С. 424.
11. Куклин Д. А. Проблема снижения шума поездов в источнике и на пути распространения: дисс. ... д-ра техн. наук: 01.04.06 / Д. А. Куклин. – 2016. – 434 с.
12. Ларнатович П. А. Влияние древесной растительности на уровень шумового загрязнения в городской среде / Ларнатович П. А., Сумина А. В. // Полевые и экспериментальные исследования биологических систем. – 2019. – С. 59-60.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Lagutina, N. V. Ocenka izmeneniya urovnya shuma ot nazemnogo transporta g. Moskvy [Estimation of the noise level change from the Moscow ground transport] / N. V. Lagutina, A. V. Novikov, O. V. Sumarukova // Zashhita ot povyshennogo shuma i vibracii [Protection against an increased noise and vibration]. – 2019. – P. 534-542. [in Russian]
2. Kopytenkova O. I. Geoe'kologicheskaya ocenka primeneniya akusticheskix e'kranov dlya zashhity selitebnoj territorii pri transportirovke poleznyx iskopaemyx zheleznodorozhnym transportom [Geoeological estimation of the acoustic screens application for the residential territory protection at the minerals transportation by railway transport] / O. I. Kopytenkova, D. E. Kurepin, E. V. Vereshchagina // Vestnik Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye i sel'skoxozyajstvennye nauki [Vestnik of Tuva State University. Natural and agricultural sciences]. – 2016. – P. 36-43. [in Russian]
3. Lagutina, N. V. Noise estimation of the Moscow underground / N. V. Lagutina, A. V. Novikov, O. V. Sumarukova // Acoustics. – 2019. - T. 32. - P. 216-221.
4. Starčević S. M. Noise as an external effect of traffic and transportation / S. M. Starčević, N. J. Bojović // Vojnotehnički glasnik. – 2016 – T. 64 – №. 3 – P. 866-891.
5. GOST R 54933-2012. Shum. Metody rascheta urovnej vneshnego shuma, izluchaemogo zheleznodorozhnym transportom. Texnicheskie trebovaniya. – Vved. 2013-03-01 [GOST R. 54933-2012. Noise. Methods for calculation of levels of external noise emitted by railway transport. Technical requirements. - Introduced. 2013-03-01]. [in Russian]
6. Tavares de Freitas R. Life cycle cost evaluation of noise and vibration control methods at urban railway turnouts / R. Tavares de Freitas, S. Kaewunruen // Environments. – 2016 – T. 3 – №. 4 – P. 34.
7. Titova, T. S. Texnicheskie resheniya po snizheniyu shuma ot vysokoskorostnyx zheleznodorozhnyx magistralej [Technical solutions for noise reduction from the high-speed railway lines] / T. S. Titova, A. E. Shashurin, Yu. S. Boyko // Transport Rossijskoj Federacii [Transport of the Russian Federation]. – 2015. – P. 30-33. [in Russian]

8. Huang J. Trees as large-scale natural phononic crystals: Simulation and experimental verification / J. Huang, Y. Liu, Y. Li. // International Soil and Water Conservation Research. – 2019 – Т. 7 – №. 2 – P. 196-202.
9. Saifullin V. R. Opređenje shumovogo zagryazneniya ot zheleznodorozhnogo transporta na primere goroda Abakan natural'nym i raschetnym metodami [Determination of the noise pollution from the railway transport by the Abakan city example by the natural and calculation methods] / V.R. Saifullin, E.V. Shanina // Innovacionnaya nauka [Innovative science]. – 2015. – P. 112-114. [in Russian]
10. Ivanov, N. I. Inzhenernaya akustika. Teoriya i praktika bor'by s shumom [Engineering acoustics. Theory and Practice of Noise Control] // N. I. Ivanov // Universitetskaya kniga; Logos [University Book; Logos]. – 2008. – P. 424. [in Russian]
11. Kuklin, D. A. Problema snizheniya shuma poezdov v istochnike i na puti rasprostraneniya: diss. ... d-ra texn. nauk: 01.04.06 [The problem of the trains noise reduction in the source and on the way of spreading: ... Dr. Sci. (Techn.): 01.04.06] / D. A. Kuklin. – 2016. – 434 p. [in Russian]
12. Larnatovich P. A. Vliyanie drevesnoj rastitel'nosti na uroven' shumovogo zagryazneniya v gorodskoj srede [Effect of the wood vegetation on the noise pollution level in the urban environment] / Larnatovich P. A., Sumina A. B. // Polevye i e'ksperimental'nye issledovaniya biologicheskix sistem [Field and experimental studies of the biological systems]. – 2019 – P. 59-60. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.017>

## ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ТОМАТАХ В УСЛОВИЯХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Научная статья

Байдельюк Е.С.<sup>1,\*</sup>, Сырмолот О.В.<sup>2</sup><sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-1809-4098;<sup>2</sup> ORCID: 0000-0002-8318-1382;<sup>1,2</sup> ФГБНУ "Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений", Камень-Рыболов, Россия

\* Корреспондирующий автор (biometod[at]rambler.ru)

## Аннотация

Исследования проводили в полевых условиях, в работе использовали сорт томата Новичок. Площадь делянки 5,6 кв.м. Повторность 3-х кратная. В работе приводятся результаты исследований регуляторов роста Эпин-Экстра, Циркон, Биосил. Во время вегетации проводили фенологические наблюдения, учеты на пораженность болезнями, уборку урожая проводили отдельно на каждой делянке по мере созревания. Диагностика заболеваний проводилась по внешним признакам. Учеты на пораженность болезнями показали, что препараты обеспечивали защиту томата от септориоза, фитофтороза и способствовали увеличению урожайности. Урожайность томата составила от 17,7 до 20,1 т/га.

**Ключевые слова:** регуляторы роста, урожайность, результаты, эффективность, развитие, томаты.

## APPLYING GROWTH REGULATORS ON TOMATOES UNDER CONDITIONS OF PRIMORSK REGION

Research article

Baidelyuk E.S.<sup>1,\*</sup>, Syrmolot O.V.<sup>2</sup><sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-1809-4098;<sup>2</sup> ORCID: 0000-0002-8318-1382;<sup>1,2</sup> Federal State Budgetary Institution "Far Eastern Research Institute of Plant Protection", Kamen-Rybolov, Russia

\* Corresponding author (biometod[at]rambler.ru)

## Abstract

The authors have conducted their study in the field; they used the Novichok tomato variety in their work. The plot area was 5.6 sq.m., 3-fold repeating. The work presents the results of studies of the following growth regulators: Epin-Extra, Zircon, Biosil. The authors have carried out phenological observations during the growing season, as well as counts on disease prevalence, and harvesting, separately on each plot as they matured. They have carried out a diagnosis of diseases to external signs. Surveys for disease prevalence showed that the preparations protected the tomato from septoria, late blight and contributed to an increase in yield. Tomato productivity ranged from 17.7 to 20.1 t/ha.

**Keywords:** growth regulators, productivity, results, efficiency, development, tomatoes.

## Введение

Основным источником углеводов, минеральных веществ, витаминов, являются овощи, фрукты и другие сельскохозяйственные культуры. Среди овощных культур томатам принадлежит одно из ведущих мест в обеспечении населения продуктами овощеводства. Томаты – одна из важнейших овощных культур открытого грунта возделываемых на Дальнем Востоке России. Основной фактор, негативно влияющий на урожайность томатов, экстремальные условия среды. Районы развитого овощеводства Приморского края расположены в сложных почвенно-климатических условиях, включающих резко-переменный гидротермический режим и высокий природный инфекционный фон [1].

Повысить устойчивость к перечисленным факторам можно, используя регуляторы роста. К ним относятся природные и синтетические органические соединения, которые в малых дозах активно влияют на обмен веществ растений, что приводит к видимым изменениям в росте и развитии. В используемых концентрациях они не оказывают токсического действия на растения и являются источником питания.

Они легко вписываются в технологию возделывания культуры, особенно при выращивании в условиях недостатка тех или иных микроэлементов в почве [2].

Современные способы получения высоких урожаев в агропромышленном комплексе предусматривают создание оптимальных условий питания растений, водного и воздушного режимов почвы, надежной защиты растений от болезней, вредителей. Одним из способов повышения урожайности и улучшения качества продукции растениеводства является использование регуляторов роста [3].

Их применение стимулирует формообразовательные процессы, повышает активность вырабатываемых в растении ферментов фотосинтеза и стрессоустойчивости, является экологически безопасным приемом повышения урожайности и качества продукции [4], [5].

Обработка семян и растений регуляторами роста позволяет преодолеть дефицит природного иммунитета культурных растений, значительно сократить развитие болезней, вредителей [6].

На сегодняшний день накоплен значительный материал по широкому использованию препаратов этой группы. Испытания проводились и проводятся в различных регионах страны и на различных культурах [7], [8].

В Астраханской области проводили исследования на томате с использованием Эпин-Экстра, Циркона. Установлено, что предпосевная обработка семян томата оказывала положительное влияние на энергию прорастания и всхожесть. Полевая всхожесть возросла на 17-21%. Ускоряла появление всходов на 3 дня. Применение Циркона достоверно повышало урожайность томата на 18-21%, Эпин-Экстра – на 17-20% [9].

В Орловской области применение регулятора роста Эпин-Экстра позволило значительно увеличить урожай гороха с 1,3 до 1,45 т/га. Причем действие препарата было эффективно в годы с холодной весной и избытком влаги. Обработка Цирконом повышала всхожесть гороха на 3%, интенсивность развития болезни снижалась на 15,0-27,5% [10].

Изложенное выше свидетельствует о важном преимуществе – это сверхмалые гектарные дозы этих препаратов, а также простота и многообразие способов их применения.

Требования растениеводства связаны одновременно с вопросами защиты окружающей среды от токсического воздействия регуляторов роста и спецификой их применения, что требует постановки ряда дополнительных исследований. Приобретает большое значение, наряду с поиском новых, расширение сферы применения существующих препаратов.

В связи с этим возникла необходимость изучения их влияния на растения томата в условиях открытого грунта на юге Дальнего Востока.

Целью работы являлось определение эффективности регуляторов роста в борьбе с болезнями томата и оценки их влияния на урожайность.

### Материалы и принципы исследований

В вегетационные сезоны 2018-2019 гг. были проведены испытания регуляторов роста Эпин-Экстра, Циркон, Биосил. Исследования выполнялись на базе отдела биометода, на опытном поле с. Воздвиженка Уссурийского района Приморского края. В работе использовали сорт Новичок. Учетная площадь делянки 5,6 кв.м., повторность трехкратная, расположение вариантов – рендомизированное. Диагностика заболеваний проводилась по внешним признакам. Степень поражения растений томата болезнями оценивали по 8-бальной шкале. Проводились учеты на пораженность болезнями (развитие, распространенность), фенологические наблюдения [11].

Схема опыта:

1. Обработка семян и опрыскивание растений по вегетации регулятором роста Эпин-Экстра, Р (24-эпибрасинолид, 0,025 г/л) – 0,5 мл/кг; 0,1 л/га;
2. Обработка семян и опрыскивание растений по вегетации регулятором роста Циркон, Р (гидроксикоричная кислота, 0,05 г/л) – 6 мл/кг; 0,01 л/га;
3. Обработка семян и опрыскивание растений по вегетации регулятором роста Биосил, ВЭ (тритерпеновые кислоты, 100 г/л) – 0,05 мл/кг; 0,05 л/га;
4. Контроль (без обработки).

### Основные результаты

Погодные условия вегетационного периода по годам были разнообразными и хорошо отражали особенности края. Для летних месяцев было характерно обилие осадков, причем их распределение по декадам и месяцам было неравномерным. Температура воздуха была на уровне среднемесячных значений.

В период вегетации было выявлено развитие септориоза и фитофтороза на томате. Отмечено, что первые признаки септориоза проявлялись во второй декаде июня, первые признаки фитофторы в третьей декаде июля. Наблюдения за динамикой развитием болезней выявили сдерживающее влияние препаратов на развитие септориоза и фитофтороза (см. таблица 1). Достоверно значимое снижение развития септориозом (2,5%) отмечено в варианте при применении Биосила, при развитии болезни в контроле 15,5%. В борьбе с фитофторой регуляторы роста сдерживали развитие болезни на уровне 2,0 - 5,1 %, при развитии в контроле – 8,1%.

Важно отметить, что все препараты существенно ограничивали развитие болезней в начальный период их проявления.

Таблица 1 – Влияние регуляторов роста на развитие болезней томата и биологическую эффективность, % (среднее за 2018-2019гг.).

Вариант опыта	Развитие септориоза	Биологическая эффективность	Развитие фитофтороза	Биологическая эффективность
Эпин-Экстра	14,5	6,4	6,1	24,7
Циркон	15,1	2,5	5,1	37,0
Биосил	13,0	16,1	5,8	28,4
Контроль	15,5	-	8,1	-
НСР (05)	2,2		0,4	

Препараты оказали стимулирующее действие на культуру, ускоряя время наступления основных фенологических фаз развития: в сравнении с контролем отмечено опережение появления всходов, фаз бутонизации, цветения и образования плодов на 1-3 дня, повышение урожайности культуры.

Во всех вариантах была получена прибавка, она составила от 4,2 до 6,6 т/га, наибольшая была отмечена в варианте при обработке семян и растений Эпин-Экстра – 6,6 т/га (см. таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность томатов, т/га (среднее за 2018-2019 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га
Эпин-Экстра	20,1	6,6
Циркон	18,8	5,3
Биосил	17,7	4,2
Контроль	13,5	-
НСР(05)	2,1	

**Заключение**

Полученные результаты опыта свидетельствуют о том, что на протяжении вегетационного периода регуляторы роста сдерживали развитие и распространение септориоза и фитофтороза. Оказали стимулирующее действие на культуру, ускорив время наступления основных фенологических фаз развития, обеспечили повышение урожайности культуры (наиболее высокая урожайность отмечена в варианте при обработке Эпин-Экстра – 20,1 т/га). Включение регуляторов роста в систему защиты культуры от болезней является перспективным, поскольку позволяет снизить применение химических пестицидов и получить дополнительную экологически чистую продукцию.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Conflict of Interest**

None declared.

**Список литературы / References**

1. Ошлакова З.В. Анализ уровня самозащиты генофонда томата к альтернариозу и септориозу в условиях Приамурья / Ошлакова З.В. // Материалы международной научной конференции (25-27 августа), посвященной 75-летию Дальневосточной опытной станции ВНИИР: "Перспективы использования геноресурсов в селекции сельскохозяйственных культур Дальнего Востока". – Владивосток: Дальнаука, 2004. – 436 с.
2. Аленин П.Г. Технология возделывания гороха с применением регуляторов роста, бактериальных препаратов и комплексных удобрений с микроэлементами в форме хелатов / П.Г. Аленин, О.И. Двойникова // Плодородие. – 2011- №6 (63). – С. 3-5.
3. Тютюма Н.В. Влияние стимуляторов роста растений на структуру урожая и продуктивность томатов в условиях Астраханской области / Н.В. Тютюма
13. Кудряшов Н.И. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, / Кудряшов Н.И 2016. – № 1 (41). – С. 101-108.
4. Тосунов Я.К. Влияние регуляторов роста на урожай томатов и качество плодов / Я.К. Тосунов // КубГАУ Агроэкология северо-западного Кавказа: Проблемы и перспективы, ООО «Эльбрус», 2004. – С. 128-133.
5. Кулякина Н.В. Поиск современных БАВ нового поколения, обеспечивающих получение экологически чистой продукции и повышение урожая овощных культур на 20-30% в условиях муссонного климата региона / Н.В. Кулякина, Г.А. Кузьмицкая // Актуальные направления исследований ученых в Дальневосточном регионе. Материалы научно-практической конференции. – Хабаровск, 2009. – С. 197-201.
6. Боева Т.В., Изучение влияния предпосевной обработки семян арбуза препаратом Агrostимул / Т.В. Боева, Н.И. Антипенко и др. // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса, 2012. – № 3 (12). С.62-64.
7. Матевосян Г.Л. Современные тенденции в применении регуляторов роста при выращивании томата / Г.Л. Матевосян, А.К. Езаов // Защита растений от вредителей, болезней и сорняков: Сборник научных трудов. СПб., 2000. – С. 95-111.
8. Кунавин Г.А. Применение регуляторов роста при выращивании томатов / Г.А. Кунавин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 1993. – № 4. – С. 3-7.
9. Байрамбеков Ш.Б. Регуляторы роста / Ш.Б. Байрамбеков, З.Б. Валеева и др. // Приложение к журналу "Защита и карантин растений". – 2015. - № 2. – С. 72 (20) – 74 (22).
10. Вакуленко В.В. Эпин-Экстра и Циркон на защите урожая гороха / В.В. Вакуленко // Картофель и овощи. – 2016. – №4. – С. 11-12.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебники и учеб. пособия для высш. Учеб. заведений / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., доп. И перераб. - М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Oshlakova Z.V. Analiz urovnja samozashhity genofonda tomata k al'ternariozu i septoriozu v usloviyah Priamur'ja [Analysis of the level of self-defense of tomato gene pool to alternariosis and septoriosis in the Amur region] Z.V. Oshlakova // Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii (25-27 avgusta), posvjashhennoj 75-letiju Dal'nevostochnoj opytnoj stancii VNIIR: "Perspektivy ispol'zovanija genoresursov v selekcii sel'skohozjajstvennyh kul'tur Dal'nego Vostoka" [Materials of the international scientific conference (August 25-27) dedicated to the 75th anniversary of the Far East Experimental Station VNIIR: «Prospects for the use of gene resources in breeding of agricultural crops of the Far East»] - Vladivostok: Dal'nauka, 2004. –436 p. [in Russian].
2. Alenin P.G. Tehnologija vozdelevanija goroha s primeneniem reguljatorov rosta, bakterial'nyh preparatov i kompleksnyh udobrenij s mikrojelementami v forme helatov [ Use of plant growth regulators, bacterial preparations, and chelated microelement fertilizers in pea growing] / P.G. Alenin // Plodorodie [Plodorodie]. – 2011- №6 (63). – P. 3-5. [in Russian].
3. Tjutjuma N.V. Vlijanie stimulyatorov rosta rastenij na strukturu urozhaja i produktivnost' tomatov v usloviyah Astrahanskoj oblasti [Plant growth promoters influence on tomatoes yield structure and productivity in Astrakhan region] /

N.V. Tjutjuma // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie [Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education]. – 2016. – № 1 (41). – P. 101-108. [in Russian].

4. Tosunov Ja.K. Vlijanie reguljatorov rosta na urozhaj tomatov i kachestvo plodov [The influence of growth regulators on tomato harvest and fruit quality] / Ja.K. Tosunov // KubGAU Agrojekologija severo-zapadnogo Kavkaza: Problemy i perspektivy, OOO«Jel'brus» [Kuban State Agrarian University Agroecology of the Northwest Caucasus: Problems and Prospects, Elbrus LLC]. – 2004. – P. 128-133. [in Russian].

5. Kuljakina N.V. Poisk sovremennyh BAV novogo pokolenija, obespechivajushhih poluchenie jekologicheski chistoj produkcii i povysenie urozhaja ovoshhnyh kul'tur na 20-30% v uslovijah mussonnogo klimata regiona [Search for modern biologically active substances of a new generation which provide ecologically pure products and increasing the yield of vegetable crops by 20-30% in the monsoon climate of the region] / N.V. Kuljakina, G.A. Kuz'mickaja // Aktual'nye napravlenija issledovanij uchenyh v Dal'nevostochnom regione. Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii [Actual directions of research of scientists in the Far Eastern region. Materials of the scientific-practical conference]. – Habarovsk, 2009. – pp. 197-201. [in Russian].

6. Boeva T.V., Izuchenie vlijanija predposevnoj obrabotki semjan arbuza preparatom Agrostimul [Study the influence of pretreatment of watermelon seeds with the stimulator Agrostumul] // Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa T.V. Boeva, N.I. Antipenko, E.G. Kipaeva and others [Theoretical and applied problems of agro-industry]. – 2012. – № 3 (12). P.62-64. [in Russian].

7. Matevosjan G.L. Sovremennye tendencii v primenenii reguljatorov rosta pri vyrashhivanii tomata [Current trends in the use of growth regulators in tomato cultivation] / G.L. Matevosjan, A.K. Ezaov and others // Zashhita rastenij ot vreditel'ej, bolezn'ej i sornjakov: Sbornik nauchnyh trudov. SPb [Plant protection from pests, diseases and weeds: Collection of scientific papers. St. Petersburg]. – 2000. – P. 95-111. [in Russian].

8. Kunavin G.A. Primenenie reguljatorov rosta pri vyrashhivanii tomatov [The use of growth regulators in tomato cultivation] / G.A. Kunavin // Sibirskij vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki [Siberian Herald of Agricultural Science]. – 1993. – № 4. – P. 3-7. [in Russian].

9. Bajrambekov Sh.B. Reguljatory rosta [Growth Regulators] / Sh.B. Bajrambekov, Z.B. Valeeva and others // Prilozhenie k zhurnal «Zashhita i karantin rastenij» [Appendix to the journal «Plant Protection and Quarantine»]. – 2015. – № 2. – P. 72 (20) – 74 (22). [in Russian].

10. Vakulenko V.V. Jepin-Jekstra i Cirkon na zashhite urozhaja goroha [Epin-Extra and Circon for protection of potato yield] / V.V. Vakulenko // Kartofel' i ovoshhi [Potato and vegetables]. – 2016. – №4. – C. 11-12. [in Russian].

11. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results): textbooks.benefits for higher education. training. institutions] / Dospekhov B.A. – 5-ye izd., dop. i pererab. [5-th edition., suppl. And revised] – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p. [in Russian].



DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.018>

## ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ В ОРГАНИЧЕСКОЕ КАРТОФЕЛЕВОДСТВО

Научная статья

Булдаков С.А.<sup>1,\*</sup>, Плеханова Л.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0003-1566-1402;

<sup>2</sup> ORCID: 0000-0001-8812-2798;

<sup>1,2</sup> ФГБНУ Сахалинский НИИ сельского хозяйства, г. Южно-Сахалинск, Россия

\* Корреспондирующий автор (sarsarsar88[at]mail.ru)

### Аннотация

В публикации представлены данные эффективности применения биопрепаратов для внедрения в органическое картофелеводство в условиях муссонного климата Сахалинской области. Предложенные препараты (Алирин-Б, Витаплан, Трихоцин) испытаны на среднераннем сорте Зекура в условиях высокого инфекционного фона. По результатам исследований биопрепараты увеличивали сопротивляемость растений к возбудителям фитофтороза и ризоктониоза. Наилучший результат по основным хозяйственным признакам был, достигнут при обработках картофеля Трихоцином. От его действия возросла урожайность на 3,5 т/га и товарность на 7,5%. Также данный прием позволяет поучить дополнительный доход до 73 тыс. руб./га.

**Ключевые слова:** картофель, биопрепараты, органическое земледелие, болезни, продуктивность.

## EXPERIENCE IN USING BIOLOGICAL PRODUCTS FOR INTRODUCTION INTO ORGANIC POTATO PRODUCTION

Research article

Buldakov S.A.<sup>1,\*</sup>, Plekhanova L.P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0003-1566-1402;

<sup>2</sup> ORCID: 0000-0001-8812-2798;

<sup>1,2</sup> FSBSI Sakhalin scientific research Institute of agriculture, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

\* Corresponding author (sarsarsar88[at]mail.ru)

### Abstract

The publication presents data on the effectiveness of the use of biologics for introduction into organic potato production in the monsoon climate of the Sakhalin region. The proposed preparations (Alirin-B, Vitaplan, Trichocin) is tested on middle-class Zekura in conditions of high infectious background. According to the results of research, biologics increased the resistance of plants to pathogens of late blight and rhizoctoniosis. The best score for the major economic traits was achieved in the treatments of potato Trichocin. From its action, the yield increased by 3.5 t / ha and marketability by 7.5%. Also, this technique allows you to learn additional income up to 73 thousand rubles/ha.

**Keywords:** potatoes, biological products, organic farming, diseases, productivity.

### Введение

С каждым годом роль органического земледелия в мире возрастает. Для нашей страны такое направления введения сельского хозяйства довольно новое. И регламентируется оно Федеральным законом «Об органической продукции...» [1]. В данном законодательном акте отражены основные понятия, правила и требования необходимые для производства органической продукции.

В целом в органическом растениеводстве они сводятся к запрету на применение синтетических агрохимикатов и пестицидов за исключением тех, которые разрешены к использованию в соответствии с Российскими и другими стандартами в сфере производства органической продукции, например – ГОСТ 33980-2016 «Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации» [2]. Также отличительной особенностью, является использования метода обработки почвы, направленные на сохранение и повышения его плодородия и биологической активности, посредством специальных севооборотов, сидеральных культур и почвоулучшающих веществ [3], [4], [5].

В помощь, сельскохозяйственным товаропроизводителям «Союз органического земледелия» разработал Перечень средств производства для органического земледелия. В нем указано 42 препарата рекомендованных как биологические средства защиты растений на основе микроорганизмов, из них инсектицидов – 19, родентицидов – 1, нематодов – 3, фунгицидов – 19 [6].

Так как достижение оптимальной урожайности с применением новых агротехнических приемов невозможно в большей части территории страны, связи с высоким инфекционным фоном и отсутствием полностью устойчивых сортов к фитопатогенам [7].

Поэтому, в целях не нарушения действующего законодательства и получения экономически оправданного уровня урожая перспективно использовать разрешенные биологические средства защиты. При этом особое внимание необходимо уделить тем препаратам, которые уже апробированы для получения органического картофеля. К таким биофунгицидам относятся: Алирин-Б, Бактофит, Гамаир, Витаплан, Гликладин, Стернифог, Трихоцин [6].

Важно помнить, что сертифицированное сельскохозяйственное производство должно согласовывать с органом сертификации, применение того или иного средства производства, на его соответствие с используемым стандартом [7].

Цель исследований – определить эффективность применения биопрепаратов для внедрения в органическое картофелеводство в условиях высокого инфекционного фона.

#### Методы и принципы исследования

Исследования проводились на базе ФГБНУ СахНИИСХ. В опыте применяли биопрепараты, приобретенные у разработчика ООО «АгроБиоТехнология»: Витаплан (смесь штаммов *Bacillus subtilis* ВКМ В-2604D и ВКМ В-2605D), Трихоцин (*Trichoderma harzianum*, штамм Г 30 ВИЗР), Алирин-Б (*Bacillus subtilis*, штамм В-10 ВИЗР). Посадочным материалом служили клубни продовольственного картофеля районированного сорта Зекура (среднеранний). Опыт заложен по следующей схеме:

- 1 Контроль – без обработок препаратами;
- 2 Витаплан – обработка клубней (20 г/т), опрыскивание растений (80 г/га);
- 3 Трихоцин – обработка клубней (20 г/т), опрыскивание растений (80 г/га);
- 4 Алирин-Б – обработка клубней (600 таб./т), опрыскивание растений (1000 таб./га).

Первая обработка по клубням за сутки до посадки, последующие три опрыскивания по растениям: первое в период отрастания (15-20 см), второе – фазу бутонизации, третье в период цветения. Площадь учетной делянки – 25 м<sup>2</sup> (70×30 см), повторность опыта четырех кратная. Делянки располагались рандомизированно.

Агротехника общепринятая для зоны. Применение химических препаратов и минеральных подкормок отсутствовало.

Оценку поражения растений болезнями и учет урожая определяли по методике ВНИИКСХ [8]. Статистическая обработка данных проведена по Б.А. Доспехову [9]. Анализ биохимического состава клубней (сухое вещество, крахмал, витамин С, нитратный азот) находили по Б.А. Ягодину и др. [10]. Экономическую эффективность определяли по Г.А. Полуниной и др. [11].

#### Основные результаты

Проведенные фенологические наблюдения показали, что изучаемые биопрепараты (предпосадочная обработка клубней, опрыскивание надземной массы) не оказали значительного влияния на сроки наступления и продолжительность фаз. Они ускоряли основные фазы развития на 1-2 дня в сравнении с контролем. Во всех вариантах зафиксированы дружные всходы. Период от посадки до массовых всходов составлял 29-31 день, до бутонизации – 50-52, цветения – 59-61 день.

Для картофеля в островном регионе наибольшую опасность несут грибные болезни, особенно фитофтороз, который почти ежегодно переходит в эпифитотийное состояние [12]. Поэтому применение биологических средств защиты имеет очень важный аспект в органическом картофелеводстве на Сахалине. Согласно многолетним данным первые признаки *Phytophthora infestans* появляются в конце июля.

Фитопатологические обследования показали, что биопрепараты незначительно снижали степень поражения листвы болезнью в сравнении с контролем (таблица 1).

Таблица 1 – Поражение растений картофеля фитофторозом в зависимости от применения биопрепаратов, %

Вариант	Учет 1 (I дек. августа)		Учет 2 (II дек. августа)		Учет 3 (III дек. августа)	
	распространенность	развитие	распространенность	развитие	распространенность	развитие
Контроль	5,0	2,1	64,3	21,1	100	100
Витаплан	4,4	0,9	41,9	14,0	100	100
Трихоцин	7,5	1,5	47,0	22,2	100	100
Алирин-Б	4,8	1,8	65,0	25,0	100	100

Во второй декаде августа, при слабом течении болезни, наименьшее поражение ботвы отмечено после применения Витаплана, его эффективность была на 51% больше контроля. В дальнейшем наблюдалось интенсивное распространение и развитие фитофтороза, что привело к полной гибели картофеля во всех вариантах. Как видно биопрепараты в условиях высокого инфекционного фона не обеспечили устойчивость растений к возбудителю болезни, однако смогли на небольшой срок отсрочить их гибель, что в конечном итоге, положительно сказалось на урожайности.

Учеты по выявлению растений пораженных возбудителем ризотониза (*Rhizoctonia solani*) показали, что Трихоцин способен подавлять развитие данной болезни. В течение вегетации только в вариантах, где высаживали клубни, протравленные Трихоцином, гибели картофеля от ризотониза не наблюдалось; в остальных – она составляла от 2,5 (обработка клубней Алирином-Б) до 17,5% (в контроле – 5%).

Биопрепараты повышали как урожайность, так и качество клубней картофеля (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность картофеля и его отход от фитофтороза

Вариант	Урожайность			Товарность, %	Отход клубней от фитофтороза, т/га	
	т/га	прибавка к контролю			при уборке	после 30 дней хранения
		т/га	%			
Контроль	25,4	-	-	78,3	2,0	3,5
Витаплан	28,5	3,1	12,2	83,5	0,8	3,4
Трихоцин	28,9	3,5	13,8	85,8	0,2	3,4
Алирин-Б	26,2	0,8	3,1	81,1	2,0	2,8
НСР <sub>05</sub>	1,2	-	-	-	-	-

Максимальная прибавка получена при использовании Трихоцина – 3,5 т/га (13,8%), немного меньшая от последствия Витаплана – 3,1 т/га (12,2%) от контроля, товарность клубней также увеличилась на 7,5 и 5,2% соответственно. Наибольший отход клубней от фитофтороза наблюдался после обработок Алирином-Б – 4,8 т/га, что довольно близко к контрольному значению (5,5 т/га).

Послеуборочный лабораторный анализ клубней картофеля показал, что биопрепараты оказали незначительное влияния на его биохимический состав (таблица 3).

Таблица 3 – Биохимический состав клубней картофеля

Вариант	Сухое вещество, %	Витамин С, мг/%	Крахмал, %	Нитраты, мг/кг
Контроль	16,58	10,73	12,60	195
Витаплан	17,69	11,76	11,43	102
Трихоцин	16,95	9,49	12,15	105
Алирин-Б	18,22	10,94	12,78	165

Однако, отмечено незначительное повышение витамина С, сухого вещества только в результате применения Витаплана и сухого вещества после действия Алирина-Б. При этом содержание нитратов от применения биопрепаратов в клубнях снижалось наиболее существенное в вариантах с Витапланом и Трихоцином на 1,9 раза меньше, чем на контроле (195 мг/кг, при ПДК – 250 мг/кг).

В результате обработок растений Витапланом получен дополнительный доход 59,8 тыс. руб./га., Трихоцином – 67,3 тыс. руб./га

#### Заключение

Получение органической продукции картофеля является высокотехнологичным процессом с высокой требовательностью к культуре производства, особенно в районах с высоким инфекционным фоном. Применение биопрепаратов (Алирин-Б, Витаплан, Трихоцин) увеличивали сопротивляемость растений к болезням фитофтороза и ризоктониоза, наилучший результат был, достигнут при обработках Трихоцином. Также применение биофунгицида Трихоцина позволит товаропроизводителям получить большую урожайность на 3,5 т/га с меньшим содержанием количества нитратов в 1,9 раза (105 мг/кг).

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Список литературы / References

1 Федеральный закон «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 03.08.2018 № 280-ФЗ (последняя редакция). [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_304017/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304017/) (дата обращения: 10.03.2020).

2 ГОСТ 33980-2016 Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации (с Поправкой). [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200141713> (дата обращения: 04.03.2020).

3 Старовойтова О. А. Органическое земледелие в картофелеводстве / О.А. Старовойтова, А.А. Манохина, В.И. Старовойтов // Наука и инновации: векторы развития. Материалы международной науч.-практ. конф. молодых ученых. 24-25 октября 2018 г., Барнаул / Алтайский государственный аграрный университет. – Барнаул, 2018. – С. 43-46.,

4 Старовойтова О. А. Приемы органического земледелия в картофелеводстве / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина, Н. В. Воронов // Горячкинские чтения: посвященной 150-летию со дня рождения академика В.П. Горячкина. Сборник статей по итогам II международной науч.-практ. конф. 18 апреля 2018 г., Москва / Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. – М., 2019. – С. 222-227.

5 Фандеева Я. Д. Биоресурсы для органического картофелеводства / Я. Д. Фандеева, О. В. Щегорев // Картофель и овощи. – 2015. – № 9. – С. 18-21.

6 Перечень средств производства для органического земледелия: для применения в системе органического земледелия на основе международных принципов органического сельского хозяйства. [Электронный ресурс]. URL: <https://soz.bio/project/preparaty-dlya-organicheskogo-zemledeliya/> (дата обращения: 04.03.2020).

7 Старовойтов В. И. Проблемы органического земледелия в картофелеводстве / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина // Актуальные вопросы экономики и агробизнеса. Сборник статей IX Международной науч.-практ. конф. 01-02 марта 2018 г., Брянск / Брянский государственный аграрный университет (Коккино). – Брянск, 2018. – С. 404-411.

8 Методика исследований по культуре картофеля / ВАСХНИЛ. НИИКС. – М., 1967. – 268 с.

9 Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

10 Ягодин Б. А. Практикум по агрохимии / Б. А. Ягодин, И. П. Дерюгин, Ю. П. Жуков, В. А. Деминов, А. В. Петербургский, В. В. Кидин, А. Ф. Слипчик, А. И. Кулюкин, С. М. Саблина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.

11 Полунин Г. А. Методические рекомендации по определению общего экономического эффекта от использования результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в агропромышленном комплексе / Г. А. Полунин, А. В. Гарист, Р. И. Князева. – М.: РАСХН, 2007. – 32 с.

12 Плеханова Л. П. Эффективность действия биопрепаратов и фунгицидов против болезней растений, клубней картофеля и их влияние на урожайность / Л. П. Плеханова, С. А. Булдаков // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 9-2 (87). – С. 28-33.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Federal Law «Ob organicheskoy produktzii i o vnesenii izmeneniy v otдел'nyye zakonodatel'nyye акты Rossiyskoy Federatsii» ot 03.08.2018 № 280-FZ [“On Organic Products and on Amending Certain Legislative Acts of the Russian Federation” of August 03, 2018 No. 280-FZ] (latest revision). [Electronic resource]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_304017](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304017) (Accessed: 03/10/2020). [in Russian]

2. GOST 33980-2016 Produktiya organicheskogo proizvodstva. Pravila proizvodstva, pererabotki, markirovki i realizatsii (s Popravkoy). [Organic products. Rules for production, processing, labeling and sale] (as amended). [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200141713> (Accessed: 03/04/2020). [in Russian]

3. Starovoitova O. A. Organicheskoye zemledeliye v kartofelevodstve [Organic farming in potato growing] / O.A. Starovoitova, A.A. Manokhina, V.I. Starovoitov // Nauka i innovatsii: vektory razvitiya. Materialy mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh. 24-25 oktyabrya 2018 g., Barnaul [Science and Innovation: Development Vectors. Materials of the international scientific and practical. conf. young scientists]. October 24-25, 2018, Barnaul / Altai State Agrarian University. – Barnaul, 2018. – P. 43-46. [in Russian]

4. Starovoitova O. A. Priemy organicheskogo zemledeliya v kartofelevodstve [Receptions of organic farming in potato growing] / O. A. Starovoitova, V. I. Starovoitov, A. A. Manokhin, N. V. Voronov // Goryachkinskiye chteniya: posvyashchennoy 150-letiyu so dnya rozhdeniya akademika V.P. Goryachkina. Sbornik statey po itogam II mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. 18 aprelya 2018 g. [Goryachkin readings: dedicated to the 150<sup>th</sup> birthday of academician V. P. Goryachkina. Collection of articles based on the results of the II international scientific-practical. conf. April 18, 2018, Moscow] / Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy K.A. Timiryazev. – M., 2019. – P. 222-227. [in Russian]

5. Fandeeva Ya. D. Bioresursy dlya organicheskogo kartofelevodstva [Bioresources for organic potato growing] / Ya. D. Fandeeva, O. V. Shchegorets // Kartofel' i ovoshchi [Potatoes and vegetables]. – 2015. - No. 9. - P. 18-21. [in Russian]

6. Perechen' sredstv proizvodstva dlya organicheskogo zemledeliya: dlya primeneniya v sisteme organicheskogo zemledeliya na osnove mezhdunarodnykh printsipov organicheskogo sel'skogo khozyaystva [List of production means for organic farming: for use in system of organic farming on basis of international principles of organic farming]. [Electronic resource]. URL: <https://soz.bio/project/preparaty-dlya-organicheskogo-zemledeliya/> (Accessed 04.03.2020). [in Russian]

7. Starovoitov V.I. Problemy organicheskogo zemledeliya v kartofelevodstve [Problems of organic farming in potato growing] / V.I. Starovoitov, O. A. Starovoitova, A. A. Manokhin // Aktual'nyye voprosy ekonomiki i agrobiznesa. Cbornik statey IX Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. 01-02 marta 2018 g., Bryansk [Actual problems of economics and agribusiness. Collection of articles of the IX International scientific-practical. conf. March 01-02, 2018, Bryansk] / Bryansk State Agrarian University (Kokino). – Bryansk, 2018. – P. 404-411. [in Russian]

8. Metodika issledovaniy po kul'ture kartofelya [Methodology of research on the culture of potato] / VASHNIL. NIIKH. – M., 1967. – 268 p. [in Russian]

9. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methods of field experience] / B. A. Armor. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p. [in Russian]

10. Yagodin B.A. Praktikum po agrokhimii [Workshop on Agrochemistry] / B.A. Yagodin, I.P. Deryugin, Yu.P. Zhukov, V.A. Deminov, A.V. Petersburg, V.V. Kidin, A.F. Slipchik, A.I. Kulukin, S.M. Sablina. – M.: Agropromizdat, 1987. – 512 p. [in Russian]

11. Polunin G. A. Metodicheskiye rekomendatsii po opredeleniyu obshchego ekonomicheskogo effekta ot ispol'zovaniya rezul'tatov nauchno-issledovatel'skikh i opytно-konstruktorskikh rabot v agropromyshlennom komplekse [Methodical recommendations for determining overall economic effect of using results of research and development in agricultural sector] / G. A. Polunin, A. V. Garist, R. I. Knyazev. – M.: RAAS, 2007. – 32 p. [in Russian]

12. Plekhanova L.P. Effektivnost' deystviya biopreparatov i fungitsidov protiv bolezney rasteniy, klubney kartofelya i ikh vliyaniye na urozhaynost' [Efficiency of biological products and fungicides against plant diseases, potato tubers and their effect on productivity] / L.P. Plekhanova, S.A. Buldakov // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Scientific Journal]. – 2019. – No. 9-2 (87). – P. 28-33. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.019>**АЛЛЕЛЬНЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНОВ CSN3 И CSN2 У БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ МОЛОЧНЫХ ПОРОД**

Научная статья

**Подречнева И.Ю.<sup>1,\*</sup>, Щеголев П.О.<sup>2</sup>, Белокуров С.Г.<sup>3</sup>**<sup>1, 2, 3</sup> ФГБОУ ВО Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Караваево, Россия

\* Корреспондирующий автор (irina-podrechneva017[at]rambler.ru)

**Аннотация**

В статье приведены результаты сравнительного анализа частот аллелей и генотипов по генам CSN3 и CSN2. Высокая частота желательного генотипа CSN3<sup>BB</sup> встречается среди бурых пород – джерсейской, бурой швицкой и костромской – от 0,4000 у быков костромской до 0,6933 у джерсейской породы. Оценка распространения желательного генотипа CSN2<sup>A2A2</sup> показала, что лидируют две породы – швицкая и костромская с частотой встречаемости генотипа 0,9090 и 0,6250 соответственно. Удой дочерей быков-производителей с комплексными генотипами – CSN3<sup>BB</sup> CSN2<sup>A2A2</sup> и CSN3<sup>AB</sup> CSN2<sup>A2A2</sup> был выше, чем у сверстниц на 455 и 474 кг (P<0,05) молока соответственно. Таким образом, быки с данными комплексными генотипами являются наиболее ценными в селекционном отношении. Анализ распространения желательных комплексных генотипов – CSN3<sup>BB</sup> CSN2<sup>A2A2</sup> и CSN3<sup>AB</sup> CSN2<sup>A2A2</sup> у быков-производителей восьми пород показал, что лидируют две породы – швицкая и костромская с частотой встречаемости генотипов – 0,7273 и 0,5000 соответственно. Следует отметить костромскую породу крупного рогатого скота, которая является одной из лучших отечественных пород. Именно акцент на сыропригодность и диетические свойства молока костромских буренок дает возможность сохранить эту ценную, малочисленную отечественную породу.

**Ключевые слова:** быки-производители, полиморфизм, ген CSN3, ген CSN2, частота встречаемости, молочная продуктивность.

**ALLEAL POLYMORPHISM OF CSN3 AND CSN2 GENES MILK-BREEDING BULLS**

Research article

**Podrechneva I.Y.<sup>1,\*</sup>, Schegolev P.O.<sup>2</sup>, Belokurov S.G.<sup>3</sup>**<sup>1, 2, 3</sup> Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo, Russia

\* Corresponding author (irina-podrechneva017[at]rambler.ru)

**Abstract**

The article presents the results of a comparative analysis of the frequencies of alleles and genotypes for the CSN3 and CSN2 genes. The high frequency of the desired CSN3<sup>BB</sup> genotype is found among brown breeds - Jersey, Brown Schwyz and Kostroma - from 0.4000 in Kostroma bulls to 0.6933 in Jersey. Assessment of the distribution of the desired genotype CSN2<sup>A2A2</sup> showed that two breeds are leading - Schwyz and Kostroma with a frequency of occurrence of the genotype 0.9090 and 0.6250, respectively. The milk yield of the daughters of manufacturing bulls with complex genotypes - CSN3<sup>BB</sup> CSN2<sup>A2A2</sup> and CSN3<sup>AB</sup> CSN2<sup>A2A2</sup> was higher than that of peers by 455 and 474 kg (P < 0.05) of milk, respectively. Thus, bulls with these complex genotypes are the most valuable in breeding terms. Analysis of the distribution of the desired complex genotypes - CSN3<sup>BB</sup> CSN2<sup>A2A2</sup> and CSN3<sup>AB</sup> CSN2<sup>A2A2</sup> among bulls of eight breeds showed that two breeds are leading - Schwyz and Kostroma with genotype frequencies of 0.7273 and 0.5000, respectively. It should be noted the Kostroma breed of cattle, which is one of the best domestic breeds. It is the emphasis on the cheese suitability and dietary properties of milk from Kostroma cows that makes it possible to preserve this valuable, small domestic breed.

**Keywords:** manufacturing bulls, polymorphism, CSN3 gene, CSN2 gene, frequency of occurrence, milk productivity.

В странах с развитым молочным скотоводством внедрена оценка животных, особенно быков-производителей по генам, контролирующим синтез белков молока. Принимая во внимание современные тенденции селекции крупного рогатого скота с точки зрения технологических свойств молока, информация о генотипах аллелей молочных белков является существенным фактором, который должен быть учтен в селекционной работе, особенно в стратегии выбора быков-производителей [3].

Каппа-казеин (CSN3) – одна из фракций казеина и ген, контролирующий его образование в молоке, имеет 10 аллельных вариантов из которых выделено два, встречающихся наиболее часто – А и В, в трех различных сочетаниях генотипов – АА, АВ, ВВ. При производстве сыра из молока коров с генотипом CSN3<sup>BB</sup>, время коагуляции было короче на 24%, консистенция сгустка была лучше, а выход готовой продукции на 6% больше, чем при производстве сыра из молока коров, несущих гомозиготный генотип CSN3<sup>AA</sup>.

В последнее время все чаще исследователи обращают внимание на бета-казеин (CSN2), его роль менее известна зоотехникам. Бета казеин имеет в составе 209 аминокислот как минимум в 12 вариантах. В результате точечной мутации в VII экзоне гена бета-казеина (хромосома 6) замена цитозина на аденин привела к конверсии пролина (аллель А2, кодон ССТ) на гистидин (аллель А1, кодон САТ). На основании этой изменчивости молоко делится на две группы – А1 и А2 [10]. Считается, что данная мутация возникла около 5000 лет назад и широко распространилась в различных породах крупного рогатого скота. Исследования, проведенные в 19 странах (Великобритания, Финляндия, Ирландия, Швеция, Дания, Франция, Германия, Исландия, Норвегия, Австрия, Швейцария, США, Япония, Израиль,

Австралия, Новая Зеландия, Венгрия, Венесуэла и Канада) показали, что существует связь между потреблением  $\beta$ -казеина A1 и различными заболеваниями [6], [7], [9].

При расщеплении ферментами ЖКТ молока, содержащего фракцию бета-казеина A1 (полученного от коров с иными от A2A2 генотипами), образуется пептид р – казоформин 7 (BCM7) в значительно большем количестве, чем при соответствующем расщеплении молока, содержащего фракцию р-казеина A2 (полученного от коров с генотипом A2A2). Более высокий уровень опиоидного пептида BCM7 связан с более высокими показателями заболеваемости ишемической болезнью сердца, неврологическими расстройствами, такими как аутизм и шизофрения; BCM-7 – возможная причина неожиданного синдрома младенческой смерти. [8].

В исследовании проанализированы данные по 142 быкам-производителям молочных и молочно-мясных пород, представленных на официальных сайтах АО «Головной центр по воспроизводству сельскохозяйственных животных» и ОАО «Ярославское по племенной работе» и имеющих оценку по генам CSN3 и CSN2.

Результаты обработаны методом вариационной статистики с использованием программных возможностей «Microsoft Excel 2010».

Частоту генотипов рассчитывали по формуле:

$$p = \frac{n}{N},$$

где р – частота генотипа;

n – количество особей, имеющих определённый генотип,

N – общее число особей.

Частоту аллелей рассчитывали по формуле:

$$p = \frac{2nAA+nAB}{2N} \quad \text{и} \quad q = \frac{2nBB+nAB}{2N},$$

где р – частота аллеля А,

q – частота аллеля В,

nAA, nAB, nBB – число особей с данным генотипом,

N – общее число особей.

Данные по распространению генотипов каппа-казеина у быков-производителей восьми молочных пород приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Полиморфизм гена CSN3 у быков-производителей пород молочного направления продуктивности

Порода	Частота встречаемости генотипов и аллелей CSN3				
	генотипы			аллели	
	AA	AB	BB	A	B
Черно-пестрая (n=17)	0,5294	0,4706	–	0,7647	0,2352
Голштинская (n=92)	0,5000	0,3587	0,1413	0,8044	0,1956
Айширская (n=20)	0,8000	0,2000	–	0,8000	0,2000
Симментальская (n=18)	0,5556	0,3889	0,0555	0,7778	0,2222
Ярославская (n=39)	0,6154	0,2820	0,1026	0,8205	0,1795
Джерсейская (n=13)	0,0769	0,2308	0,6923	0,1538	0,8462
Бурая швицкая (n=16)	0,1875	0,3125	0,5000	0,3437	0,6563
Костромская (n=10)	–	0,6000	0,4000	0,3000	0,7000

Оценка племенных ресурсов быков-производителей по гену CSN3 показала, что наибольшая частота желательного генотипа BB встречается среди бурых пород – джерсейской, бурой швицкой и костромской – от 0,4000 у быков костромской до 0,6933 у джерсейской породы. Следует отметить, что у быков-производителей костромской породы не выявлено животных, гомозиготных по аллелю А. У быков черно-пестрой, голштинской, айширской, симментальской и ярославской пород преобладает генотип CSN3<sup>AA</sup>, с частотой встречаемости от 0,5000 в голштинской до 0,800 в айширской породе. Частота распространения аллеля А варьирует у этих пород – от 0,7647 в черно-пестрой породе до 0,8205 в ярославской породе. В то время как гетерозиготный желательный генотип CSN3<sup>BB</sup> имеет низкую частоту встречаемости от 0,0555 в симментальской до 0,1413 в голштинской породе. Из 20 быков-производителей айширской породы не выявлено животных с генотипом CSN3<sup>BB</sup>.

В последнее время интерес селекционеров направлен на изучение полиморфизма гена CSN2, так как он может повлиять на закупочную цену молока. На волне интереса к молоку A2 многие племенные предприятия стали определять генотип быков-производителей по гену CSN-2 (гену белка  $\beta$ -казеина). Данные по встречаемости аллельных вариантов гена CSN2 у быков-производителей восьми пород приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Полиморфизм гена CSN2 у быков-производителей пород молочного направления продуктивности

Порода	Частота встречаемости генотипов и аллелей CSN2				
	генотипы			аллели	
	A1A1	A1A2	A2A2	A1	A2
Черно-пестрая (n=13)	0,1538	0,7696	0,0769	0,5385	0,4615
Голштинская (n=92)	0,1315	0,3815	0,4870	0,3224	0,6776
Айширская (n=11)	0,3636	0,3636	0,2728	0,5454	0,4546
Симментальская (n=7)	0,4285	0,4285	0,1430	0,6429	0,3571
Ярославская (n=8)	0,5000	0,3750	0,1250	0,6875	0,3125
Джерсейская (n=13)	0,1540	0,5384	0,3076	0,4231	0,5769
Бурая швицкая (n=11)	0,0910	–	0,9090	0,0909	0,9091
Костромская (n=8)	–	0,3750	0,6250	0,1875	0,8125

Оценка распространения желательного генотипа CSN2<sup>A2A2</sup> среди быков-производителей молочного направления продуктивности показала, что лидируют две породы – швицкая и костромская, с частотой встречаемости – 0,9090 и 0,6250 соответственно. Это дает возможность быстрого получения стад с желательным генотипом CSN2<sup>A2A2</sup>.

Если же принять во внимание частоту распространения аллеля A2 у быков-производителей разных пород, то выше – у швицкой породы (0,9091), костромской (0,8125) и голштинской (0,6776).

Однако следует признать, что получение стад, полностью состоящих из коров с желательными комплексными генотипами – CSN3<sup>AB</sup> CSN2<sup>A2A2</sup> и CSN3<sup>BB</sup> CSN2<sup>A2A2</sup>, это длительная и трудоёмкая зоотехническая работа. В связи с этим необходимо ответить на вопрос: возможно ли отбирать гетеро- и гомозиготных животных по гену CSN 3 и гомозиготных по гену CSN 2, не ухудшая при этом молочную продуктивность?

Для ответа на этот вопрос нами проанализирована разность по продуктивности между дочерьми быков-производителей с разными генотипами и их сверстницами (рис. 1).

Средняя разность по удою между дочерьми быков и их сверстницами

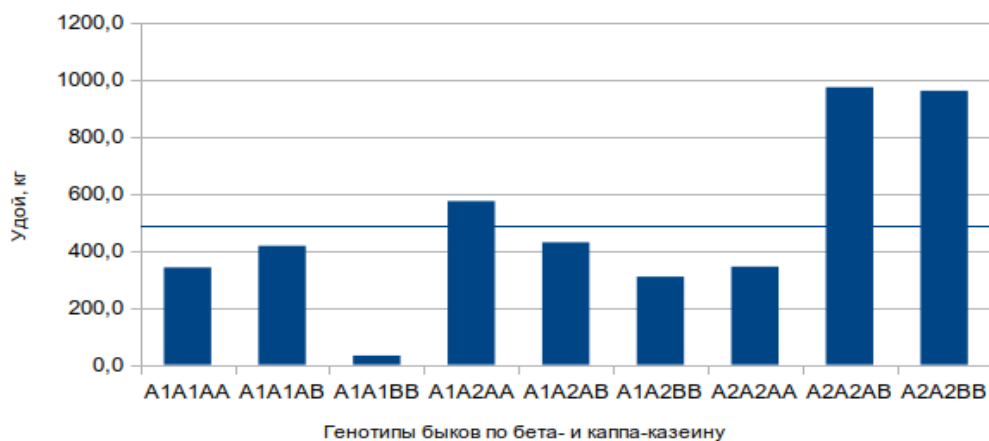


Рис. 1– Средняя разность по удою между дочерьми быков-производителей разных генотипов и их сверстницами

На рисунке видно, что только у дочерей быков с генотипами CSN3<sup>BB</sup> CSN2<sup>A2A2</sup> и CSN3<sup>AB</sup> CSN2<sup>A2A2</sup> разность по удою по сравнению со средним значением по всем генотипам была выше на 455 и 474 кг ( $P < 0,05$ ) соответственно.

Таким образом, быки с данными генотипами являются наиболее ценными в селекционном отношении. После определения желательных генотипов по генам CSN3 и CSN2 возникает вопрос: в каких молочных породах крупного рогатого скота данные генотипы преобладают (табл. 3)?

Таблица 3 – Частота комплексных генотипов по генам CSN3 и CSN2

Порода	Частота генотипов по генам CSN3 / CSN2								
	AA			AB			BB		
	A1A1	A1A2	A2A2	A1A1	A1A2	A2A2	A1A1	A1A2	A2A2
Черно-пестрая (n=13)	0,0770	0,3076	0,2038	–	0,4116	–	–	–	–
Голштинская (n=92)	0,0790	0,0391	0,0131	0,1579	0,1579	0,0657	0,2235	0,1710	0,0928
Айшпирская (n=11)	0,1428	–	–	–	0,5714	–	0,2858	–	–
Симментальская (n=7)	0,1428	–	0,1428	0,1428	0,4286	–	0,2858	–	–
Ярославская (n=8)	0,1250	–	–	0,2500	0,3750	–	0,1250	–	0,1250
Джерсейская (n=13)	–	–	0,0770	–	0,0770	0,1538	0,1538	0,4614	0,0770
Бурая швицкая (n=11)	–	–	0,1818	–	–	0,0909	0,0909	–	0,6364
Костромская (n=8)	–	–	–	–	0,3750	0,2500	–	0,1250	0,2500

Анализ распространения желательных комплексных генотипов CSN3<sup>BB</sup> CSN2<sup>A2A2</sup>, CSN3<sup>BB</sup> CSN2<sup>A2A2</sup> у быков-производителей восьми пород показал, что лидируют две породы – швицкая и костромская с частотой встречаемости – 0,7273 и 0,5000 соответственно. Особое внимание следует обратить на костромскую породу крупного рогатого скота, которая является одной из лучших отечественных пород. В настоящее время относительная численность скота костромской породы в РФ составляет всего 0,37% от всего поголовья коров молочного направления продуктивности. Именно акцент на технологические и диетические свойства молока костромских буренок даст возможность сохранить ценную отечественную породу. Дальнейшая работа должна быть направлена на создание референтных популяций с улучшенными качественными показателями молока. Это позволит сохранить малочисленные, ценные отечественные породы крупного рогатого скота, неспособные на сегодняшний день конкурировать с обильно молочными импортными породами.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Conflict of Interest**

None declared.

**Список литературы / References**

1. Гончаренко Г.М. Сравнительная оценка сыропригодности молока симментальской и красной степной породы с учётом генотипов к-казеина / Г.М. Гончаренко, Т.С. Горячева, Н.М. Рудишина, Н.С. Медведева, Е.Г. Акулич // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013 – Т. 110, № 12 – С. 113-117.
2. Ельчанинов В.В. Номенклатура и биохимические свойства казеинов коровьего молока. Каппа-казеин / В.В. Ельчанинов, А.В. Кригер // Сыроделие и маслоделие. – 2008 – № 5 – С. 53-56.
3. Овсянникова Г.В. Использование мирового генофонда молочного скота в создании сырьевой базы молочной промышленности Черноземья / Г.В. Овсянникова // Вестник Санкт-Петербург международной академии холода. – 2017. – № 1. – С. 7-12.
4. Сулимова Г.Е. Уникальность костромской породы крупного рогатого скота с позиции молекулярной генетики / Г.Е. Сулимова, И.В. Лазебная, А.В. Перчун, В.Н. Воронкова, М.Н. Рузина, Г.А. Бадин // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 9. – С. 52-54.
5. Тюлькин С. Технологические свойства молока коров с разными генотипами каппаказеина / С. Тюлькин, Т. Ахметов, М. Нургалиев // Молочное и мясное скотоводство. – 2011. – № 8. – С. 4-5.
6. Haq M. R. Comparative evaluation of cow (3-casein variants (A1/A2) consumption on Th2-mediated inflammatory response in mouse gut / M. R. Haq, R. Kapila, R. Sharma, V. Saliganti, S. Kapila // Eur J Nutr. - 2014. - № 53(4). - P. 1039-1049. doi: 10.1007/s00394-013-0606-7.
7. Parashar A. A1 milk and its controversy-a review / A. Parashar, R. K. Saini // International Journal of Bioassays. - 2015. - № 4.12. - P. 4611-4619.
8. Kaminski S. Polymorphism of bovine beta-casein and its potential effect on human health / S. Kaminski, A. Cieslinska, E. Kostyra//J. Appl. Genet. - 2007. - №48. - P. 189-198. DOI: 10.1007/BF03195213.
9. Parashar A. A1 milk and its controversy-a review / A. Parashar, R. K. Saini // International Journal of Bioassays. - 2015. - № 4. - P. 4611-4619.
10. Tyulkin S. Technological properties of milk of cows with different genotypes of kappa-casein and beta-lactoglobulin / Tyulkin S., Vafin R., Zagidullin L., Akhetov T., Petrov A., and Diel F. // Foods and Raw Materials, 2018, vol. 6, no. 1, pp. 154–162. DOI 10.21603/2308-4057– 2018–1–154–162154–162. DOI 10.21603/2308-4057-2018-1-154-162.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Goncharenko G.M. Sravnitel'naya otsenka syroprigodnosti moloka simmental'skoy i krasnoy stepnoy porody s uchotom genotipov k-kazeina [Comparative evaluation of cheese suitability of milk of Simmental and red steppe breed, taking into account the genotypes of k-casein] / G.M. Goncharenko, T.S. Goryacheva, N.M. Rudishina, N.S. Medvedeva, E.G. Akulich // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. – 2013 – V. 110. – No. 12 – P. 113-117. [in Russian]
2. Elchaninov V.V. Nomenklatura i biokhimicheskiye svoystva kazeinov korov'yego moloka. Kappa-kazein [Nomenclature and biochemical properties of cow's milk caseins. Kappa casein] / V.V. Elchaninov, A.V. Krieger // Syrodelye i maslodeliye [Cheesemaking and butter-making]. – 2008 – No. 5 – P. 53-56. [in Russian]



3. Ovsyannikova G.V. Ispol'zovaniye mirovogo genofonda molochnogo skota v sozda-nii syr'yevoy bazy molochnoy promyshlennosti Chernozem'ya [Use of world gene pool of dairy cattle in creation of raw material base of dairy industry of the Chernozem region] / G.V. Ovsyannikova // Vestnik Sankt-Peterburg mezhdunarodnoy akademii kholoda [Bulletin of St. Petersburg International Academy of Refrigeration]. – 2017. – No. 1. – P.7-12. [in Russian]
4. Sulimova G.E. Unikal'nost' kostromskoy porody krupnogo rogatogo skota s pozitsii molekulyarnoy genetiki [Uniqueness of Kostroma cattle from position of molecular genetics] / G.E. Sulimova, I.V. Lazebnaya, A.V. Perchun, V.N. Voronkova, M.N. Ruzina, G.A. Badin // Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of science and technology of agribusiness]. – 2011. – No. 9. – P. 52-54. [in Russian]
5. Tyulkin S Tekhnologicheskiye svoystva moloka korov s raznymi genotipami kappakazeina [Technological properties of milk of cows with different genotypes of kappa casein] / S. Tyulkin, T. Akhmetov, M. Nurgaliev // Molochnoye i myasnoye skotovodstvo [Dairy and beef cattle breeding]. – 2011. – No. 8. – P. 4-5. [in Russian]
6. Haq M. R. Comparative evaluation of cow (3-casein variants (A1/A2) consumption on Th2-mediated inflammatory response in mouse gut / M. R. Haq, R. Kapila, R. Sharma, V. Saliganti, S. Kapila // Eur J Nutr. – 2014. – No. 53(4). – P. 1039-1049. doi: 10.1007/J100394-013-0606-7
7. Parashar A. A1 milk and its controversy-a review / A. Parashar, R. K. Saini // International Journal of Bioassays. – 2015. – No. 4.12. – P. 4611-4619.
8. Kaminski S. Polymorphism of bovine beta-casein and its potential effect on human health / S. Kaminski, A. Cieslinska, E. Kostyra//J. Appl. Genet. – 2007. – No.48. – P. 189-198. DOI: 10.1007/BF03195213.
9. Parashar A. A1 milk and its controversy-a review / A. Parashar, R. K. Saini // International Journal of Bioassays. – 2015. – No. 4. – P. 4611-4619.
10. Tyulkin S. Technological properties of milk of cows with different genotypes of kappa-casein and beta-lactoglobulin / Tyulkin S.,Vafin R., Zagidullin L.,Akhmetov T., Petrov A.,and Diel F. // Foods and Raw Materials, 2018, vol. 6, no. 1, pp. 154–162. DOI 10.21603/2308-4057– 2018–1–154–162154–162. DOI 10.21603/2308-4057-2018-1-154-162.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.020>**ИССЛЕДОВАНИЕ СТАРИННЫХ СПОСОБОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РЫБЬЕГО ЖИРА ЭВЕНКАМИ ЖИГАНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)**

Научная статья

**Степанов К.М.<sup>1,\*</sup>, Корякина Н.И.<sup>2</sup>, Попова З.<sup>3</sup>**<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Якутская ГСХА», Якутск, Россия;<sup>2,3</sup> МБОУ «Жиганская средняя общеобразовательная школа», Жиганск, Россия

\* Корреспондирующий автор (Stenko07[at]mail.ru)

**Аннотация**

Народы, которые постоянно употребляли в пищу рыбу и рыбий жир, отличались более крепким здоровьем. Сегодня о полезных свойствах рыбьего жира издано много научных трудов, публикаций. Многие исследователи считают, что в нашей стране около 80% населения не получают необходимую норму полиненасыщенных жирных кислот, а недостаточность их в рационе питания человека представляет серьезную угрозу для здоровья.

**Ключевые слова:** рыбий жир, старинные рецепты, пища эвенков, пищевая ценность рыб, польза рыбьего жира.

**STUDYING ANCIENT WAYS OF FISH OIL COOKING BY EVENKIS IN ZHIGANSK DISTRICT OF SAKHA REPUBLIC (YAKUTIA)**

Research article

**Stepanov K.M.<sup>1,\*</sup>, Koryakina N.I.<sup>2</sup>, Popova Z.<sup>3</sup>**<sup>1</sup> FSBEI of HE, Yakutsk State Agricultural Academy, Yakutsk, Russia;<sup>2,3</sup> MSBEI, Zhigansk secondary school, Zhigansk, Russia

\* Corresponding author (Stenko07[at]mail.ru)

**Abstract**

The peoples who constantly ate fish and fish oil had better health. Lots of scientific papers and publications today are devoted to the beneficial properties of fish oil. Many researchers believe that about 80% of the population does not receive the required norm of polyunsaturated fatty acids in our country, and their lack of human diet is a serious threat to health.

**Keywords:** fish oil, old recipes, Evenki food, nutritional value of fish, the benefits of fish oil.

**Введение**

Жиры являются важной составляющей питания, необходимой для нормального осуществления процессов обмена веществ. Несмотря на то, что снижению потребления жиров сегодня уделяется большое внимание, они, тем не менее, нужны организму. Жиры (липиды) и жироподобные вещества (липоиды), получаемые человеком с пищей, существенно отличаются по своему составу и физико-химическим свойствам от жиров и липоидов, входящих в состав различных тканей и органов тела человека, так как, получая с пищей жир одного состава, организм человека превращает его (так же, как и белки) в собственный жир иного состава. Жиры необходимы организму точно также, как белки и углеводы, поскольку являются носителями незаменимых веществ и источником энергии. Если организм употребляет мало жира, то он начинает перерабатывать белки и углеводы в энергию, в результате чего замедляется развитие организма в целом, угнетается функция воспроизводства и начинаются проблемы со здоровьем. В питании человека различные фракции жирных кислот имеют неодинаковые значения, поэтому биологическую ценность жиров различных продуктов определяют по их биологической эффективности, т. е. содержанию различных фракций жирных кислот, отличающихся неодинаковым действием и полезностью для организма. Всего из растительных и животных организмов выделено около 70 различных жирных кислот, из которых в составе жиров высших растений и животных встречаются чаще всего жирные кислоты, состоящие из трех основных групп: насыщенных (НЖК), мононенасыщенных (МНЖК) и полиненасыщенных (ПНЖК), влияние которых на организм человека различно. Линолевая, линоленовая и арахидоновая кислоты являются незаменимыми жирными кислотами, или условно называют витамином F, так как они не синтезируются в организме, поэтому они должны поступать только с продуктами питания. Наибольшей биологической активностью обладает арахидоновая кислота, которая образуется в организме из линоленовой кислоты при участии витамина B6. Животные жиры, имеющие высокую биологическую эффективность, отличаются наименьшим содержанием насыщенных жирных кислот и наибольшим количеством моно- и полиненасыщенных жирных кислот. Такие жиры хорошо усваиваются организмом человека. В жирах с высокой биологической эффективностью соотношение полиненасыщенных жирных кислот к насыщенным должно составлять 1,0:0,50, а соотношение моно- и полиненасыщенных жирных кислот к насыщенным должно составлять 1,0:0,20 и максимально 1,0:0,50. Такое соотношение этих жирных кислот обеспечивает нормальную потребность человека в суточном рационе [6].

**Цель работы**

Исследования биологической ценности жиров пресноводных рыб рек Якутии и изучение старинных способов приготовления рыбьего жира эвенками Жиганского района.

**Материалы и методы исследования**

Для исследования были отобраны рыбы осенне-зимнего улова 2018 г. низовья бассейна р.Лена у п.Жиганск Жиганского улуса Республики Саха (Якутия), быстрозамороженные при температуре не выше – 30 °С в модульной установке для замораживания продуктов (МУЗ-07-10) с последующим хранением в ледниках и морозильных камерах с температурой не выше – 15 °С [6].

Для анализа образцы проб были отобраны из 3 рыб разделением на филе и тешу, подготовленные по стандартным методикам ГОСТ 31339-2006 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб» [12]. Пищевая и биологическая ценность определена по общепринятым методикам в лаборатории биохимии и массового анализа ФГБНУ ЯНИИСХ на инфракрасном анализаторе «SpectraStar 2200» на основе калибрования.

Исследование традиционных и старинных способов получения рыбьего жира и дегустация полученных образцов проведены в условиях учебной лаборатории МБОУ Жиганская СОШ.

Опрос среди учащихся и взрослых проведен среди населения п.Жиганск Жиганского улуса учащимся МБОУ «Жиганская СОШ» в период 2018-2019 гг.

#### **Результаты исследования и обсуждение**

Учитывая то, что более 89% промыслового улова пресноводных рыб сконцентрировано в арктических районах по рекам Лена, Яна, Индигирка, Колыма, в этих реках промысел рыб республики преимущественно базируется на вылове сиговых рыб – нельме, чире, муксуна, пеляди, сига и ряпушке [4], [5].

Обладая исключительно высокими вкусовыми качествами, эти рыбы пользуются повышенным спросом не только местного населения, но во всех регионах России, такая высокая пищевая ценность их обуславливается в первую очередь отличной пищевой, биологической ценностью жиров, т. е. высоким содержанием легкопереваримых моно- и полиненасыщенных жирных кислот. Однако до настоящего времени недостаточно изучен жирнокислотный состав пресноводных рыб рек Якутии [6], [5].

Учитывая это с сотрудниками ФГБНУ ЯНИИСХ, исследована биологическая ценность жиров пресноводных рыб рек Якутии [6].

Результаты этих исследований биологической ценности жиров филе пресноводных рыб рек Якутии по биологической эффективности жиров, показали, что:

- в филе нельмы содержание насыщенных жирных кислот составило 17,7 % от суммы жирных кислот, а у других видов рыб соответственно составило от 21,2-23,1 %;
- доля моновенасыщенных жирных кислот в филе нельмы составила 51,1 % от суммы жирных кислот, а у других видов рыб соответственно от 44,3-44,5 %;
- доля полиненасыщенных жирных кислот составила от 31,234,3 % от суммы жирных кислот;
- доля моновенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот от суммы жирных кислот была больше в филе нельмы (82,3%), а в филе других видов рыб составила 75,4-78,7 %;
- доля олеиновой жирной кислоты от суммы жирных кислот составила 37,-37,6 %;
- соотношение полиненасыщенных жирных кислот к насыщенным жирным кислотам в филе нельмы составило 1,0: 0,55, а других рыб 1,0: 0,67 – 1,0: 0,77;
- соотношение моновенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот к насыщенным жирным кислотам в филе нельмы составило: у чира – 1,0: 0,22, у муксуна – 1,0 : 0,29, у омуля – 1,0 : 0,32, у пеляди и ряпушки – 1,0 : 0,30, у сига – 1,0 : 0,28.

Таким образом, жиры филе пресноводных рыб рек Якутии отличаются хорошей биологической ценностью за счет низкого содержания насыщенных жирных кислот и высокого содержания моновенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот [6].

Результаты исследования биологической ценности жиров теш пресноводных рыб рек Якутии, показывают, что:

- содержание жирных кислот в тешах в 1,8-2,0 раза больше, чем в филе рыб;
- содержание насыщенных жирных кислот меньше, чем в филе;
- содержание моновенасыщенных, в т. ч. олеиновой и полиненасыщенных жирных кислот, в тешах больше в 1,5-2,0 раза, чем в филе, что указывает на то, что теша рыб является хорошим источником для энергии и жирорастворимых витаминов в экстремальных условиях зимовки [6].

Рыбий жир – самый главный источник полиненасыщенных жирных кислот ОМЕГА-3, которые наш организм не синтезирует, и его запасы должны пополняться с пищей или в виде витаминов [2].

Ученые выявили, что у жителей Севера редко бывают такие болезни, как инсульт, инфаркт, склероз, псориаз, потому что они много едят рыбы [8].

В рыбьем жире содержится минимум холестерина. Рыба включает в себя особые омега-3 жирные кислоты, которые разжижают кровь и нормализуют давление [1].

Дети, которые с раннего возраста получают разнообразные блюда, чаще всего преуспевают в школе. Шведские ученые провели эксперимент, в котором участвовало примерно 4 тысячи подростков в возрасте 15-18 лет. Они выяснили, что зависимость интеллектуального развития от количества съеденной рыбы весьма существенная. Если с детства хотя бы раз в неделю употреблять рыбу, то на 6% улучшаются речевые и зрительно-пространственные способности. И ученые заявили, что присутствие рыбы в детском рационе ведет к улучшению умственных способностей в 2раза. Поэтому ее надо кушать хотя бы раз в неделю [1], [2].

Рыбий жир необходим на этапе роста и развития. Он необходим ребёнку для умственного развития, профилактики рахита, роста костной ткани и укрепления зубов, правильного формирования сердечной и других систем интенсивно растущего организма.

Польза рыбы в детском питании состоит в том, что у детей повышается иммунитет, из организма выводятся вредные вещества и помогает бороться с инфекциями [1], [7].

Проведен опрос среди жителей п.Жиганск Жиганского улуса по использованию рыбьего жира результаты представлены рис 1.

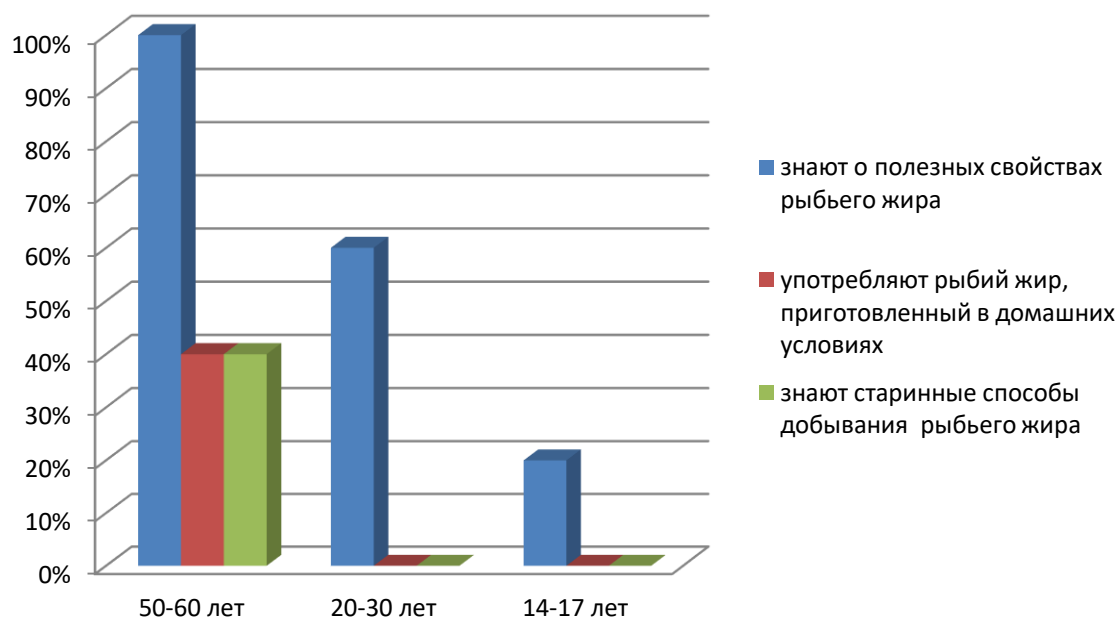


Рис 1 – Опрос среди школьников и взрослых

По результатам опроса выявлено:

- 60% респондентов знают о полезных свойствах рыбьего жира.
- Только старшее поколение употребляет рыбий жир, приготовленный в домашних условиях.
- Только 40% старшее поколение (50-60 лет) владеет способами приготовления рыбьего жира в домашних условиях.

• Среди молодых людей в возрасте 20-30 лет и подростков рыбий жир, приготовленный в домашних условиях не популярен, они не знают способы добычания рыбьего жира в домашних условиях. Старинные способы приготовления рыбьего жира наших предков теряются, забываются.

- 87% респондентов проявили интерес к старинным способам приготовления рыбьего жира.

Жиганский район расположен в бассейне реки Лена, самой большой реки Якутии, которая богата разными видами рыб. Основным питанием местного населения испокон веков является рыба. Исходя из этого был проведен опрос о употреблении и использования рыбьего жира результаты представлены таблице 1.

Таблица 1 – Опрос употребление и использование рыбьего жира

Вопрос	50-60 лет			всего
	да	нет	редко	
Употребляли ли вы натуральный рыбий жир в детстве, приготовленный в домашних условиях?	12	1	2	15
Умели ли ваши родители изготавливать рыбий жир в домашних условиях?	12	0	3	15
Употребляли ли ваши родители рыбий жир в пищу?	12	0	3	15
Страдали ли ваши родители заболеваниями костей?	3	12	0	15
Страдали ли ваши родители сахарным диабетом?	0	15	0	15
Страдаете ли вы сами заболеваниями костей?	3	12	0	15
Страдаете ли вы сами сахарным диабетом?	2	13	0	15
Использовали ли ваши родители рыбий жир как лекарственное средство?	11	1	3	15
Используете ли вы сами рыбий жир как лекарственное средство?	3	7	5	15

Из ответа респондентов можно сделать вывод:

Старшее поколение (от 75-85 лет) владело способами добычи рыбьего жира в домашних условиях, использовали его в пищу, применяли для лечения различных заболеваний. Такими заболеваниями как сахарный диабет, болезни костей старшее поколение не страдало. Они обладали более крепким иммунитетом.

Многие народы, в том числе и наши предки – эвенки, издревле имели свои способы добычания рыбьего жира, знали более доступный способ его добычания.

Эвенки Жиганского района добывали рыбы в бассейнах рек Линда, Кюлянки, Муна, Моторчуна, Молодо, Натара, Менкере, Ундюлюнг, где обитали рыбы: нельма (тууччах), таймень (бил), осетр (хатыыс), щука (сордон), налим (сыальбар), окунь (алыбар), пелядь (быранаатта), омуль (уомул), сиг (чомогор). По рассказам потомственных рыбаков жир речных рыб добывали весной и в начале лета из внутренностей, мяса жирных сортов и из печени налима, когда из Лены в малые реки на нерест поднимается рыба. Весной, когда реки наполнены водой, течение рек слабое, рыба

становится жирной. Жир озерных рыб эвенки добывали в любое время года. У эвенков особенно ценится жир окуня, эвенки считали, что он обладает больше целебными свойствами, чем другие виды рыб.

В советское время эвены, якуты, эскимосы традиционно производили рыбий жир, имевший резкий, крайне неприятный запах и вкус, который хорошо помнят представители старших поколений [6].

В настоящее время мировые производители пищевых добавок ведут постоянные исследования по улучшению качества этого препарата. И основной формой выпуска полиненасыщенных жиров считается капсула. Этот вид наиболее удобен для приема и не вызывает никаких побочных ощущений. Производят рыбий жир разного состава и назначения в зависимости от используемого сырья [9], [10], [11].

Следующим этапом исследования было изучение способов выделения жира эвенками Жиганского улуса.

#### **1-й способ: Выделение жира под влиянием высокой температуры**

Свежепойманную рыбу – нельма (тууччах), таймень (бил), осетр (хатыыс), щука (сордон), налим (сыалыбар), окунь (альбар), пелядь (быранаатта), омуль (уомул), сиг (чомогор), лучшего качества тотчас же вскрывают, вырезают внутренности, отделяют от неё желчный пузырь, тщательно обмывают водой и складывают в большую сковородку, нагревают ее до 50°C. Выступающий из внутренности, под влиянием этой температуры и давления выделяемый жир вычерпывают из сковородки, не доведя до кипения. Отстаивают при температуре минус 2°C. Не застывшую, прозрачную, слегка желтоватую часть сливают в чистый сосуд.

#### **2-й способ: Естественное выделение жира**

Более простой, более доступен. Тщательно очищенные, собранные в большом количестве жир из внутренностей рыб (обычно используют печень налима) складывают в большую эмалированную посуду, закрывают крышкой. Оттаявший при комнатной температуре естественным способом жир через сутки сливают в посуду - получают сам собой вытекший жир, с довольно резким запахом и горьковатым рыбным привкусом. Цвет жира зависит от вида рыбы. Из печени налима жир бывает светлым.

**3-й способ: Медленное кипячение под паром** Заготавливается жир в большом количестве. Верный способ хранения собранного жира – замораживание. И это никак не сказывается на его качестве и вкусе. Следует подготовить тару для замораживания жира. Удобней всего замораживать в пластиковых посудах. Посуда ошпаривается кипятком.

Жир измельчается до порошкообразного состояния, выложить в эмалированную емкость. Емкость с жиром ставят в широкую кастрюлю, наполненную кипятком на 1/3, емкость закрывается крышкой. Кастрюля ставится на небольшой огонь для медленного кипячения. Полученный жир остудить в комнатной температуре, процедить через частое волосяное сито и перелить в стеклянную бутылку.

#### **Хранение рыбьего жира**

Рыбий жир хранили в защищенном от света месте при температуре не выше +2°C и не ниже - 15°C.

Для определения срока хранения провели следующую работу. Добытый 1-м способом рыбий жир положили в холодильник 25 июня 2016 года при температуре - 10°C. Состояние жира проверили через 5 месяцев. Вкус, цвет, густота жира остался прежним.

Отсюда вывод: натуральный рыбий жир можно хранить при температуре -10°C до 5-6 месяцев.

Проведены дегустации, где приняли участие 17 школьников и 17 взрослых. В ходе дегустации рыбьего жира, приготовленного разными способами, пришли к таким выводам о вкусовых качествах жира:

- 47% респондентов предпочли рыбий жир, приготовленный 1-м способом.
- Среди респондентов заводской жир не получил одобрения.
- Вкусовые качества жира зависят от вида рыбы. 76,4% респондента предпочли вкус жира из омуля.

#### **Заключение**

Рыбий жир – проверенное временем и надежное средство, которое помогает восстановлению и укреплению здоровья, правильному физическому и нервно-психическому развитию ребенка.

Таким образом, из представленных данных по традиционным способам переработки пресноводных рыб видно, что они являются ценнейшим наследием исторического опыта, свидетельствующим о высокой культуре коренных народов Якутии в технологии производства рыбных продуктов. При совершенствовании эти технологии могут быть с успехом использованы в производстве рыбных продуктов высокого качества.

#### **Конфликт интересов**

Не указан.

#### **Conflict of Interest**

None declared.

#### **Список литературы / References**

1. Барановский А.Ю. Основы питания россиян: Справочник / А.Ю. Барановский, Л.И. Назаренко. – СПб.: Питер, 2007. – 528 с.
2. Безруких М.М. Разговор о правильном питании. / Безруких М.М., Филиппова Т.А. - М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2007.
3. Кириллов А.Ф. Живое серебро Якутии / Кириллов А.Ф.. – Якутск: Уранхай, 2010. – 240 с.
4. Кириллов А.Ф. Промысловые рыбы Якутии / А.Ф. Кириллов. – М.: Научный мир, 2002. – 194 с.
5. Однокурцев В.М. Паразитофауна рыб пресноводных водоемов Якутии / Н.М. Однокурцев. – Новосибирск: Наука, 2010. – 148 с.
6. Пищевая и биологическая ценность пресноводных рыб рек Якутии: – Монография; [под ред. М.П. Неустроева]. – Новосибирск: Изд. АНХ «СибАК», 2018. – 154 с.
7. Symposium report: emerging threats for human health – impact of socioeconomic and climate change on zoonotic diseases in the Republic of Sakha (Yakutia), Russia, International Journal of Circumpolar Health, 79:1, DOI: 10.1080/22423982.2020.1715698

8. Role of products from local raw materials in a food allowance of the population of the north Stepanov K.M., Lebedeva U.M., Dyachkovskaya M.P., Dokhunaeva A.M. News of Science and Education. 2014. T. 10. № 10. C. 29.
9. [Электронный ресурс] URL: <http://www.prosushka.ru/126-sushka-ryby-v-duxovke.html> (accessed: 09.02.2020)
10. [Электронный ресурс] URL: <http://delaydoma.ru/stats/sushka-ryby-ventilyatorom.html> (accessed: 09.02.2020)
11. [Электронный ресурс] URL: <http://initsiativa.su/kamera-dlya-vyaleniya-i-sushki-ryby-sborny-razbornaya-s-kondicionerom-model-kvs/> (accessed: 09.02.2020)

12. ГОСТ 31339-2006 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб»

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Baranovsky A.Yu. Osnovy pitaniya rossiyan: Spravochnik [Basics of nutrition of Russians]: Reference / A.Yu. Baranovsky, L.I. Nazarenko. – SPb.: Peter, 2007. – 528 p. [in Russian]
2. Bezrukikh M.M. Razgovor o pravil'nom pitanii [Conversation about proper nutrition]./ Bezrukikh M.M., Filippova T.A. – M.: OLMA-PRESS, 2007. [in Russian]
3. Kirillov A.F. Zhivoye srebro Yakutii [Living silver of Yakutia]./ Kirillov A.F. – Yakutsk: Uranhai, 2010. – 240 p. [In Russian]
4. Kirillov A.F. Promyslovyye ryby Yakutii [Commercial fish of Yakutia] / A.F. Kirillov. – M.: Scientific World, 2002. – 194 p. [in Russian]
5. Odnokurtsev V.M. Parazitofauna ryb presnovodnykh vodoyemov Yakutii [Parasitofauna of freshwater fish in Yakutia] / N.M. Classmates. – Novosibirsk: Nauka, 2010. – 148 p. [in Russian]
6. Pishhevaya i biologicheskaya tsennost' presnovodnykh ryb rek Yakutii: – Monografiya [Nutritional and biological value of freshwater fish in the rivers of Yakutia: - Monograph]; [Ed. by M.P. Neustroyev]. – Novosibirsk: ANS "SibAK" Publishing House, 2018. – 154 p. [in Russian]
7. Symposium report: emerging threats for human health – impact of socioeconomic and climate change on zoonotic diseases in the Republic of Sakha (Yakutia), Russia [Symposium report: emerging threats for human health - impact of socioeconomic and climate change on zoonotic diseases in the Republic of Sakha (Yakutia), Russia] // International Journal of Circumpolar Health [International Journal of Circumpolar Health], 79: 1, DOI: 10.1080 / 22423982.2020.1715698 [In Russian]
8. Role of products from local raw materials in food allowance of population of the north / Stepanov K.M., Lebedeva U.M., Dyachkovskaya M.P., Dokhunaeva A.M. // News of Science and Education. 2014. – V. 10. – No. 10. – P. 29.
9. [Electronic resource] URL: <http://www.prosushka.ru/126-sushka-ryby-v-duxovke.html> (accessed: 09.02.2020) [in Russian]
10. [Electronic resource] URL: <http://delaydoma.ru/stats/sushka-ryby-ventilyatorom.html> (accessed: 09.02.2020) [in Russian]
11. [Electronic resource] URL: <http://initsiativa.su/kamera-dlya-vyaleniya-i-sushki-ryby-sborny-razbornaya-s-kondicionerom-model-kvs/> (accessed: 09.02.2020) [in Russian]
12. GOST 31339-2006 Ryba, nerybnyye ob"yekty i produktsiya iz nikh. Pravila priyemki i metody otbora prob [Fish, non-fish objects and products from them. Acceptance rules and sampling methods] (accessed: 09.02.2020) [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.021>**ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО И ХИМИЧЕСКОГО ФУНГИЦИДОВ ПРОТИВ ЦЕРКОСПОРОЗА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

Научная статья

**Волкова Г.В.<sup>1</sup>, Таранчева О.В.<sup>2,\*</sup>**<sup>1</sup> ORCID:0000-0002-3696-2610;<sup>2</sup> ORCID:0000-0002-0009-3206;<sup>1,2</sup> Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений», Краснодар, Россия

\* Корреспондирующий автор (Olichka\_295[at]mail.ru)

**Аннотация**

Химический метод защиты сахарной свеклы от фитопатогенов является лидирующим в системе интегрированной защиты растений. На территории Российской Федерации против церкоспороза сахарной свеклы разрешено к применению 95 препаратов, 11 из которых биологические фунгициды [6]. В статье приведены результаты оценки эффективности биологического (БФТИМ КС-2, Ж) и химического фунгицидов (Альто Супер, КЭ) в борьбе с церкоспорозом сахарной свеклы в условиях центральной зоны Краснодарского края. В вариантах с двукратным и трехкратным применением препаратов было установлено снижение развития заболевания в 2,5...2,6 раза, а прибавка урожая сахарной свеклы по отношению к контролю (без обработки) составила 22,9 %... 24,8 %.

**Ключевые слова:** сахарная свекла, возбудитель, *Cercospora beticola*, церкоспороз, фунгициды, эффективность.

**EFFICIENCY OF COMBINED USE OF BIOLOGICAL AND CHEMICAL FUNGICIDES AGAINST CERCOSPOROSIS OF SUGAR BEET IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL ZONE OF KRASNODAR REGION**

Research article

**Volkova G.V.<sup>1</sup>, Tarancheva O.B.<sup>2,\*</sup>**<sup>1</sup> ORCID:0000-0002-3696-2610;<sup>2</sup> ORCID:0000-0002-0009-3206;<sup>1,2</sup> Federal State Budget Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection", Krasnodar, Russia

\* Corresponding author (Olichka\_295[at]mail.ru)

**Abstract**

The chemical method of protecting sugar beets from phytopathogens is the leading one in the system of integrated plant protection. On the territory of the Russian Federation, 95 drugs are allowed for use against sugar beet cercosporosis, 11 of which are biological fungicides [6]. The article presents the results of evaluating the effectiveness of biological (BFTIM KS-2, Zh) and chemical fungicides (Alto Super, KE) in the fight against sugar beet cercosporosis in the central zone of the Krasnodar Territory. In variants with double and triple use of drugs, a decrease in the development of the disease was found to be 2.5 ... 2.6 times, and the increase in sugar beet yield in relation to the control (without treatment) was 22.9% ... 24.8%.

**Keywords:** sugar beet, pathogen, *Cercospora beticola*, cercosporosis, fungicides, effectiveness.

Возбудитель церкоспороза сахарной свеклы (*Cercospora beticola* Sacc.) является важнейшей угрозой производства сахарной свеклы во всем мире. Впервые возбудитель был описан Кенном в 1858 году под названием *Depasea beticola* Des. А первое сообщение о болезни пятнистости листьев *Cercospora* было опубликовано Saccardo в 1876 году [11].

Церкоспороз широко распространен почти во всех регионах свеклосеяния РФ. На сегодня церкоспороз практически повсеместно является главным фактором основных потерь урожая сахарной свеклы. Из года в год это заболевание уносит до 40% и более от валового сбора корнеплодов [2]. Возбудитель проявляется на развитых, но еще молодых листьях в виде округлых, 2-4 мм в диаметре пятен пепельного цвета с красно-бурой каймой (рис.1). Во влажную погоду поверхность пятен покрывается бархатистым серовато-белым налетом. Также поражаются черешки листьев и стебли, иногда и околоплодники семенных клубочков. Первые симптомы болезни обнаруживаются на вполне развитых листьях во второй-третьей декаде июля [4]. Возбудитель *C. beticola* неактивен при температуре ниже 10 °С и может поражать при температуре от 12 до 37 °С. Оптимальные температуры для роста конидий находятся в интервале между 20-26 °С, если относительная влажность находится в диапазоне 98-100% [8]. Высокий температурный диапазон поражения и прогрессивное развитие в областях, которые ранее не были подвержены данному заболеванию, свидетельствует о высокой генетической пластичности возбудителя *Cercospora* [12].



Рис. 1 – Характер повреждения листа возбудителем *Cercosporabeticola* (ориг.)

С организационной точки зрения защиты растений и биологии *C. beticola* Sacc., где инкубационный период развития патогена составляет от 15 до 30 дней в условиях Краснодарского края, наиболее эффективным и востребованным методом борьбы с церкоспорозной пятнистостью являются биологические фунгицидные обработки совместно с химическими [1], [7]. Химические мероприятия дают экономический эффект в годы значительного развития болезни, а биологические – наименьший эффект пестицидной нагрузки в почве и жизнедеятельность биоценозов. По данным справочника агрохимикатов и пестицидов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации в 2019 году, всего зарегистрировано 84 торговых наименований химических фунгицидов против церкоспороза сахарной свеклы и 11 биологических [6].

Фунгициды, на основе химического класса триазолов, стали инновационными продуктами в сфере защиты сахарной свеклы от болезней [1]. Так, в США еще в 2004 году учеными Weiland J. и Koch G. было успешно проведено исследование с фунгицидами класса бензимидазолов и триазолов против церкоспорозной пятнистости листьев сахарной свеклы [13]. В Италии в 2008 году учеными был проведен эксперимент по способу снижения воздействия химических веществ с использованием биоагентов, на основе гриба *Trichoderma*, для замены или дополнения фунгицидных препаратов [10]. В США штате Монтана в лабораторных исследованиях выявлены изоляты *Bacillus mycoides* и *Bacillus pumilus*, которые уменьшали симптомы заболевания церкоспороза сахарной свеклы примерно на 70%, даже при пространственной изоляции с *Cercospora beticola* [9].

Целью нашего исследования стало определение эффективности комбинированного применения биологического (БФТИМ КС-2, Ж) и химического (Альто Супер, КЭ) фунгицидов против церкоспороза сахарной свеклы в условиях центральной зоны Краснодарского края.

#### Условия, материалы и методы исследований

Эксперимент был заложен в вегетационный сезон 2019 года в полевых условиях ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений», г. Краснодар на естественном инфекционном фоне церкоспороза. В период проведения эксперимента сложились оптимальные условия для развития возбудителя *C. beticola* (среднесуточная температура воздуха составляла 25-30°C, влажность – 70 % и выше) (рис.2).

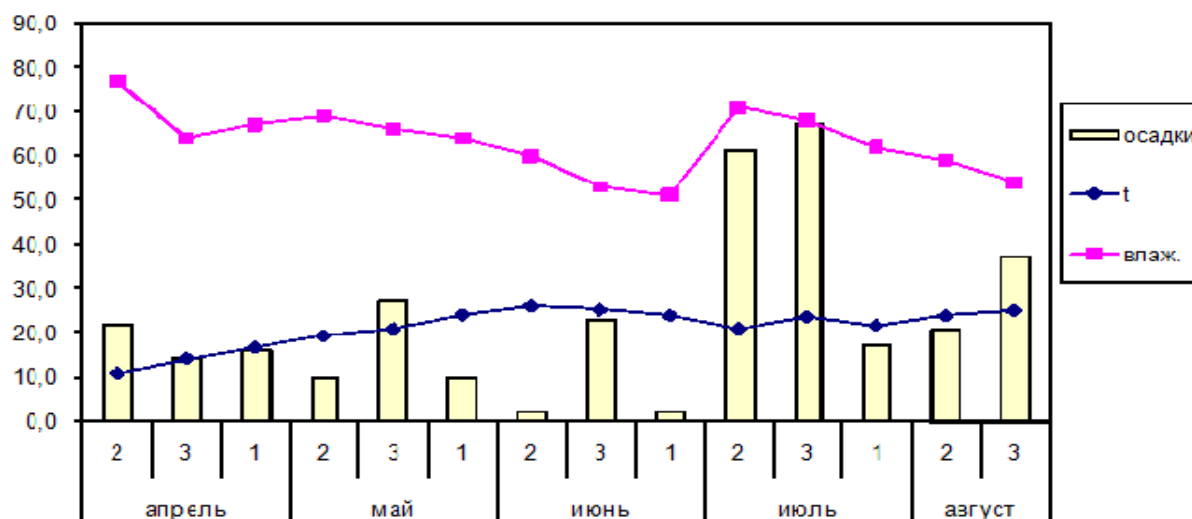


Рис. 2 – Климодиаграмма погодных условий вегетационного сезона сахарной свеклы, 2019 г. (по данным метеопоста ФГБНУ ВНИИБЗР)



В исследовании использовали гибрид сахарной свеклы Оксана компании KWS. Это односторонний диплоидный гибрид на стерильной основе NE типа, гибрид первого поколения, среднеранний, среднеустойчивый к церкоспорозу, слабо- к корнедуду. Включен в Госреестр по Центрально-Черноземному и Северо-Кавказскому регионам. Были использованы биологический и химический фунгициды. В качестве биофунгицида - БФТИМ КС-2, Ж производства ООО «Биотехагро». Это бактериальный препарат на основе бактерии *Bacillus amyloliquefaciens* КС-2 (в каждом грамме которого содержится не менее  $1 \times 10^9$  КОЕ/см<sup>3</sup> живых бактериальных клеток, обладающих защитными свойствами). Препарат способствует развитию мощной корневой системы, обладает ростостимулирующими свойствами и обеспечивает увеличение урожая. В качестве химического был взят Альто Супер, КЭ производства ООО «Сингента». Это комбинированный фунгицид системного действия, химический класс – триазолы, действующее вещество – 250 г/л пропиконазол и 80 г/л ципроконазол. Действие препарата на возбудителя болезни начинается с момента проникновения препарата в растение акропитально.

Площадь делянки составила 25 м<sup>2</sup>, повторность – трехкратная, обработки – двукратная (1-й вариант) и трехкратная (2-й вариант). При двукратном опрыскивании опытных делянок первую обработку проводили при появлении признаков заболевания в фазу смыкания листьев в междурядьях (15.07.); последующую – через 20 дней после 1-й обработки (04.08.); при трехкратном опрыскивании первую обработку осуществляли при появлении признаков заболевания в фазу смыкания листьев в междурядьях (15.07.); вторую – через 15 дней после 1-обработки (30.07.), третью – через 20 дней после 2-ой обработки (19.08.) с помощью ручного пневматического опрыскивателя «Теснома». После обнаружения заболевания проводили в динамике учёт интенсивности поражения по девятибалльной шкале поражения церкоспорозом [5], а также согласно методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве [4]. Биологическую эффективность рассчитывали в процентах по формуле Эббота [3]. Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову [3].

Схема эксперимента представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема применения фунгицидов против церкоспороза сахарной свеклы, гибрид Оксана КВС, опытное поле ВНИИБЗР, 2019 г.

Варианты опыта		Норма применения, л/га	Дата обработок
1	БФТИМ КС-2, Ж	3,0	15.07.19г.
	Альто Супер, КЭ	0,75	04.08.19г.
2	БФТИМ КС-2, Ж	3,0	15.07.19 г.
	БФТИМ КС-2, Ж	3,0	30.07.19 г.
	Альто Супер, КЭ	0,75	19.08.19 г.
3	Контроль (без обработки)	-	-

### Результаты исследований и обсуждение

Динамика развития церкоспороза сахарной свеклы на гибриде Оксана КВС и биологическая эффективность фунгицидов представлена в таблице 2.

Биологическая эффективность испытываемого фунгицида БФТИМ КС-2, Ж при норме применения 3,0 л/га через 15 дней после 1-й обработки против церкоспороза составила 62,5 % при развитии болезни в контроле (без обработки) – 24,0 %; через 13 дней после 2-й обработки химическим фунгицидом Альто Супер, КЭ при норме применения 0,75 л/га – 65,5 % при эпифитотийном развитии болезни в контроле (без обработки) – 55,0 %; через 23 дня после 2-й обработки химическим фунгицидом Альто Супер, КЭ при норме применения 0,75 л/га – 65,7 % при эпифитотийном развитии болезни в контроле (без обработки) – 73,0 % (таблица 2). К концу вегетации культуры эффективность двукратного применения БФТИМ КС-2, Ж+Альто Супер, КЭ при нормах 3,0 л/га+ 0,75 л/га составила 60,0 % при эпифитотийном развитии болезни в контроле (без обработки) – 80,0 %.

Таблица 2 – Эффективность двукратной и трехкратной обработок биологическим и химическим фунгицидами против церкоспороза на сахарной свекле, гибрид Оксана КВС, опытное поле ФГБНУ ВНИИБЗР, 2019 г.

Варианты опыта	Норма применения, л/га	Обработки: 2-кратно: 15 июля и 4 августа; 3-кратно: 15 июля, 30 июля, 17 августа									
		CERCOBETI									
		15 июля		30 июля		17 августа		27 августа		10 сентября	
		Р, %*	Б.Э., %**	Р, %*	Б.Э., %**	Р, %*	Б.Э., %**	Р, %*	Б.Э., %**	Р, %*	Б.Э., %**
БФТИМ КС-2, Ж +Альто Супер, КЭ	3,0+0,75	2,0	-	9,0	62,5	19,0	65,5	25,0	65,7	32,0	60,0
БФТИМ КС-2, Ж +БФТИМ КС-2, Ж+ Альто Супер, КЭ	3,0+3,0+0,75	2,0	-	9,0	62,5	20,2	63,7	23,0	68,5	30,0	62,5
Контроль (без обработки)	-	2,0	-	24,0	-	55,0	-	73,0	-	80,0	-

Примечание: CERCOBETI –*Cercosporabeticola* (церкоспороз)

\*Р- развитие болезни, %, \*\*Б.Э.- биологическая эффективность, %

Биологическая эффективность в варианте опыта с трехкратным применением была следующей: через 15 дней после 1-й обработки фунгицидом БФТИМ КС-2, Ж при норме применения 3,0 л/га – 62,5 % при развитии церкоспороза в контроле (без обработки) – 24,0 %; через 17 дней после 2-й обработки БФТИМ КС-2, Ж при норме применения 3,0 л/га – 63,7 % при эпифитотийном развитии болезни в контроле (без обработки) – 55,0 %; через 8 дней после 3-й обработки химическим фунгицидом Альто Супер, КЭ при норме применения 0,75 л/га – 68,5 % при эпифитотийном развитии болезни в контроле (без обработки) – 73,0 % (таблица 2). К концу вегетации культуры эффективность трехкратного применения БФТИМ КС-2, Ж+БФТИМ КС-2, Ж +Альто Супер, КЭ при нормах 3,0 л/га+3,0 л/га+ 0,75 л/га составила 62,5 % при эпифитотийном развитии болезни в контроле (без обработки) – 80,0 %.

Оценку хозяйственной эффективности проводили по массе 1 корнеплода и урожайности в пересчете на 1 га. По массе 1 корнеплода показатели по вариантам опыта составили: в варианте с двукратной обработкой – 971,7 г; в варианте с трехкратной обработкой – 986,0 г; в контроле (без обработки) – 790 г (таблица 3). Статистически достоверная разница выявлена только между опытными вариантами и контролем (без обработки).

Прибавка урожайности корнеплодов сахарной свеклы в варианте с двукратной обработкой составила 90,8 ц/га (22,9 %); с трехкратной обработкой – 98,0 ц/га (24,8 %). Статистически достоверная разница по урожайности между двукратной и трехкратной обработками не выявлена.

Таблица 3 – Хозяйственная эффективность двукратной и трехкратной обработок биологическим и химическим фунгицидами против церкоспороза на сахарной свекле, гибрид Оксана КВС, опытное поле ФГБНУ ВНИИБЗР, 2019 г.

Варианты опыта	Норма применения, л/га	Масса 1 корнеплода, г	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю	
				ц/га	%
БФТИМ КС-2, Ж +Альто Супер, КЭ	3,0+0,75	971,7	485,8	90,8	22,9
БФТИМ КС-2, Ж +БФТИМ КС-2, Ж +Альто Супер, КЭ	3,0+3,0+0,75	986,0	493,0	98,0	24,8
Контроль (без обработки)	-	790,0	395,0	-	-
НСР <sub>05</sub>		21 г	13,2 ц/га		

### Заключение

Проведена оценка эффективности биологического и химического фунгицидов (БФТИМ КС-2, Ж и Альто Супер, КЭ) в борьбе с церкоспорозом сахарной свеклы в условиях центральной зоны Краснодарского края. В варианте с двукратным применением биологического фунгицида БФТИМ КС-2, Ж при норме 3,0 л/га + и химического фунгицида Альто Супер, КЭ при норме 0,75 л/га на фоне эпифитотийного развития церкоспороза (80,0 %) на гибриде сахарной свеклы Оксана КВС эффективность составила 60,0 %; в варианте с трехкратным применением биологического фунгицида БФТИМ КС-2, Ж при норме 3,0 л/га+ БФТИМ КС-2, Ж при норме 3,0 л/га+ химического фунгицида Альто Супер, КЭ при норме 0,75 л/га эффективность составила 62,5 %. Это позволило сохранить урожайность корнеплодов сахарной свёклы: при двукратной обработке 90,8 ц/га (или 22,9 % к контролю (без обработки)), при трехкратной обработке – 98,0 ц/га (24,8 %).

Таким образом, применение биологического фунгицида даёт альтернативу химическим фунгицидам как более экологичный и экономичный прием борьбы с церкоспорозом на сахарной свёкле, а комбинированное применение показывает его высокую эффективность и перспективность в борьбе с возбудителем церкоспороза [2]. Совместное

применение биологического и химического фунгицидов позволяет снизить фунгицидную нагрузку на культуру и получить более экологичную продукцию.

Считаем целесообразным применение препарата БФТИМ КС-2, Ж как суверенно, так и в интегрированных системах защиты против церкоспороза на сахарной свекле не только с позиций его эффективности, но и экономичности и экологичности.

Финансирование		Funding
Исследования	поддержаны хозяйственным	The research is supported by business agreement No. 973.
договором №973.		
Конфликт интересов		Conflict of Interest
Не указан.		None declared.

### Список литературы / References

1. Бородавченко, А.А. Обзор фунгицидов на сахарной свекле: вчера, сегодня, завтра / А.А. Бородавченко // Защита и карантин растений, 2012. - № 12. - С. 41-42.
2. Воблова, Т.А. Усовершенствование системы защиты сахарной свеклы от церкоспорозной пятнистости листьев в центральной зоне Краснодарского края: автореф. дис. ... канд. с.-х наук: 06.01.11: защищена 15.06.2000: утв. 22.12.2000 / Воблова Татьяна Александровна. – М., 2000. – 187 с.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. Российская академия с.-х. наук. Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений. Под ред. В.И. Долженко. СПб., 2009. - 379 с.
5. Полевщиков, С.И. Степень поражения гибридов сахарной свеклы отечественной и зарубежной селекции церкоспорозом и корневой гнилью / С.И. Полевщиков // Сахарная свекла.- 2011. - №6. - С. 21-23.
6. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации 2019г. [Электронный ресурс] / URL: <http://www.agroxxi.ru/goshandbook> (дата обращения: 03.04.2020)
7. Стогниенко, О.И. Биологическая эффективность применения фунгицидов и их баковых смесей против церкоспороза сахарной свеклы / О.И. Стогниенко, А.И. Воронцова, Е.С. Стогниенко // Инновационные технологии и технические средства для АПК. Воронеж, 2016. - С. 84-86.
8. Стогниенко, О.И. Церкоспороз сахарной свеклы и методы снижения его вредоносности / О.И. Стогниенко, Е.А. Мелькумова, А.В. Корниенко // монография. - 2016. С. 160.
9. Bargabus, RL. Screening for the identification of potential biological control agents that induce systemic acquired resistance in sugar beet / Bargabus, RL. Zidack, NK; Sherwood, JE; Jacobsen, BJ. - Biological Control, 2004. – 342-345p.
10. Galletti, S. *Trichoderma* as a potential biocontrol agent for *Cercospora* leaf spot of sugar beet / Galletti, Stefania; Burzi, Pier Luigi; Cerato, Claudio; Marinello, Simona; Sala, Eleonora // Biocontrol, 2008. – 917-930p.
11. Saccardo, P.A. Conspectus generum fungorum Italiae inferiorum, nempe ad *Spheropsides*, *Melanconies* et *Giphomycetes* pertinentium, sistematice sporologico dispositum / P.A. Saccardo // Michelia, 1880. – 1- 38p.
12. Vereijssen, J. *Cercospora* leaf spot in sugar beet. Epidemiology, life cycle components and disease management. / J. Vereijssen. Bergen op Zoom, The Netherlands. 2004. – 198p.
13. Weiland, J. Sugar beet leaf spot disease (*Cercospora beticola* Sacc.) / Weiland, J. Koch, G. // Molecular Plant Pathology. 2004. – 157-166p.

### Список литературы на английском языке /References in English

1. Borodavchenko, A.A. Obzor fungitsidov na sakharnoy svekle: vchera, segodnya, zavtra [Review of sugar beet fungicides: yesterday, today, tomorrow] / A.A. Borodavchenko // [Protection and Quarantine of Plants], 2012. – No. 12. – P. 41-42. [in Russian]
2. Voblova, T.A. Usovershenstvovaniye sistemy zashchity sakharnoy svekly ot tserkosporoznoy pyatnistosti list'yev v tsentral'noy zone Krasnodarskogo kraya [Improving system for protecting sugar beets from *Cercospora* leaf spot in the central zone of Krasnodar Krai]: Abstract of PhD in Agriculture: 01/06/11: Protected 06/15/2000: approved. 12.22.2000 / Voblova Tatyana Alexandrovna. – M., 2000. – 187 p. [in Russian]
3. Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of field experience (with basics of statistical processing of research results)] / B.A. Dospekhov. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p. [in Russian]
4. Metodicheskiye ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam fungitsidov v sel'skom khozyaystve [Guidelines for registration testing of fungicides in agriculture]. Russian Academy of Agricultural sciences. All-Russian Research Institute of Plant Protection. Ed. by V.I. Dolzhenko. St. Petersburg, 2009. – 379 p. [in Russian]
5. Polevshchikov, S.I. Stepen' porazheniya gibridov sakharnoy svekly otechestvennoy i zarubezhnoy seleksii tserkosporozom i kornevoy gnil'yu [Degree of damage of sugar beet hybrids of domestic and foreign selection by cercosporosis and root rot] / S.I. Fieldworkers // Sakharnaya svekla [Sugar beet]. – 2011. – No. 6. – P. 21-23. [in Russian]
6. Spravochnik pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiyskoy Federatsii 2019. [Directory of pesticides and agrochemicals approved for use on the territory of the Russian Federation in 2019]. [Electronic resource] / URL: <http://www.agroxxi.ru/goshandbook> (Accessed: 04/03/2020) [in Russian]
7. Stognienko, O.I. Biologicheskaya effektivnost' primeneniya fungitsidov i ikh bakovykh smesey protiv tserkosporozsakharnoy svekly [Biological effectiveness of fungicides and their tank mixtures against sugar beet cercosporosis] / O.I. Stognienko, A.I. Vorontsova, E.S. Stognienko // Innovatsionnyye tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva dlya APK [Innovative technologies and technical means for agribusiness]. Voronezh, 2016. – P.84-86. [in Russian]

8. Stognienko, O.I. [Sugar beet cercosporosis and methods for its harmfulness reducing] / O.I. Stognienko, E.A. Melkumova A.V. Kornienko // Monograph. – 2016. – P. 160. [in Russian]
9. Bargabus, RL. Screening for the identification of potential biological control agents that induce systemic acquired resistance in sugar beet / Bargabus, RL. Zidack, NK; Sherwood, JE; Jacobsen, BJ. - Biological Control, 2004. – 342-345p.
10. Galletti, S. *Trichoderma* as a potential biocontrol agent for *Cercospora* leaf spot of sugar beet /Galletti, Stefania; Burzi, Pier Luigi; Cerato, Claudio; Marinello, Simona; Sala, Eleonora//Biocontrol, 2008. – 917-930p.
11. Saccardo, P.A. Conspectus generum fungorum Italie inferiorum, nempe ad *Spheropsides*, *Melanconies* et *Giphomycetes* pertinentium, sistemate sporologico dispositiorum / P.A. Saccardo // Michelia, 1880. – 1- 38p.
12. Vereijssen, J. *Cercospora* leaf spot in sugar beet. Epidemiology, life cycle components and disease management. / J. Vereijssen. Bergen op Zoom, The Netherlands. 2004. – 198p.
13. Weiland, J. Sugar beet leaf spot disease (*Cercospora beticola* Sacc.) /Weiland, J. Koch, G. //Molecular Plant Pathology.2004. – 157-166p.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.022>**НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ В РАЦИОНАХ ВЫРАЩИВАЕМОГО МОЛОДНЯКА СКОТА В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ**

Научная статья

**Черноградская Н.М.<sup>1</sup>, Шарвадзе Р.Л.<sup>2</sup>, Краснощекова Т.А.<sup>3</sup>, Григорьев М.Ф.<sup>4,\*</sup>, Григорьева А.И.<sup>5</sup>**<sup>1,4</sup> ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия», Якутск, Россия;<sup>2,3</sup> ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», Благовещенск, Россия;<sup>5</sup> ФГАУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, Россия

\* Корреспондирующий автор (grig\_mf[at]mail.ru)

**Аннотация**

Представлены результаты изучения влияния местных нетрадиционных кормовых добавок на показатели роста и развития ремонтных телок красной степной породы крупного рогатого скота в условиях Якутии. Опыты проведены на базе СХПК «Крестях» Сунтарского района. Для проведения опытов были сформированы подопытные группы животных. Ремонтные телки были разделены на 3 группы по 10 голов в каждой. Группы формировались по принципу аналогов, где были учтены показатели возраста, живой массы, клинических показателей, интенсивность роста. В ходе изучения были использованы общепринятые зоотехнические методы исследований. При взвешивании ремонтных телок в разные месяцы их выращивания установлена скорость их роста. При сравнении показателей среднесуточных приростов и динамики живой массы подопытного ремонтного молодняка наиболее высокими показателями роста обладали животные I и II опытных групп, которые превосходили сверстников с контрольной группы на 8,14% и 12,89%. В период проведения исследований все клинические, биохимические показатели крови подопытных ремонтных телок не выходили за пределы установленных физиологических норм. Таким образом, данные научно-хозяйственных опытов показывают перспективность использования местных нетрадиционных кормовых добавок в системе животноводства Якутии.

**Ключевые слова:** Якутия, скотоводство, продуктивность, цеолит, кормление, корма.**NON-TRADITIONAL FEED ADDITIVES IN THE RATIONS OF GROWING YOUNG CATTLE IN THE CONDITIONS OF YAKUTIA**

Research article

**Chernogradskaya N.M.<sup>1</sup>, Sharvadze R.L.<sup>2</sup>, Krasnoshchekova T.A.<sup>3</sup>, Grigorev M.F.<sup>4,\*</sup>, Grigoreva A.I.<sup>5</sup>**<sup>1,4</sup> Yakut State Agricultural Academy, Yakutsk, Russia;<sup>2,3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia;<sup>5</sup> North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova, Yakutsk, Russia

\* Corresponding author (grig\_mf[at]mail.ru)

**Abstract**

The article presents the results of studying the influence of local non-traditional animal feed additives on the growth and development indicators of replacement heifers of Red Steppe Breed among the cattle of Yakutia. The experiments were carried out on the basis of the Krestyakh agricultural complex in the Suntarsky district. Experimental groups of animals were formed to participate in the experiments. Replacement heifers were divided into 3 groups of 10 animal units each. Groups were formed on the basis of analogues, where indicators of age, live weight, clinical indicators, and growth rate were taken into account. During the study, generally accepted zoo-technical research methods were used. The growth rate of replacement heifers in different months of their cultivation was established when weighing them. The comparison of the indicators of average daily gains and the dynamics of the live weight of the experimental repair young animals, showed that the animals of experimental groups I and II had the highest growth rates, which exceeded the peers from the control group by 8.14% and 12.89%. During the period of research, all clinical and biochemical blood parameters of experimental repair heifers did not go beyond the established physiological norms. Thus, the data of scientific and economic experiments show the prospects of using local non-traditional feed additives in the livestock system of Yakutia.

**Keywords:** Yakutia, cattle breeding, productivity, zeolite, feeding, feed stuff.

Совершенствование систем полноценного кормления сельскохозяйственных животных с использованием в их рационах нетрадиционных кормовых добавок открывает дополнительный резерв повышения молочной продуктивности, улучшения роста и развития, физиологических показателей за счет улучшения метаболизма, и как вследствие этого лучшего использования питательных и минеральных веществ основного хозяйственного рациона [8].

На территории Республики Саха (Якутия) крупное цеолитовое месторождение было обнаружено на территории Сунтарского района в 1978 г. сотрудниками Якутского Института геологии Сибирского отделения Российской академии наук [3]. С тех пор начались первые научные изыскания по возможности применения цеолита месторождения Хонгуруу в различных отраслях промышленности [2], [4].

Сапропели (ил озерный) образуются в результате жизнедеятельности пресноводной биоты. Сапропели богаты питательными и минеральными веществами, содержат ферменты, витамины и аминокислоты [6]. Научно-хозяйственные опыты по использованию сапропелей доказали их эффективность применения в составах рационов сельскохозяйственных животных и птиц [7]. Так включение сапропелей в кормлении сельскохозяйственных животных и птиц способствует повышению иммунитета, улучшению обмена веществ, повышению переваримости и усвояемости веществ кормов, значительному снижению затрат на корма [1].

Впервые в условиях Якутии были получены экспериментальные данные о влиянии местных нетрадиционных кормовых добавок (цеолита хонгурина, сапропелей и Кемпендйской соли) на показатели роста и развития ремонтных телок красной степной породы крупного рогатого скота.

#### Цель исследования

Определить влияние нетрадиционных кормовых добавок на рост и развитие ремонтного молодняка красной степной породы крупного рогатого скота в условиях Якутии.

Были решены **задачи**:

- определить влияние местных нетрадиционных кормовых добавок на динамику живой массы ремонтных телок;
- изучить влияние местных нетрадиционных кормовых добавок на показатели среднесуточных приростов животных.

#### Материал и методы исследований

Научно-хозяйственные опыты в СХПК «Крестях» Сунтарского района были организованы на ремонтных телках красной степной породы крупного рогатого скота, в соответствии со схемой опытов (таблица 1).

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственных опытов

Подопытные группы	Количество голов	Условия опыта
Контрольная	10	ОР
I опытная	10	ОР + Ц 0,7 г/кг живой массы + К 10 г
II опытная	10	ОР + Ц 0,7 г/кг живой массы + С 200 + К 10 г

*Примечание: ОР – основной хозяйственный рацион; Ц – цеолит Хонгуринаского месторождения; С – сапропель местного озера; К – Кемпендйская соль*

Для проведения исследований группы подопытных ремонтных телок были сформированы по принципу аналогов, при этом учли показатели: возраста, физиологических особенностей (показатели крови), скорости роста.

Влияние нетрадиционных кормовых добавок на физиологическое состояние животных устанавливали по поедаемости, аппетиту, по морфологическим и биохимическим показателям крови.

#### Результаты исследований

Схема кормления ремонтных телок до 6 месячного возраста в зимний период (отел-декабрь), с планируемой живой массой в конце периода 130 кг представлена в таблице 2. Схема кормления составлена с учетом детализированных норм кормления [5].

Таблица 2 – Схема кормления ремонтных телок до 6 месячного возраста в зимний период

Возраст		Живая масса в конце периода, кг	Суточная дача кормов, кг				
месяцы	декады		молоко		сено	силос	комбикорм
			цельное	снятое			
I	1	44	5		приуч		
	2		5	0,1			
	3		5	0,2			
За 1 месяц			150		3,0		
II	4	61		3	0,5		0,3
	5		3	0,5		0,3	
	6		5	1,0		0,3	
За 2 месяц			30	130	20		9,0
III	7	78		2	1,5	0,5	1,0
	8		2	2,0	1,0	1,0	
	9		3	2,0	1,5	1,0	
За 3 месяц				70	55	30	30
IV	10	96			2,5	2	1,2
	11			2,5	2	1,2	
	12			2,5	3	1,2	
За 4 месяц					75	70	36
V	13	113			3,0	3	1,5
	14			3,0	4	1,5	
	15			3,5	5	1,5	
За 5 месяц					95	120	45
VI	16	130			3,5	5	1,0
	17			4,0	6	1,0	
	18			4,0	7	1,0	
За 6 месяц					115	180	30
Всего за 6 месяцев			180	200	363	400	150
ЭКЕ – 574,1			48,6	26,0	250,5	72,0	177,0
Переваримый протеин, кг – 45,1			9,9	7,0	9,1	6,4	12,7

Фактический расход кормов в среднем на 1 голову на телки в возрасте 6-12 месяцев дано в таблице 3.

Таблица 3 – Расход кормов на ремонтных телок в возрасте 6-12 месяцев (в среднем на 1 голову)

Корма	Среднесуточная дача, кг	Продолжительность периода, дней	Расход кормов на период выращивания, ц	ОЭ, МДж	ЭКЕ	Переваримый протеин, кг
Требуется по норме					995	122,0
Сено луговое	6,0	180	10,8	7452	745,2	52,1
Силос	5,0	90	4,5	810	81,0	6,8
Комбикорм	0,75	180	1,35	1593	159,3	14,4
Соль поваренная, г	21,0	180	0,04			
Итого				9855	985,5	73,3
Обеспеченность, %					99,0	74 г/ЭКЕ

Живая масса ремонтных телок по сезонам выращивания отличается по группам в пользу I и II опытных групп (таблица 4), это свидетельствует о положительном действии нетрадиционных кормовых добавок на физиологию животных.

Таблица 4 – Динамика живой массы ремонтных телок, кг ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )

Возраст, мес.	Группы животных		
	Контрольная	I опытная	II опытная
При рождении	27,00±0,26	27,50±0,22	27,50±0,22
3	79,10±0,69	83,40±0,52***	87,30±0,58 ***
6	127,00±1,00	142,90±1,12***	146,90±1,64***
9	190,00±1,63	196,40±2,55*	211,60±2,94***
12	235,80±2,24	254,80±2,97***	267,20±2,86***

Примечание: \*\* $P > 0.99$  \*\*\* $P > 0.999$

Животные I и II опытных групп превосходили сверстников в 3-и месячном возрасте на 5,16% и 9,39%; в 6-и месячном возрасте на 11,13% и 13,55%; в 9-и месячном возрасте на 3,26% и 10,21%; и 12-х месячном возрасте на 7,46% и 11,75% соответственно.

При взвешивании подопытных ремонтных телок красной степной породы в различные периоды выращивания установлена скорость роста, данные выраженные в среднесуточных приростах живой массы, представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Среднесуточных приростов живой массы ремонтного молодняка, г ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )

Возраст, мес.	Группы животных		
	Контрольная	I опытная	II опытная
0-3	578,89±5,35	621,11±5,09***	664,44±7,37***
3-6	532,22±6,30	661,11±9,55***	662,22±17,54***
6-9	700,00±11,23	714,44±20,57***	718,89±20,42
9-12	508,89±16,55	648,89±9,25	617,78±13,06
0-12	580,00±5,91	631,39±8,06***	665,83±8,05***

Примечание: \*\*\* $P > 0.999$

Контрольная группа уступила I и II опытным группам по периодам выращивания: с рождения по достижении 3-х месячного возраста на 6,80 % и 12,88%; с 3 по 6-и месячном возрасте на 19,5 % и 19,63%; с 9-12-и месячном возрасте на 21,58 % и 17,63% и на весь период выращивания на 8,14% и 12,89% соответственно.

В ходе проведения исследований было установлено, что все клинические, морфологические и биохимические показатели крови всех подопытных животных были в пределах установленных физиологических норм, это свидетельствует о безвредности местных нетрадиционных кормовых добавок.

### Выводы

При анализе данных среднесуточных приростов и динамики живой массы ремонтных телок, установлено, что лучшими показателями роста и развития обладали телки из I и II опытных групп.

Ремонтные телки опытных групп лучше реагировали на добавление нетрадиционных кормовых добавок, это отразилось на их продуктивности. Это в первую очередь связано лучшим восполнением минеральных веществ. Сапропель является природным катализатором, который способствует более интенсивному усвоению макро- и микроэлементов рациона. Хонгуриин являясь сорбентом и ионообменником, способствует лучшему усвоению организмом минеральных веществ кормов.

Тем самым объясняется превосходство I и II опытных групп по параметрам живой массы ремонтных телок.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Conflict of Interest

None declared.

### Список литературы / References

1. Зависимость откормочных и мясных качеств свиней от включения в их рационы сапропеля / Р.Л. Шарвадзе, В.А. Рыжков, Т.А. Краснощекова, и др. // Зоотехния. – 2014. – № 11. – С. 16.
2. Колодезников К.Е. Полезные ископаемые Сунтарского района и перспективы их промышленного освоения // К.Е. Колодезников. - Якутск: Ин-т проблем нефти и газа СО РАН, 2004. – 143 с.
3. Кемпендйский цеолитоносный район // К.Е. Колодезников, П.Г. Новгородов, Т.В. Матросова, и др. - Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1992. - 68 с.
4. Научное обоснование использования местных нетрадиционных кормовых добавок в животноводстве Якутии / В.В. Панкратов, Н.М. Черноградская, С.И. Степанова, М.Ф. Григорьев, А.И. Григорьева // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. - 2019. - № 1. - С. 94-101.
5. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное. / Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова, и др. – М.: Россельхозакадемия. – 2003. – 456 с.
6. Оптимизация минерального питания молодняка крупного рогатого скота и свиней путем использования хелатных соединений микроэлементов сапропеля / Т.А. Краснощекова, В.А. Рыжков, Р.Л. Шарвадзе, и др. // Зоотехния. – 2016. – № 3. - С. 8-10.
7. Пестис В.К. Сапропель в рационах крупного рогатого скота: монография. / В.К. Пестис, В.А. Ревяко. - Гродно: УО ГГАУ, 2006. - 107 с.



8. Показатели мясной продуктивности бычков на откорме при скормливании цеолитсодержащего трепела / О.С. Куст, Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. - 2014. - № 4. - С. 14-18.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Zavisimost otkormochnykh i myasnykh kachestv sviney ot vklyucheniya v ikh ratsiony sapropelya [Dependence of the Fattening and Meat Qualities of Pigs on the Inclusion of Sapropel into their Diets] / R.L. Sharvadze, V.A. Ryzhkov, T.A. Krasnoshchekova, et al. // Zootekhniya [Zootechnics]. – 2014. – No. 11. – P. 16. [in Russian]
2. Kolodeznikov K.E. Poleznye iskopaemye Suntarskogo rayona i perspektivy ikh promyshlennogo osvoeniya [Minerals of the Suntar Region and Prospects for their Industrial Development] // K.E. Kolodeznikov. – Yakutsk: Institute of Oil and Gas Problems SB RAS, 2004. – 143 p. [in Russian]
3. Kempendyaiskii tseolitonosnyi rayon [Kempendyai Zeolite-Bearing Region] // K.E. Kolodeznikov, P.G. Novgorodov, T.V. Matrosova et al. – Yakutsk: NSC SB RAS, 1992. – 68 p. [in Russian]
4. Nauchnoe obosnovanie ispolzovaniya mestnykh netraditsionnykh kormovykh dobavok v zhivotnovodstve Yakutii [Scientific Rationale for the Use of Local Non-Traditional Animal Feed Additives in Farm Animal Production in Yakutia] / V.V. Pankratov, N.M. Chernogradskaya, S.I. Stepanova, M.F. Grigoryev, A.I. Grigoryeva // Veterinariya, zootekhniya i biotekhnologiya [Veterinary Science, Zootechnics and Biotechnology]. – 2019. – No. 1. – P. 94-101. [in Russian]
5. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. Spravochnoe posobie. 3-e izdanie pererabotannoe i dopolnennoe. [Norms and Rations for Feeding Farm Animals. Reference Manual. 3<sup>rd</sup> edition revised] / Ed. by A.P. Kalashnikov, V.I. Fisinin, V.V. Shcheglov, et al. – M.: Russian Agricultural Academy. – 2003. – 456 p. [in Russian]
6. Optimizatsiya mineralnogo pitaniya molodnyaka krupnogo rogatogo skota i svinei putem ispolzovaniya khelatnykh soedinenii mikroelementov sapropelya [Optimization of the Mineral Nutrition of Young Cattle and Pigs with the Help of Chelate Compounds of Sapropel Trace Elements] / T.A. Krasnoshchekova, V.A. Ryzhkov, R.L. Sharvadze, et al. // Zootekhniya [Zootechnics]. – 2016. – No. 3. – P. 8-10. [in Russian]
7. Pestis V.K. Sapropel v ratsionakh krupnogo rogatogo skota: monografiya. [Sapropel in Cattle Diet: Monograph] / V.K. Pestis, V.A. Revyako. – Grodno: GSAU, 2006. – 107 p. [in Russian]
8. Pokazатели myasnoi produktivnosti bychkov na otkorme pri skarmlivanii tseolitsoderzhashchego trepela [Indicators of Meat Productivity of Bulls for Fattening when Fed with Zeolite-Containing Kizelgur] / O.S. Kust, L.N. Gamko, A.G. Menyakina // Kormleniye sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo [Feeding Farm Animals and Feed Production]. – 2014. – No. 4. – P. 14-18. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.023>**МЕСТНЫЕ НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ В КОРМЛЕНИИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В ЯКУТИИ**

Научная статья

**Черноградская Н.М.<sup>1</sup>, Шарвадзе Р.Л.<sup>2</sup>, Краснощекова Т.А.<sup>3</sup>, Григорьева А.И.<sup>4</sup>, Григорьев М.Ф.<sup>5</sup>, \***<sup>1,5</sup> ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия», Якутск, Россия;<sup>2,3</sup> ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», Благовещенск, Россия;<sup>4</sup> ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, Россия

\* Корреспондирующий автор (grig\_mf[at]mail.ru)

**Аннотация**

В статье представлены основные результаты изучения влияния нетрадиционных кормовых добавок на показатели молочной продуктивности первотелок красной степной породы крупного рогатого скота в Якутии. Исследования проведены на базе СХПК «Крестях» Сунтарского района РС(Я). Для проведения настоящих исследований были подобраны 3 подопытных групп животных по 12 голов в каждой по принципу аналогов. Учтены такие показатели как уровень молочной продуктивности, возраст, вес и физиология. В проведении опыта использовали общепринятые а зоотехнии методы исследований. Анализ молочной продуктивности подопытных первотелок показал, что включение нетрадиционных кормовых добавок в суточный рацион повышает их удой на 6,12% и 9,96%. В период проведения исследований все морфологические и биохимические показатели крови подопытных первотелок были в пределах установленных норм. Таким образом, данные научно-хозяйственных опытов показывают перспективность использования местных нетрадиционных кормовых добавок в системе животноводства Якутии.

**Ключевые слова:** продуктивность, кормление, кормовые добавки, цеолит, сапропель.

**LOCAL NON-TRADITIONAL FEED ADDITIVES IN FEEDING CATTLE IN YAKUTIA**

Research article

**Chernogradskaya N.M.<sup>1</sup>, Sharvadze R.L.<sup>2</sup>, Krasnoshchekova T.A.<sup>3</sup>, Grigoreva A.I.<sup>4</sup>, Grigorev M.F.<sup>5</sup>, \***<sup>1,5</sup> Yakut State Agricultural Academy, Russia, Yakutsk;<sup>2,3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;<sup>4</sup> North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova, Yakutsk

\* Corresponding author (grig\_mf[at]mail.ru)

**Abstract.**

The article presents the main results of the study of the influence of non-traditional animal feed additives on the milk production indices of first-calf heifers of the Red Steppe Breed among the cattle of Yakutia. Studies were carried out on the basis of the "Krestyakh" agricultural complex of the Suntarsky district of Yakutia. To conduct the studies, we divided animals into 3 experimental groups, 12 animals in each, according to the principle of analogues with regard to such indicators as the level of milk productivity, age, weight and physiology. Research methods generally accepted in animal science were used while carrying out the experiment. The analysis of the milk production of experimental first-calf heifers showed that the inclusion of non-traditional animal feed additives into the daily diet of heifers increases their milk yield by 6.12% and 9.96%. During the period of the research, all morphological and biochemical blood parameters of the experimental subjects were within the established standards. Therefore, the data of our scientific and economic experiments show the prospects of using local non-traditional animal feed additives in the livestock system of Yakutia.

**Keywords:** productivity, feeding, animal feed additives, zeolite, sapropel.

Суровые специфические природно-климатические условия Республики Саха (Якутия), а также биологическая неполноценность местных растительных кормов диктуют необходимость улучшения питательной и минеральной ценности рационов сельскохозяйственных животных и птиц за счет вовлечения в кормовые ресурсы местные нетрадиционные кормовые добавки, таких как цеолит месторождения Хонгуруу Сунтарского района, сапропелей местных озер и Кемпендйская соль. В связи с этим установление оптимальных доз включения местных нетрадиционных кормовых добавок в рационы крупного рогатого скота представляет научно-практический интерес для развития агропромышленного комплекса региона.

В качестве кормовых добавок природные цеолиты и сапропели получили широкое применение в животноводстве и птицеводстве [5], [8], [9]. В разных уголках земного шара обнаружены много цеолитовых месторождений, обладающих уникальными структурой, химическим составом и свойствами [3], [7]. Их регулирующий эффект на интенсивность процесса переваривания и использования питательных и минеральных веществ кормов обусловлен их адсорбирующими и ионообменными свойствами [1]. Включение природных цеолитов в состав основных хозяйственных рационов обеспечивает повышение резистентности, улучшения роста и развития, продуктивности сельскохозяйственных животных и птиц [2].

В качестве кормовых добавок в животноводстве Якутии цеолиты месторождения Хонгуруу, сапропели местных озер и минеральные соли широкого применения не получили, ввиду отсутствия данных об их влиянии на физиологию, качество продукции, определения нормирования их включения в рационы сельскохозяйственных животных и птиц.

**Цель исследования**

Определить влияние нетрадиционных кормовых добавок на рост и развитие, молочную продуктивность красной степной породы крупного рогатого скота в условиях Якутии.

Были решены задачи:

- определить влияние местных нетрадиционных кормовых добавок на молочную продуктивность первотелок;
- изучить влияние местных нетрадиционных кормовых добавок на молочную продуктивность первотелок.

#### Материал и методы исследований

Научно-хозяйственные опыты проведены на базе СХПК «Крестях» Сунтарского района. Исследования организованы на первотелках красной степной породы крупного рогатого скота, в соответствии со схемой опыта (таблица 1).

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственных опытов

Подопытные группы	Количество голов	Условия опыта
Контрольная	12	основной хозяйственный рацион
I опытная	12	основной хозяйственный рацион + цеолит Хонгуринского месторождения 1 г/кг живой массы + 60 г Кемпендяйская соль
II опытная	12	основной хозяйственный рацион + цеолит Хонгуринского месторождения 1 г/кг живой массы + 300 г сапропель местного озера + 60 г Кемпендяйская соль

В соответствии с программой исследований были сформированы 3 группы первотелок красной степной породы которые были распределены на контрольную, I и II опытные группы. Контрольная группа первотелок потребляла основной хозяйственный рацион. Животные I опытной группы дополнительно к основному рациону получала цеолит хонгурин в дозе 1 г на кг живой массы и 60 г Кемпендяйской соли; первотелки из II опытной группы в сутки получали хонгурин в норме 1 г на кг живой массы совместно с сапропелем местного озера и 300 Кемпендяйская соль 60 г;

Все отобранные подопытные животные для научно-хозяйственных опытов были клинически здоровыми. Условия содержания и кормления животных во всех подопытных группах животных было одинаковым, и соответствовал технологии, принятом в данном хозяйстве.

Химический состав молока исследован по общепринятой методике в лаборатории молочного дела ФГБОУ ВО Якутская ГСХА.

#### Результаты исследований

В цеолите Хонгуринского месторождения химический состав входит: оксиды кремния, алюминия, железа, марганца, кальция, натрия, калия, меди, молибдена, кобальта, и другие примеси [4]. В состав сапропеля (Сунтарский район), входит %: первоначальная влага – 92,13%, протеин – 0,48%, жир – 0,48%, клетчатка – 0,32%, БЭВ – 0,50%, зола – 6,51%, кальций – 0,198 г, фосфор – 0,008 г, каротин – 0,01 г.

Таким образом, указанные компоненты местной кормовой добавки имеют в составе дефицитные вещества дополняющие состав кормов основного рациона.

Основной рацион первотелок в условиях Якутии представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Рацион первотелок красной степной породы на стойловый период

Корма	кг	Содержится в рационе							
		Энергетических кормовых единиц	Обменной энергии, МДж	Сухое вещество, МДж	Переваримый протеин, г	Сахар, г	Кальций, г	Фосфор, г	Каротин, мг
Сено луговое	8	5,5	55,0	6,8	368	128,0	30,4	17,6	120
Силос разнотравный	15	2,7	27,0	3,7	240	45,0	25,5	19,5	171
Комбикорм	2	2,4	24,0	1,7	214	116,0	24,0	12,4	-
Фактически дано	-	10,6	106,0	12,2	822	289,0	80,0	50,0	291
Требуется по норме	-	10,5	105,0	11,6	880	600,0	78,0	46,0	320
Обеспеченность, %	-	100,0			77,5г/ЭЖЕ				

Рацион первотелок отвечал требуемым нормам кормления животных [6].

Молочную продуктивность первотелок установили по суточному удою за 90 дней лактации, а также оценено содержание жира и белка в молоке (таблица 3).

Таблица 3 – Молочная продуктивность первотелок красной степной породы, ( $M \pm m$ ,  $n = 12$ )

Показатели	Группы первотелок		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Средний удой за 3 месяца лактации (90) дней, кг	258,75±6,48	266,58±4,58	288,83±4,26***
Среднесуточный удой, кг	8,67±0,38	9,17±0,54	9,58±0,63
Содержание жира в молоке, %	3,67±0,28	3,68±0,30	3,69±0,28
Содержание белка в молоке, %	3,28±0,26	3,33±0,28	3,33±0,28
Удой в перерасчете на 4 % жирность, кг	249,25	258,14	282,75

Примечание: \*\*\* $P > 0,999$

Анализ молочной продуктивности подопытных первотелок за 3 месяца лактации показало, что в среднем с контрольной группы было надоено 258,75 кг молока, что меньше чем у I и II опытных групп на 2,94% и 10,41% соответственно. По содержанию доли жира в молоке контрольная группа уступила I и II опытным группам на 0,27% и 0,54%. По показателю белка на 9,23% и 13,55% соответственно. При перерасчете на 4-х процентное молоко - удой в контрольной группе был получен 249,25 кг молока, что меньше чем у I и II опытных групп на 3,44% и 11,85% соответственно.

Таблица 4 – Молочная годовая продуктивность первотелок красной степной породы ( $M \pm m$ ,  $n = 12$ )

Показатели	Группы первотелок		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Удой за лактацию, кг	2358,33±45,59	2512,08±37,72 **	2619,08±75,18 ***
Среднесуточный удой, кг	7,75±0,36	8,33±0,38	8,58±0,30
Удой в перерасчете на 4 % жирность, кг	2271,88±42,30	2407,00±38,14 *	2540,63±76,87 **

Примечание: \* $P > 0,95$  \*\* $P > 0,99$

Анализ годового молочной продуктивности первотелок увеличивает фактический удой на 6,12% и 9,96%, это связано лучшим восполнением минеральных веществ и очищением организма от различных шлаков.

#### Выводы

При анализе молочной продуктивности первотелок было установлено, что добавление нетрадиционных кормовых добавок в суточный рацион способствует повышению удоя на 6,12% и 9,96% соответственно.

Таким образом, применение нетрадиционных кормовых добавок цеолита хонгурина, сапропеля и Кемпендйской соли в составе кормовых рационов способствовало повышению показателей молочной продуктивности, а также улучшить обмен веществ и физиологические показатели крупного рогатого скота. Позволило увеличить продуктивность животных. Это способствует снижению затрат на единицу производства продукции.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Список литературы / References

- Григорьев М.Ф. Использование местных нетрадиционных кормовых добавок в выращивании молодняка крупного рогатого скота / М.Ф. Григорьев // Научная жизнь. - 2017. - № 3. - С. 75-83.
- Использование нетрадиционных кормовых добавок в кормлении овец породы буубей / Н.М. Черноградская, М.Ф. Григорьев, П.Н. Татаринов, и др. // Региональные вопросы развития сельского хозяйства Якутии: сборник статей научно-практической конференции. 2018. - С. 21-27.
- Колодезников К.Е. Кемпендйские цеолиты новый вид минерального сырья в Якутии / К.Е. Колодезников. - Якутск: Якутский филиал СО АН СССР, 1984. - 56 с.
- Колодезников К.Е. Цеолитонесные провинции Востока Сибирской платформы / К.Е. Колодезников; Отв. ред. А.Ф. Сафронов; Рос. акад. наук. - Якутск: Сиб. отделение. Ин-т проблем нефти и газа, 2003. - 221 с.
- Научное обоснование использования местных нетрадиционных кормовых добавок в животноводстве Якутии / В.В. Панкратов, Н.М. Черноградская, С.И. Степанова, и др. // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. - 2019. - № 1. - С. 94-101.
- Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное. / Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисина, В.В. Щеглова, и др. - М.: Россельхозакадемия. - 2003. - 456 с.
- Оптимизация минерального питания молодняка крупного рогатого скота и свиней путем использования хелатных соединений микроэлементов сапропеля / Т.А. Краснощекова, В.А. Рыжков, Р.Л. Шарвадзе, и др. // Зоотехния. - 2016. - № 3. - С. 8-10.
- Пестис В.К. Сапропель в рационах крупного рогатого скота: монография. / В.К. Пестис, В.А. Ревяко. - Гродно: УО ГГАУ, 2006. - 107 с.
- Показатели мясной продуктивности бычков на откорме при скармливании цеолитсодержащего трепела / О.С. Куст, Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. - 2014. - № 4. - С. 14-18.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Grigoryev M.F. Ispolzovanie mestnykh netraditsionnykh kormovykh dobavok v vyrashchivanii molodnyaka krupnogo rogatogo skota [Use of Local Non-Traditional Animal Feed Additives in the Breeding of Young Cattle] / M.F. Grigoryev // Nauchnaya zhizn' [Scientific Life]. – 2017. – No. 3. – P. 75-83. [in Russian]
2. Ispolzovanie netraditsionnykh kormovykh dobavok v kormlenii ovets породы буубей [Use of Non-Traditional Animal Feed Additives in the Feeding of Buubei Sheep] / N.M. Chernogradskaya, M.F. Grigoriev, P.N. Tatarinov et al. // Regional'nyye voprosy razvitiya sel'skogo khozyaystva Yakutii: sbornik statey nauchno-prakticheskoy konferentsii [Regional Issues of Agricultural Development in Yakutia: Collection of Articles of a Science-to-Practice Conference]. 2018. – P. 21-27. [in Russian]
3. Kolodeznikov K.E. Kempendyaiskie tseolity novyi vid mineralnogo syrya v Yakutii [Kempendyai Zeolites as a New Type of Mineral Raw Materials in Yakutia] / K.E. Kolodeznikov. – Yakutsk: Yakut Branch of the Siberian Branch of the Academy of Sciences of the USSR, 1984. – 56 p. [in Russian]
4. Kolodeznikov K.E. Tseolitonosnye provintsii Vostoka Sibirskoi platformy [Zeolite-Bearing Provinces of the East of the Siberian Platform] / K.E. Kolodeznikov; Resp. ed. A.F. Safronov; Russ. Acad. of Sciences. - Yakutsk: Sib. Branch of Institute of Oil and Gas Problems, 2003. – 221 p. [in Russian]
5. Nauchnoe obosnovanie ispolzovaniya mestnykh netraditsionnykh kormovykh dobavok v zhivotnovodstve Yakutii [Scientific Rationale for the Use of Local Non-Traditional Animal Feed Additives in Farm Animal Production in Yakutia] / V.V. Pankratov, N.M. Chernogradskaya, S.I. Stepanova, M.F. Grigoryev, A.I. Grigoryeva // Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya [Veterinary Science, Zootechnics and Biotechnology]. – 2019. – No.1. – P. 94-101. [in Russian]
6. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. Spravochnoe posobie. 3-e izdanie pererabotannoe i dopolnennoe. [Norms and Rations for Feeding Farm Animals. Reference Manual. 3<sup>rd</sup> edition revised] / Ed. by A.P. Kalashnikov, V.I. Fisinin, V.V. Shcheglov, et al. – M.: Russian Agricultural Academy. – 2003. – 456 p. [In Russian]
7. Optimizatsiya mineralnogo pitaniya molodnyaka krupnogo rogatogo skota i svinei putem ispolzovaniya khelatnykh soedinenii mikroelementov sapropelya [Optimization of the Mineral Nutrition of Young Cattle and Pigs with the Help of Chelate Compounds of Sapropel Trace Elements] / T.A. Krasnoshchekova, V.A. Ryzhkov, R.L. Sharvadze, et al. // Zootekhnika [Zootechnics]. – 2016. – No. 3. – P. 8-10. [in Russian]
8. Pestis V.K. Sapropel v ratsionakh krupnogo rogatogo skota: monografiya. [Sapropel in Cattle Diet: Monograph] / V.K. Pestis, V.A. Revyako. – Grodno: GSAU, 2006. – 107 p. [in Russian]
9. Pokazateli myasnoi produktivnosti bychkov na otkorme pri skarmlivanii tseolitsoderzhashchego trepela [Indicators of Meat Productivity of Bulls for Fattening when Fed with Zeolite-Containing Kizelgur] / O.S. Kust, L.N. Gamko, A.G. Menyakina // Kormleniye sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo [Feeding Farm Animals and Feed Production]. – 2014. – No.4. – P. 14-18. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.024>**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦЕОЛИТА ХОНГУРИНА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ГУСЕЙ В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ**

Научная статья

**Черноградская Н.М.<sup>1</sup>, Шарвадзе Р.Л.<sup>2</sup>, Краснощечкова Т.А.<sup>3</sup>, Григорьев М.Ф.<sup>4,\*</sup>, Григорьева А.И.<sup>5</sup>**<sup>1,4</sup> ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия», Якутск, Россия;<sup>2,3</sup> ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», Благовещенск, Россия;<sup>5</sup> ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, Россия

\* Корреспондирующий автор (grig\_mf[at]mail.ru)

**Аннотация**

В статье представлены результаты исследований по определению эффективности цеолита хонгурина при включении в рацион молодняка выращиваемых гусей в условиях Якутии. Исследования проведены на базе подсобного хозяйства Якутской ГСХА. Для проведения опытов по выращиванию гусей с использованием в их рационе цеолита хонгурина были сформированы две группы подопытных птиц, подобранных по принципу аналогов. В ходе исследований были использованы общепринятые методы исследований в зоотехнии. Нами ранее был проведен научно-хозяйственный опыт по определению оптимальной дозы включения цеолита хонгурина при выращивании молодняка гусей. В этом исследовании была определена оптимальная норма включения хонгурина в рацион молодняка гусей и составила 5 % от сухого вещества рациона. Добавка обеспечила интенсивный рост и развитие птиц, способствовало улучшения физиологического состояния, патологоанатомическое вскрытие птиц показало, что во всех группах органы остались без изменений. Следующим этапом исследования было определения эффективности цеолита хонгурина при выращивании молодняка гусей на большем количестве голов. На время проведения опыта основной рацион на одну голову состоял из 328 г комбикорма и 100 г капустного листа, что в итоге составило 4,009 МДж обменной энергии. В конце опыта были получены данные свидетельствующие об эффективности цеолита хонгурина в кормлении молодняка гусей. Так живая масса в опытной группе птиц составило в среднем 5564,71 г против 5181,16 г в контрольной группе гусей. Таким образом, исследования показали эффективность выращивания молодняка гусей с использованием в их рационе цеолита хонгурина в условиях Якутии.

**Ключевые слова:** птицеводство, эффективность, выращивание, цеолит, кормление, корма.**EFFICIENCY OF ZEOLITE HONGURIN WHEN GROWING A GOOSE IN THE YAKUTIA**

Research article

**Chernogradskaya N.M.<sup>1</sup>, Sharvadze R.L.<sup>2</sup>, Krasnoshchekova T.A.<sup>3</sup>, Grigorev M.F.<sup>4,\*</sup>, Grigoreva A.I.<sup>5</sup>**<sup>1,4</sup> Yakut State Agricultural Academy, Yakutsk, Russia;<sup>2,3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia;<sup>5</sup> North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova, Yakutsk, Russia

\* Corresponding author (grig\_mf[at]mail.ru)

**Abstract.**

The article presents the results of studies aimed at determining the effectiveness of hongurin zeolite included into the diet of young geese grown in Yakutia. Studies were conducted on the basis of the part-time farm of the Yakut State Agricultural Academy. To conduct experiments on breeding geese with the help of zeolite hongurin in their diet, two groups of experimental birds were formed and selected according to the principle of analogues. In the course of research, generally accepted research methods in animal science were used. Previously, we conducted a scientific and economic experiment to determine the most efficient inclusion dose of hongurin zeolite when growing young geese. In this study, the best rate of inclusion of hongurin into the diet of young geese was determined and amounted to 5% of the dry matter of the diet. The supplement provided intensive growth and development of birds, contributed to the improvement of their physiological state, pathological anatomical dissection of birds showed that organs remained unchanged in all groups. The next stage of the study was to determine the effectiveness of hongurin zeolite when growing young geese among a bigger number of units. At the time of the experiment, the main diet per head consisted of 328 g of compound feed and 100 g of cabbage leaf, which amounted to 4.009 MJ of metabolizable energy. At the end of the experiment, data were obtained proving the effectiveness of hongurin zeolite in feeding young geese. The live weight in the experimental group of birds averaged 5564.71 g compared to 5181.16 g in the control group of geese. Thus, studies show the effectiveness of breeding young geese with the help of zeolite hongurin in their diet in Yakutia.

**Keywords:** poultry farming, efficiency, cultivation, zeolite, feeding, feed stuff.

Переход на промышленную основу птицеводства подразумевает разработку новых систем кормления с использованием дополнительных кормовых ресурсов для наиболее полной реализации генетического потенциала сельскохозяйственных птиц [2], [4].

Вместе с этим в условиях Республики Саха (Якутия) существует дефицит макро- и микроэлементов в кормах, при слабой кормовой базе. В связи с этим возрастает роль полноценного и сбалансированного питания сельскохозяйственных птиц за счет изыскания новых малоизученных местных нетрадиционных кормовых ресурсов природного происхождения. К таким эффективным кормовым ресурсам относят природные цеолиты, сапропели местных озер, а также минеральные соли [8].

В настоящее время в разных странах природные цеолиты в животноводстве и птицеводстве получили признание и практическое применение в качестве дополнительной кормовой добавки. Доказана эффективность природных

цеолитов на улучшение процесса переваривания и обмена питательных веществ компонентов рациона, улучшения продуктивности сельскохозяйственных животных [1]. Также существует информация, что включение в основной хозяйственных рацион природного цеолита способствует улучшению физиологических показателей и повышения продуктивности животных [6].

В Республике Саха (Якутия) имеется крупное месторождение цеолитов в Сунтарском районе – месторождение Хонгуруу (цеолит хонгурин) [7]. В настоящее время научно обоснована включение цеолита хонгурин в кормлении крупного рогатого скота мясной направленности продуктивности, в кормлении кур-несушек, молодняка свиней крупной белой породы [3], [9].

Но вместе с этим имеется недостаточно информации по влиянию цеолита хонгурина на эффективность выращивания гусей в условиях Якутии.

Поэтому **целью** исследования ставилось определить эффективность цеолита хонгурин при выращивании молодняка гусей в условиях Якутии.

#### **Задачи исследований**

- определить изучить влияние цеолита хонгурина на показатели роста живой массы выращиваемого молодняка гусей;

- определить экономическую эффективность включения цеолита хонгурина при выращивании молодняка гусей.

#### **Материал и методы исследований**

Научно-производственный опыт был организован на выращиваемом молодняке гусей в возрасте 8 недель в условиях подсобного хозяйства Якутская ГСХА. Исследования проведены по схеме опыта представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема научно-производственного опыта по испытанию хонгурина в составе рациона выращиваемого молодняка гусей

Подопытные группы птиц	n	Условия кормления птиц
Контрольная группа	50	Основной хозяйственный рацион
Опытная группа	50	Основной хозяйственный рацион + цеолит хонгурин 5 % от сухого вещества рациона

В опыте находились две группы молодняка гусей, одна контрольная и опытная. Гусатам из контрольной группы скармливали основной хозяйственный рацион, принятый в хозяйстве. Молодняку гусей из опытной группы дополнительно включали в состав основного хозяйственного рациона 5 % цеолита хонгурина от сухого вещества рациона.

Добавляемый цеолит хонгурин смешивали с дневной порцией рациона подопытных птиц. Молодняка птиц кормили 4 раза в день, содержание молодняка гусей напольное. Основной хозяйственный рацион молодняка гусей был рассчитан и составлен на основе детализированных норм кормления птиц с учетом наличия кормов в хозяйстве. Качество кормления постоянно контролировали по живой массе, возрасту и количеству потребляемого корма. Условия содержания всех подопытных птиц было одинаковым, и соответствовал технологии, принятом в подсобном хозяйстве Якутской ГСХА.

Исследования организованы по испытанию цеолита хонгурина в кормлении выращиваемого молодняка гусей в соответствии с общепринятыми в зоотехнии методами исследований.

#### **Результаты исследований**

Основной хозяйственный рацион представлен в период опыта на одну голову выращиваемого молодняка гусей представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Рацион подопытного выращиваемого молодняка гусей в период научно-производственного опыта, на голову в сутки

Показатель	Норма	Группы гусей	
		контрольная	опытная
Комбикорм, г		328	328
Капустный лист, г		100	100
Хонгурин, % от сухого вещества рациона или г в сутки на 1 голову			14,4 г
В рационе содержатся, г:			
Обменной энергии, МДж	3,961	4,009	4,009
Сухого вещества	280,0	293,0	293,0
Сырого протеина	75,0	64,7	64,7
Сырой клетчатки	15,0	18,0	18,0
Сырого жира	8,0	7,8	7,8
Кальция	4,1	4,5	4,5
Фосфора	2,7	2,4	2,4
Лизина	1,7	1,4	1,4
Метеонина + цистина	1,5	1,3	1,3

Анализ кормления подопытного выращиваемого молодняка гусей соответствует требуемым нормам кормления [5]. Обеспеченность энергией рациона составляет 101,2 %; соотношения кальция и фосфора 1,73:1, по составу

незаменимых аминокислот есть некоторые расхождения по содержанию лизина 85,4 %, метионина + цистина соответственно 86,2 %.

Ранее нами был проведен научно-хозяйственный опыт по определению оптимальных доз включения цеолита хонгурина в кормлении гусей [10]. Следующим этапом исследований было проведение производственного опыта по указанной ранее схеме.

Результаты производственного опыта на выращиваемом молодняке гусей в условиях подсобного хозяйства Якутская ГСХА в течение 30 дней представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Данные научно-производственного опыта на молодняке гусей подсобного хозяйства ЯГСХА в течение 30 дней (n = 50)

Показатель	Группы гусей	
	контрольная	опытная
Живая масса в 60 дней, кг	162,50	162,68
Живая масса в 90 дней, кг	259,06	278,24
По отношению к контрольной группе птиц, %	-	7,40
Валовый прирост, кг	965,57	1155,59
Дополнительный полученный прирост, кг	-	19,00
Валовый расход корма, кг	502,50	502,50
Расход корма на кг прироста живой массы	1,94	1,80
Расход хонгурина, кг	-	25,5
Стоимость кг хонгурина, рублей	-	13,00
Стоимость всего хонгурина, рублей	-	331,5
Стоимость прироста, рублей	-	6650,0
Экономический эффект по группе за период опыта, рублей	-	3518,5
Экономический эффект на голову в сутки, рублей	-	130,4
Уровень рентабельности, %	-	52,9

Производственная проверка результатов исследований по использованию хонгурина 5 % от сухого вещества рациона выращиваемого молодняка гусей подсобного хозяйства ЯГСХА показала, что опытная группа гусей в 90 дней возраста достигла живой массы в среднем - 5564,71 г, а контрольная группа птиц при этом получавшая основной хозяйственных рацион составила 5181,16 г. Валовый прирост по группам составил: контрольная группа птиц - 965,57 кг, опытная группа гусей - 1155,59 кг. При сравнении с контрольной группой гусей опытная группа птиц превосходила их на 7,4 % по массе тела, и в этой группе было получено дополнительного прироста 19 кг.

Результаты исследований по выращиванию молодняка гусей с использованием в их рационе цеолита хонгурина можно сделать следующие выводы:

Дополнительное включение 5 % хонгурина в основной хозяйственный рацион выращиваемого молодняка гусей способствовало помимо увеличения живой массы в опытной группы гусей, повлияло и на расход кормов на 133,68 г.

В опытной группе молодняка гусей было получено экономического эффекта по всему поголовью за период опыта 3518,5 рублей или 130,4 рублей на голову в сутки. Уровень рентабельности производства при этом составил 52,9 %.

Таким образом, включение цеолита хонгурина в основной рацион выращиваемых гусей способствовало значительному повышению показателей роста живой массы и экономической эффективности откорма в условиях Якутии.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Список литературы / References

- Белкин Б.Л. Использование Хотынецких природных цеолитов в ветеринарии и птицеводстве / Б.Л. Белкин, В.А. Кубасов // Вестник Орловского государственного аграрного университета. - 2011. - № 6 (33). - С. 35-38.
- Гамко Л.Н. Биологические основы кормления животных и птицы / Л.Н. Гамко, В.Е. Подольников, И.В. Малявко, Г.Г. Нуриев. - Брянск, 2015. - 252 с.
- Григорьев М.Ф. Разработка способов повышения эффективности процесса акклиматизации и мясной продуктивности молодняка крупного рогатого скота в Якутии: монография / М.Ф. Григорьев, А.И. Григорьева. - Якутск: Издательский дом СВФУ им. М.К. Аммосова, 2019. - 120 с.
- Егоров И.А. Современные подходы к кормлению птицы. / И.А. Егоров // Птицеводство. - 2014. - №4. - С. 11-16.
- Калашников А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное. / Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. - М.: Россельхозакадемия. - 2003. - 456 с.
- Калюжнов В. Т. Физиологическое обоснование включения цеолитов в рацион птиц / В.Т. Калюжнов, И.Е. Злобина, П.Г. Никулина // Использование цеолитов Сибири и Дальнего Востока в сельском хозяйстве. - Новосибирск : СО ВАСХНИЛ, 1986. - С. 31-36.
- Колодезников К.Е. Цеолитоносные провинции Востока Сибирской платформы / К.Е. Колодезников; Отв. ред. А.Ф. Сафронов; Рос. акад. наук. - Якутск: Сиб. отделение. Ин-т проблем нефти и газа, 2003. - 221 с.



8. Панкратов В.В. Научное обоснование использования местных нетрадиционных кормовых добавок в животноводстве Якутии / В.В. Панкратов, Н.М. Черноградская, С.И. Степанова, А.И. Григорьева, М.Ф. Григорьев // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. - 2019. - № 1. - С. 94-101.

9. Панкратов В.В. Нетрадиционные кормовые добавки в животноводстве и птицеводстве Якутии / В.В. Панкратов, Н.М. Черноградская, М.Ф. Григорьев, А.И. Григорьева // Аграрная наука: вызовы и перспективы : материалы региональной научно-практической конференции (Якутск, 30 ноября 2018 г.). – Чебоксары: ИД «Среда», 2018. – С. 57-59.

10. Черноградская Н.М. Цеолит месторождения Хонгуруу в рационе молодняка гусей / Н.М. Черноградская, М.Ф. Григорьев, А.И. Григорьева // Птицеводство. 2018. – № 3. – С. 18-21.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Belkin B.L. Ispolzovanie Khotynetskikh prirodnikh tseolitov v veterinarii i ptitsevodstve [Use of Khotynetsk Natural Zeolites in Veterinary Medicine and Poultry Farming] / B.L. Belkin, V.A. Kubasov // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Oryol State Agrarian University]. – 2011. – No. 6 (33). – P. 35-38. [in Russian]

2. Gamko L.N. Biologicheskie osnovy kormleniya zhivotnykh i ptitsy [Biological Basis of Animal and Bird Feeding] / L.N. Gamko, V.E. Podolnikov, I.V. Malyavko, G.G. Nuriev. – Bryansk, 2015. – 252 p. [in Russian]

3. Grigoryev M.F. Razrabotka sposobov povysheniya effektivnosti protsessa akklimatizatsii i myasnoi produktivnosti molodnyaka krupnogo rogatogo skota v Yakutii: monografiya [Development of Ways to Increase the Efficiency of the Process of Acclimatization and Meat Productivity of Young Cattle in Yakutia: Monograph] / M.F. Grigoryev, A.I. Grigoryeva. – Yakutsk: Publishing House of Ammosov North-Eastern Federal University, 2019. – 120 p. [in Russian]

4. Egorov I.A. Sovremennye podkhody k kormleniyu ptitsy [Modern Approaches to Poultry Feeding]. / I.A. Egorov // Ptitsevodstvo [Poultry Farming]. – 2014. – No. 4. – P. 11-16. [in Russian]

5. Kalashnikov A.P. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh. Spravochnoe posobie. 3-e izdanie pererabotannoe i dopolnennoe. [Norms and Rations for Feeding Farm Animals. Reference Manual. 3<sup>rd</sup> edition revised] / Ed. by A.P. Kalashnikov, V.I. Fisinin, V.V. Shcheglov, et al. – M.: Russian Agricultural Academy. – 2003. – 456 p. [in Russian]

6. Kalyuzhnov V. T. Fiziologicheskoe obosnovanie vklucheniya tseolitov v ratsion ptits [Physiological Substantiation of the Inclusion of Zeolites into the Diet of Birds] / V.T. Kalyuzhnov, I.E. Zlobin, P.G. Nikulin // Use of Zeolites of Siberia and the Far East in Agriculture. – Novosibirsk: All-Union Academy of Agricultural Sciences named after V.I. Lenin, 1986. – P. 31-36. [in Russian]

7. Kolodeznikov K.E. Tseolitonosnye provintsii Vostoka Sibirskoi platformy [Zeolite-Bearing Provinces of the East of the Siberian Platform] / K.E. Kolodeznikov; Resp. ed. A.F. Safronov; Russ. Acad. of Sciences. – Yakutsk: Sib. Branch of Institute of Oil and Gas Problems, 2003. – 221 p. [in Russian]

8. Pankratov V.V. Nauchnoe obosnovanie ispolzovaniya mestnykh netraditsionnykh kormovykh dobavok v zhivotnovodstve Yakutii [Scientific Rationale for the Use of Local Non-Traditional Animal Feed Additives in Farm Animal Production in Yakutia] / V.V. Pankratov, N.M. Chernogradskaya, S.I. Stepanova, M.F. Grigoryev, A.I. Grigoryeva // Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya [Veterinary Science, Zootechnics and Biotechnology]. – 2019. – No.1. – P. 94-101. [in Russian]

9. Pankratov V.V. Netraditsionnye kormovye dodatki v zhivotnovodstve i ptitsevodstve Yakutii [Non-Traditional Animal Feed Additives in Livestock and Poultry Farming in Yakutia] / V.V. Pankratov, N.M. Chernogradskaya, M.F. Grigoryev, A.I. Grigoryeva // Agrarnaya nauka: vyzovy i perspektivy : materialy regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Yakutsk, 30 noyabrya 2018 g.). – Cheboksary: ID «Sreda» [Agricultural Science: Challenges and Prospects: Materials of a Regional Science-to-Practice Conference (Yakutsk, November 30, 2018). – Cheboksary: Publishing House “Sreda,”] 2018. – P. 57-59. [in Russian]

10. Chernogradskaya N.M. Tseolit mestorozhdeniya Hongururu v ratsione molodnyaka gusey [Zeolite of the Hongururu Deposit in the Diet of Young Geese] / N.M. Chernogradskaya, M.F. Grigoryev, A.I. Grigoryev // Ptitsevodstvo [Poultry. 2018]. – No.3. – P. 18-21. [in Russian]

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.025>

**ВЛИЯНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ДОРСАЛЬНОГО АМИГДАЛОФУГАЛЬНОГО ПУТИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОДКОРКОВЫХ СТРУКТУР МОЗГА**

Научная статья

**Багирова Р.М. \***

ORCID ID: 0000-0003-1129-1547,

Азербайджанская Государственная Академия Физической Культуры и Спорта, кафедра «Медицинские и биологические науки», Баку, Азербайджан

\* Корреспондирующий автор (rafiga\_bagirova1[at]mail.ru)

**Аннотация**

С целью выяснения причин необратимых изменений в ЭЭГ гиппокампа после разрушения дорсального амигдалофугального пути, а также участия лимбических структур мозга (амигдала, гипоталамус, ретикулярная формация) в формировании гиппокампального тета-ритма производилась регистрация электрической активности различных ядер гипоталамуса, амигдалы и ретикулярной формации в условиях стимуляции и разрушения дорсального амигдалофугального пути.

Полученные данные свидетельствуют о том, что необходимым условием в механизмах регуляции возбудимости нейронов в различных ядрах гипоталамуса, амигдалы и ретикулярной формации является функциональная целостность дорсального амигдалофугального пути.

**Ключевые слова:** дорсальный амигдалофугальный путь, разрушение, подкорковые структуры мозга.

**IMPACT OF DESTRUCTION OF THE DORSAL AMYGDALOFUGAL PATHWAY TO THE ELECTRICAL ACTIVITY OF THE SUBCORTICAL STRUCTURES OF THE BRAIN**

Research article

**Baghirova R.M. \***

ORCID ID: 0000-0003-1129-1547 Doctor of Biological Sciences, professor

Azerbaijan State Academy of Physical Education and Sport, Department of "Medical and Biological Sciences", Baku, Azerbaijan Republic

\* Corresponding author (rafiga\_bagirova1[at]mail.ru)

**Abstract**

With the purpose of elucidating the course of irreversible changes in the hippocampal EEG after the destruction of dorsal amygdalofugal pathway and also involvement of limbic brain structures (amygdala, hypothalamus, reticular formation) in the formation of hippocampal theta rhythm registration of electrical activity from different nuclei of hypothalamus, amygdala and reticular formation during stimulation and destruction of dorsal amygdalofugal pathway was carried out.

The data obtained testify that the functional integrity of dorsal amygdalofugal pathway is the necessary term in the mechanisms of regulation of excitability of neurons of different nuclei of hypothalamus, amygdala and reticular formation.

**Key words:** dorsal amygdalofugal pathway, destruction, subcortical brain structures.

Лимбическая система мозга является интегральной функциональной системой и включает структуры принципиально различные по плану своего строения. Одной из ведущей структурой лимбической системы является гиппокамп, для которого характерна своеобразная форма биоэлектрической активности – тета-ритм. По имеющимся в литературе данным необходимый афферентный поток обеспечивается восходящими системами, его преобразование в ритмическую активность происходит на специальном реле гиппокампа, который считается пейсмекером гиппокампального тета-ритма. Восходящие волокна в составе медиального переднемозгового пучка поступает в медиальное ядро септума из подкорковых структур мозга, играющих немаловажное значение в механизмах формирования ритмической активности гиппокампа.

Нашими предыдущими исследованиями показано, что разрушение дорсального амигдалофугального пути, в отличие от вентрального, приводит к полной и необратимой блокаде гиппокампального тета-ритма [2]. Электро- и хемотимуляция различных ядер гипоталамуса, амигдалы и ретикулярной формации не приводили к восстановлению электрограммы гиппокампа в условиях повреждения дорсального амигдалофугального пути.

Для выяснения причин необратимых изменений в ЭЭГ гиппокампа после разрушения дорсального амигдалофугального пути, а также участия лимбических структур мозга (амигдала, гипоталамус, ретикулярная формация) в формировании ритмических колебаний гиппокампа нами производилась регистрация электрической активности супраоптического, вентромедиального и медиально-мамиллярного ядер гипоталамуса, базолатерального ядра амигдалы, а также ретикулярной формации до и после электростимуляции и разрушения дорсального амигдалофугального пути.

**Методика**

Эксперимента проводились на 18 кроликах породы «Шиншилла», массой

2,5-3 кг в условиях хронического эксперимента.

Регистрация ЭЭГ осуществлялась из супраоптического – СОЯ (А-3; L2,2; H15,8), вентромедиального ВМЯ (P1; LO,5; H17) и медиально-мамиллярного – ММЯ (А-3; L0,5; H18,5) ядер гипоталамуса, базолатерального ядра амигдалы

– АБ (А-1; L5; Н18) и ретикулярной формации – РФ (Р9; L2,5; Н18,2). Электростимуляция и электролитическое разрушение прекомиссуральной области дорсального амгдалофугального пути – ДАП (А-1; L3,2; Н11,5) производилась биполярными электродами. Запись биоэлектрической активности СОЯ, ВМЯ, ММЯ, АБ и РФ осуществлялась на 16-ти канальном электроэнцефалографе фирмы «Медикор».

Электростимуляция ДАП проводилась с помощью универсального электростимулятора ЭСУ-1. Для раздражения использовалась непрерывная стимуляция прямоугольными импульсами интенсивностью 60-300 мкА при межэлектродном сопротивлении равном 25-30 ком, частота следования импульса составляла 5-100 Гц в течение 15-30 сек. Длительность каждого импульса – 0,5 мсек. Электролитическое разрушение ДАП производилось действием постоянного тока силой 1,0 мА, в течение 15-25 сек.

#### Результаты исследований и их обсуждение

Регистрация фоновой электрической активности СОЯ, ВМЯ, ММЯ, АБ и РФ выявила наличие полиморфной, нерегулярной, низкоамплитудной активности, сочетающая в себе как высокочастотные бета-колебания, отдельные тета-частоты, так и медленные волны (рис.1-И).

С первой минуты электрической стимуляции ДАП (50-80 мкА, частота 10 имп/с, при длительности стимула 0,5 мсек) в электрограммах СОЯ, ВМЯ, ММЯ, АБ и РФ как ипси-, так и контрлатеральной стороны регистрируются стойкие упорядоченные ритмы, отмечается появление пикообразных выбросов и непрерывных эпилептиформных разрядов. При дальнейшем повышении параметров стимуляции (100-200 мкА, частота 20 имп/с, длительность стимула 0,5 мсек) в электрической активности всех регистрируемых структур одновременно синхронизированная активность на 1-2 секундах стимуляции переходит в эпилептиформную. Вспышки судорожных разрядов возникают синхронно во всех исследуемых областях мозга и сохраняются на протяжении 5-10 секунд после прекращения электрического стимула (рис. 1-И). Последующая регистрация активности СОЯ, ВМЯ, ММЯ, АБ и РФ выявила наличие полиморфной деформированной, низкоамплитудной активности, которая регистрировалась на протяжении 1-2 минут, после чего отмечалось полное восстановление ЭЭГ активности до фонового уровня.

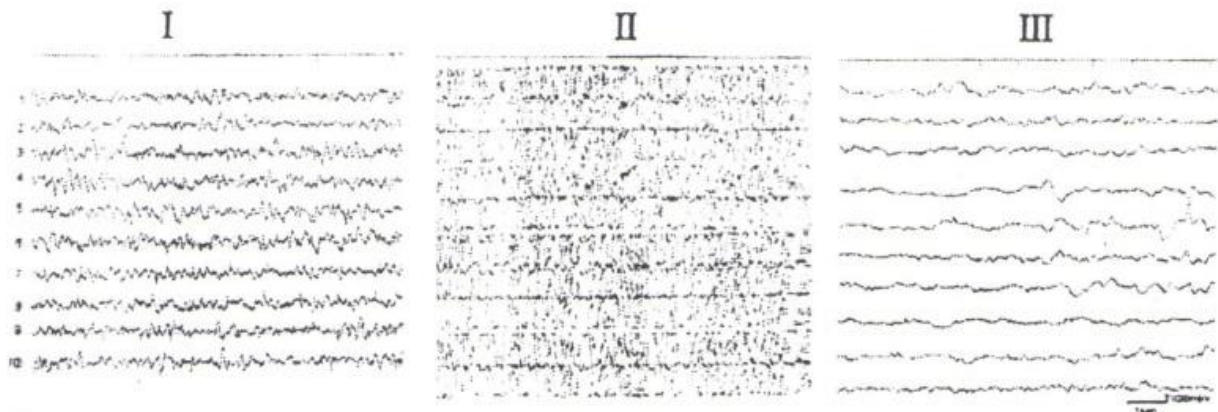


Рис.1 – Влияние стимуляции и разрушения ДАП на электрическую активность подкорковых структур мозга:

- 1 – фон; II – момент стимуляции; III – после разрушения ДАП.
- 1, 2 – ЭЭГ СОЯ гипоталамуса, ипси- и контрлатеральная сторона;
- 3, 4 – ЭЭГ ВМЯ гипоталамуса, ипси- и контрлатеральная сторона;
- 5, 6 – ЭЭГ ММЯ гипоталамуса, ипси- и контрлатеральная сторона;
- 7, 8 – ЭЭГ АБ ядра амигдалы, ипси- и контрлатеральная сторона;
- 9, 10 – ЭЭГ РФ среднего мозга, ипси- и контрлатеральная сторона

Одностороннее электролитическое разрушение ДАП с первых минут вызывало резкие изменения в электрической активности СОЯ, ВМЯ, ММЯ, АБ и РФ. С первых минут разрушения во всех исследуемых структурах мозга регистрируется судорожная активность, которая сохраняется на протяжении 2-3 часов после произведенной коагуляции. На протяжении указанного времени иногда отмечается чередование эпилептиформных разрядов с уплощенной, низкоамплитудной, медленноволновой активностью. С течением времени эпилептиформная активность полностью исчезает и в исследуемых структурах мозга регистрируется медленноволновая, уплощенная, низкоамплитудная активность, хорошо выраженная на ипсилатеральной стороне разрушения. На 2-5 сутки после произведенного разрушения ДАП подавление активности охватывает как ипси-, так и контрлатеральную сторону. Следует отметить, что эффект подавления активности подкорковых структур мозга в результате повреждения ДАП был необратим: ее восстановление не наблюдалось даже через 6 месяцев после произведенной коагуляции (рис.1-III).

Известно, что моносинаптические связи миндалины с гипоталамусом и другими структурами ствола осуществляются двумя системами волокон миндалины: дорсальный и вентральный амгдалофугальные пути. Главная часть афферентных волокон ДАП проходит через центральное и базолатеральное ядра амигдалы и поступает в передний гипоталамус [7].

Крупноклеточные нейросекреторные элементы СОЯ способны синтезировать октапептид вазопрессин, участвующий в секреции тропных гормонов аденогипофиза [6], [11]. В передней доле гипофиза вазопрессин вместе с кортиколиберином является одним из стимуляторов выхода АКТГ из кортикотропов [9]. Все вышеизложенное позволяет предположить, что, по-видимому, стимуляция ДАП приводит к активации гипоталамо-гипофизарной нейросекреторной системы, в результате чего повышается концентрация кортикостероидных гормонов в крови, которые влияют на возбудимость нейронов гипоталамуса, миндалины и РФ.

Сопоставляя имеющиеся в литературе данные по влиянию кортикостероидов на биоэлектрическую активность гипоталамуса, миндалевидного комплекса и РФ было выявлено, что их действие является однонаправленным вне зависимости от способа введения гормона. Так внутримышечное введение гидрокортизона способствует повышению активности заднего, латерального [8], переднемедиального и аркуатного гипоталамических ядер [5]. В первые минуты после микроинъекции гидрокортизона в латеральное гипоталамическое ядро в нем наблюдается повышение тета-активности [5]. Следует отметить, что большинство исследователей обнаружило активацию процесса возбуждения в гипоталамусе под влиянием глюкокортикоидов, что проявлялось усилением тета- и альфа-активности и возникновением судорожной активности [9].

При введении АКТГ и глюкокортикоидов изменяется фоновая электрическая активность среднего мозга [5]. Внутривенное, внутримышечное, а также непосредственное введение гидрокортизона в РФ повышает амплитуду электрических волн в ней [9]. Поэтому вполне закономерно предположить, что один из механизмов активирующего влияния гидрокортизона связан с непосредственным его влиянием на РФ среднего мозга [1].

В миндалине также отмечаются изменения электрической активности при аппликации гидрокортизона, кортизон-ацетата и дезоксикортикостерона в АВ и АК ядра миндалевидного комплекса [5]. Микроинъекция кортикостерона в амигдалу приводит к возрастанию амплитуды электрической активности основного ее ритма, а введение дезоксикортикостерона приводит к снижению активности этой структуры.

Сопоставляя все вышеизложенное с полученными нами данными можно предположить, что стимуляция ДАП, как низкими, так и повышенными параметрами стимулирующего тока, приводит к увеличению различных концентраций кортикостероидных гормонов в крови, которые приводят к повышению возбудимости нейронов различных ядер гипоталамуса, миндалины и ретикулярной формации, и регистрации в их активности синхронизированных тета-волн при низких значениях стимулирующего тока и эпилептиформной активности при увеличении параметров раздражения. Наше предположение подтверждается имеющимися в литературе данными, свидетельствующие об увеличении АКТГ в кровь яремной вены и 17-оксикортикостероидов в кровь почечной вены при стимуляции терминальной полоски [14].

Повреждение ДАП приводит к необратимым изменениям в электрической активности различных ядер гипоталамуса, амигдалы и РФ. Учитывая регуляторное влияние миндалины на функциональное состояние гипоталамических нейронов [10], [13], а также наличие прямых связей с нейросекреторными клетками гипоталамуса можно предположить, что после разрушения ДАП гипоталамус выходит из под контроля амигдалы, нарушается деятельность гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, что приводит к повышению количества АКТГ и стероидных гормонов, которые на протяжении 2-3 часов приводят к регистрации эпилептиформной активности в различных ядрах гипоталамуса, амигдалы и РФ, с последующей гибелью клеток этих структур, что отражается в блокаде их электрической активности. Правомочность нашего исследования согласуется с имеющимися в литературе данными, свидетельствующие о том, что в условиях деафферентации гипоталамуса нарушается функциональная активность гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы – она снижается примерно в два раза [7].

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что необходимым условием в механизмах регуляции возбудимости нейронов в различных ядрах гипоталамуса, амигдалы и ретикулярной формации является функциональная целостность дорсального амигдалофугального пути.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Список литературы / References

1. Больших В.А. О механизме действия гормонов системы гипофиз-надпочечники / Больших В.А., Грибанов А.А., Пшоник А.Т. // В кн.: Тр. XI съезда физиологического общества. Л., 1970, с. 312-320.
2. Гасанов Г.Г. Вклад миндалины и гипоталамуса в формирование тета-активности гиппокампа / Гасанов Г.Г., Касимов А.Е., Багирова Р.М. // J. Biological Sciences, 1989, v.3, pp. 51-53.
3. Кичигина В.Ф. Модуляция тета-активности в септо-гиппокампальной системе агонистом альфа-2-адренорецепторов клонидином / Кичигина В.Ф., Кутырева Е.И. // Ж. Высшей нервной деят-ти, 2002, 52 (№2), 195-204.
4. Кичигина В.Ф. Нарушения септо-гиппокампальных тета-колебаний в эпилептическом мозге: Причины и последствия. / Кичигина В.Ф., Попова И., Синельникова В., и др. // Экспериментальная неврология, 2013, 247, 314-327. (DOI:10.1016/j.expneurol.2013.01.029).
5. Малышенко Н.М. Влияние гидрокортизона на гипоталамо-гиппокампальные взаимоотношения / Малышенко Н.М. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 1973, т. XXVI, № 7, с. 58-64.
6. Сапронов Н.С. Фармакология гипофизарно-надпочечниковой системы / Сапронов Н.С.. Изд-во «Специальная лит-ра», Санкт-Петербург, 1998, 336с.
7. Чепурнов С.А. Миндалевидный комплекс мозга / Чепурнов С.А., Чепурнова Н.Е.. М.: Изд-во Московского Университета, 1981, 256 с.
8. Berridge C.W. Contrasting effects of noreadrenergic  $\beta$ -receptor blockade within the medial septal area on forebrain electroencephalographic and behavioral activity state in anesthetized and unanesthetized rat / Berridge C.W., Wifler R. // Neurosciences, 2000, v.97, № 3, p. 543-552.
9. Feldman S. Effect of adrenocortical hormones on evoked potentials in the brain stem / Feldman S., Todt J., R.W. // Neurology, 1961, v. 11, p. 109-115.
10. Leonard C.M. Origin and distribution of the amygdalofugal pathways in the rat: and the experimental neuroanatomical study / Leonard C.M., Scott J.W. // Journ. Comp.neurol., 1971, v.141, p.313-329.

11. Linton E.A. Ovine corticotrophin-releasing factor and vasopressin: Antibody-quenching studies on hypothalamic extracts of normal and Brattleboro rats / Linton E.A., Gilles G., Lowry P.J. // *Endocrinology*, 1983, v. 113, p. 1878-1883.
12. Myslin I.E. Modeling synchronous theta activity in the medial septum: key role of local communications between different cell populations / Myslin I.E., Kitchigina V.F., Kazanovich Y. // *J. Comput. Neurosci.*, 2015, 39(1):1-16. (DOI 10.1007/s10827-015-0564-6)
13. Olmos J.S. de Ingram V.R. The projection field of the stria terminalis in the rat brain. An experimental study / Olmos J.S. de Ingram V.R. // *J. Compar. neurol.*, 1972, v. 146, p. 303-315.
14. Salkman M. Effect of acute and prolonged electrical stimulation of the amygdala of the dog upon peripheral plasma concentration of corticosteroids / Salkman M., Peck L., Egdahl R.H. // *J. Neuroendocrinology*, 1970, v. 6, p. 361-367.
15. Steriade M. Arousal: revisiting the reticular activating system / Steriade M. // *J. Science*, 1996, v. 272, p. 225-226.
16. Vertes R.P. Brainstem-diencephalo-septo-hippocampal system controlling the theta rhythm of the hippocampus / Vertes R.P., Kocsis B. // *J. Neuroscience*, 1997, v. 17, № 4, p. 893-926.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Bolshikh V.A. O mekhanizme deystviya gormonov sistemy gipofiz-nadpochechniki [About mechanism of hormones action in pituitary-adrenal gland system] / Bolshikh V.A., Gribanov A.A., Pshonik A.T. // In the book: Tr. XI of the Congress of the Physiological Society. L., 1970, p. 312-320. [in Russian]
2. Gasanov G.G. Vklad mindaliny i gipotalamusa v formirovaniye teta-aktivnosti gippokampa [Contribution of tonsils and hypothalamus in formation of theta activity of hippocampus] / Gasanov G.G., Kasimov A.E., Bagirova R.M. // *J. Biological Sciences*, 1989, v.3, pp. 51-53. [in Russian]
3. Kichigina V.F. Modulyatsiya teta-aktivnosti v septo- gippokampal'noy sisteme agonistom al'fa-2-adrenoretseptorov klonidinom [Modulation of theta activity in septohippocampal system with alpha-2-adrenergic receptor agonist clonidine] / Kichigina V.F., Kuttyreva E.I. // *J. Higher Nervous Activity*, 2002, 52 (No. 2), 195-204. [in Russian]
4. Kichigina V.F. Narusheniya septo-gippokampal'nykh teta-kolebaniy v epilepticheskom mozge: Prichiny i posledstviya. Eksperimental'naya nevrologiya [Violations of septo-hippocampal theta oscillations in the epileptic brain: Causes and consequences. Experimental Neurology] / Kichigina V.F., Popova I., Sinelnikova V., 2013, 247, 314-327. (DOI: 10.1016/j.expneurol.2013.01.029). [in Russian]
5. Malysenko N.M. Vliyaniye gidrokortizona na gipotalamo-gippokampal'nyye vzaimootnosheniya [Effect of hydrocortisone on hypothalamic-hippocampus burning relationships] / Malysenko N.M. // *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny* [Bulletin of experimental biology and medicine], 1973, t. XXVI, No. 7, p. 58-64. [In Russian]
6. Saponov N.S. Farmakologiya gipofizarno-nadpochechnikovoy sistemy [Pharmacology of pituitary-adrenal gland system]. / Saponov N.S. Special Literature Publishing House, St. Petersburg, 1998, 336 p. [in Russian]
7. Chepurinov S.A. Mindalevidnyy kompleks mozga [Amygdala complex of the brain] / Chepurinov S.A., Chepurnova N.E. M.: Publishing House of Moscow University, 1981, 256 pp. [in Russian]
8. Berridge C.W. Contrasting effects of adrenergic  $\beta$ -receptor blockade within the medial septal area on forebrain electroencephalographic and behavioral activity state in anesthetized and unanesthetized rat / Berridge C.W., Wifler R. // *Neuroscience*, 2000, v.97, № 3, p. 543-552.
9. Feldman S. Effect of adrenocortical hormones on evoked potentials in the brain stem / Feldman S., Todt J., R.W. // *Neurology*, 1961, v. 11, p. 109-115.
10. Leonard C.M. Origin and distribution of the amygdalofugal pathways in the rat: and the experimental neuroanatomical study / Leonard C.M., Scott J.W. // *Journ. Comp.neurol.*, 1971, v.141, p.313-329.
11. Linton E.A. Ovine corticotrophin-releasing factor and vasopressin: Antibody-quenching studies on hypothalamic extracts of normal and Brattleboro rats / Linton E.A., Gilles G., Lowry P.J. // *Endocrinology*, 1983, v. 113, p. 1878-1883.
12. Myslin I.E. Modeling synchronous theta activity in the medial septum: key role of local communications between different cell populations / Myslin I.E., Kitchigina V.F., Kazanovich Y. // *J. Comput. Neurosci.*, 2015, 39(1):1-16. (DOI 10.1007/s10827-015-0564-6)
13. Olmos J.S. de Ingram V.R. The projection field of the stria terminalis in the rat brain. An experimental study / Olmos J.S. de Ingram V.R. // *J. Compar. neurol.*, 1972, v. 146, p. 303-315.
14. Salkman M. Effect of acute and prolonged electrical stimulation of the amygdala of the dog upon peripheral plasma concentration of corticosteroids / Salkman M., Peck L., Egdahl R.H. // *J. Neuroendocrinology*, 1970, v. 6, p. 361-367.
15. Steriade M. Arousal: revisiting the reticular activating system / Steriade M. // *J. Science*, 1996, v. 272, p. 225-226.
16. Vertes R.P. Brainstem-diencephalo-septo-hippocampal system controlling the theta rhythm of the hippocampus / Vertes R.P., Kocsis B. // *J. Neuroscience*, 1997, v. 17, № 4, p. 893-926.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.026>

# ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭРИТРОЦИТОВ У ЛИЦ, НАЧАВШИХ РЕГУЛЯРНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ТРЕНИРОВКИ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА НИЗКОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Научная статья

Воробьева Н.В.<sup>1\*</sup>, Бекетов А.Н.<sup>2</sup>, Бекетов И.Н.<sup>3</sup>, Калюбаев В.Н.<sup>4</sup><sup>1, 2, 3, 4</sup> Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия

\*Корреспондирующий автор (ilmedv1[at]yandex.ru)

## Аннотация

Реологические параметры эритроцитов во многом определяют процессы микроциркуляции и обмена веществ во всех тканях. Оценка их особенностей у людей с низкой физической активностью, начавших регулярно испытывать умеренные физические нагрузки, может помочь полностью раскрыть механизмы оптимизации микрореологических свойств эритроцитов. Группа наблюдения состояла из 45 мужчин второго зрелого возраста, начавших регулярные занятия в легкоатлетической секции 3 раза в неделю, которые ранее имели низкую физическую активность. Группа контроля состояла из 42 мужчин того же возраста, которые не менее 10 лет регулярно посещали 3 раза в неделю секцию легкой атлетики. Применены биохимические, гематологические и статистические методы исследования. За 6 месяцев физических тренировок у лиц, ранее имевших низкую физическую активность, отмечено устранение дисбаланса метаболитов арахидоновой кислоты, понижение уровня холестерина и ацилгидропероксидов при повышении в них общего фосфолипидов. Через 6 месяцев у этих лиц отмечено повышение эритроцитов-дискоцитов на 8,2% при понижении уровня на 18,5% и 2,1 раза, соответственно, обратимо и необратимо измененных эритроцитов. Ясно, что для лиц второго зрелого возраста, начавших регулярные физические нагрузки после длительного периода низкой физической активности свойственно постепенное улучшение цитоархитектонических свойств эритроцитов, что улучшало у них процессы микроциркуляции и активировало обмен веществ.

**Ключевые слова:** второй зрелый возраст, длительная низкая физическая активность, эритроциты, поверхностные свойства мембраны, легкоатлетические нагрузки.

## PHYSIOLOGICAL REACTION OF RHEOLOGICAL PARAMETERS OF ERYTHROCYTES IN PERSONS WHO STARTED REGULAR PHYSICAL TRAINING AFTER A LONG PERIOD OF LOW PHYSICAL ACTIVITY

Research article

Vorobyeva N.V.<sup>1\*</sup>, Beketov A.N.<sup>2</sup>, Beketov I.N.<sup>3</sup>, Kalyubaev V.N.<sup>4</sup><sup>1, 2, 3, 4</sup> Southwest State University, Kursk, Russia

\* Corresponding author (ilmedv1[at]yandex.ru)

## Abstract

The rheological parameters of red blood cells largely determine microcirculation and metabolism in all tissues. The evaluation of their characteristics in people with low physical activity, who began to take moderate physical activity regularly, can help to reveal the mechanisms for optimizing the micro-rheological properties of red blood cells fully. The observation group consisted of 45 men of the second adulthood, who began regular classes in the athletics section 3 times a week, who previously had low physical activity. The control group consisted of 42 men of the same age who regularly visited the athletics section 3 times a week for at least ten years. The authors applied biochemical, hematological, and statistical research methods. After six months of physical training, people who previously had low physical activity noted the elimination of the imbalance of arachidonic acid metabolites, lowering cholesterol and acyl hydroperoxides with an increase in their total phospholipids. In 6 months, these individuals showed an increase in red blood cell-discocytes by 8.2% with a decrease in levels of 18.5% and 2.1 times, respectively, of reversibly and irreversibly changed red blood cells. It is clear that a gradual improvement in the cytoarchitectonic properties of red blood cells is typical for people of the second adulthood, who began regular physical activity after a long period of low physical activity, which improved their microcirculation processes and activated metabolism.

**Keywords:** second adulthood, prolonged low physical activity, red blood cells, surface properties of the membrane, athletics loads.

## Введение

Для современного общества весьма характерна низкая физическая активность [3]. Ее наличие способствует реализации различной наследственной предрасположенности к патологии, что было прослежено на различных категориях населения индустриально развитых стран [8], [9]. Последствия низкой физической активности у человека проявляются уже у молодых в виде увеличения частоты временной нетрудоспособности за счет ослабления резервов организма и постепенного развития предпатологических и патологических состояний [2]. С возрастом низкая физическая активность ведет к утяжелению многих заболеваний и их хроническому течению [7], [10].

Замечено, что низкая физическая активность отрицательно влияет на многие показатели крови. Это связано с тем, что это состояние вызывает развитие в организме ряда функционально невыгодных изменений [6]. Низкая физическая активность уже в молодом возрасте сопровождается микрореологическими дисфункциями клеток крови, приводя к гипоксии в тканях [2]. Формирующаяся при этом нехватка кислорода нарушает метаболизм во всем организме. Данная ситуация создает основы для развития патологии во внутренних органах и способствует появлению стойкого спазма сосудов [11]. Было прослежено, что на фоне низкой физической активности часто могут создаваться условия

для повышения артериального давления, ведущие к постепенному развитию артериальной гипертонии. Кроме того, в этих условиях могут ухудшаться реологические свойства наиболее многочисленной популяции форменных элементов крови – эритроцитов, что проявляется уже в молодом и первом зрелом возрасте, отягощая имеющуюся патологию и способствуя формированию резистентности к проводимой медикаментозной терапии [10]. Учитывая выраженность негативных влияний низкой физической активности на организм, актуальным становится поиск путей выхода из данного состояния, способных улучшить реологические свойства крови и в первую очередь эритроцитов у трудоспособной и квалифицированной части работающего населения – лиц второго зрелого возраста. В работе поставлена цель: оценить динамику микрореологических свойств эритроцитов у лиц, начавших во втором зрелом возрасте регулярные беговые упражнения после длительного этапа низкой физической активности.

#### Материалы и принципы исследования

Проведение выполненного исследования одобрено локальным этическим комитетом Юго-Западного государственного университета г.Курск (Россия) 14 мая 2014 (протокол №7). Все обследованные дали письменное информированное согласие на участие в проведенном исследовании.

Работа выполнена на людях, проживающих в г.Курск и Курской области. Обследовано 45 мужчин зрелого возраста (средний возраст  $44,9 \pm 2,2$  лет), которые ранее избегали регулярных физических нагрузок. Все они начали 3 раза в неделю выполнять регулярные беговые упражнения длительностью не менее 1 часа. Группа контроля состояла из 42 здоровых мужчин второго зрелого возраста (средний возраст  $42,8 \pm 2,6$  лет), которые регулярно не менее 10 лет тренировались в секции легкой атлетики 3 раза в неделю при длительности каждого занятия не менее 1 часа. Имеющиеся у некоторых лиц из группы наблюдения и группы контроля хронические болезни (хронический бронхит, хронический тонзиллит, хронический холецистит) находились в состоянии длительной стойкой ремиссии.

В плазме крови обследованных определяли содержание метаболита тромбксана  $A_2$  – тромбксана  $B_2$  и метаболита простаглицина – 6-кето-простаглицина  $F_{1\alpha}$  в ходе иммуноферментного анализа реактивами фирмы «Enzo Life science» (США).

После отмытия в эритроцитах определяли содержание холестерина (ХС) набором «Витал Диагностикум» (Россия) и общих фосфолипидов по уровню в них фосфора [5]. Перекисное окисление липидов внутри эритроцитов выясняли в отмытых эритроцитах по содержанию ацилгидроперекисей и малонового диальдегида [1].

Содержание в крови форм эритроцитов определяли в ходе световой фазово-контрастной микроскопии.

Группа наблюдения обследовалась исходно, через 3 и 6 мес. физических нагрузок. Обследованные из группы контроля обследовались однократно.

Статистическая обработка полученных результатов осуществлялась t-критерием Стьюдента.

#### Основные результаты

В исходе в крови обследованных имелось повышение уровня тромбксана  $B_2$  по сравнению с контролем на 28,5% ( $p < 0,01$ ) и повышение 6-кето-простаглицина  $F_{1\alpha}$  по сравнению с группой контроля на 14,4% ( $p < 0,01$ ) (табл. 1).

Таблица 1 – Гематологические показатели у лиц, начавших регулярные беговые тренировки после длительного периода низкой физической активности

Параметры	Группа наблюдения, n=45, M±m			Группа контроля, n=42, M±m
	начало наблюдения	3 мес. наблюдения	6 мес. наблюдения	
Тромбксан $B_2$ , пг/мл	$208,5 \pm 0,72$ $p < 0,01$	$197,4 \pm 0,69$ $p < 0,01$	$188,4 \pm 0,61$ $p_1 < 0,05$	$162,2 \pm 0,72$
6-кето-простаглицин $F_{1\alpha}$ , пг/мл	$83,0 \pm 0,35$ $p < 0,01$	$86,4 \pm 0,39$ $p < 0,05$	$93,1 \pm 0,42$ $p_1 < 0,05$	$95,0 \pm 0,45$
ХС эритроцитов, мкмоль/ $10^{12}$ эр.	$1,07 \pm 0,012$ $p < 0,01$	$1,03 \pm 0,010$ $p < 0,05$	$0,97 \pm 0,009$ $p_1 < 0,05$	$0,94 \pm 0,010$
ОФЛ эритроцитов, мкмоль/ $10^{12}$ эр.	$0,64 \pm 0,010$ $p < 0,01$	$0,66 \pm 0,012$ $p < 0,05$	$0,71 \pm 0,008$ $p_1 < 0,05$	$0,73 \pm 0,015$
АГП эритроцитов, $D_{233}/10^{12}$ эр.	$4,03 \pm 0,017$ $p < 0,01$	$3,71 \pm 0,014$ $p < 0,01$	$3,36 \pm 0,020$ $p_1 < 0,01$	$3,11 \pm 0,016$
МДА эритроцитов, нмоль/ $10^{12}$ эр.	$1,89 \pm 0,009$ $p < 0,01$	$1,69 \pm 0,011$ $p < 0,05$	$1,52 \pm 0,008$ $p_1 < 0,01$	$1,36 \pm 0,014$
Эритроциты-дискоциты, %	$77,8 \pm 0,27$ $p < 0,01$	$80,6 \pm 0,22$ $p < 0,05$	$85,2 \pm 0,25$ $p_1 < 0,05$	$87,3 \pm 0,18$
Обратимо изм. эритроциты, %	$14,1 \pm 0,19$ $p < 0,01$	$12,6 \pm 0,15$ $p < 0,01$ $p_1 < 0,05$	$11,9 \pm 0,21$ $p_1 < 0,01$	$9,5 \pm 0,10$
Необратимо изм. эритроциты, %	$8,1 \pm 0,10$ $p < 0,01$	$6,8 \pm 0,12$ $p < 0,01$ $p_1 < 0,05$	$3,9 \pm 0,11$ $p_1 < 0,01$	$3,2 \pm 0,15$

Примечание:  $p$  – достоверность различий значений группы наблюдения с показателями группы контроля;  $p_1$  – достоверность динамики показателей группы наблюдения по сравнению с уровнем при начале наблюдения



В мембранах эритроцитов лиц с низкой физической активностью до начала регулярных беговых упражнений уровень холестерина превышал контроль на 13,8%, а ОФЛ был ниже контрольных значений на 14,1% ( $p<0,01$ ). При этом в эритроцитах физически нетренированных лиц в начале наблюдения количество ацилгидроперекисей и малонового диальдегида превышали аналогичные показатели в контроле на 29,6% ( $p<0,01$ ) и на 38,9% ( $p<0,01$ ), соответственно.

В начале наблюдения у имевших низкую физическую активность отмечено понижение на 12,2% в крови содержания эритроцитов-дискоцитов по сравнению с группой контроля ( $p<0,01$ ) (таблица). Количество обратимо и необратимо измененных форм эритроцитов в их крови было увеличено по сравнению с контролем на более чем 48,4% и в 2,5 раза, соответственно ( $p<0,01$ ).

У лиц, имевших долго низкую физическую активность на фоне регулярных нагрузок, имелось ослабление дисбаланса тромбоксана  $B_2$  за 3 мес. на 5,6%, за 6 мес. на 10,7% ( $p<0,05$ ) и увеличение 6-кето-простагландина  $F_{1\alpha}$  за 3 мес. на 4,1%, за 6 мес. на 12,2% ( $p<0,05$ ).

В мембранах эритроцитов лиц группы наблюдения на фоне выполнения ими физических нагрузок отмечено понижение уровня ХС на 3,9% через 3 мес. и на 10,3% через 6 мес. наблюдения. Это сопровождалось повышением в них ОФЛ на 3,1% и 10,9% ( $p<0,05$ ), в эти сроки соответственно. При этом в эритроцитах начавших физические тренировки лиц найдено понижение АГП (на 8,6% к 3 мес. и на 19,9% ( $p<0,01$ ) к 6 мес.) и МДА через 3 мес. физических тренировок на 11,8% ( $p<0,05$ ), через 6 мес. на 24,3% ( $p<0,01$ ).

У лиц, начавших испытывать регулярные физические нагрузки, отмечено повышение в крови процентного содержания эритроцитов-дискоцитов по сравнению с началом наблюдения (через 3 мес. на 3,6%, через 6 мес. на 9,5%,  $p<0,05$ ) (таблица). Количество обратимо и необратимо измененных форм эритроцитов в крови лиц группы наблюдения постепенно снижалось на 18,5% ( $p<0,01$ ) и в 2,1 раза ( $p<0,01$ ), соответственно.

### Обсуждение

Сохранение оптимального состояния человеческого организма возможно только в условиях регулярной физической активности [4]. При этом низкая физическая активность ведет к предпатологическим состояниям и ускоряет развитие патологии [10]. Это связано в первую очередь с негативным влиянием гиподинамии на реологические свойства крови.

Известно, что гиподинамия ведет к развитию микроореологических нарушений форменных элементов крови, особенно эритроцитов. Избыток продуктов перекисидации липидов в эритроцитах вызывает перестройки мембран этих клеток, что ухудшает их функции [3]. Это усугубляется развитием при низкой физической активности липидного дисбаланса в мембранах эритроцитов, который дополнительно способствует ухудшению функционирования этих форменных элементов крови. Формирующиеся изменения количества и соотношения в их мембранах фосфолипидов и холестерина, видимо, являются функционально невыгодными. Они нарушают в эритроцитах избирательную проницаемость и вязкость мембраны и негативно сказываются на мембранно-связанных белках в результате модификации их вторичной структуры. Складывающаяся ситуация весьма негативно влияет на состояние мембран значительной части эритроцитов.

Достоверное повышение числа обратимо измененных эритроцитов и увеличение их необратимо измененных форм неизбежно ведут к росту в крови этих людей количества эритроцитарных агрегатов и затруднению кровотока.

В сосудистой стенке лиц с низкой физической активностью понижается синтез биологически активных веществ, способных повлиять на эритроциты. При этом в их крови нарастает уровень проагрегантов. Найденная в группе наблюдения интенсификация синтеза тромбоксана и депрессия простаглицлина формирует микроореологические дисфункции эритроцитов, что негативно влияет на процессы микроциркуляции.

Для оздоровления в этой ситуации организм в настоящем исследовании лицам с низкой физической активностью назначались регулярные, посильные легкоатлетические физические нагрузки. На их фоне у обследованных сокращение количества продуктов перекисидации липидов в эритроцитах, что способствовало оптимизации состояния мембран этих клеток. Эффект усиливался в ходе повышения физической активности положительной динамикой липидного состава мембран эритроцитов, что позитивно влияет на функционирование этих форменных элементов крови [10]. Позитивные изменения количества и соотношения в их мембранах фосфолипидов и холестерина явились функционально выгодными и приближали к оптимуму в эритроцитах избирательную проницаемость и вязкость их мембраны, а также улучшали состояние вторичной структуры мембранно-связанных белков значительной части эритроцитов.

Как показало проведенное исследование, начало регулярных физических нагрузок у лиц, ранее длительно имевших низкую физическую активность, свойственно понижению содержания в их крови обратимо и необратимо измененных форм эритроцитов на фоне тенденции к росту количества их дискоидных форм. Понижение при этом числа обратимо измененных эритроцитов и снижения их необратимо измененных форм приводило к уменьшению в крови этих людей количества эритроцитарных агрегатов и снижению степени вовлеченности в них все новых эритроцитов..

### Заключение

Низкая физическая активность часто сопровождается увеличением количества поверхностно измененных форменных элементов крови. Особенно часто это отмечается у эритроцитов, что тормозит микроциркуляцию и ослабляет обмен веществ. При наличии регулярных беговых упражнений у лиц второго зрелого возраста, длительно имевших низкую физическую активность, в эритроцитах тормозится перекисное окисление липидов. Это сопровождается понижением в их крови числа измененных форм эритроцитов, что способствует активации трофики в тканях. Учитывая неполное восстановление микроореологических нарушений после 6 мес. физических тренировок у лиц, ранее имевших низкую физическую активность, представляется рациональным рекомендовать им продолжать испытывать физические нагрузки с контролем состояния цитоархитектоники их эритроцитов.



**Финансирование**

Исследование выполнено на собственные средства авторов.

**Funding**

The study was carried out at the authors own expense.

**Благодарности**

Авторы выражают благодарность администрации Юго-Западного государственного университета за создание условий, благоприятных для проведения исследований.

**Acknowledgement**

The authors thank the administration of Southwestern State University for creating an environment conducive to research.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Conflict of Interest**

None declared.

**Список литературы / References**

1. Волчегорский И.А. Экспериментальное моделирование и лабораторная оценка адаптивных реакций организма / И.А. Волчегорский, И.И. Долгушин, О.Л. Колесников, В.Э. Цейликман. – Челябинск: изд-во Челябинского государственного педагогического университета, 2000. – 167с.
2. Драпкина О.М. Гиподинамия – болезнь века: низкая физическая активность как фактор риска заболеваний сердечно-сосудистой системы и преждевременного старения / О.М. Драпкина, Р.Н. Шепель // Кардиология: новости, мнения, обучение. – 2015. – №3(6). – С.53–58.
3. Завалишина С.Ю. Функциональные особенности эритроцитов у здоровых молодых людей, не тренирующихся физически / С.Ю. Завалишина, Т.С. Фадеева // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 2. – С.55-62.
4. Киперман Я.В. Активность кровяных пластинок у молодых людей под действием умеренных регулярных физических нагрузок / Я.В. Киперман, С.Ю. Завалишина, Н.В. Кутафина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №6. – С. 1413.
5. Колб В.Г. Справочник по клинической химии / В.Г. Колб, В.С. Камышников. – Минск: изд-во Беларусь, 1982. – 367с.
6. Махов А.С. Функциональное состояние юных футболистов с астенией, получавших комплекс реабилитационных воздействий / А.С. Махов, И.Н. Медведев // Теория и практика физической культуры. – 2019. – № 2. – С. 10.
7. Махов А.С. Функциональные основы мотивации инвалидов с поражением опорно-двигательного аппарата к занятиям адаптивным спортом / А.С. Махов, И.Н. Медведев // Теория и практика физической культуры. – 2019. – №10. – С. 59.
8. Махов А.С. Функциональные характеристики физически нетренированных детей с синдромом Дауна / А.С. Махов, И.Н. Медведев // Теория и практика физической культуры. – 2019. – №7. – С.42.
9. Филиппов Е.В. Анализ низкой физической активности среди трудоспособного населения Рязанской области (по данным исследования Меридиан-РО) / Е.В. Филиппов, В.С. Петров // Клиницист. – 2015. – № 9(3). – С.22–27.
10. Skoryatina I.A. Some aspects of treatment of patients having dyslipidemia on the background of hypertension / I.A. Skoryatina, S.Y. Zavalishina, O.N. Makurina, G.S. Mal, O.V. Gamolina // Prensa Medica Argentina. – 2017. – Vol.103 (3). – P.3.
11. Zavalishina S.Y. Restoration of physiological activity of platelets in new-born calves with iron deficiency / S.Y. Zavalishina // Biomedical and Pharmacology Journal. – 2017. – Vol.10 (2). – P.711-716.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Volchegorskij I.A. Eksperimental'noe modelirovanie i laboratornaya ocenka adaptivnyh reakcij organizma [Experimental modeling and laboratory assessment of adaptive body reactions] / I.A. Volchegorskij, I.I. Dolgushin, O.L. Kolesnikov, V.E. Cejlikman. – Chelyabinsk: izd-vo Chelyabinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta [Chelyabinsk: publishing house of the Chelyabinsk State Pedagogical University], 2000. – 167p. [in Russian]
2. Drapkina O.M. Gipodinamiya – bolezni veka: nizkaya fizicheskaya aktivnost' kak faktor riska zabolevanij serdechno-sosudistoj sistemy i prezhdevremennogo starenija [Hypodynamia - a disease of the century: low physical activity as a risk factor for diseases of the cardiovascular system and premature aging] / O.M. Drapkina, R.N. Shepel' // Kardiologiya: novosti, mneniya, obuchenie [Cardiology: news, opinions, training]. – 2015. – №3(6). – P.53–58. [in Russian]
3. Zavalishina S.YU. Funkcional'nye osobennosti eritrocitov u zdorovykh molodykh lyudej, ne treniruyushchihysya fizicheski [Functional features of red blood cells in healthy young people who do not exercise physically] / S.YU. Zavalishina, T.S. Fadeeva // Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti [Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Ecology and Life Safety]. – 2011. – № 2. – P.55-62. [in Russian]
4. Kiperman YA.V. Aktivnost' krovyanykh platinok u molodykh lyudej pod dejstviem umerennykh reguljarnykh fizicheskikh nagruzok [Blood plate activity in young people under moderate regular physical exertion] / YA.V. Kiperman, S.YU. Zavalishina, N.V. Kutafina // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. – 2014. – №6. – P. 1413. [in Russian]
5. Kolb V.G. Spravochnik po klinicheskoi himii [Clinical Chemistry Handbook] / V.G. Kolb, V.S. Kamyshnikov. – Minsk: izd-vo Belarus' [], 1982. – 367p. [in Russian]
6. Mahov A.S., Funkcional'noe sostoyanie yunykh futbolistov s asteniej, poluchavshih kompleks reabilitacionnykh vozdeystvij [Functional state of junior footballers with asthenia after rehabilitation complex] / A.S. Mahov, I.N. Medvedev // Teoriya i praktika fizicheskoi kul'tury [Teoriya i Praktika Fizicheskoi Kultury]. – 2019. – № 2. – P.10. [in Russian]
7. Mahov A.S. Funkcional'nye osnovy motivacii invalidov s porazheniem oporno-dvigatel'nogo apparata k zanyatiyam adaptivnym sportom [Functional basics of motivation of people with musculoskeletal disorders for adaptive sports practices] /

A.S. Mahov, I.N. Medvedev // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury [Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury]. – 2019. – №10. – P.59. [in Russian]

8. Mahov A.S. Funkcional'nye harakteristiki fizicheski netrenirovannyh detej s sindromom Dauna [Functional characteristics of physically unfit children with Down syndrome]/ A.S. Mahov, I.N. Medvedev // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury [Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury]. – 2019. – №7. – P.42. [in Russian]

9. Filippov E.V. Analiz nizkoj fizicheskoy aktivnosti sredi trudosposobnogo naseleniya Ryazanskoj oblasti (po dannym issledovaniya Meridian-RO) [Analysis of low physical activity among the able-bodied population of the Ryazan region (according to the study of Meridian-RO)] / E.V. Filippov, V.S. Petrov // Klinikist [Clinician]. – 2015. – № 9(3). – P.22–27. [in Russian]

10. Skoryatina I.A. Some aspects of treatment of patients having dyslipidemia on the background of hypertension / I.A. Skoryatina, S.Y. Zavalishina, O.N. Makurina, G.S. Mal, O.V. Gamolina // Prensa Medica Argentina. – 2017. – Vol.103(3). – P.3.

11. Zavalishina S.Y. Restoration of physiological activity of platelets in new-born calves with iron deficiency / S.Y. Zavalishina // Biomedical and Pharmacology Journal. – 2017. – Vol.10 (2). – P.711-716.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.027>**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД**

Научная статья

**Гильманова М.В.<sup>1,\*</sup>, Грехова И.В.<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», Тюмень, Россия

\* Корреспондирующий автор (mari92149[at]gmail.com, grehova-rostok[at]mail.ru)

**Аннотация**

Утилизация осадка сточных вод – глобальная проблема городов. Наличие в них ТМ является основной проблемой при использовании их в качестве удобрений. В вегетационных опытах изучали применение ОСВ Тюменских очистных сооружений в качестве органических удобрений и в составе грунтов. Внесение в почву осадка сточных вод в дозе 3,5 т/га оказало положительное действие на показатели плодородия почвы и растения тест-культуры. Увеличение доз оказало отрицательное действие на проростки пшеницы по ряду показателей. Осадок сточных вод в составе грунтов в соотношении к компонентам 1:1 и 2:1 оказал негативное влияние на корневую систему тест-культуры. Увеличение соотношения компонентов к осадку до 3 и 4 частей положительно влияло на растения тест-культуры.

**Ключевые слова:** осадок сточных вод, почвогрунт, рекультивация, плодородие, нарушенные земли.**RESTORATION OF SOIL FERTILITY OF DISTURBED LANDS USING SEWAGE SLUDGE**

Research article

**Gilmanova M.V.<sup>1,\*</sup>, Grekhova I.V.<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> FSBEI HE “Northern Trans-Ural State Agricultural University,” Tyumen, Russia

\* Corresponding author (mari92149[at]gmail.com, grehova-rostok[at]mail.ru)

**Abstract**

Disposal of sewage sludge is a global problem for modern cities. The presence of solid materials is the main problem when it comes to their usage as fertilizers. In the course of the vegetation experiments, sewage sludge from the Tyumen treatment facilities was studied as organic fertilizer as well as in soil composition. The introduction of sewage sludge into the soil at a dose of 3.5 t/ha had a positive effect on soil fertility and test culture plants. According to a number of indicators, the increase in doses had a negative impact on wheat seedlings. Sewage sludge in the composition of soils in the 1:1 and 2:1 ratio to the components had a negative impact on the root system of the test culture. An increase in the ratio of the components to sediment up to 3 and 4 parts influenced the plants of the test culture positively.

**Keywords:** sewage sludge, soil, reclamation, fertility, disturbed land.**Введение**

С ростом численности населения возрастают масштабы производственной деятельности [1], поэтому проблема оптимизации взаимодействия человека и природы является актуальной, и решение ее имеет большое значение в улучшении окружающей среды [2]. Одним из результатов промышленной деятельности являются нарушенные земли. К настоящему времени собран большой экспериментальный материал о негативном влиянии техногенных ландшафтов на окружающую среду [3]. Снизить или ликвидировать негативные экологические последствия техногенных ландшафтов можно посредством той или иной технологии рекультивации: насыпка плодородных грунтов [4], [5], закрепление поверхности травянистым покровом [6], снятие плодородного слоя с последующим его использованием для рекультивации [7].

Осадок сточных вод (ОСВ) – твердая фракция органических и минеральных веществ, выделенных в процессе очистки сточных вод методом отстаивания и добавления комплекса микроорганизмов. ОСВ является одним из эффективных и дешевых органоминеральных удобрений [8].

Органическое удобрение на основе ОСВ обеспечивает биологическую рекультивацию нарушенных земель [9], карьеров, полигонов ТБО и полигонов промышленных отходов [10], а также обеспечивает повышение почвенного плодородия, как для выращивания сельскохозяйственных культур, так и декоративных растений [11], газонных культур [12], [13].

Целесообразно для восстановления почвенного плодородия применять питательные грунты на основе ОСВ при разбавлении различными компонентами [14].

**Методы и принципы исследования**

Объект исследований – осадок сточных вод, находившийся на иловых картах Тюменских очистных сооружений четвертый год. В составе грунта использовали песок и торф (низинный со степенью разложения 60 % месторождения Боровое). В качестве контроля выбрана темно-серая лесная почва с содержанием гумуса 5,4 %.

ОСВ представляет собой органоминеральное серо-бурое бесструктурное твердое вещество и содержит большой спектр химических элементов минерального питания растений (табл. 1).

Изучение действия ОСВ на тест-культуру проводили в вегетационных опытах. Тест-культура – яровая пшеница.

Таблица 1 – Качественные показатели осадка сточных вод

Наименование показателя	Единица измерения	Осадок сточных вод	Метод испытаний
Влажность	%	26,4	ГОСТ 26713-85
Зольность	%	76,6	ГОСТ 27980-88
pH <sub>сол.</sub>	ед.	6,8	ГОСТ 27979-88
Содержание на сухое вещество:			
Азот общий	%	1,07	ГОСТ 26715-85
Фосфор общий	%	2,14	ГОСТ 26717-85
Калий общий	%	0,42	ГОСТ 26718-85
Фосфор подвижный	мг/100 г	685	ГОСТ 27894.5-88
Калий подвижный	мг/100 г	69	ГОСТ 27894.6-88
Азот аммонийный	%	0,05	ГОСТ 26716-85
Азот нитратный	мг/кг	123	МУ.ЦИНАО, 1984

В качестве сосудов использовали стаканы емкостью 500 мл. Набивка сосудов проводилась различными грунтами массой 500 г. Семена отбирались однородные по размеру по 20 шт. Каждая партия семян взвешивалась, для опытов брали партии семян с небольшим расхождением по массе. Семена замачивали на сутки в чашках Петри и отбирали для посева проросшие по 15 шт. на сосуд. При посеве делали ямки глубиной 1,5 см. Пинцетом укладывали в ямки зерна ростком вниз. Заделывали ямки стеклянной палочкой. Сосуды помещали в климатостат марки КС-200 СПУ. Опыты проводили в 4 кратной повторности.

Семена проращивались при температуре 20°C с заданной программой смены «дня» и «ночи». Подсчет энергии прорастания проводили на 4 сутки, всхожесть – на 7 сутки. На 14 сутки сосуды изымали, отмывали корневую систему проростков, подсчитывали число корешков и проводили биометрические замеры: длина и масса корневой системы, длина и масса проростков.

С 2012 по 2013 гг. провели два вегетационных опыта. Схема вегетационного опыта № 1: 1. Почва (контроль), 2. Почва+ОСВ (3,5 т/га), 3. Почва+ОСВ (5 т/га), 4. Почва+ОСВ (25 т/га), 5. Почва+ОСВ (50 т/га). Схема вегетационного опыта № 2: 1. Почва пашни (контроль); 2. ОСВ; 3. ОСВ:торф (3:1); 4. Почва:ОСВ (3:1); 5. Почва:торф:ОСВ (2:1:1).

Валовые и подвижные формы микроэлементов определялись на пламенном атомно-абсорбционном спектрометре Analytik jena «ConterAA 300». Валовое содержание микроэлементов согласно методике М-МВИ-80-2008. Подвижные формы микроэлементов в почвенной вытяжке ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH=4,8 (метод Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО). Максимально допустимый уровень элементов в проростках взяли по показателям для грубых и сочных кормов.

Для статистической обработки результатов исследований применяли дисперсионный анализ данных вегетационного опыта (Доспехов Б.А., 1979) с использованием программы Microsoft Excel 2010.

### Основные результаты

В первом опыте энергия прорастания повысилась при внесении ОСВ в дозе 3,5 т/га на 7 % и существенно снизилась на 19 % при внесении в почву осадка в дозе 50 т/га (табл. 1).

Таблица 2 – Влияние осадка сточных вод на посевные качества семян и биометрические показатели растений тест-культуры

Варианты	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Число корешков, шт.	Длина корневой системы, см	Длина растений, см
Почва (контроль)	87	94	4,8	13,3	16,4
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	94	98	5,0	13,9	13,9
Почва+ОСВ (5 т/га)	86	90	5,3	11,4	18,8
Почва+ОСВ (25 т/га)	82	96	5,0	9,1	11,9
Почва+ОСВ (50 т/га)	68	98	5,0	9,3	10,7
НСР <sub>05</sub>	8,7	4,2	0,28	1,28	3,00

На всхожесть изучаемые дозы осадка не оказали существенного влияния. По числу корешков существенно превышал контроль вариант с внесением осадка в дозе 5 т/га. На всех вариантах, кроме дозы 3,5 т/га, по сравнению с контролем наблюдалось существенное уменьшение длины корневой системы проростков на 15-32 %. Длину растений существенно снизили дозы осадков 25 и 50 т/га на 35 и 45 % соответственно, не существенно повысила (на 15 %) – доза 5 т/га.

Внесение дозы осадка 3,5 т/га оказало положительное действие на массу корневой системы – превышение контроля 24 % (табл. 2). Дозы осадка 3,5 и 5 т/га существенно повысили массу надземной части растений на 14 и 8 % . Внесение дозы 50 т/га отрицательно сказалось на данном показателе – снижение относительно контроля на 41%.

Таблица 2 – Влияние осадка сточных вод на массу корневой системы и надземной части 100 растений тест-культуры, г

Варианты	Масса корневой системы	Масса надземной части
Почва (контроль)	1,7	12,0
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	2,1	13,7
Почва+ОСВ (5 т/га)	1,6	12,9
Почва+ОСВ (25 т/га)	1,7	12,4
Почва+ОСВ (50 т/га)	1,8	7,1
НСР <sub>05</sub>	0,1	0,2

Применение ОСВ в качестве органического удобрения повлияло положительно на растения тест-культуры только в дозе 3,5 т/га. Более высокие дозы оказали существенное отрицательное действие на растения, поэтому нами было принято решение об изучении ОСВ в составе грунтов с разбавлением торфом и почвой.

Во втором опыте на всех вариантах наблюдалось существенное снижение энергии прорастания на 21-71 % по сравнению с контролем (табл. 3). Всхожесть существенно снизилась (на 7 %) только при смешивании осадка с торфом в соотношении 3:1.

Число корешков повысилось на всех изучаемых вариантах, кроме смеси осадка с торфом. Осадок и смесь осадка с торфом особенно негативно повлияли на длину корневой системы, уменьшение составило 75 и 78 %. Смесь почвы с торфом и осадком в соотношении 2:1:1 не оказала существенного действия на данный показатель. Данный грунт положительно повлиял на длину растений, несущественно по различию с контролем. Снизили данный показатель осадок и смесь осадка с торфом на 39 и 47 %.

Таблица 3 – Влияние грунтов на проростки яровой пшеницы

Варианты	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Число корешков, шт.	Длина корневой системы, см	Длина растений, см
Почва (контроль)	86	93	4,7	12,5	17,7
ОСВ	55	97	5,3	3,2	10,8
ОСВ:торф (3:1)	40	86	4,3	2,8	9,4
Почва:ОСВ (3:1)	25	91	5,0	7,7	15,5
Почва:торф:ОСВ (2:1:1)	68	92	5,1	11,4	18,4
НСР <sub>05</sub>	11,1	6,2	0,22	1,19	2,59

Масса корневой системы при проращивании семян на смеси почва+ОСВ (3:1) и почвы с торфом и осадком (2:1:1) – на 25 и 106 % (табл. 4). На вариантах ОСВ и ОСВ+торф данный показатель существенно снизился на 38 и 31 % соответственно.

Таблица 4 – Влияние осадка сточных вод на массу корневой системы и надземной части 100 растений тест-культуры, г

Варианты	Масса корневой системы	Масса надземной части
Почва (контроль)	1,6	12,6
ОСВ	1,0	11,7
ОСВ: торф (3:1)	1,1	11,2
Почва:ОСВ (3:1)	2,0	14,7
Почва:торф:ОСВ (2:1:1)	3,3	19,5
НСР <sub>05</sub>	0,05	0,24

Осадок и смесь осадка с торфом существенно понизили массу надземной части растений на 31 и 43 %, а смесь почвы с торфом и осадком повысила на 27 %. Существенно повысилась масса растений на вариантах почва+осадок и почва+торф+осадок на 16 и 54 %.

Показатели плодородия были определены в образцах почвы контроля и вариантов, оказавших положительное действие на растения тест-культуры: дозы осадка 3,5 и 5 т/га, грунты ОСВ:торф (3:1), почва:торф:ОСВ (2:1:1).

Содержание гумуса в почве – показатель плодородия. В ОСВ повышенное содержание гумуса – 7,7 % (табл. 5). При смешивании осадка с торфом содержание гумуса почти на уровне осадка. В почве вегетационного опыта среднее содержание гумуса – 5,4 %. При смешивании почвы с осадком и торфом в соотношении 2:1:1 содержание гумуса повышалось на 14,8 %. Содержание гумуса при внесении осадка в дозах 3,5 и 5 т/га выше контроля на 4 и 10 %.

Таблица 5 – Влияние осадка сточных вод на содержание гумуса и кислотность в почве и грунтах

Варианты	Содержание гумуса, %	pH <sub>сол.</sub>	Гидролитическая кислотность, мг-экв./100 г
Почва	4,9	6,5	1,31
ОСВ	7,7	5,4	4,72
Почва+ОСВ 5 т/га	5,4	6,4	1,40
Почва+ОСВ 3,5 т/га	5,1	6,4	1,31
ОСВ+торф (3:1)	7,5	5,7	4,55
Почва+торф+ОСВ (2:1:1)	6,2	6,1	2,10

Результаты определения pH солевой вытяжки служат для характеристики степени кислотности почвы. Кислотность осадка сточных вод слабая, почвы – нейтральная. При добавлении осадка в почву в дозах 3 и 5 т/га кислотность остается нейтральной. В грунтах при смешивании осадка с торфом кислотность понижалась на 5,6 %, при смешивании с почвой и торфом – на 13,0 %.

У осадка сточных вод гидролитическая кислотность выше в 3,6 раза (табл. 5), а сумма поглощенных оснований меньше в 6 раз (табл. 6), емкость поглощения – в 3 раза, степень насыщенности почв основаниями – в 2 раза, чем в почве.

Смешивание осадка с торфом ухудшало еще в большей степени обменную поглонительную способность. Добавление почвы к смеси осадка с торфом улучшает показатели, но они значительно ниже, чем в почве. Внесение в почву осадка в дозах 3,5 и 5 т/га не значительно снижало обменную поглонительную способность почвы.

Таблица 6 – Влияние осадка сточных вод на обменную поглонительную способность

Вариант	Сумма поглощенных оснований, мг-экв./100 г	Ёмкость поглощения, мг-экв./100 г	Степень насыщенности почв основаниями, %
Почва	25,6	26,9	95,2
ОСВ	4,3	9,0	47,8
Почва+ОСВ 5 т/га	23,0	24,4	94,3
Почва+ОСВ 3,5 т/га	24,2	25,5	94,9
ОСВ+торф (3:1)	3,1	7,7	40,3
Почва+торф+ОСВ (2:1:1)	7,2	9,3	77,4

Микроэлементы (цинк, медь, свинец), участвуют во многих биохимических реакциях, протекающих в клетках растения. Одни из них только содействуют процессу образования протеина, а другие участвуют в построении больших молекул, и поэтому имеют критическое значение для функционирования клеток. В условиях химического загрязнения в золе растений возрастает содержание тяжелых металлов (ТМ). Зольный состав растений должен рассматриваться как один из существенных показателей гигиенического качества растений. Растение может быть опасным для животных и человека даже при высокой питательности в случае содержания недопустимых количеств тяжелых металлов. При этом растения могут не иметь признаков отравления и патологических изменений. Опасность отравления ТМ прежде всего угрожает животным. Сено, солома и ботва практически не защищены биологическим барьером. Генеративные органы растений от прямого поступления ТМ из стеблей и листьев защищены флорой.

Внесенный осадок увеличивал валовое содержание в почве цинка: доза 3,5 т/га – на 28 %, доза 5 т/га – на 93 % (табл. 7). Во всех вариантах наблюдалось превышение ПДК по валовому содержанию цинка. ОСВ и смесь осадка с торфом превышали и ОДК. Смесь почва+торф+ОСВ (2:1:1), почва и дозы осадка не превышали ОДК. По подвижным формам превышали ПДК и ОДК осадок и его смеси с компонентами.

Содержание свинца в проростках во всех вариантах превышало МДУ. А в почве и при внесении в почву изучаемых доз осадка валовое содержание свинца ниже ПДК. Содержание свинца в осадке и смеси осадка с торфом незначительно выше ПДК, но ниже ОДК. Подвижных форм во всех вариантах содержалось значительно меньше ПДК.

Таблица 7 – Содержание тяжелых металлов, мг/кг

Варианты	Грунты		Растения	Корни
	Валовое содержание	Подвижные формы		
Цинк				
Почва	65,8	3,8	24,7	44,3
ОСВ 3,5 т/га	84,2	8,2	28,2	44,5
ОСВ 5 т/га	127,2	5,2	32,7	42,6
ОСВ:торф (3:1)	371,7	258,7	30,5	220,0
Почва:торф:ОСВ (2:1:1)	19,8	0,7	8,0	35,2
ПДК (МДУ)	30	23	50	
ОДК	220	60		
Медь				
Почва	15,1	0,3	7,4	10,9
ОСВ 3,5 т/га	12,9	0,3	7,0	14,0
ОСВ 5 т/га	14,2	0,2	7,1	12,3
ОСВ:торф (3:1)	58,5	3,4	7,3	34,3
Почва:торф:ОСВ (2:1:1)	19,8	0,7	8,0	35,2
ПДК (МДУ)	55	3	30	
ОДК	132	50		
Свинец				
Почва	21,3	0,5	20,3	17,2
ОСВ 3,5 т/га	20,6	0,6	22,0	15,5
ОСВ 5 т/га	23,7	0,6	23,6	14,3
ОСВ:торф (3:1)	34,9	1,5	10,2	21,4
Почва:торф:ОСВ (2:1:1)	26,6	0,8	28,8	22,7
ПДК (МДУ)	32	6	5	
ОДК	130	60		

Медь необходима для нормального развития растений и животных. При ее недостатке болеют и отмирают листья растений, не образуются семена. Медь входит в состав ферментов – оксидаз, полифенолоксидаз, лактозы и др. По валовому содержанию и содержанию подвижных форм меди превышали ПДК осадок и смесь осадка с торфом. В почвогрунте почва+торф+ОСВ (2:1:1) и почве с внесенными дозами осадка показатели валового содержания и подвижных форм меди ниже ПДК в 3-4 и 4-15 раз соответственно. Содержание меди в растениях ниже МДУ в 4 раза.

Исходя из результатов проведенных нами исследований, было принято решение продолжать изучение состава грунтов с осадком сточных вод, подобрав другие соотношения и компоненты, т.к. данные опыты не дали однозначного ответа.

#### Заключение

1. Внесение в почву осадка сточных вод в дозе 3,5 т/га оказало положительное действие на энергию прорастания, всхожесть, существенно повысило массу корневой системы и массу проростков пшеницы. Увеличение доз осадка оказало существенное отрицательное действие на проростки пшеницы по ряду показателей.

2. Проростки тест-культуры испытывали угнетение при проращивании на осадке сточных вод и смеси осадка с торфом при соотношении 3:1, наблюдалось существенное снижение всех показателей. Смешивание почвы с осадком в соотношении 3:1 оказало существенное отрицательное действие на энергию прорастания и длину корневой системы. На трехкомпонентной смеси (почва+торф+осадок) проростки существенно превышали контроль по массе корневой системы и массе проростков.

3. Осадок сточных вод в качестве удобрения и в составе грунтов увеличивал содержание гумуса, но отрицательно влиял на кислотность и обменную поглотительную способность почвы.

4. В почве внесение осадка повышало содержание цинка, свинца и меди, но не превышающее ПДК или ОДК. В растениях на изучаемых вариантах содержание свинца превышало максимально допустимый уровень. Для рекультивации можно использовать грунт почва+торф+осадок в соотношении 2:1:1. Осадок в чистом виде и смеси с торфом использовать нельзя из-за повышенного содержания тяжелых металлов.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Список литературы / References

1. Моторин А.С. Особенности гидротермических условий нарушенных грунтов крайнего севера в связи с их биологической рекультивацией. / А.С. Моторин, А.В. Игловиков // Аграрный вестник Урала. – 2012. – №6 (98). – С. 66-70.
2. Андроханов В.А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка / В.А. Андроханов, В.М. Курачев. - Новосибирск, 2010. – 224 с.
3. Букин А.В. Создание рекультивационной смеси на основе осадка водоподготовки Няганской ГРЭС и торфа / А.В. Букин, А.С. Моторин, А.В. Игловиков // Агропродовольственная политика России. – 2016. – № 12 (60). – С. 70-75.

4. Алексеев В.А. Эколого-геохимические изменения в биосфере. Развитие, оценка / В.А. Алексеев // М.: Университетская книга, Логос, 2006. – 520 с.
5. ГОСТ Р 54534-2011. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель. – Введ. 2013-01-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 613 с.
6. Моторин А.С. Развитие искусственно созданного на биологическом этапе рекультивации фитоценоза в условиях крайнего севера. / А.С. Моторин, А.В. Игловиков // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2015. – №6 (247). – С. 50-56.
7. Чибрик Т.С. Биологическая рекультивация нарушенных промышленностью земель / Т.С. Чибрик, Г.И. Батурин // Екатеринбург, 2003. – С. 37.
8. Герасимова М.И. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация / М.И. Герасимова, М.Н. Строганова, Н.В. Можарова и др. Учебное пособие. – Смоленск: Изд-во «Ойкумена», 2003. – 268 с.
9. Игловиков А.В. Инновационные технологии рекультивации нарушенных земель в условиях крайнего севера / А.В. Игловиков, А.А. Денисов, Н.В. Санникова. // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2017. – №2 (37). – С. 41-49.
10. Ивлев А.М. Деградация почв и их рекультивация / А.М. Ивлев, А.М. Дербенцева. – Владивосток: Издательство: ДВГУ, 2002. – 77 с.
11. Крамарев С.М. Детоксикация техногенно-загрязненных подвижными формами металлов черноземов обыкновенных с помощью природных сорбентов – гуминовых кислот / С.М. Крамарев, Т.Ф. Яковичина, И.И. Иванов // Дождевые черви и плодородие почв: Мат. 2 Междунар. науч.-практ. конф. – Владимир, 2004. – С. 265-266.
12. Чибрик Т.С. Основы биологической рекультивации / Т.С. Чибрик. – Екатеринбург, 2002. – 172 с.
13. Ивлев А.М. Деградация почв и их рекультивация / А.М. Ивлев, А.М. Дербенцева // Учебное пособие. – Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2002. – 77 с.
14. Аргунов Н.Д. Актуальная тема утилизация сточных вод / Н.Д. Аргунов, О.Б. Ватюев, В.М. Веселов // Агрохимический вестник. – 2013. – №4. – С. 56-59.

#### Список литературы на английском языке / References in English\*

1. Motorin A.S. Osobennosti gidrotermicheskikh uslovii narushennykh gruntov krainego severa v svyazi s ikh biologicheskoi rekultivatsiei [Features of Hydrothermal Conditions of Disturbed Soils of the Far North in Connection with their Biological Reclamation]. / A.S. Motorin, A.V. Iglovikov // Agrarniy Vestnik Urala [Agrarian Bulletin of the Urals]. – 2012. – No.6 (98). – P. 66-70. [in Russian]
2. Androkhonov V.A. Pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie tekhnogennykh landshaftov: dinamika i otsenka [Soil and Ecological State of Technogenic Landscapes: Dynamics and Assessment] / V.A. Androkhonov, V.M. Kurachev. Novosibirsk, 2010. – 224 p. [in Russian]
3. Bukin A.V. Sozdanie rekultivatsionnoi smesi na osnove osadka vodopodgotovki Nyaganskoi GRES i torfa [Creating a Reclamation Mixture Based on the Sediment of Water Treatment at Nyagan State District Power Plant and Peat] / A.V. Bukin, A.S. Motorin, A.V. Iglovikov // Agroproduktivnaya politika Rossii [Agricultural and Food Policy of Russia]. – 2016. – No.12 (60). – P. 70-75. [in Russian]
4. Alekseenko V.A. Ekologo-geokhimicheskie izmeneniya v biosfere. Razvitie, otsenka [Ecological and Geochemical Changes in the Biosphere. Development, Evaluation] / V.A. Alekseenko // М.: University Book, Logos, 2006. – 520 p. [in Russian]
5. GOST R 54534-2011. Resursosberezhenie. Osadki stochnykh vod. Trebovaniya pri ispolzovanii dlya rekultivatsii narushennykh zemel [GOST R 54534-2011. Resource Saving. Sewage Sludge. Requirements for Use for the Restoration of Disturbed Lands]. – Introd. 2013-01-01. – М.: Standartinform, 2019. – 613 p. [in Russian]
6. Motorin A.S. Razvitie iskusstvenno sozdannogo na biologicheskom etape rekultivatsii fitotsenoza v usloviyakh krainego severa [Development of Phytocenosis Artificially Created at the Biological Stage of Reclamation under the Conditions of the Far North]. / A.S. Motorin, A.V. Iglovikov // Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki [Siberian Bulletin of Agricultural Science]. – 2015. – No.6 (247). – P. 50-56. [in Russian]
7. Chibrik T.S. Biologicheskaya rekultivatsiya narushennykh promyshlennostyu zemel [Biological Reclamation of Lands Disturbed by Industry] / T.S. Chibrik, G.I. Baturin // Ekaterinburg, 2003. – p.37. [in Russian]
8. Gerasimova M.I. Antropogennyye pochvy: genezis, geografiya, rekultivatsiya [Anthropogenic Soils: Genesis, Geography, Reclamation] / M.I. Gerasimova, M.N. Stroganova, N.V. Mozharova et al. Textbook. – Smolensk: Oikumen Publishing House, 2003. – 268 p. [in Russian]
9. Iglovikov A.V. Innovatsionnye tekhnologii rekultivatsii narushennykh zemel v usloviyakh krainego severa [Innovative Technologies for Reclamation of Disturbed Lands in the Far North] / A.V. Iglovikov, A.A. Denisov, N.V. Sannikov. // Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya [Bulletin of the State Agrarian University of the Northern Trans-Urals]. – 2017. – No.2 (37). – P. 41-49. [in Russian]
10. Ivlev A.M. Degradatsiya pochv i ikh rekultivatsiya [Soil Degradation and Reclamation] / A.M. Ivlev, A.M. Derbentseva. – Vladivostok: Publisher: FENU, 2002. – 77 p. [in Russian]
11. Kramarev S.M. Detoksikatsiyatekhnogenno-zagryaznennykh podvizhnymi formami metallov chernozemov obyknovennykh s pomoshchyu prirodnykh sorbentov – guminovykh kislot [Detoxification of Technologically Contaminated Mobile Forms of Blacksoil Metals using Natural Sorbents - Humic Acids] / S.M. Kramarev, T.F. Yakovishina, I.I. Ivanov // Dozhdevyye chervi i plodorodiye pochv: Mat. 2 Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Earthworms and Soil Fertility: 2 Int. Science-to-Practice Conf.] – Vladimir, 2004. – P. 265-266. [in Russian]
12. Chibrik T.S. Osnovy biologicheskoi rekultivatsii [Fundamentals of Biological Reclamation] / T.S. Chibrik. – Yekaterinburg, 2002. – 172 p. [in Russian]
13. Ivlev A.M. Degradatsiya pochv i ikh rekultivatsiya [Soil Degradation and Reclamation] / A.M. Ivlev, A.M. Derbentseva // Textbook. – Vladivostok: FENU Publishing House, 2002. – 77 p. [in Russian]
14. Argunov N.D. Aktualnaya tema utilizatsiya stochnykh vod [Relevant Topic of Wastewater Disposal] / N.D. Argunov, O.B. Vatiev, V.M. Veselov // Agrokhimicheskiiy vestnik [Agrochemical Bulletin]. – 2013. – No.4. – P. 56-59. [in Russian]



DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.028>**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ АКТИВНОСТИ КАТАЛАЗЫ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ КРЫС ПРИ МЕХАНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ГЕМАТООФТАЛЬМИЧЕСКИЙ БАРЬЕР**

Научная статья

**Павлова О.Н.<sup>1</sup>, Гуленко О.Н.<sup>2,\*</sup>, Каримова Р.Г.<sup>3</sup>, Девяткин А.А.<sup>4</sup>, Тороповский А.Н.<sup>5</sup>**<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-8055-1958;<sup>2</sup> ORCID: 0000-0001-6338-7095;<sup>4</sup> ORCID: 0000-0001-7506-8040;<sup>5</sup> ORCID: 0000-0001-9779-5708;<sup>1, 4, 5</sup> ООО «ТестГен»; Ульяновск, Россия;<sup>2</sup> Медицинский университет «Ревиз»; Самара, Россия;<sup>3</sup> Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана; Казань, Россия

\* Корреспондирующий автор (gulenko\_ol[at]mail.ru)

**Аннотация**

В настоящее время отмечается неуклонный (неумолимый, высокий) рост заболеваний органа зрения. В патогенезе различных заболеваний глаз немаловажную роль играет оксидативный стресс, в частности индуцируемый солнечным светом. В статье представлено исследование динамики активности каталазы, как одного из важнейших ферментов антиоксидантной защиты организма, в сыворотке крови крыс при механическом воздействии на гематоофтальмический барьер. Динамику активности каталазы оценивали при различных способах терапии механической травмы глаза, в том числе с использованием антиоксиданта кверцетина.

**Ключевые слова:** оксидативный стресс, гематоофтальмический барьер, сыворотка крови, каталаза, кверцетин.

**STUDY OF DYNAMICS OF CATALASE ACTIVITY IN RAT BLOOD SERUM UNDER MECHANICAL INFLUENCE ON BLOOD-AQUEOUS BARRIER**

Research article

**Pavlova O.N.<sup>1</sup>, Gulenko O.N.<sup>2,\*</sup>, Karimova R.G.<sup>3</sup>, Devyatkin A.A.<sup>4</sup>, Toropovsky A.N.<sup>5</sup>**<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-8055-1958;<sup>2</sup> ORCID: 0000-0001-6338-7095;<sup>4</sup> ORCID: 0000-0001-7506-8040;<sup>5</sup> ORCID: 0000-0001-9779-5708;<sup>1, 4, 5</sup> Research Associate of TestGen LLC; Ulyanovsk, Russia;<sup>2</sup> Medical University; Samara, Russia;<sup>3</sup> Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman; Kazan, Russia

\* Corresponding author (gulenko\_ol[at]mail.ru)

**Введение**

В последнее время наблюдается рост офтальмологических заболеваний, обусловленный рядом таких факторов, как неблагоприятная экологическая обстановка, увеличение интенсивности труда связанная с повышенной эксплуатацией органов зрения, увеличение доли хронических обменных заболеваний, ассоциированных с офтальмологическими патологиями и в целом среднее увеличение возраста населения. Глаза являются основным информационным органом и постоянно испытывают агрессивное воздействие среды, в первую очередь связанное со спектральными особенностями солнечного света, индуцирующее повышенное образование синглетных форм кислорода, вызывающих в свою очередь разрушение липидов, белков, ДНК клеток [1], [2]. Естественная нагрузка подкрепляется недостаточным питанием, неблагоприятными экологическими условиями, вредными привычками – алкоголь и курение. Таким образом, складывается ситуация, при которой антиоксидантные системы организма не в состоянии нейтрализовать весь объем образующихся свободных радикалов, что приводит к оксидативному стрессу.

Оксидативный стресс служит начальной точкой многих дегенеративных явлений в организме, поэтому уменьшение его воздействия даже при уже существующих патологиях способно интенсифицировать процесс восстановления функциональной активности органа [3], [4]. Антиоксидантная система состоит из комплекса защитных механизмов организма, включающих в себя ферментативные (глутатионпероксидаза, супероксиддисмутаза, каталаза, альдегиддегидрогеназа, сульфиредоксин) и неферментативные (витамин С; карнозин; таурин; восстановленные тиолы, содержащие SH-группы; цистеин; HS-КоА; белки, содержащие селен, витамин Е; b-каротин; нафтохиноны) элементы. Первым звеном внутриклеточной защиты является каталаза, способная без затрат энергии нейтрализовать широкий спектр свободных радикалов (анион-радикал  $O_2^-$ , гидроксильный радикал, радикал ненасыщенных жирных кислот (липоперокси), пероксид водорода). По количеству и динамике активности каталазы можно косвенно судить о состоянии организма, о степени оксидативного стресса и уровне эндогенной интоксикации, которые являются следствием патологических внутренних или внешних процессов [5], [6].

Таким образом, цель нашего исследования состояла в изучении динамики активности каталазы в сыворотке крови крыс при оксидативном стрессе, вызванном механическим воздействием на гематоофтальмический барьер.

Для реализации поставленной цели предстояло решить следующие задачи: определить динамику активности каталазы в сыворотке крови интактных крыс и крыс с индуцированным оксидативным стрессом, вызванным механическим воздействием на гематоофтальмический барьер; выявить эффективность купирования оксидативного стресса при применении различных методов лечения травмы глаза.

## Материалы и методы

Исследование проводили на белых беспородных половозрелых здоровых крысах-самцах шестимесячного месячного возраста, полученных из питомника лабораторных животных «Рапполово», массой 190-210 г в количестве 150 штук, которые содержались в виварии в стандартных условиях.

Все животные были поделены на 5 групп по тридцать крыс в каждой группе. Животные 1 группы – это интактные крысы. Животным 2, 3, 4 и 5 групп наносили в специальном приспособлении-фиксаторе проникающее ранение правого и левого глаз с помощью микролезвия под местной анестезией (2 % раствор новокаина) в области лимба. При этом происходило ранение роговицы, склеры и сосудистого тракта. Животных 2 группы содержали без лечения. Животным 3 группы проводили стандартную терапию механической травмы глаза, которая включала ежедневное введение подкожно дексаметазона фосфата по 0,1 мг/кг массы тела 1 раз в сутки, диклофенака натрия по 0,5 мг/кг 1 раз в сутки, гентамицина сульфата по 1,5 мг/кг 2 раза в сутки. Также в поврежденный глаз проводились инстилляций дексаметазона 4 раза в день и мезатона 2 раза в день (в титровании соответственно весу животного). Данная схема лечения проводилась в течение недели после травмы. Далее в течение месяца продолжались инстилляций раствора дексаметазона по убывающей схеме (по 3, 2, 1 раз в сутки по 2 дня каждый режим) и неванана 4 раза в день (или броксинака 1 раз в день). Животным 4 группы также проводили стандартную терапию травмы глаза, но добавляли внутрибрюшинные инъекции флавоноида кверцетина (ICN, США) в дозе 5 мг/кг массы. Животные 5 группы получали только внутрибрюшинные инъекции кверцетина в дозе 5 мг/кг массы. Терапия механической травмы глаза длилась 14 суток. Во время эксперимента все животные находились на стандартном рационе вивария при свободном доступе к воде и пище. Все группы крыс были вовлечены в эксперимент одновременно, что исключает влияние внешних температурных, климатических и иных факторов на активность изучаемого фермента в контрольной и опытных группах [7].

Активность каталазы в сыворотке крови исследовали до начала опыта, а также на 1, 3, 5, 7 и 14 сутки эксперимента по стандартной методике Королюка М.А. [8]

Исследование выполнено в соответствии с правилами лабораторной практики в Российской Федерации: приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08.1977 г.; приказ МЗ РФ № 267 от 19.06.2003 г.; закон «О защите животных от жестокого обращения» гл. V, ст. 104679-ГД от 01.12.1999 г. На проведение эксперимента получено заключение Комитета по биоэтике при «Медицинском университете «Реавиз» № 163 от 29 августа 2019 г.

Цифровой материал подвергали статистической обработке путем непараметрического статистического анализа с целью установления достоверности различий в изучаемых группах с использованием критериев Вальда-Вольфовица, Колмогорова-Смирнова и Манна-Уитни.

## Результаты исследования

Динамика активности каталазы (Me) в сыворотке крови экспериментальных крыс представлена на рисунке 1.

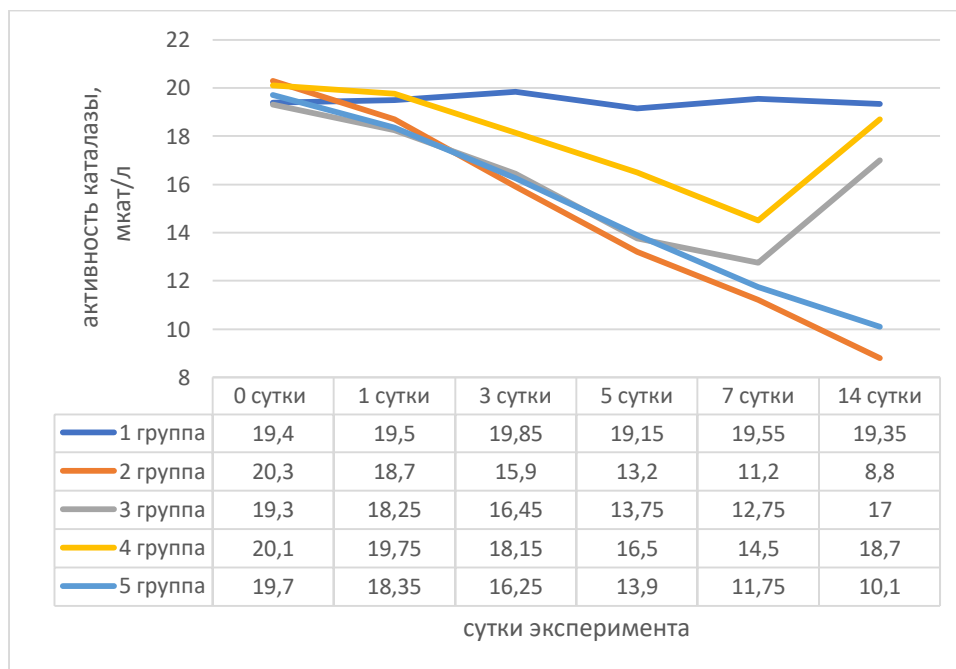


Рис.1 – Динамика активности каталазы в сыворотке крови крыс при оксидативном стрессе, вызванном механическим воздействием на гематофтальмический барьер.

Каталаза является первым звеном внутриклеточной защиты организма от активных форм кислорода. Основная функция каталазы – это нейтрализация анион-радикала, гидроксильного радикала, радикалов ненасыщенных жирных кислот, расщепление пероксида водорода, образующегося в процессе клеточного дыхания на молекулярный кислород и воду. Установлено, что при оксидативном стрессе происходит снижение активности каталазы в тканях организма.

Из рисунка 1 следует, что у животных 1 группы (интактных крыс) активность каталазы на протяжении всего опыта находилась примерно на одном уровне в пределах физиологической нормы. У животных 2 группы с индуцированным оксидативным стрессом на протяжении всего эксперимента активность каталазы снижается.

У животных третьей группы с индуцированным оксидативным стрессом путем механического воздействия на гематофтальмический барьер и стандартной терапией механической травмы глаза также наблюдается снижение активности каталазы до 5 суток опыта, однако к окончанию эксперимента, на 14 сутки, активность фермента почти возвращается к физиологической норме.

В 4 группе крыс, с индуцированным оксидативным стрессом и его купированием стандартной терапией механической травмы глаза с добавлением кверцетина наблюдается менее интенсивное снижение активности каталазы до 5 суток опыта, а на 14 сутки активность фермента соответствует физиологической норме.

В пятой группе животных с механической травмой глаза и терапией исключительно кверцетином также наблюдается снижение активности каталазы на протяжении всего эксперимента, но не так интенсивно, как у животных с травмой без терапии.

Также была проведена статистическая обработка результатов исследования путем непараметрического статистического анализа с целью установления достоверности различий в изучаемых группах с использованием критериев Вальда-Вольфовица, Колмогорова-Смирнова и Манна-Уитни (табл.1.).

Таблица 1 – Статистический анализ динамики активности каталазы в сыворотке крови крыс

Сутки	Группы	Статистический тест	Критерий	Значение p
0 суток	1 и 2	Манна - Уитни	U = 241,0000	0,002002
			Z = -3,08994	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = -0,367	<0, 05
			Max Pos Differnc = 0, 00	
		Вальда-Вольфовица	Z = -0,78125	0,434659
			Z adjstd = 0,651038	0,515022
	1 и 3	Манна - Уитни	U = 415	0,604839
			Z = 0,517455	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = -0,133	>0,10
			Max Pos Differnc = 0,167	
		Вальда-Вольфовица	Z = -0,52083	0,602485
			Z adjstd = 0,390623	0,696076
	1 и 4	Манна - Уитни	U = 326,000	0,066764
			Z = -1,833	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = -0,3000	> 0,10
			Max Pos Differnc = 0,0333	
		Вальда-Вольфовица	Z = -0,5208	0,602485
			Z adjstd = 0,3906	0,696076
	1 и 5	Манна - Уитни	U = 385,500	0,340289
			Z = -0,954	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = -0,2000	> 0,10
			Max Pos Differnc = 0,1000	
		Вальда-Вольфовица	Z = 0,2604	0,794544
			Z adjstd = 0,1302	0,896402
1 сутки	1 и 2	Манна - Уитни	U = 251,500	0,003339
			Z = 2,935	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,0000	<0, 01
			Max Pos Differnc = 0, 4333	
		Вальда-Вольфовица	Z = -2,0833	0,037223
			Z adjstd = 1,9531	0,050807
	1 и 3	Манна - Уитни	U = 117,000	0,000001
			Z = 4,923	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,0000	<0,001
			Max Pos Differnc = 0,6000	
		Вальда-Вольфовица	Z = -2,8646	0,004176
			Z adjstd = 2,7344	0,006251
	1 и 4	Манна - Уитни	U = 386,500	0,347829
			Z = -0,939	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = -0,2000	>0,10
			Max Pos Differnc = 0,0333	
		Вальда-Вольфовица	Z = -0,5208	0,602485
			Z adjstd = 0,3906	0,696076
	1 и 5	Манна - Уитни	U = 125,000	0,000002
			Z = 4,805	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,0000	<0,001
			Max Pos Differnc = 0,6000	
		Вальда-Вольфовица	Z = -4,4271	0,000010
			Z adjstd = 4,2969	0,000017

Продолжение табл. 1 – Статистический анализ динамики активности каталазы в сыворотке крови крыс

Сутки	Группы	Статистический тест	Критерий	Значение p
3 сутки	1 и 2	Манна - Уитни	U = 0,000	0,000000
			Z = 6,653	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,0000	<0,001
			Max Pos Differnc = 1,0000	
		Вальда-Вольфовица	Z = -7,5520	0,000000
			Z adjstd = 7,4218	
	1 и 3	Манна - Уитни	U = 0,000	0,000000
			Z = 6,653	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,0000	<0,001
			Max Pos Differnc = 1,0000	
		Вальда-Вольфовица	Z = -7,5520	0,000000
			Z adjstd = 7,4218	
	1 и 4	Манна - Уитни	U = 41,000	0,000000
			Z = 6,047	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,0000	<0,001
			Max Pos Differnc = 0,8333	
		Вальда-Вольфовица	Z = -5,4687	0,000000
			Z adjstd = 5,3385	
	1 и 5	Манна - Уитни	U = 0,00	0,000000
			Z = 6,652991	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,0000	<0,001
			Max Pos Differnc = 1,0000	
		Вальда-Вольфовица	Z = -7,5520	0,000000
			Z adjstd = 7,4218	
5 сутки	1 и 2	Манна - Уитни	U = 0,000	0,000000
			Z = 6,653	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,0000	<0,001
			Max Pos Differnc = 1,0000	
		Вальда-Вольфовица	Z = -7,5520	0,000000
			Z adjstd = 7,4218	
	1 и 3	Манна - Уитни	U = 0,00	0,000000
			Z = 6,653	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,0000	<0,001
			Max Pos Differnc = 1,0000	
		Вальда-Вольфовица	Z = -7,5520	0,000000
			Z adjstd = 7,4218	
	1 и 4	Манна - Уитни	U = 6,500	0,000000
			Z = 6,557	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,9000	<0,001
			Max Pos Differnc = 1,0000	
		Вальда-Вольфовица	Z = -6,5104	0,000000
			Z adjstd = 6,3802	
	1 и 5	Манна - Уитни	U = 0,00	0,000000
			Z = 6,653	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,0000	<0,001
			Max Pos Differnc = 1,0000	
		Вальда-Вольфовица	Z = -7,5520	0,000000
			Z adjstd = 7,4218	
7 сутки	1 и 2	Манна - Уитни	U = 0,000	0,000000
			Z = 6,653	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,0000	<0,001
			Max Pos Differnc = 1,0000	
		Вальда-Вольфовица	Z = -7,5520	0,000000
			Z adjstd = 7,4218	
	1 и 3	Манна - Уитни	U = 0,00	0,000000
			Z = 6,653	
	1 и 3	Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,0000	<0,001
			Max Pos Differnc = 1,0000	
		Вальда-Вольфовица	Z = -7,5520	0,000000
			Z adjstd = 7,4218	

Окончание табл. 1 – Статистический анализ динамики активности каталазы в сыворотке крови крыс

7 сутки	1 и 4	Манна - Уитни	U = 0,000	0,000000
			Z = 6,653	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,0000	<0,001
			Max Pos Differnc = 1,0000	
	1 и 5	Вальда-Вольфовица	Z = -7,5520	0,000000
			Z adjstd = 7,4218	
		Манна - Уитни	U = 0,00	0,000000
			Z = 6,653	
14 сутки	1 и 2	Манна - Уитни	U = 0,000	0,000000
			Z = 6,653	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,0000	<0,001
			Max Pos Differnc = 1,0000	
	1 и 3	Вальда-Вольфовица	Z = -7,5520	0,000000
			Z adjstd = 7,4218	
		Манна - Уитни	U = 15,000	0,000000
			Z = 6,431	
	1 и 4	Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,0000	<0,001
			Max Pos Differnc = 0,9000	
		Вальда-Вольфовица	Z = -5,9896	0,000000
			Z adjstd = 5,8593	
	1 и 5	Манна - Уитни	U = 392,500	0,395268
			Z = 0,850	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = -0,1000	>0,10
			Max Pos Differnc = 0,23333	
	1 и 6	Вальда-Вольфовица	Z = -1,0417	0,297570
			Z adjstd = 0,9115	
	1 и 7	Манна - Уитни	U = 0,00	0,000000
			Z = 6,653	
		Колмогорова-Смирнова	Max Neg Differnc = 0,0000	<0,001
			Max Pos Differnc = 1,0000	
	1 и 8	Вальда-Вольфовица	Z = -7,5520	0,000000
			Z adjstd = 7,4218	

По результатам, представленным в таблице можно сделать вывод, что активность каталазы в сыворотке крови крыс у животных экспериментальных групп на протяжении всего эксперимента отличается от активности каталазы в сыворотке крови интактных крыс. Также, 14 сутки у животных 1 и 4 группы активность каталазы в сыворотке крови не имеет достоверных отличий, что свидетельствует об эффективном купировании оксидативного стресса, вызванного механической травмой гематофтальмического барьера с помощью применения кверцетина дополнительно к стандартной терапии механической травмы глаза.

### Обсуждение

При механическом повреждении глаза, согласно результатам многочисленных исследований, возникает воспалительный процесс, обусловленный рядом защитных механизмов, одним из которых является гематофтальмический барьер. Его повреждение сопровождается аутоиммунными реакциями и развитием стрессорной иммуносупрессии. Отчасти ее выраженность обусловлена стрессом утраты информационно важного органа. Как правило, ранний период (24-48 ч) сопровождается иммунодепрессией, тревогой и адаптационным синдромом. Все эти факторы, наряду с механической травмой, индуцируют и стимулируют оксидативный стресс, усугубляющий тяжесть патологического процесса. При этом оксидативный стресс становится одним из важнейших факторов осложняющий процесс терапии глаза [2]. В таком случае применение биофлавоноида кверцетина имеющего доказанную эффективность при лечении хронических заболеваний глаза, за счет способности быть донатором водорода, гасителем синглетного кислорода, хелатором ионов металла, активатором антиоксидантных ферментов вполне оправдано [9], [10]. В целом, по результатам эксперимента установлено, что применения помимо стандартной терапии механической травмы глаза инъекций кверцетина наиболее эффективно купирует оксидативный стресс и нормализует активность каталазы в сыворотке крови.

### Заключение

Активность каталазы в сыворотке крови крыс при оксидативном стрессе, вызванном механическим воздействием на гематофтальмический барьер, наиболее эффективно стабилизируется при стандартной терапии механической травмы глаза с добавлением кверцетина в виде инъекций.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Conflict of Interest**

None declared.

**Список литературы / References**

1. Кравчук Е.А. Роль свободнорадикального окисления в патогенезе заболеваний глаз / Е.А. Кравчук // Вестник офтальмологии. – 2004. – Т. 120. – № 5. – С. 48–51.
2. Черешнева М.В. Иммунокоррекция травматических и стрессорных нарушений функций иммунной системы при проникающем ранении глаза / М.В. Черешнева, Ю.И. Шилов, Т.В. Гаврилова // Вестн. офтальмол. 2006; (2): 42–43.
3. Безручко Н.В. Каталаза биологических сред организма человека и ее клинко-биохимическое значение в оценке эндотоксикоза. / Н.В. Безручко, Г.К. Рубцов, Н.Б. Ганяева, Г.А. Козлова, Д.Г. Садовникова // Вестник ТГПУ. 2012. 7 (122). – С. 94–98.
4. Павлова О.Н. Природа оксидативного стресса и способы его коррекции / О.Н. Павлова, С.А. Симакова // Медико-физиологические проблемы экологии человека: Материалы IV Всероссийской конференции с международным участием (26–30 сентября 2011 г.). – Ульяновск : УлГУ, 2011. – С. 244–246.
5. Луцкий М.А. Активность эндогенной системы антиоксидантной защиты в процессе жизнедеятельности организма. / М.А. Луцкий, Т.В. Кукова, М.А. Смелянец, Ю.П. Лушникова // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 12-1. – С. 20-23
6. Безручко Н.В. Каталаза биологических сред организма человека и ее клинко-биохимическое значение в оценке эндотоксикоза. / Н.В. Безручко, Г.К. Рубцов, Н.Б. Ганяева, Г.А. Козлова, Д.Г. Садовникова // Вестник ТГПУ. 2012. 7 (122). – С. 94–98.
7. Венгеровский А.И. Методические указания по изучению гепатопротективной активности фармакологических веществ / А.И. Венгеровский, И.В. Марков, А.С. Саратиков; под ред. В.П. Фисененко // Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению любых фармакологических веществ. – М.: ИИА «Ремодиум», 2000. – С. 228-231.
8. Королюк М.А. Метод определения активности каталазы / М.А. Королюк, Л.И. Иванова, И.Т. Майорова // Лаб. дело. – 1988. – № 1. – С. 16-19.
9. Михейцева И.Н. Возможности и перспективы применения биофлавоноидов в лечении заболеваний глаза. / И.Н. Михейцева, Е.Б. Меньщикова, В.З. Ланкин, Н.К. Зенкови // Офтальмологический журнал. № 2, 2015. С. 62-67; Окислительный стресс. Проксиданты и антиоксиданты– М.: Слово, 2006. – 553 с.
10. Балакина А.С. Влияние куркумина и кверцетина на показатели защитного потенциала крыс при их раздельном и совместном действии / А.С. Балакина, И.В. Аксенов, Н.В. Трусов, Г.В. Гусева, Л.И. Авренева // Вопр. питания. 2017. № 2. С. 14–22.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Kravchuk E.A. Rol' svobodnoradikal'nogo okisleniya v patogeneze zaboolevanij glaz [The role of free radical oxidation in the pathogenesis of eye diseases] / E.A. Kravchuk // Vestnik oftal'mologii. [Bulletin of ophthalmology] – 2004. – V. 120. – № 5. – P. 48–51. [in Russian]
2. Cheresheva M.V. Immunokorrekcija travmaticheskijh i stressornyh narushenij funkcij immunoj sistemy pri pronikajushhem ranenii glaza [Immunocorrection of traumatic and stress disorders of the immune system in cases of penetrating eye injury] / M.V. Cheresheva, Ju.I. Shilov, T.V. Gavrilova // Vestn. oftal'mol. [Bulletin of ophthalmology] 2006; (2): 42–43. [in Russian]
3. Bezruchko N.V. Katalaza biologicheskijh sred organizma cheloveka i ee kliniko-biohimicheskoe znachenie v ocenke jendotoksikoza [Catalase of biological media of the human body and its clinical and biochemical significance in the assessment of endotoxikosis] / N.V. Bezruchko, G.K. Rubcov, N.B. Ganjaeva, G.A. Kozlova, D.G. Sadovnikova // Vestnik TGPU. [Bulletin TGPU] 2012. 7 (122). – P. 94–98. [in Russian]
4. Pavlova O.N. Priroda oksidativnogo stressa i sposoby ego korrekcii [The nature of oxidative stress and ways to correct it] / O.N. Pavlova, S.A. Simakova // Mediko-fiziologicheskie problemy jekologii cheloveka: Materialy IV Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem (26–30 sentjabrja 2011 g.) [Medico-physiological problems of human ecology: Materials of the IV all-Russian conference with international participation (September 26-30, 2011)]. – Ul'janovsk : UIGU, 2011. – P. 244–246. [in Russian]
5. Luckij M.A. Aktivnost' jendogennoj sistemy antioksidantnoj zashhity v processe zhiznedejatel'nosti organizma [Activity of the endogenous antioxidant defense system in the process of vital activity of the body] / M.A. Luckij, T.V. Kuksova, M.A. Smeljanec, Ju.P. Lushnikova // Uspehi sovremennogo estestvoznanija [Advances in modern natural science] – 2014. – № 12-1. – . 20-23 [in Russian]
6. Bezruchko N.V. Katalaza biologicheskijh sred organizma cheloveka i ee kliniko-biohimicheskoe znachenie v ocenke jendotoksikoza [Catalase of biological media of the human body and its clinical and biochemical significance in the assessment of endotoxikosis] / N.V. Bezruchko, G.K. Rubcov, N.B. Ganjaeva, G.A. Kozlova, D.G. Sadovnikova // Vestnik TGPU [Bulletin TGPU]. 2012. 7 (122). – P. 94–98. [in Russian]
7. Vengerovskij A.I. Metodicheskie ukazaniya po izucheniju gepatozashhitnoj aktivnosti farmakologicheskijh veshhestv [Guidelines for the study of hepatoprotective activity of pharmacological substances] / A.I. Vengerovskij, I.V. Markov, A.S. Saratikov; pod red. V.P. Fisenenko // Rukovodstvo po jeksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniju ljubyh farmakologicheskijh veshhestv [Guidelines for experimental (preclinical) study of any pharmacological substances] – М.: ИА «Remodium», 2000. – P. 228-231. [in Russian]
8. Koroljuk M.A. Metod opredelenija aktivnosti katalazy [Method for determining catalase activity] / M.A. Koroljuk, L.I. Ivanova, I.T. Majorova // Lab. delo. [Laboratory work] – 1988. – № 1. – P. 16-19.
9. Mihejceva I.N. Vozmozhnosti i perspektivy primenenija bioflavonoidov v lechenii zaboolevanij glaza [Possibilities and prospects of using bioflavonoids in the treatment of eye diseases] / I.N. Mihejceva, E.B. Men'shnikova, V.Z. Lankin, N.K. Zenkovi // Oftal'mologicheskij zhurnal [Ophthalmological journal] № 2, 2015. P. 62-67; Okislitel'nyj stress. Prooksidanty i antioksidanty– М.: Слово, 2006. – 553 p. [in Russian]
10. Balakina A.S. Vlijanie kurkumina i kvercetina na pokazateli zashhitnogo potentsiala krysa pri ih razdel'nom i sovmestnom dejstvii [The effect of curcumin and quercetin on the protective potential of rats in their separate and joint action] / A.S. Balakina, I.V. Aksenov, N.V. Trusov, G.V. Guseva, L.I. Avren'eva // Vopr. pitanija [Nutrition issues]. 2017. № 2. P. 14–22. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.029>**ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ЯИЦ И ЛИЧИНОК ГЕЛЬМИНТОВ**

Обзор

**Жукова А.А.<sup>1,\*</sup>, Гайдаш Д.В.<sup>2</sup>, Смирнова С.Н.<sup>3</sup>**<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-0725-2089;<sup>3</sup> ORCID: 0000-0002-4460-0935;<sup>1, 2, 3</sup> Медицинская академия имени С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО «КФУ имени В.И. Вернадского», Симферополь, Россия

\* Корреспондирующий автор (anna\_crimea09[at]mail.ru)

**Аннотация**

Яйца и личинки разных гельминтов обладают разной степенью устойчивости к факторам окружающей среды. Выживаемость и продолжительность жизни яиц и личинок гельминтов зависит от биотических и абиотических факторов окружающей среды. Биотические факторы включают живые организмы и их побочные продукты. Основные абиотические факторы, влияющие на выживание паразитов в окружающей среде, это: температура, относительная влажность, время пребывания и т.д. Изучение данных факторов помогает в разработке мер по борьбе с паразитарными заболеваниями.

**Ключевые слова:** гельминты, гельминтозы, яйца, устойчивость, окружающая среда.

**ENVIRONMENTAL FACTORS AND THEIR INFLUENCE ON THE VITALITY OF HELMINTH EGGS AND LARVAE**

Review

**Zhukova A.A.<sup>1,\*</sup>, Gaidash D.V.<sup>2</sup>, Smirnova S.N.<sup>3</sup>**<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-0725-2089;<sup>3</sup> ORCID: 0000-0002-4460-0935;<sup>1, 2, 3</sup> Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

\* Corresponding author (anna\_crimea09[at]mail.ru)

**Abstract**

Eggs and larvae of different helminths have a different degree of resistance to environmental factors. The survival and longevity of eggs and helminth larvae depend on biotic and abiotic environmental factors. Biotic factors include living organisms and their by-products. The main abiotic factors affecting the survival of parasites in the environment are as follows: temperature, relative humidity, residence time, etc. The study of these factors helps in the development of measures to combat parasitic diseases.

**Keywords:** helminths, helminthiasis, eggs, resistance, environment.

**Введение**

Более 4,5 миллиарда человек в мире поражено различными паразитарными заболеваниями [1]. Известно, что паразитозы ставят под угрозу качество жизни человека с доисторических времен. Важную роль в распространении паразитозов играют свойства яиц и личинок, обеспечивающие устойчивость и способствующих распространению паразита в окружающей среде.

**Основная часть**

Факторы, влияющие на выживание паразитов в окружающей среде, можно разделить на биотические и абиотические факторы. Биотические факторы включают живые организмы и их побочные продукты. По данным Эль Хамури и др. различные виды водорослей (*Clorella vulgaris*, *Scenedesmus obliquus* и т.д.) способствуют элиминации яиц гельминтов в прудах [2]. Также отмечено неблагоприятное воздействие на яйца гельминтов веществами, выделяемыми корневой системой календулы, ячменя, проса и т.д. В уничтожении яиц и личинок разных гельминтов участвуют хищные простейшие, свободноживущие плоские и кольчатые черви, ракообразные, моллюски и т.д. [3].

Основные абиотические факторы, влияющие на выживание паразитов в окружающей среде, это: температура, относительная влажность, время пребывания и т.д. Часть кишечных паразитов (*Enterobius*) демонстрируют цикл от хозяина к хозяину, и их яйца не нуждаются в экологической стадии созревания. Для других групп кишечных паразитов (*Ascaris*, *Trichuris*) характерен цикл хозяин-почва-хозяин, они нуждаются в инкубационном периоде для созревания их яиц. Яйца таких паразитов являются наиболее устойчивыми к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Яйца аскариды считаются более устойчивыми, по сравнению с другими кишечными паразитами. Такая устойчивость яиц аскариды связана со сложным многослойным строением их оболочки. Наружный белковый и углеводные слои, которые прилегают к нему, обеспечивают механическую защиту от повреждений, внутренний жироподобный слой делает оболочку устойчивой к воздействию кислот и щелочей. Такое строение яйца обеспечивает защиту личинки внутри яйца в течение длительного периода времени (до 15 лет), а также обеспечивает широкое географическое распространение паразита [5]. Низкие температуры замедляют обменные процессы внутри яйца, замедляя развитие личинки, но жизнеспособность яйца при этом сохраняется. В диапазоне температур 20–30°C pH среды играет существенную роль в выживании яиц *Ascaris*; однако, выше 50°C, температура становится

единственным наиболее важным фактором их выживания [2]. Отсутствие кислорода также не оказывает существенного влияния на их жизнеспособность [3], [4, С. 4]. В Германии вспышку аскаридоза связали с использованием сырых сточных вод для удобрения садов [6].

По сравнению с открытыми поверхностями, яйца, присутствующие в почве, защищены от солнечной радиации и высыхания, что помогает им выживать в течение длительного времени. Воздействие УФ облучения губительно для яиц паразитов, это связано с мутагенным действием УФ, что приводит к нарушению развития личинок в яйцах [7].

Менее устойчивыми к действию неблагоприятных факторов среды являются яйца ленточных червей. Так для яиц тениид характерно наличие внутри шестикрючного зародыша-онкосферы, окруженного толстой, радиально исчерченной оболочкой (эмбриофором). По данным Стори и Филлипс жизнеспособные яйца *Taenia saginata* обнаруживаются через 200 дней на поверхности почвы, и что выживаемость яиц увеличивается пропорционально глубине их нахождения [8]. Однако это может иметь небольшое эпидемиологическое значение, поскольку яйца, закопанные глубоко в почву могут иметь меньшую вероятность контакта с объектами.

Яйца *Echinococcus* остаются жизнеспособными при температурах ниже нуля в течение длительных периодов времени, но температуры от  $-70$  до  $-80^{\circ}\text{C}$  в течение 96 и 48 ч, соответственно, инактивируют яйца [9]. С другой стороны, яйца выдерживали температуру  $+65^{\circ}\text{C}$  в течение 2 часов, но погибали через 3 часа [10]. Яйца были более устойчивы к повышенным температурам, при нахождении в воде по сравнению с воздействием на них при относительной влажности 70% [10]. Это актуально, поскольку яйца могут быть в капельках воды на зелени, овощах ит.д. Воздействие низких температур яйца тениид переносят значительно лучше, чем высоких. Низкие температуры всего лишь замедляют развитие личинки в яйце. Так яйца *T. saginata* могут сохранять жизнеспособность при  $4^{\circ}\text{C}$  в течение 335 дней, но не после 60 дней при комнатной температуре ( $20^{\circ}\text{C}$ ) [11]. В естественной среде яйца тениид могут оставаться жизнеспособными в течение длительных периодов времени. Сообщалось, что максимальное время выживания яиц *E. multilocularis* составляет 240 дней в условиях осени/зимы в Германии и 78 дней летом [12]. Яйца *E. granulosus* оставались жизнеспособными до 41 месяца в среде аргентинской Патагонии [13] и только в течение четырех зимних месяцев в Новой Зеландии [14]. Для яиц *Taenia* было проведено меньше исследований жизнеспособности в окружающей среде. В старых исследованиях сообщалось о заражении крупного рогатого скота после инокуляции яиц *T. saginata*, после 23 недель нахождения в зимних и весенних условиях в Дании, и небольшая часть яиц оставалась жизнеспособной в естественных условиях среды, в Дании через 6,5–8,5 месяцев [11], [15]. Также яйца тениид демонстрируют более высокую жизнеспособность находясь вне сегментов стробилы [13, С. 72].

Развитие личинок стронгилят лошадей и овец происходит в навозе. Яйца вылупляются в широком диапазоне температур, и скорость их развития зависит от тепловых условий. Яйца *Strongyloides* могут вылупиться при  $45^{\circ}\text{F}$ , но для достижения инфекционной (L3) стадии личинки может потребоваться несколько недель. При температуре  $80^{\circ}\text{F}$  личинки паразита могут стать полностью заразными в течение 5 дней после того, как яйца покинут лошадь.

После вылупления из яйца личинки первой и второй стадии активно питаются в окружающей среде, поглощая органический материал и бактерии из навоза. Личинки третьей стадии (L3), которые являются инвазионными, покрыты мембраной, которая защищает их от высыхания. У личинок L3 отсутствует рот и они не могут питаться. Они выживают, используя запасы энергии, которые хранятся в клетках кишечника, и их количество очень ограничено. Черви сжигают энергию быстрее при более высоких температурах – и они умирают, когда их запасы энергии истощаются. Низкие температуры не убивают личинок, при этом снижая их энергопотребление, что способствует продлению их жизни.

В конском навозе обычно присутствует достаточное количество влаги, чтобы поддерживать развитие яиц и личинок стронгилят. Высушивание приводит к гибели большинства личинок первого и второго поколений, личинки третьего поколения более устойчивы и могут прожить при низкой влажности несколько месяцев [5, С. 251].

Необходимым условием для развития яиц и личинок стронгилят является наличие кислорода, что обеспечивается относительно рыхлой структура конского навоза [3].

Защитная наружная оболочка яиц токсокар толстая, плотная, мелкобугристая. Внутри незрелого яйца находится шаровидный бластомер, заполняющий почти все яйцо, в зрелом яйце находится живая личинка. По оценкам, загрязнение почвы яйцами *Toxosara* может составлять более 90% исследованных площадей по всему миру [16]. Это объясняется тем фактом, что зрелые яйца токсокар могут выживать в загрязненной почве даже в суровых условиях (например, они могут противостоять химическим веществам, широким диапазонам температур и нескольким степеням влажности), [17, С. 265-266], [18]. Жизнеспособность яиц, находящихся в окружающей среде, сохраняется в течение многих лет, что объясняет высокую вероятность заражения хозяев.

#### Заключение

Загрязненная окружающая среда представляет основной риск для здоровья человека и животных при данных заболеваниях. Предотвращение первоначального загрязнения и изучение факторов, вызывающих гибель яиц и личинок паразитов в окружающей среде является важным способом избежать заражения людей и животных.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Conflict of Interest

None declared.



### Список литературы / References

1. Shuval HL. Appropriate technology for water supply and sanitation—night soil composting / Shuval HL.. Washington DC: The World Bank; 1981, p.
2. El-Hamouri B. Chalabi High-rate algal pond performances in fecal coliforms and helminth egg removals Water Res / B. El-Hamouri, K. Khallayoune, K. Bouzoubaa., 28 (1994), pp. 171-174.
3. Feachem RG. Appropriate technology for water supply and sanitation: health aspects of excreta and sullage management—a state-of-the-art review / Feachem RG, Bradley DJ, Garelick H, Mara DD.. Vol. 3. Washington, DC: The World Bank; 1980.
4. Pecson B.M. Nelson The effects of temperature, pH, and ammonia concentration on the inactivation of Ascaris eggs in sewage sludge Water Res / Pecson B.M., J.A. Barrios, B.E. Jimenez, K.L., 41 (2007), pp. 2893-2902.
5. Sopper WE. Recycling treated municipal wastewater and sludge through forest and cropland / Sopper WE, Kardos LT.. University Park, PA: Pennsylvania State University; 1973, p. 251–256.
6. Sterritt RM. Microbiology for environmental and public health engineers / Sterritt RM.. New York: E & FN Spon; 1988, p. 252.
7. Murray, Nadel Textbook of Respiratory Medicine (Sixth Edition) Volume 2, 2016, Pages 1221-1242.e13.
8. Storey G.W. The survival of parasite eggs throughout the soil profile Parasitology / Storey G.W., R.A. Phillips, 91 (Pt 3) (1985), pp. 585-590.
9. Eckert J WHO/OIE Manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern World Organisation for Animal Health (Office International des Epizooties) and World Health Organization / Eckert J, Gemmell MA, Meslin FX, Pawlowski ZS., 2001.
10. Federer K. In vivo viability of Echinococcus multilocularis eggs in a rodent model after different thermo-treatments. Exp Parasitol. 2015;154:14–9. This investigation is the most recent attempt to assess the viability of sodium hypochlorite resistant oncospheres and their infectivity in a new mouse model / Federer K, Armua-Fernandez MT, Hoby S, Wenker C, Deplazes P.
11. Gemmell MA. Safe handling of infected definitive hosts and eggs of Echinococcus spp./ Gemmell MA. Bull World Health Organ. 1968;39(1):122–5.
12. Veit P. Influence of environmental factors on the infectivity of Echinococcus multilocularis eggs. / Veit P, Bilger B, Schad V. et al //Parasitology. 1995;110(1):79–86.
13. Sanchez Thevenet P. Viability and infectiousness of eggs of Echinococcus granulosus aged under natural conditions of temperate or arid climate. Vet Parasitol. / Sanchez Thevenet P, Jensen O, Drut R., et al. 2005;133(1):71–78.
14. Sweatman GK. Survival of Echinococcus granulosus and Taenia hydatigena eggs in two extreme climatic regions of New Zealand. / Sweatman GK, Williams RJ. Res Vet Sci. 1963;4(2):199–216.
15. Ilsoe B. A study on the survival of Taenia saginata eggs on soil in Denmark./ Ilsoe B, Kyvsgaard NC, Nansen P, Henriksen SA. Acta Vet Scand. 1990;31(2):153–8.
16. Kirchheimer R. Toxocara species egg contamination of soil from children's play areas in southern England./ Kirchheimer R, Jacobs DE: Vet Rec. 2008, 163 (13): 394-395. 10.1136/vr.163.13.394.
17. Despommier D: Toxocariasis: clinical aspects, epidemiology, medical ecology, and molecular aspects. / Despommier D: Clin Microbiol Rev. 2003, 16 (2): 265-272.
18. Parsons JC: Ascarid infections of cats and dogs. Vet Clin North Am Small Anim Pract. / Parsons JC: 1987, 17: 1307-1339.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.030>**БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ АНТРОПОГЕННО-НАРУШЕННЫХ БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСОВ ПРИАМУРЬЯ**

Научная статья

**Абрамова Е.Р.<sup>1</sup>, Кондратова А.В.<sup>2,\*</sup>, Шумилова Л.П.<sup>3</sup>, Пилецкая О.А.<sup>4</sup>**<sup>2</sup> ORCID: 0000-0001-5273-6253;<sup>1, 2, 3, 4</sup> Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск, Россия

\* Корреспондирующий автор (kondratova.ava[at]gmail.com)

**Аннотация**

Бореальные леса выполняют множество глобальных экосистемных функций, среди которых накопление углерода (С) в почвах является одной из важнейших и осуществляется в процессе биодеструкции растительного опада. Основными антропогенными нарушениями этих лесов являются лесные пожары и рубки, приводящие к значительному нарушению биологических свойств почв и, следовательно, способности экосистемы к биодеструкции органических остатков. Целью работы было изучить физико-химические и биологические свойства буроземных почв лиственничных лесов под воздействием рубок и пожаров. Исследования проведены в северной части Амурской области в лиственничных лесах предгорий хребта Тукурингра. Установлено значительное изменение кислотности почв, увеличение запасов грубого гумуса и повышенная влажность почв лесосеки, увеличилась мощность лесных подстилок в нарушенных лесах. Из-за повышенной инсоляции почвы нарушенных территорий прогреваются интенсивнее в весенний период, а в осенний период наблюдается более интенсивное охлаждение. Количество олиготрофных микроорганизмов и так же экзоферментов, участвующих в разложении труднодоступных органических веществ в почвах антропогенно-нарушенных территорий значительно ниже фоновых. Таким образом, наши исследования показывают, что пожары и рубки существенно изменяют почвенно-растительные условия и биологические свойства почв в бореальных лиственничниках. Из-за нарушенных биологических функций почв легкоразлагаемая часть опада минерализуется, а оставшаяся накапливается в форме грубого гумуса. Всё вместе это свидетельствует о замедлении цикла углерода и гумусообразования в нарушенных лесах бореальной зоны.

**Ключевые слова:** лиственничник, рубки, пожары, биология почв, биодеструкция.**BIOLOGICAL PROPERTIES OF SOILS IN ANTHROPOGENICALLY DISTURBED BOREAL FORESTS OF AMUR RIVER REGION**

Research article

**Abramova E.R.<sup>1</sup>, Kondratova A.V.<sup>2,\*</sup>, Shumilova L.P.<sup>3</sup>, Piletskaya O.A.<sup>4</sup>**<sup>2</sup> ORCID: 0000-0001-5273-6253;<sup>1, 2, 3, 4</sup> Institute of Geology and Nature Management, FEB RAS, Blagoveshchensk, Russia

\* Corresponding author (kondratova.ava[at]gmail.com)

**Abstract**

Boreal forests carry out numerous global ecosystem functions; namely, the accumulation of carbon (C) in soils is one of the most important ones, and it goes during the process of biodestruction of plant litter. Forest fires and logging are the major anthropogenic violations of these forests; they lead to a significant violation of the biological properties of soils and, consequently, the ability of the ecosystem to biodegrade organic residues. The goal of this work is to study the physicochemical and biological properties of brown soil of larch forests affected by deforestation and fires. The studies were conducted in the northern part of the Amur Region in the larch forests of the foothills of the Tukuringra ridge. There is a significant change in soil acidity, the increase in coarse humus reserves, and increased soil moisture in the disturbed area, besides the thickness of forest litter in disturbed forests has increased. Due to the increased insolation, the soils of disturbed areas warm up more intensively in the spring and cool more intensely in the autumn. The number of oligotrophic microorganisms and exoenzymes involved in the decomposition of hard-to-reach organic substances in the soils of anthropogenically disturbed territories is much lower than the background. Thus, our studies show that fires and logging significantly alter the soil and plant conditions and biological properties of soils in boreal larch forests. Due to the disturbed biological functions of the soil, the easily degradable part of the litter is mineralized, and the remaining part accumulates in the form of rough humus. All together, this indicates a slowdown in the carbon cycle and humus formation in the disturbed forests of the boreal zone.

**Keywords:** larch, logging, fires, soil biology, biodegradation.**Введение**

Бореальные леса являются самым большим стоком углерода (С) среди экосистем суши. При этом лиственничные леса северного полушария - самый большой и наименее изученный лесной массив в мире, занимающий 44% площади бореальных лесов [1]. Динамика этих лесов во многом связана с современной деятельностью человека: ведением лесозаготовительной деятельности, пожарами, использованием в качестве сельскохозяйственных угодий. Ежегодно в исследуемом регионе (Дальний Восток России) низовыми пожарами нарушается более 1 млн. га леса. По данным ООН (ФАО) объём ежегодных лесозаготовок в исследуемом регионе составляет свыше 15 млн. куб. м. Последствием рубок и пожаров являются отчуждение большей части наземной биомассы, уплотнение почвенного слоя, изменение большинства почвенных свойств и запасов питательных элементов, изменение влажности почв и многих других

параметров. Все эти последствия оказывают влияние на основные экосистемные функции бореальных лесов в том числе депонирование С в процессе разложения опада и круговорот питательных веществ.

Поскольку частота лесных пожаров и площади сплошных вырубок возрастают с каждым годом, необходимо понимать, как эти нарушения изменяют основные почвенные свойства, влияющие на круговорот С, в том числе - биологическую активность почв (микробиологическую и ферментативную). На вырубках отмечается уменьшение содержания С в лесных подстилках, возрастание значений pH по сравнению с исходными почвами в большинстве типов леса [2], [3], [4]. Пожары на долгие десятилетия уменьшают биологическую активность почв и изменяют кислотность в щелочную сторону [5].

Микробные сообщества и производимые ими ферменты непосредственно влияют на разложение органического вещества и круговорот питательных веществ [6], [7], [8]. Относительный уровень ферментативной активности диагностирует интенсивность и направленность различных процессов, как в естественных условиях, так и при различных антропогенных воздействиях. Производство внеклеточных ферментов является лимитирующей стадией процесса разложения [8]. Пожары могут приводить к уменьшению микробных популяций, особенно в верхних горизонтах почвы [5], тогда как после лесозаготовок микробиоценозы страдают в меньшей степени [9].

Таким образом, два основных фактора нарушения лесных экосистем рубки и пожары имеют во многом схожее влияние на почвенные свойства и круговорот С. Однако одновременные исследования этих антропогенных нарушений в литературе представлены весьма ограничено [10]. В лиственных лесах бореальной зоны России подобные исследования не проводились вовсе. Поэтому целью данной работы было изучить физико-химические и биологические свойства буроземных почв лиственных лесов под воздействием антропогенных нарушений.

### Методы

Исследования проводили на трех исследовательских площадках размером по 0,25 га каждая в лиственных (*Larix Gmelinii* Rupr.) лесах хр. Тукурингра (Верхнее Приамурье). Исследования проведены на зарастающей лесосеке, пройденной сплошной рубкой в 2005 году (38L-лесосека); в зрелом лиственном лесу, значительно угнетённом устойчивым низовым пожаром 2003 года (37Р-гарь). Контрольная площадка (38К-контроль), заложена в лиственном лесу в пределах особо охраняемой природной территории (ООПТ) Зейский заповедник, который, по международной классификации МСОП (*IUCN*), отнесён к типу «строгий резерват». Этот лес отражает естественный ход биогеохимических процессов в ненарушенных лиственных лесах бореальной зоны и отделён от лесосеки автомобильной дорогой, а от гари удален лишь на 800 м, что позволяет рассматривать его как фон по отношению к обоим типам антропогенного нарушения. Такая схема расположения участков позволяет проводить исследования в одних ландшафтно-климатических условиях, где различающимся фактором является только тип нарушения. Территория относится к зоне прерывистой многолетней мерзлоты со среднегодовой температурой воздуха  $-0,7^{\circ}\text{C}$ . Минимальная среднемесячная температура воздуха приходится на январь ( $-19,3^{\circ}\text{C}$ ), максимальная - на июль ( $+19,1^{\circ}\text{C}$ ). Среднегодовое количество осадков составляет 526,8 мм, из которых 77% выпадает в виде дождя с июля по сентябрь (Амурский центр гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды, 2015).

Для исследования физико-химических свойств, цилиндрами на глубину до 20 см, отобраны образцы почв. Образцы доведены до воздушно-сухого состояния, измельчены и пропущены через сито с диаметром ячейки 2 мм. Исследования почв проведены на базе Аналитического центра минералого-геохимических исследований ИГиП ДВО РАН по общепринятым методикам. Содержание органического углерода определено методом сжигания пробы в струе кислорода на элементном анализаторе Shimadzu TOC- L CSN. Для наблюдения за температурой почв в течение вегетационного сезона на глубине 5 см помещались автономные регистраторы (Tidbit UTBI-001 (Oneset Corp., США), которые фиксировали температуру почв каждый час. Для наблюдения за почвенной влажностью производились ежемесячные отборы почвенных образцов.

Для изучения микробиологической активности на каждой площадке отбирали по 3 смешанных образца подстилки. Основные эколого-трофические группы микроорганизмов учитывали на разных агаризованных средах методом серийных разведений [11]. Для учета численности аммонификаторов использовали мясо-пептонный агар (МПА), для использующих минеральные соединения азота микроорганизмов и актиномицетов – крахмало-аммиачный агар (КАА), для учета олиготрофной микрофлоры – почвенный голодный агар (ПА), для учета почвенных микроскопических грибов – среду Чапека. Направленность и интенсивность процессов трансформации органического вещества оценивали с помощью микробиологических коэффициентов. Коэффициент минерализации и иммобилизации Мишустина рассчитывали как отношение численности микроорганизмов, учтенных на крахмало-аммиачном агаре, к численности микроорганизмов, учтенных на мясо-пептонном агаре (КАА/МПА). Коэффициент микробиологической трансформации органического вещества рассчитывали по формуле:  $(\text{МПА} + \text{КАА}) \times (\text{МПА}/\text{КАА})$  [12], [13]. Активность ферментов пероксидазы и полифенолоксидазы определяли методом А. Ш. Галстяна [14]. Результаты лабораторных определений и фактические данные полевых измерений обработаны методами математической статистики в программе RStudio v1.1.463 [15].

### Результаты и их обсуждение

#### 1. Влияние пожаров и рубок на физико-химические свойства почв и подстилок бореальных лиственных лесов

Почвы исследуемой территории представлены бурозёмами грубогумусовыми, с мощностью профиля менее 50 см, с глубины 20 см сильнокаменистые, сформированы на элюво-делювии гранитов. Учитывая однородность морфологического строения почв, однотипность рельефа и принадлежность лесов к одному классу бонитета до пожара и рубки, мы рассматриваем значимо различающиеся почвенные свойства как следствие антропогенного воздействия. Так на нарушенных территориях наблюдается смещение реакции среды в щелочную сторону наиболее выраженное на гари (см. таблицу 1). Процессы накопления и трансформации почвенного С существенно изменяется как под влиянием горения, так и сплошных вырубок. Обнаруженное максимальное содержание С на территории, подвергшейся сплошной рубке (38L) свидетельствует о замедленных темпах минерализации и биодеструкции

органического вещества вследствие медленного разложения большого количества порубочных остатков и корневых систем вырубленных деревьев. В других исследованиях показано, что несмотря на разрушающий эффект пожаров и лесозаготовок, последние оказывают менее негативное влияние на содержание углерода в почве [10]. При анализе дисперсий изучаемых почвенных свойств, выявлено схожее варьирование влажности и органического вещества, подтверждающее функциональную взаимосвязь этих почвенных свойств. Кроме того, ковариация почвенных свойств на всех исследуемых площадках подтверждает однонаправленность воздействия сплошных вырубок и пожаров на почвенные свойства.

Таблица 1 – Характеристика древостоя и свойства почв исследуемых лесов

Параметры	38К (контроль)	37Р (гарь)	38Л (лесосека)
Количество деревьев, шт./га	948	204	252
Площадь поперечного сечения (м <sup>2</sup> /га)	24.0	15.7	1.4
pH (H <sub>2</sub> O)	5.15±0.23	5.87±0.35	5.29±0.4
C (%)	20.11±2.02	21.1±2.91	33.4±2.53
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	165±45	183±86	311±45
K <sub>2</sub> O, мг/кг	656±208	257±77	557±112
Слой подстилки, см	6.3±1.1	6.8±1.9	9.9±2.4

Результаты исследований показали, что устойчивые низовые пожары и рубка оказывают долговременное воздействие на микроклиматические условия (см. рисунок 1). На лесосеке (38Л) по сравнению с контролем (38К) в среднем за сезон наблюдается повышение влажности подстилки на 28% ( $p < 0.001$ ). Почвы нарушенных территорий прогреваются весной раньше, чем в контрольном лесу, что объясняется изреженным растительным покровом. Однако и остывание почв на этих территориях начинается раньше, чем на контроле. Отметим, что на лесосеке мощность подстилки и её влажность больше чем на контроле (см. таблицу 1, см. рисунок 1). Совокупность этих двух факторов должна способствовать аккумуляции тепла и большему его удержанию в осенний период, однако этого не происходит.

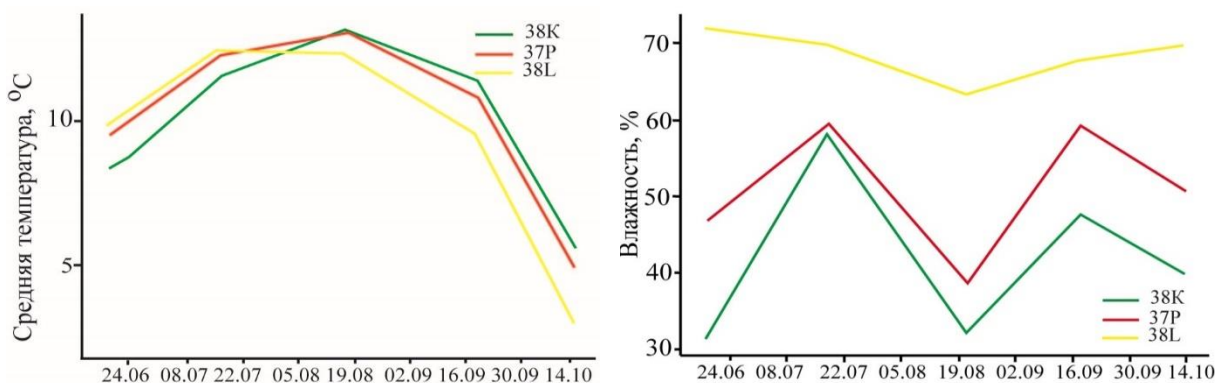


Рис. 1 – Сезонная динамика температуры и влажности почв. Каждая точка на графике отражает среднее значение из 10 индивидуальных измерений

## 2. Микробиологическая активность в лиственничниках, нарушенных пожарами и рубками

Результаты исследований показали, что распределение физиологических групп микроорганизмов в структуре субстратов на изученных площадках варьирует незначительно (см. таблицу 2). В подстилке контрольной площадки (38К) в структуре микробного сообщества преобладают олиготрофные организмы, что указывает на обедненность субстрата легко минерализуемым органическим веществом.

На лесосеке (38Л) микробные комплексы имеют достаточно выровненную структуру. По сравнению с контролем в подстилке лесосеки численность микроорганизмов возрастает в среднем в 1,3 раза (см. таблицу 2). По-видимому, благодаря повышению температуры почвы в результате усиления инсоляции и большому объему порубочных остатков произошло увеличение численности микроорганизмов.

В подстилке 15-летней гари (37Р) отмечена минимальная численность всех исследуемых эколого-трофических групп микроорганизмов: преобладают бактерии, использующие минеральные источники азота, и олиготрофы. По сравнению с контролем численность микромикетов в постпирогенной подстилке ниже в 1,6 раза, аммонификаторов – в 5 раз, олиготрофов – в 1,9 и прототрофов – в 1,1 раза.

В целом можно отметить, что в большинстве исследуемых микробсообществ доминирует группа олиготрофных микроорганизмов, что характерно для бореальных экосистем. Олиготрофы выступают в качестве основных утилизаторов, поступающих в почву трудно разлагаемого опада на завершающем этапе разложения растительной биомассы, когда концентрация доступных питательных элементов для развития других групп микроорганизмов низка. Обильно представлены аммонификаторы, присутствие которых свидетельствует о насыщенности субстратов частично или полностью разложившейся органикой. Прототрофы дополняют структуру и уравнивают происходящие почвообразовательные процессы. Доля присутствия этих физиологических групп показывает обеспеченность субстратов азотом.

Таблица 2 – Микробиологические показатели лесной подстилки

Коэффициенты		Эколого-трофические группы микроорганизмов, КОЕ / г абс.-сухой почвы				
Кoeffициент Мишустина	Кoeffициент микробиологической трансформации органического вещества	Микроскопические грибы на Чапеке	Аммонификаторы на МПА	Олиготрофы на ПА	Прототрофы на КАА	
					актиномицеты	бактерии
Контроль (38K)						
0,9	3	0,8*10 <sup>6</sup>	1,5*10 <sup>6</sup>	2,1*10 <sup>6</sup>	0,2*10 <sup>6</sup>	1,3*10 <sup>6</sup>
Лесосека (38L)						
0,6	5,7	0,7*10 <sup>6</sup>	2,3*10 <sup>6</sup>	2,4*10 <sup>6</sup>	0,1*10 <sup>6</sup>	1,4*10 <sup>6</sup>
Гарь (37P)						
4	0.34	0.5*10 <sup>6</sup>	0.3*10 <sup>6</sup>	1.1*10 <sup>6</sup>	0.2*10 <sup>6</sup>	1.2*10 <sup>6</sup>

Количественное распределение микроскопических грибов и актиномицетов в исследуемых микробных сообществах равномерное, без резких колебаний. Реакция среды в исследуемых субстратах кислая и слабокислая, что способствует развитию в основном микробной массы; для грибов предпочтительнее более кислая pH среды. Возможно, в том числе и поэтому невысока доля их численности в субстратах постпирогенного леса. Количество актиномицетов незначительно увеличилось с подщелачиванием субстрата, они плохо переносят кислую реакцию среды. Микромицеты и актиномицеты незначительно участвуют в микробоценозах изученных площадок, хотя именно они являются основными деструкторами трудно разлагаемого органического вещества, участвуют в образовании и разложении гумуса.

В постпирогенных субстратах изменяется интенсивность и направленность микробиологических процессов. В подстилке гари отмечена минимальная численность микроорганизмов среди изучаемых площадок, доминирует процесс иммобилизации азота, очень низкая скорость трансформации органического вещества. В лесной подстилке после вырубki зафиксирован всплеск численности микроорганизмов в результате поступления большого количества порубочного материала. Исследования влияния лесных пожаров на свойства подзолистых почв под сосняками (Европейско-Западно-Сибирская таежно-лесная область) также показали, что почва через 14 лет после пожара характеризуется пониженной микробиологической активностью: снижением численности бактерий, микромицетов, актиномицетов [16].

### 3. Ферментативная активность в лиственничниках, нарушенных пожарами и рубками

Для более полной характеристики биологического состояния лесных экосистем при антропогенных нагрузках изучена сезонная динамика активности почвенных ферментов. Наибольший интерес представляют активность ферментов, отражающих интенсивность окислительно-восстановительных процессов, происходящих в лесной подстилке. Обогащённость лесных подстилок фенольными соединениями опада хвои вызывает необходимость активной работы таких ферментов, как пероксидаза и полифенолоксидаза, уровень которых четко отражает степень антропогенного воздействия [17]. Действие пероксидаз и фенолоксидаз направлено на разложение лигнина. Полифенолоксидаза осуществляет окисление фенолов за счёт кислорода воздуха до хинонов, которые способны к быстрой полимеризации, конденсации и образованию гумусоподобных веществ. Пероксидаза катализирует окисление фенолов за счёт кислорода перекиси водорода и участвует в процессе минерализации гумусовых веществ. Увеличение активности пероксидазы свидетельствует о нежелательных процессах в почве с позиции гумусонакопления – о преобладании процессов распада над синтезом гумусовых веществ. Для более полной характеристики состояния лесных экосистем при различных антропогенных нагрузках изучена сезонная динамика активности пероксидазы и полифенолоксидазы. Самая высокая активность полифенолоксидазы наблюдалась в начале и конце вегетационного периода. Антропогенные нарушения привели к снижению активности полифенолоксидазы, причем наибольшее отрицательное влияние выражено на гари. Так на гари в мае активности полифенолоксидазы снижена на 62 единицы по сравнению с контролем ( $p < 0,001$ ) и на 57 единиц – по сравнению с лесосекой (см. рисунок 2).

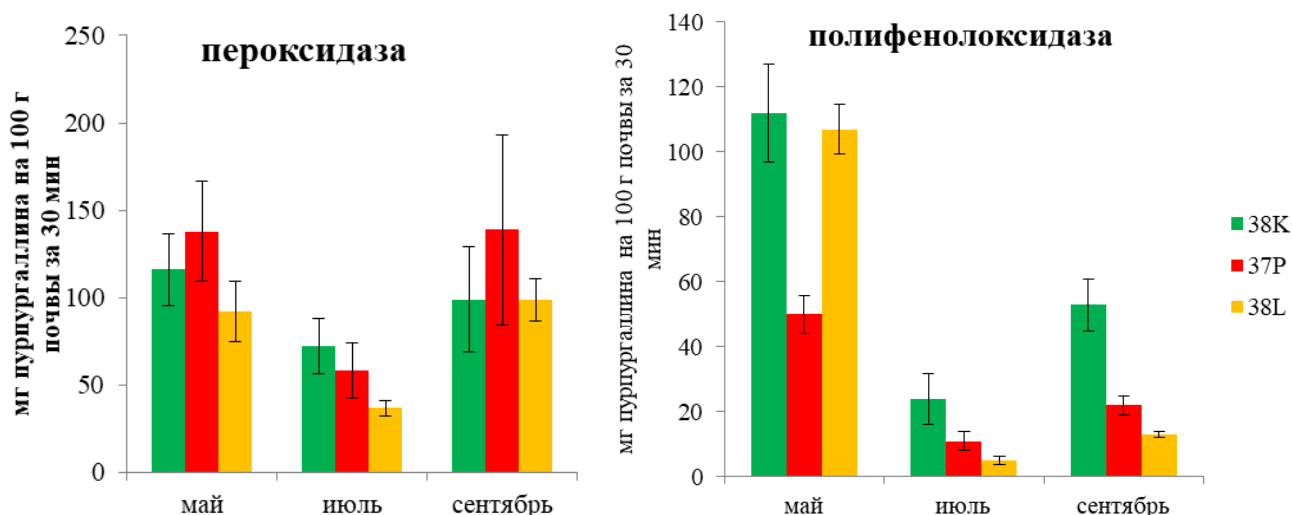


Рис. 2 – Динамика ферментативной активности в естественном и нарушенных пожаром и рубкой лиственничниках. Планки погрешностей отображают  $\pm 1$  стандартную ошибку средней ( $n=5$ )

В сентябре статистическое значимое снижение активности полифенолоксидазы по сравнению с контролем наблюдается и на гари ( $p<0,01$ ) и на лесосеке ( $p<0,001$ ). Чем выше уровень разложения органических веществ, тем ниже активность фенолоксидаз и пероксидаз. Потенциальная активность этих ферментов обычно возрастает по мере увеличения в почве содержания лигнина. Таким образом, снижение активности полифенолоксидазы в нарушенных древостоях может быть связано с замедлением скорости разложения органических веществ. Аналогично нашему исследованию снижение активности ферментов класса оксидоредуктаз было обнаружено в подзолистых почвах таежной зоны Западной Сибири на этапе вторичной сукцессии (восстановление соснового леса через 14 лет после пожара) [16].

Соотношение активности полифенолоксидазы и пероксидазы используется как коэффициент гумификации, а его значение свыше 1 свидетельствует о преобладании процессов гумусообразования над его минерализацией. Полученные в нашем исследовании значения данного коэффициента (см. таблицу 3) указывают на неблагоприятные условия для гумификации растительных остатков на гари на протяжении всего периода вегетации.

Таблица 3 – Коэффициент гумификации в лиственничниках, подверженных антропогенным нарушениям

Площадка	май	июль	сентябрь
38K	0,966	0,333	0,535
37P	0,362	0,189	0,159
38L	1,16	0,135	0,131

### Закключение

Таким образом, наши исследования показывают, что пожары и рубки существенно изменяют почвенно-растительные условия в бореальных лиственничниках. Происходит смещение реакции среды, и ослабление биологической функции почв. В большей степени снижение микробиологической и ферментативной активности выражено на гари. На лесосеке из-за сниженной биологической активности накопилась мощная лесная подстилка и увеличились запасы грубого органического вещества. Учитывая, что гумусообразование происходит преимущественно на поздних стадиях разложения то биологические свойства почв, играют определяющую роль в этом процессе. Наши результаты показывают, что на нарушенных территориях поздние стадии разложения - замедленные и легкоразлагаемая часть опада минерализуется, а оставшаяся накапливается в форме грубого гумуса. Всё вместе это свидетельствует о замедлении цикла углерода в нарушенных лесах бореальной зоны.

### Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00454.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Funding

The reported study was funded by RFBR according to the research project № 18-35-00454.

### Conflict of Interest

None declared.

### Список литературы / References

1. Bartalev S. A new SPOT4-VEGETATION derived land cover map of Northern Eurasia / Bartalev S. et al. // International Journal of Remote Sensing. – 2003. – № 24 (9). – P. 1977–1982.
2. Prescott C. Litter decomposition: What controls it and how can we alter it to sequester more carbon in forest soils? / C. Prescott// Biogeochemistry. – 2010. – № 101 (1). – P. 133–149.
3. Shorohova, E. 2016. The decomposition rate of non-stem components of coarse woody debris (CWD) in European boreal forests mainly depends on site moisture and tree species / Shorohova E., Kapitsa E. // Eur. J. For. Res. – 2016. – № 135 (3). – P. 593–606.

4. Дымов А. А. Влияние сплошных рубок в бореальных лесах России на почвы (Обзор) / А. А. Дымов // Почвоведение. – 2017. – № 7. – С. 787–798.
5. Nearya D. G. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis / D. G. Nearya et al. // Forest Ecology and Management. – 1999. – № 122 (1-2). – P. 51–71.
6. deGraaff M. A. Labile soil carbon inputs mediate the soil microbial community composition and plant residue decomposition rates / deGraaff M. A. Schneider, T. New Phytologist. – 2010. – № 188 (4). – P. 1055–1064.
7. Dooley S. R. The effect of fire on microbial biomass: a meta-analysis of field studies / Dooley S. R., Treseder K. K. // Biogeochemistry. – 2012. – № 109 (1/3). – P. 49–61.
8. Schneider T. Who is who in litter decomposition? Metaproteomics reveals major microbial players and their biogeochemical functions / Schneider T. et al. // The ISME Journal. – 2012. – № 6 (9). – P. 1749–1762.
9. LeDuc S. D. Initial recovery of soil carbon and nitrogen pools and dynamics following disturbance in jack pine forests: a comparison of wildfire and clearcut harvesting / LeDuc S. D., Rothstein D. E. // Soil Biol. Biochem. – 2007. – № 39 (11). – P. 2865–2876.
10. Chen H. Y. H. Stand age, fire and clear cutting affect soil organic carbon and aggregation of mineral soils in boreal forests / Chen H. Y. H., Shrestha B. M. // Soil Biol. Biochem. – 2012. – № 50. – P. 149–157.
11. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. – М: Издательство МГУ, 1991. – 304 с.
12. Мишустин Е. Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов / Е. Н. Мишустин. – М.: Наука, 1975. – 114 с.
13. Методы биодиагностики наземных экосистем / отв. ред. К. Ш. Казеев. – Ростов-на-Дону: издательство Южного федерального университета, 2016. – 356 с.
14. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
15. R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2017.
16. Бурлакова Л. М. Влияние лесных пожаров на свойства подзолистых почв (на примере Ханты – Мансийского автономного округа) / Л. М. Бурлакова, Г. Г. Морковкин, Ю.С. Ананьева, С. И. Завалишин, В. А. Каменский // Лесной вестник. – 2002. – № 2. – С. 67–70.
17. Казеев К. Ш. Биодиагностика почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – Ростов н. Д: Издательство Южного федерального университета, 2012. – 260 с.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Bartalev S. A new SPOT4-VEGETATION derived land cover map of Northern Eurasia / Bartalev S. et al. // International Journal of Remote Sensing. – 2003. – № 24 (9). – P. 1977–1982.
2. Prescott C. Litter decomposition: What controls it and how can we alter it to sequester more carbon in forest soils? /C. Prescott// Biogeochemistry. – 2010. – № 101 (1). – P. 133–149.
3. Shorohova, E. 2016. The decomposition rate of non-stem components of coarse woody debris (CWD) in European boreal forests mainly depends on site moisture and tree species / Shorohova E., Kapitsa E. // Eur. J. For. Res. – 2016. – № 135 (3). – P. 593–606.
4. Dymov A. A. Vliyaniye sploshnykh rubok v boreal'nykh lesakh Rossii na pochvy (Obzor) [The Effect of Clear Cuttings in the Boreal Forests of Russia on Soils (Overview)]. Pochvovedeniye [Soil Science]. – 2017. – №. 7. – P. 787–798. [in Russian]
5. Nearya D. G. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis / D. G. Nearya et al. // Forest Ecology and Management. – 1999. – №. 122 (1–2). – P. 51–71.
6. deGraaff M. A. Labile soil carbon inputs mediate the soil microbial community composition and plant residue decomposition rates / deGraaff M. A. Schneider, T. New Phytologist. – 2010. – № 188 (4). – P. 1055–1064.
7. Dooley S. R. The effect of fire on microbial biomass: a meta-analysis of field studies / Dooley S. R. , Treseder K. K. // Biogeochemistry. 2012. – № 109 (1/3). – P. 49–61.
8. Schneider T. Who is who in litter decomposition? Metaproteomics reveals major microbial players and their biogeochemical functions / Schneider T. et al. // The ISME Journal. – 2012. – № 6 (9). – P. 1749–1762.
9. LeDuc S. D. Initial recovery of soil carbon and nitrogen pools and dynamics following disturbance in jack pine forests: a comparison of wildfire and clearcut harvesting / LeDuc S. D., Rothstein D. E. // Soil Biol. Biochem. – 2007. – № 39 (11). – P. 2865–2876.
10. Chen H. Y. H. Stand age, fire and clear cutting affect soil organic carbon and aggregation of mineral soils in boreal forests / Chen H. Y. H., Shrestha B. M. // Soil Biol. Biochem. – 2012. – № 50. – P. 149–157.
11. Metody pochvennoi mikrobiologii i biokhimii [Methods of soil Microbiology and biochemistry] / pod red. D. G. Zvyagintseva. – M: Izd-vo MGU, 1991. – 304 p. [in Russian]
12. Mishustin E. N. Assotsiatsii pochvennykh mikroorganizmov [Associations of soil microorganisms] / E. N. Mishustin. – M.: Nauka, 1975. – 114 p. [in Russian]
13. Metody biodiagnostiki nazemnykh ekosistem [Methods of bio-diagnostics of terrestrial ecosystems] / отв. ред. К. Ш. Казеев. – Ростов-на-Дону: izd. Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2016. – 356 p. [in Russian]
14. Khaziev F. Kh. Metody pochvennoi enzimologii [Methods of soil Enzymology] / F. Kh. Khaziev. – M.: Nauka, 2005. – 252 p. [in Russian]
15. R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2017.
16. Burlakova L. M. Vliyaniye lesnykh pozharov na svoistva podzolistykh pochv (na pri-mere Khanty – Mansiiskogo avtonomnogo okruga) [Influence of forest fires on the properties of podzolic soils (on the example of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug)] / L. M. Burlakova, G. G. Morkovkin, Yu.S. Anan'eva, S. I. Zavalishin, V. A. Kamenskii // Lesnoi vestnik [Forest Bulletin]. – 2002. – № 2. – P. 67–70. [in Russian]
17. Kazeev K. Sh. Biodiagnostika pochv: metodologiya i metody is-sledovaniy [Soil biodiagnostics: research methodology and methods] / K. Sh. Kazeev, S. I. Kolesnikov. – Rostov n/D: Izd-vo Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2012. – 260 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.031>**РЕСУРСНАЯ ОЦЕНКА GLYCYRRHIZA GLABRA L. В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Научная статья

**Недилько О.В.<sup>1,\*</sup>, Яницкая А.В.<sup>2</sup>, Холод К.М.<sup>3</sup>, Демидова В.В.<sup>3</sup>, Овсянкина Н.В.<sup>4</sup>, Дьячков С.И.<sup>5</sup>**<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-6365-0399;<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> ФГБОУ ВО Волгоградский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, Волгоград, Россия

\* Корреспондирующий автор (letneva[at]list.ru)

**Аннотация**

В результате проведенного маршрутно-рекогносцировочного исследования территории шести районов Волгоградской области были установлены места произрастания солодки голой (*Glycyrrhiza glabra* L.) и определены запасы солодкового корня. Совокупная площадь выявленных зарослей *G. glabra* составляет 14 га. Промысловое значение имеют ценопопуляции лекарственного растения на пойменных участках крупных рек Хопер, Дон, Ахтуба. Общий биологический запас солодкового корня в пойменных ценопопуляциях составляет 217,9 т, общий эксплуатационный запас – 212,5 т, а объем возможных ежегодных заготовок – 26,5 т.

**Ключевые слова:** *Glycyrrhiza glabra* L., лекарственное растительное сырье, ценопопуляция, биологический запас, эксплуатационный запас, возможный объем ежегодных заготовок, Волгоградская область.

**RESOURCE ASSESSMENT OF GLYCYRRHIZA GLABRA L. IN THE NATURAL CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD REGION**

Research article

**Nedilko O.V.<sup>1,\*</sup>, Yanitskaya A.V.<sup>2</sup>, Kholod K.M.<sup>3</sup>, Demidova V.V.<sup>3</sup>, Ovsyankina N.V.<sup>4</sup>, Dyachkov S.I.<sup>5</sup>**<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-6365-0399;<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> FSBEI HE «Volograd State Medical University» of Public Health Ministry of the Russian Federation, Volgograd, Russia

\* Corresponding author (letneva[at]list.ru)

**Abstract**

As a result of the route-reconnaissance study of the territory of six districts of the Volgograd region, the places of growth of licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) were established and the reserves of licorice root were determined. The total area of identified thickets of *G. glabra* is 14 ha. Cenopopulations of a medicinal plant on floodplain sections of large rivers Koper, Don, Akhtuba are of commercial importance. The total biological reserve of licorice root in floodplain cenopopulations is 217.9 tons, the total exploitation reserve is 212.5 tons, and the probable volume of annual storage is 26.5 tons.

**Keywords:** *Glycyrrhiza glabra* L., medicinal plant material, cenopopulation, biological reserve, exploitation reserve, probable volume of annual storage, Volgograd region.

**Введение**

Солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.) – промышленно-значимое растение, мировая потребность в подземных органах которого постоянно растет [1]. В настоящее время для отечественной фармации актуальной проблемой является поиск новых сырьевых ресурсов данного лекарственного растения для производства лекарственных средств. Это в значительной мере связано с широким спросом населения на лекарственное растительное сырье и фитопрепараты на его основе, а также с использованием солодкового корня в различных отраслях отечественной промышленности (пищевой, текстильной и др.). К сожалению, современное состояние отечественной сырьевой базы *G. glabra* не соответствует номенклатурным возможностям и потребностям химико-фармацевтического производства. При этом запасы лекарственного растения на территории Российской Федерации и в отдельных ее регионах остаются малоизученными, а имеющиеся о них данные носят дискретный характер [2].

Следует отметить, что *G. glabra* является наиболее распространенным видом среди лекарственных растений умеренных и субтропических зон всех континентов [3]. Данное растение типично для юга европейской части нашей страны. В частности, в Волгоградской области *G. glabra* образует достаточно крупные по площади популяции, что обуславливает потенциальные возможности данного региона в плане обеспечения активно развивающейся в настоящее время химико-фармацевтического производства в экологически чистом и качественном растительном сырье [4], [5].

**Методы и принципы исследования**

Ресурсоведческие исследования проводили на территории шести административных районов (Алексеевского, Кумылженского, Михайловского, Городищенского, Ольховского и Среднеахтубинского) Волгоградской области в период с 2018 по 2020 гг. За единицу исследования нами была взята ценогическая популяция (ЦП) *G. glabra*, произрастающая в естественных условиях данного региона. Географические координаты и площади для выявленных в ходе экспедиционных исследований ценопопуляций лекарственного растения устанавливали с помощью навигатора Garmin GPSMAP 64st с нанесением их границ на спутниковую карту в программе SASPlanet.

Определение урожайности подземных органов *G. glabra* проводили на конкретных зарослях методом учетных площадок [6]. Данный метод был выбран с учетом того, что подземная система лекарственного растения представлена разветвленной сетью хорошо развитых горизонтальных корневищ и вторично-стержневых корневых систем, проникающих на различную глубину, поэтому границы товарного экземпляра (корневища, корня) достаточно трудно



определить [8]. Это позволяет не производить дополнительные расчеты, снижающие достоверность наших исследований. В пределах каждой ценопопуляции случайным способом равномерно закладывали учетные площадки 1 м<sup>2</sup> и определяли ее плотность (количество надземных побегов на 1 м<sup>2</sup>). С каждой учетной площадки выкапывали подземные органы до глубины около 50 см, отбирая только куски корневищ и корней толщиной не менее 5 мм, и проводили взвешивание на электронных весах (с точностью до 1 г). Таким образом, получали значения выхода сырьевой фитомассы *G. glabra* с единицы площади. Биологический запас, эксплуатационный запас, а также возможный ежегодный объем заготовок солодкового корня вычисляли по общеизвестным формулам [6].

С выявленных ценопопуляций *G. glabra* были собраны гербарные образцы, с целью дальнейшей оценки таких морфометрических параметров: число листьев, длина и ширина сложных листьев и отдельных листочков, количество и длина соцветий, количество цветков [7]. По результатам данных исследований были сделаны заключения о стабильности ценопопуляций *G. glabra* в конкретных условиях местообитания [9], [10].

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета программ MS Excel.

### Основные результаты

Солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.) – многолетнее травянистое поликарпическое растение семейства Бобовые (*Fabaceae*), длиннокорневищностержневой гемикриптофит с ежегодно отмирающими на зиму надземными побегами. В природных популяциях у данного растения преобладает вегетативное размножение, парциальные кусты и связывающие их очень прочные горизонтальные корневища остаются живыми многие годы [2], [11]. В Волгоградской области *G. glabra* встречается спорадически, местами образуя достаточно крупные заросли. В ходе проведенных экспедиций на территории исследуемых районов данного региона были выявлены 12 ценопопуляций *G. glabra*, и установлены следующие геоботанические характеристики: географические координаты, площадь ценопопуляции и плотность стояния побегов (см. таблицу 1), а также флористический состав занятых лекарственным растением участков.

Таблица 1 – Характеристика ценопопуляций (ЦП) *Glycyrrhiza glabra* L. в Волгоградской области

№ ЦП	Местонахождение ЦП, географические координаты	Площадь, га	Плотность (шт/м <sup>2</sup> )
Алексеевский район			
1	N50°04.860'; E42°19.016' близ ст. Аржановская, солодково-злаково-разнотравная ассоциация	0,91	11,5±2,6
Кумыженский район			
2	N 49° 37.092', E 42°11.812' близ ст. Букановская солодково-злаково-разнотравная ассоциация	0,14	13,3±2,2
3	N 49°38.720', E 42°17.852' близ ст. Букановская (Заготзерно) солодково-злаково-разнотравная ассоциация (Рис. 1)	3,15	23,2±6,2
4	N 49°48.422', E 42°30.510' близ ст. Слащевская солодково-злаково-разнотравная ассоциация	1,12	12,6±2,2
5	N 49°52.109', E 42°24.145' близ х. Пески солодково-злаково-разнотравная ассоциация (Рис. 2)	6,5	16,8±3,4
6	N 49°37.605', E 42°16.195' х. Шакин злаково-разнотравная ассоциация	0,015	8,6±1,8
Ольховский район			
7	N49°36.250', E44°20.850' с. Зензеватка солодково-злаково-разнотравная ассоциация	0,070	8,5±1,3
8	N49°37.024', E44°21.298' с. Зензеватка солодково-злаково-разнотравная ассоциация	0,086	10,4±1,9
Михайловский район			
9	N 50°00.415', E 43°08.338' близ г. Михайловка	0,026	8,4±1,8
10	N 50°00.336', E 43°07.833' Отрадное солодково-злаково-полонно-разнотравная ассоциация	0,044	10,6±2,5
Среднеахтубинский район			
11	N 49° 26.888', E 45°14.944' Фрунзенское	1,94	19,7±2,4
Городищенский район			
12	N 48°45.427', E 44°25.595' злаково- солодковая ассоциация	0,006	9,6±2,0

Установлено, что изучаемые нами ценопопуляции *G. glabra* значительно варьируют по площади. При этом данный показатель напрямую зависит от условий местообитания лекарственного растения. Наиболее крупные по площади ценопопуляции *G. glabra* были обнаружены на нижних и средних террасах рек Хопер, Дон, Ахтуба, Иловля (см. рисунки 1 и 2) и условно нами названы пойменными. Данные ценопопуляции характеризуются высокой плотностью стояния побегов (до 20-30 шт/м<sup>2</sup>) и значительной фитомассой надземной и подземной частей.



Рис. 1 – Спутниковый снимок ЦП1 *G. glabra* на территории Алексеевского района



Рис. 2 – ЦП3 *G. glabra* на спутниковом снимке

Также малочисленные и небольшие по площади ценопопуляции *G. glabra* были обнаружены на внепойменных остепненных участках, характеризующихся низкой влажностью. Здесь данное растение выступает в качестве мезоксерофита. Иногда *G. glabra* встречалась узкими полосами вдоль дорог.

Условия местообитания ценопопуляций *G. glabra* напрямую влияют на продуктивность лекарственного растения (см. таблицу 2). В целом продуктивность выявленных в ходе экспедиционных исследований ценопопуляций достаточно высокая.

Таблица 2 – Продуктивность выявленных на территории Волгоградской области ценопопуляций *Glycyrrhiza glabra* L.

№ ЦП	Биологический запас, кг	Эксплуатационный запас, кг	Возможный объем ежегодных заготовок, кг
Пойменные			
1	18316,6	17758,3	2219,7
2	1765,8	1711,4	213,9
3	72086,4	70366,1	8795,8
4	17309,9	16870,2	2108,8
5	64563,0	62984,3	7873,1
11	43903,9	42845,2	5355,7
Итого	217 945,6	212 535,5	26 567
Надпойменные			
6	55,7	43,7	5,5
7	24,6	22,9	2,9
8	75,2	71,9	8,9
9	54,5	53,1	6,6
10	72,8	68,1	8,5
12	15,2	14,7	2,5
Итого	298	274,4	34,9

Пойменные ценопопуляции (ЦП1, ЦП2, ЦП3, ЦП4, ЦП5, ЦП11) *G. glabra* находятся в наиболее благоприятных условиях, обеспечивающих постоянный прирост сырьевой фитомассы (как подземной, так и надземной части). Урожайность в данных ценопопуляциях колеблется от  $309 \pm 3,8$  до  $2261 \pm 13,6$  г/м<sup>2</sup>. Соответственно и запасы солодкового корня здесь достаточно высокие. Общий биологический запас свежесобранных подземных органов *G. glabra* в пойменных ценопопуляциях составляет 217 945,6 кг (217,9 т), общий эксплуатационный запас – 212 535,5 кг (212,5 т). Данные ценопопуляции имеют промысловое значение, ежегодно с них можно заготавливать 26 567 кг (26,5 т) солодкового корня (с учетом периода восстановления заросли 6 лет). Запасы солодкового корня в надпойменных ценопопуляциях в разы ниже. Это связано с менее благоприятными условиями сестообитания (недостаток влаги и др.), а также с возрастающим антропогенным прессингом (распашка земельных участков, выпас скота, строительство дорог и др.).

#### Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований в Волгоградской области были получены предварительные данные о запасах подземных органов солодки голой и сырьевых возможностях отдельных районов региона. Выявлены высокопродуктивные ценопопуляции лекарственного растения, имеющие промысловое значение для нужд фармацевтической промышленности.

#### Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Волгоградской области в рамках научного проекта № 19-44-343003.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Funding

This work was financially supported by the Russian Federal Property Fund and the Volgograd Region in the framework of the scientific project No. 19-44-343003.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Список литературы / References

1. Растительные ресурсы России. Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т.3: Семейства Fabaceae – Apiaceae. – СПб.: М., 2010. – 601 с.
2. Солодка: биоразнообразие, химия, применение в медицине/ Г.А. Толстиков. – Новосибирск: Академическое издательство «ГЕО», 2006. – 311 с.
3. Чиков П. С. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР./ Чиков П. С. – М.: Картография, 1983. – 340 с.
4. Яницкая А.В. Химическая таксация ценопопуляций *Glycyrrhiza glabra* L., произрастающей на территории Волгоградской области / Яницкая А.В. // Danish scientific journal. – 2019. – № 24. – С. 43-45.
5. Яницкая А. В. Оценка содержания глицирризиновой кислоты в корнях солодки голой, произрастающей в некоторых районах Волгоградской области / Яницкая А. В. // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2015. – №. 4 (56). – С. 95-98.
6. Зорин Е.Б. Определение запасов лекарственных растений и заготовка лекарственного растительного сырья / Зорин Е.Б., Самылина И.А., Ермакова В.Е.. – М., 1988. – 44 с.
7. Быструшкин А.Г. Сравнительный анализ разных методов определения виталитета ценопопуляций на примере *Rubus idaeus* L / А.Г. Быструшкин// Особь и популяция-стратегия жизни: сб. материалов IX Всерос. популяцион. семинар. – Уфа: ООО "Вилли Окслер", 2006. – С. 45-48.
8. Яницкая А. В. Использование ГИС-технологий для оценки потенциальной продуктивности зарослей ценообразующих лекарственных растений на примере солодки голой / Яницкая А. В. // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2016. – №. 4 (60). – С. 128-131.

9. Недилько О. В. Изменчивость солодки голой по морфологическим, биохимическим и ресурсным признакам в природных популяциях Волгоградской области / Недилько О. В. //Экология: факты, гипотезы, модели: материалы конф. молодых ученых. – 2018. – С. 95-98.

10. Недилько О.В. Эколого-биологические и ресурсные особенности *Glycyrrhiza glabra* L. в природных условиях Волгоградской области / Недилько О.В. //Грани познания. – 2019. – №6 (65). – С. 102-105.

11. Беляев А.Ю. Особенности клоновой структуры и некоторые характеристики куртин-клонов солодки в популяциях на Южном Урале и в Приуралье/ А.Ю. Беляев, Е.С. Васфилова //Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – №. 5 (111). С. 87-93.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Rastitel'nye resursy Rossii. Dikorastushhie i cvetkovye rastenija, ih komponentnyj sostav i biologicheskaja aktivnost'. T.3: Semejstva Fabaceae – Apiaceae [Plant resources of Russia. Wild and flowering plants, their component composition and biological activity. T.3: Favaceae Family – Apiaceae]. – SPb.; M., 2010. - 601 p. [in Russian]

2. Solodka: bioraznობrazie, himija, primenenie v medicine [Licorice: biodiversity, chemistry, medical applications] /G.A. Tolstikov - Novosibirsk: Akademicheskoe izdatel'stvo "GEO" [GEO], 2006. - 311 p. [in Russian]

3. Chikov P.S. Atlas arealov i resursov lekarstvennyh rastenij SSSR [Atlas of areas and resources of medicinal plants of the USSR] /P.S. Chikov. – M.: Izdatel'stvo "Kartografija" [Cartography], 1983. - 340 p. [in Russian]

4. Janickaja A.V. Himicheskaja taksacija cenopopulacij *Glycyrrhiza glabra* L., proizrastajushhej na territorii Volgogradskoj oblasti [Chemical taxation of cenopopulations of *Glycyrrhiza glabra* L., growing in the Volgograd region] / A.V. Janickaja. // Danish scientific journal. – 2019. – № 24. – P. 43-45.

5. Janickaja A.V. Ocenka soderzhaniya glicirrizinovyj kisloty v kornjah solodki golej, proizrastajushhej v nekotoryh rajonah Volgogradskoj oblasti [Estimation of glycyrrhizic acid in the roots of *Glycyrrhiza glabra* which grows in some areas of the Volgograd region] /A.V. Janickaja i dr. //Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta [Journal of Volgograd State Medical University]. – 2015. – №4 (56). – P. 95-98. [in Russian]

6. Zorin E.B. Opređenje zapasov lekarstvennyh rastenij i zagotovka lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ja [Determination of stocks of medicinal plants and procurement of medicinal plant materials] / E.B. Zorin, I.A. Samylina, V.E. Ermakova. – M., 1988. – 44 p. [in Russian]

7. Bystrushkin A.G. Sravnitel'nyj analiz raznyh metodov opredelenija vitaliteta cenopopulacij na primere *Rubus idaeus* L. [Comparative analysis of different methods for determining the vitality of coenopopulations by example *Rubus idaeus* L.] /A.G. Bystrushkin // Osob' i populjacija – strategija zhizni: sb. materialov IX Vseros. populjacion. seminar [Individual and population-life strategy: Sat. Materials IX Vseros. population. seminar.]. – Ufa: ООО « Villi Oksler», 2006. – P. 45-48.

8. Janickaja A.V. Ispol'zovanie GIS-tehnologij dlja ocenki potencial'noj produktivnosti zaroslej cenoobrazujushhih lekarstvennyh rastenij na primere solodki golej [The use of gis-technology to assess the potential productivity of medicinal plant populations forming plant communities on the example of licorice] /A.V. Janickaja i dr. //Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta [Journal of Volgograd State Medical University]. – 2016. – №4 (60). – P. 128-131. [in Russian]

9. Nedil'ko O.V. Izmenchivost' solodki golej po morfologicheskim, biohimicheskim i resursnym priznakam v prirodnyh populacijah Volgogradskoj oblasti [Variability of *Glycyrrhiza glabra* L. naked according to morphological, biochemical and resource characteristics in natural populations of the Volgograd region] /O.V. Nedil'ko // Jekologija: fakty, gipotezy, modeli: materialy konf. molodyh ucheny [Ecology: facts, hypotheses, models: materials conf. young scientists.]. – 2018. – P. 95-98. [in Russian]

10. Nedil'ko O.V. Jekologo-biologicheskie i resursnye osobennosti *Glycyrrhiza glabra* L. v prirodnyh uslovijah Volgogradskoj oblasti [Ecological-biological and resource features of *Glycyrrhiza glabra* L. in the open environment of the Volgograd region] /O.V. Nedil'ko i dr. //Grani poznaniya [Grani poznaniya]. - 2019. – №6 (65). – P. 102-105. [in Russian]

11. Belyaev A.Yu. Osobennosti klonovoj struktury i nekotorye harakteristiki kurtin-klonov v populacijah na Juzhnom Urale i v Priural'e [Peculiarities of clonal structure and some characteristics of decorative bed – clones of *Glycyrrhiza* in populations on the Southern Ural and in Preduralie] /A.Yu. Belyaev, E.S. Vasfiлова //Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Vestnik of the Orenburg State University]. – 2010. – №. 5 (111). – P. 87-93. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.032>**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ОСОБЕННОСТИ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА У СПОРТСМЕНОВ**

Научная статья

**Опарина О.Н.<sup>1,\*</sup>, Тома Ж.В.<sup>2</sup>, Дворянинова Е.В.<sup>3</sup>**<sup>1, 2, 3</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет», Пенза, Россия

\* Корреспондирующий автор (oparina2011[at]yandex.ru)

**Аннотация**

Известно, что в результате повышенного обмена веществ у спортсменов значительная часть холестерина захватывается клетками, потребляющими холестерин, для синтеза кортикоидных и стероидных гормонов, гемопоэза, образования секрета сальных желез и желчных кислот [4]. Динамика изменения липидного профиля в результате физической нагрузки свидетельствуют об изменении баланса процессов анаболизма и катаболизма общего холестерина и липопротеидов в сторону усиления последнего у студентов-спортсменов по сравнению со студентами-неспортивными и ветеранами спорта. Это указывает на больший адаптивный ресурс организма спортсменов.

**Ключевые слова:** адаптация, физическая нагрузка, иммунитет, липидный обмен, холестерин.

**INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY ON THE FEATURES OF LIPID METABOLISM IN ATHLETES**

Research article

**Oparina O.N.<sup>1,\*</sup>, Toma J.V.<sup>2</sup>, Dvoryaninova E.V.<sup>3</sup>**<sup>1, 2, 3</sup> Federal State Government-financed Establishment "Penza State University", Penza, Russia

\* Corresponding author (oparina2011[at]yandex.ru)

**Abstract**

It is known that as a result of increased metabolism in athletes, a significant part of cholesterol is captured by cells that consume cholesterol for the synthesis of corticoid and steroid hormones, hematopoiesis, the formation of sebaceous glands and bile acids [4]. The dynamics of changes in the lipid profile as a result of physical activity indicate a change in the balance of the processes of anabolism and catabolism of total cholesterol and lipoproteins in the direction of strengthening the latter in student-athletes compared with non-athletes and sports veterans. This indicates a greater adaptive resource of the athletes' body.

**Keywords:** adaptation, physical loading, immunity, lipid metabolism, cholesterol.

**Актуальность темы**

Изменение липидного обмена у спортсменов связано с повышением энергетического запроса организма, который зависит от специфики и интенсивности спортивной деятельности. Статья посвящена изучению состояния и изменения липидного обмена у лиц с разной степенью подготовленности к физической нагрузке.

**Цель работы**

Изучить особенности липидного обмена у спортсменов в ответ на физическую нагрузку.

**Организация и методы исследования**

Обследовано 113 человек: 64 – спортсмены, 15 – ветераны спорта и 34 практически здоровые, не занимающиеся никаким видом спорта студенты (группа сравнения).

Ультразвуковое исследование печени, желчного пузыря, поджелудочной железы, почек и мочевого пузыря выполняли на ультразвуковом аппарате Sonolayer - SAL -38AS фирмы "Toshiba", работающем в режиме реального времени, с использованием преимущественно датчика 3,5 и 3 МГц.

В качестве физической нагрузки использовали тест PWC<sub>170</sub> в модификации В.Л. Карпмана [1]. Показатели общего холестерина (ХС) и  $\beta$ -липопротеидов определяли по стандартным методикам.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы MS Excel (Ver.5.0.). Вычисляли средние значения и ошибки средних. Сравнение групп (выборки) проводили при помощи t-критерия Стьюдента и критерия  $\chi^2$ . Уровень значимости принят 0,05. Для расчета достоверности различий малых выборок (менее 30 наблюдений) использовали парный критерий Вилкоксона-Манна-Уитни. Результаты исследования представлены в виде  $M \pm m$ . Вероятность  $p < 0,05$  считали достаточной для вывода достоверности различий между вариационными рядами. При  $p > 0,05$  разница между величинами расценивалась как статистически незначимая.

**Результаты и их обсуждение**

В результате ультразвукового обследования 113 человек у 27 (23,8%) были диагностированы ультразвуковые изменения: у 10 человек из группы сравнения, у 11 – из группы ветеранов спорта, у 2 триатлонистов, у 2 баскетболистов и у 2 тяжелоатлетов. У спортсменов в большинстве случаев выявлены ультраструктурные изменения в почках и мочевом пузыре, у неспортсменов – в печени, желчном пузыре и поджелудочной железе.

У 86 (76,2%) обследованных после проведения ультразвукового исследования органов брюшной полости и забрюшинного пространства патологических экоструктурных изменений не выявлено.

Таким образом, данное исследование необходимо проводить при отборе студентов для занятия спортом с целью раннего выявления скрыто протекающих заболеваний.

Для спортсменов характерен специфический липидный профиль: снижение концентрации общего холестерина, холестерина-липопротеидов низкой плотности (ХСЛПН), триглицеридов (ТГ) и повышение концентрации холестерина – липопротеидов высокой плотности (ЛПВП) [3], [4], [9]. Недостаточность ЛПНП-рецепторов приводит к

снижению пиноцитоза комплекса холестерин-ЛПНП и к снижению концентрации свободного холестерина в клетках с низким содержанием на наружной поверхности ЛПНП-рецепторов, следовательно, возрастает активность гидрооксиметилглутарил-коэнзим А-редуктазы. Это указывает на сложность регуляции действия липопротеидов, которые помимо транспортных функций обладают регуляторными свойствами: способны регулировать сократимость, тонус клеток, их рост, секрецию простагландинов [7]. Повышение ХСЛПВП и снижение ТГ у спортсменов в результате систематических тренировок, вероятно, взаимообусловлены и связаны с усилением активности мышечной и жировой липопротеидлипазы [7]. В результате повышенного обмена веществ у спортсменов значительная часть холестерина может захватываться холестеринпотребляющими клетками для синтеза кортикоидных и стероидных гормонов, гемопоэза, образования эпителия кожи, секрета сальных желез, желчных кислот [2], [11]. Установлена достоверность между показателями изменения структуры эритроцитов и липидным профилем периферической крови, что отражает влияние липидов на деформируемость и агрегацию эритроцитов. Повышение деформируемости и снижение агрегации эритроцитов изменяет кислородтранспортную функцию крови на уровне микроциркуляции и повышает функциональные возможности тренированного организма.

Таким образом, отмечаются определенные особенности метаболизма при выполнении физических нагрузок у спортсменов и нетренированных людей, которые могут являться прогностическими показателями развития реакций адаптации или дизадаптации.

Нами проанализированы показатели содержания общего холестерина (ХС) и  $\beta$ -липопротеидов периферической крови у спортсменов и неспортсменов до и после выполнения физической нагрузки (табл. 1, 2).

Таблица 1 – Липидный спектр периферической крови у исследуемых групп до физической нагрузки

Показатели, единицы измерения	Норма	Исследуемые группы					
		Тяжелотелеты, n = 13	Легкотелеты, n = 18	Триатлонисты, n = 13	Баскетболисты, n = 20	Ветераны спорта, n = 15	Группа сравнения, n = 34
Общий ХС, ммоль/л	3-6,2	3,9 $\pm$ 0,2	3,7 $\pm$ 0,1	4,0 $\pm$ 0,19	3,7 $\pm$ 0,13	5,2 $\pm$ 0,3*	4,2 $\pm$ 0,1
$\beta$ -липопротеиды, ед.	35-55	38,2 $\pm$ 0,9**	35,8 $\pm$ 1,1**	35,3 $\pm$ 1,3**	36,2 $\pm$ 0,7**	55,3 $\pm$ 3,1**	48,2 $\pm$ 2,8

Примечание: \* различия показателей между ветеранами спорта и группой сравнения значимы ( $p < 0,05$ ),

\*\* различия показателей между группами спортсменов и ветеранов спорта значимы ( $p < 0,05$ ).

Показатели общего холестерина были достоверно повышены в группе ветеранов спорта по сравнению со студентами-спортсменами ( $p < 0,05$ ). При анализе содержания липопротеидов низкой плотности до физической нагрузки, обращает на себя внимание относительно низкий уровень  $\beta$ -липопротеидов во всех группах спортсменов. При этом максимально выраженная  $\beta$ -липопротеидемия выявлена у ветеранов спорта и у группы сравнения. Липидный профиль крови после выполнения физической нагрузки представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Липидный спектр периферической крови у исследуемых групп после физической нагрузки

Показатели, единицы измерения	Норма	Исследуемые группы					
		Тяжелотелеты, n = 13	Легкотелеты, n = 18	Триатлонисты, n = 13	Баскетболисты, n = 20	Ветераны спорта, n = 15	Группа сравнения, n = 34
Общий ХС, ммоль/л	3-6,2	3,8 $\pm$ 0,3	3,6 $\pm$ 0,7	4,1 $\pm$ 0,3	3,5 $\pm$ 0,15	5,1 $\pm$ 0,4*	4,1 $\pm$ 0,2
$\beta$ -липопротеиды, ед.	35-55	37,2 $\pm$ 0,7**	35,1 $\pm$ 0,9**	35,8 $\pm$ 0,9**	35,9 $\pm$ 0,9**	56,3 $\pm$ 1,1**	51,2 $\pm$ 1,5

Примечание: \* различия показателей между ветеранами спорта и группой сравнения значимы ( $p < 0,05$ ),

\*\* различия показателей между группами спортсменов и ветеранов спорта значимы ( $p < 0,05$ ).

После выполнения физической нагрузки сохраняются низкие показатели общего холестерина в крови спортсменов по сравнению с группой сравнения и ветеранами спорта. При анализе атерогенной фракции –  $\beta$ -липопротеидов после физической нагрузки отмечено сохранение низких показателей у студентов-спортсменов по отношению к группе сравнения и ветеранам спорта ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, полученные данные согласуются с результатами, описанными в литературе, и свидетельствуют об изменении баланса процессов анаболизма и катаболизма липопротеидов в сторону усиления последнего у студентов-спортсменов по сравнению со студентами-неспортивными и ветеранами спорта. Проведенное исследование продемонстрировало, что липидный обмен играет важную роль в долговременных реакциях адаптации организма на регулярные физические нагрузки.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Conflict of Interest

None declared.

**Список литературы / References**

1. Карпман В.Л. Тестирование в спортивной медицине / Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А.. – М.: ФиС, 1988. – 208с.
2. Климов А.Н. Обмен липидов и липопротеидов и его нарушения / Климов А.Н., Никульчева Н.Г. - Руков. для врачей. – СПб.: Питер Ком, 1999. – 35с.
3. Мельников А. А. Взаимосвязь реологических свойств крови с параметрами липидного профиля у спортсменов / Мельников А. А., Викулов А. Д. // Теор. и практ. физ. культ. – 2002. – № 2. – С. 26, 39-40.
4. Опарина О.Н. Метаболические изменения в организме спортсменов при адаптации к физическим нагрузкам [Электронный ресурс] / О.Н. Опарина, Е.Ф.Кочеткова. // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 3. – Ч. 1. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/03/37803> (дата обращения: 02.02.2020).
5. El-Sayed M.S. Blood coagulation and fibrinolysis at rest and in response to maximal exercise before and after a physical conditioning programme / El-Sayed M.S., Lin X., Rattu A.J.M. // Blood Coagulation and Fibrinolysis. – 1995. – №6. – P.747-752.
6. Hardeman M. Low hematocrit and plasma fibrinogen in trained athletes increase hemoreological tolerance for physical stress / Hardeman M., Peters Goedhart P. // Clin. Hemoreol. – 1995. – V.15. – P.507.
7. Hochachka P.W. Metabolic arrest: The most effective means of protecting tissues against hypoxia. In: Third Banif International Hypoxia symposium / Hochachka P.W., Dunn I.R. – New York, Alan.R.Liss. – 1984. – P.297-309.
8. Kiens B. Utilization of skeletal muscle triacylglycerol during postexercise recovery in humans / Kiens B., Richter E. // Am. J.Phys. – 1998. – V .275. – №5. – Pt.1. – P.E332-337.
9. Nakanishi Noriyuki Relationship between lifestyle and serum lipid and lipoprotein levels in middle-aged japanes men / Nakanishi Noriyuki, Nakamura Koji // Eur. J. Epidimiol. – 1999. – V.15. – №4. – P.341-348.
10. Takeya H. Anticoagulant and fibrinolytic systems of the injured vascular endothelial cells / Takeya H., Suzuki K. // Rinsho. Byori. – 1994. – V. 42(4). – P.333.
11. Yu H. Acute changes in serum lipids and lipoprotein subclasses in triathletes as assessed by proton nuclear magnetic resonance spectroscopy / Yu H., Ginsburg G., O Tolle M. // Arterioscler. Thrombos and Vascular Biol. – 1999. – V.19. – №8. – P.1945-1949.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Karpman V.L. Testirovanie v sportivnoj medicine. [Testing in sports medicine] / V.L. Karpman, Z.B. Belocerkovskij, I.A. Gudkov. M.: FiS, 1988. - 208p. [in Russian]
2. Klimov A.N. Obmen lipidov i lipoproteidov i ego narusheniya. [Lipid and lipoprotein metabolism and its disorders] - Rukov. dlja vrachej. / A.N. Klimov, N.G. Nikul'cheva N.G. SPb.: Piter Kom, 1999. - 35p. [in Russian]
3. Mel'nikov A. A. Vzaimosvjaz' reologicheskikh svojstv krovi s parametrami lipidnogo profilja u sportsmenov [Relationship of rheological properties of blood with parameters of lipid profile in athletes] / A.A. Mel'nikov, A.D. Vikulov // Teor. i prakt. fiz. kul't. [Theor. and practical physics. cult.] - 2002. - № 2. - P. 26, 39-40. [in Russian]
4. Oparina O.N. Metabolicheskie izmeneniya v organizme sportsmenov pri adaptacii k fizicheskim nagruzkam [Metabolic changes in the body of athletes when adapting to physical activity] [Electronic resource] / O.N. Oparina, E.F. Kochetkova // Modern scientific research and innovation. – 2015. – № 3. – Part 1. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/03/37803> (accessed: 02.02.2020).
5. El-Sayed M.S. Blood coagulation and fibrinolysis at rest and in response to maximal exercise before and after a physical conditioning programme / El-Sayed M.S., Lin X., Rattu A.J.M. // Blood Coagulation and Fibrinolysis. – 1995. – №6. – P.747-752.
6. Hardeman M. Low hematocrit and plasma fibrinogen in trained athletes increase hemoreological tolerance for physical stress / Hardeman M., Peters Goedhart P. // Clin. Hemoreol. – 1995. – V.15. – P.507.
7. Hochachka P.W. Metabolic arrest: The most effective means of protecting tissues against hypoxia. In: Third Banif International Hypoxia symposium / Hochachka P.W., Dunn I.R. – New York, Alan.R.Liss. – 1984. – P.297-309.
8. Kiens B. Utilization of skeletal muscle triacylglycerol during postexercise recovery in humans / Kiens B., Richter E. // Am. J.Phys. – 1998. – V .275. – №5. – Pt.1. – P.E332-337.
9. Nakanishi Noriyuki Relationship between lifestyle and serum lipid and lipoprotein levels in middle-aged japanes men / Nakanishi Noriyuki, Nakamura Koji // Eur. J. Epidimiol. – 1999. – V.15. – №4. – P.341-348.
10. Takeya H. Anticoagulant and fibrinolytic systems of the injured vascular endothelial cells / Takeya H., Suzuki K. // Rinsho. Byori. – 1994. – V. 42(4). – P.333.
11. Yu H. Acute changes in serum lipids and lipoprotein subclasses in triathletes as assessed by proton nuclear magnetic resonance spectroscopy / Yu H., Ginsburg G., O Tolle M. // Arterioscler. Thrombos and Vascular Biol. – 1999. – V.19. – №8. – P.1945-1949.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.033>

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВТОРИЧНОГО ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ В ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

Юшкевич Д.П. \*

Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа-Югры «Сургутский государственный университет», Сургут, Россия

\* Корреспондирующий автор (yushkevich2505[at]mail.ru)

### Аннотация

По мере повышения осведомленности о проблемах климата и окружающей среды и изменении привычек потребления у лесной промышленности и деревянного строительства открываются новые возможности для разработки функциональных зеленых решений для удовлетворения потребностей потребителей. Древесина является универсальным сырьем и единственным возобновляемым строительным материалом. Производство деревянных изделий и конструкций потребляет мало энергии по сравнению с аналогичными изделиями и конструкциями из других материалов. В отличие от других материалов, большая часть энергии, необходимой для производства изделий из древесины, поступает из возобновляемых источников энергии. В рамках настоящей статьи, автором предпринята попытка научного анализа и критического осмысления проблематики экологической безопасности при использовании вторичного древесного сырья в деревообрабатывающей промышленности, на основании результатов литературного обзора.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, использование вторичного сырья, деревообрабатывающая промышленность.

## ENVIRONMENTAL SAFETY WHEN USING RECYCLED WOOD RAW MATERIALS IN THE WOODWORKING INDUSTRY

Research article

Yushkevich D.P. \*

Budgetary Institution of Higher Education of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra, Surgut State University, Surgut, Russia

\* Corresponding author (yushkevich2505[at]mail.ru)

### Abstract

As awareness of climate and environmental issues increases and consumption habits change, new opportunities are opening up for the timber industry and wood construction to develop functional green solutions to meet the needs of consumers. Wood is a universal raw material and the only renewable building material. The production of wood products and structures consumes little energy compared to similar products and structures made of other materials. Unlike other materials, most of the energy needed to produce wood products comes from renewable energy sources. In this article, the author attempts to analyze and critically understand the problems of environmental safety in the use of secondary wood raw materials in the woodworking industry.

**Keywords:** environmental safety, use of secondary raw materials, woodworking industry.

Лесоматериалы рассматриваются как продукты, произведенные из возобновляемых и устойчивых экологических ресурсов. Однако, как и другие продукты, лесоматериалы могут создавать различные виды воздействия на окружающую среду на разных этапах цепочки поставок лесоматериалов, от заготовки до их утилизации.

Основным источником воздействия на окружающую среду является потребление энергии, необходимой для производства лесоматериалов, и выброс парниковых газов (ПГ) в процессе производства от сырья до конечных продуктов. Хотя производство изделий из древесины также включает выбросы углерода, лес и древесина обеспечивают поглотители углерода, поскольку деревья потребляют углекислый газ из атмосферы в результате поглощения углерода. Тем не менее, лесной сектор в целом и вырубка деревьев в результате обезлесения способствуют выбросам ПГ в атмосферу до 17%. Другие формы воздействия на окружающую среду, связанные с лесоматериалами, связаны с транспортировкой лесоматериалов, использованием химикатов и древесными отходами [1].

Основные источники воздействия лесоматериалов на окружающую среду можно разделить на физические воздействия обработки древесины, использования энергии и производства выбросов ПГ. Процесс производства лесоматериалов, от бревна до конечных продуктов, включает в себя несколько этапов, которые могут повлиять на окружающую среду в виде загрязнения земли, воздуха и воды.

### Лесопильное

Процесс распиловки включает окорку и нарезку бревен на секции, которые распиливаются на доски. Твердые частицы окружающей среды возникают в результате окорки бревен, распиловки досок, древесных отходов и сушки в печи, поскольку эти стадии обработки создают опасность для окружающей среды на земле. Точно так же тяжелое машинное оборудование задействовано на протяжении всего процесса, что влияет на качество земли, воды и воздуха.

Исследование о влиянии лесопильной промышленности на окружающую среду пришли к выводу, что несколько газов, таких как CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub> и были обнаружены выбросы CO в окружающую среду, а воздействия



были обнаружены в виде глобального потепления, подкисления, токсичности для человека, эвтрофикации и образования фотоокислителей.

### **Процессы изготовления**

Обработка и производство лесоматериалов включает в себя различные типы машин и процессов, таких как распиливание, сушка, механическая обработка, соединение, склеивание, чистовая обработка и т. Д., Которые могут быть связаны как с опасностями для окружающей среды, так и с безопасностью и безопасностью труда.

Основные опасности, связанные с машинами, могут быть классифицированы на механические (например, дробление, резка, улавливание, сдвиг, истирание, трение), структурные (например, острые края, выступы, препятствия, возможность разрыва, разрушение, опрокидывание), физические (например, электричество, содержимое под давлением, шум и вибрация, высокая температура, влажность или холодные температуры), химические вещества (например, газы, пары, жидкости, пыль, которые могут вызывать неблагоприятные последствия для здоровья), эргономические опасности (неудобное рабочее положение, ручное обращение, повторяющиеся движения) и биологические (например, присутствие бактерий, плесени в материалах, используемых или обработанных в оборудовании) [2].

Кроме того, поскольку работникам приходится использовать технику на всех этапах ее жизненного цикла, от установки, эксплуатации, технического обслуживания, устранения неисправностей, ремонта, регулировки, наладки, сбоев в производстве, до очистки и демонтажа, они подвергаются различным опасностям [3].

Исследование, проведенное на основе шестидесяти шести фирм-производителей, которые производят и поставляют оборудование на местные и международные рынки, показало, что менее чем одна из десяти фирм всесторонне признала опасности, использовала средства контроля за безопасными местами в качестве основных мер контроля риска и предоставила существенную, качественную информацию, способную минимизировать экологические риски, но остальные фирмы не учитывали воздействия на окружающую среду.

### **Древесные отходы и побочные продукты**

Предотвращение древесных отходов с целью повышения эффективности использования первичной древесины значительно помогает снизить воздействие на окружающую среду, с одной стороны, и удовлетворить потребности в древесной продукции без дальнейшего ущерба для мировых лесных ресурсов, с другой.

Из 1 м<sup>3</sup> вырубленных и вырубленных из леса деревьев около 50% уходит в отходы в виде поврежденных остатков, за которыми следуют заброшенные бревна (3,75%), пни (10%) верхушки и ветки (33,75%), а также обрезные части (2,5%). Древесные отходы составляют значительную часть отходов. Например, в Германии в 2019 году было произведено 401 млн. Тонн отходов, из которых древесные отходы составляют 11,9 млн.тонн. Основными источниками отходов древесины были упаковка из древесины (21%), снос и строительство (26,7%), деревообрабатывающая промышленность (14%), муниципальные отходы (20,7%), импортная древесина (9,7%) и другие, такие как частные домашние хозяйства и строительство железных дорог (8%) [4].

Это большое количество отходов древесины часто используется в паровом котле для сушки древесных продуктов или сбрасывается на площадке. Эти методы способствуют воздействию на окружающую среду через древесные отходы и в то же время приводят к истощению лесных ресурсов [5].

Основными источниками древесных отходов были низкокачественные бревна с крупными дефектами, кора, обрезки, опилки, слябы и обрезные пиломатериалы. Существуют новые технологии использования низкокачественных бревен, которые могут значительно снизить потери древесины, а также специализированное оборудование, позволяющее максимально увеличить извлечение древесины. Однако на многих предприятиях, особенно в развивающихся странах, эти новые методы производства еще не использовались. Таким образом, основные причины потерь древесины могут быть широко классифицированы на технологические факторы, такие как использование устаревшего оборудования и неэффективные процедуры и методы производства, основанные на управлении эксплуатацией.

### **Выбытие**

Утилизация лесоматериалов создает различные воздействия на окружающую среду, особенно в городских районах. Коммерческие и промышленные отходы, строительные и демонтажные работы, поддоны и упаковка; и коммунальные услуги являются основными источниками городских древесных отходов. Когда продукты утилизируются, а не используются повторно, рециркулируются и переоборудуются, они создают различные внешние загрязнения и выбросы парниковых газов из-за транспортировки от источника к месту захоронения отходов; удаление синтетических материалов способствует образованию токсичных отходов, которые могут выщелачиваться со свалок, и, наконец, такие материалы занимают большое количество места на свалках и создают потребность в новых местах захоронения отходов. Несмотря на то, что огромное количество отходов древесины утилизируется на полигонах в крупных городах мира, в большинстве случаев данные по отходам древесины от более крупных категорий отходов не дифференцируются [6].

Аналогичным образом, если утилизация осуществляется путем сжигания использованных продуктов, она также производит дым, загрязнение и выбросы в окружающую среду. Например, твердое загрязнение имеет проблемы с утилизацией за счет снижения эффективности сжигания и производства отходов, в то время как избыток хлора в процессе сжигания также снижает эффективность сжигания и может способствовать производству диоксинов.

### **Использование побочных продуктов лесопилки в качестве тепловой энергии**

Вместо того, чтобы оставлять продукты лесопилки в помещениях лесопильных заводов и создавать опасность для окружающей среды, их можно собирать и использовать для производства тепловой энергии с целью уменьшения воздействия на окружающую среду. Это поможет до некоторой степени свести к минимуму зависимость от ископаемого топлива за пределами площадки и будет способствовать производству биоэнергии на лесопильном участке. Например, опилки могут быть переработаны в биобрикет. Такие биобрикеты имеют даже более высокую теплотворную способность в диапазоне от 14,88 до 16,94 МДж / кг, чем у брикета, изготовленного из других веществ [7].

### **Улучшенная энергоэффективность в системе сушки**

Сушка древесины является ключом к контролю качества древесины конечных продуктов, и она потребляет до 90% времени обработки лиственных пород и более 70% затрат на первичную обработку при использовании значительного количества тепла и энергии. Подаваемое тепло в основном используется для процесса сушки, который осуществляется в сушильной печи. Время изготовления и качество древесины являются основным приоритетом перед потреблением энергии при производстве пиломатериалов.

Для повышения эффективности и снижения воздействия на окружающую среду на практике используются различные виды сушки на солнечной энергии, такие как встроенные, распределенные и смешанные солнечные сушилки на основе режима использования солнечного тепла, а также тепличная система, внешний коллектор и смешанный режим солнечной сушки в зависимости от тепличных систем. В настоящее время улучшенные солнечные печи для сжигания древесины также могут использоваться с характерными особенностями хранения солнечной энергии с независимым нагревом, интеграцией воздушонагревателя в хранилище и в сушильной камере и управлением различными циклами сушки на основе контроля качества продукции [8].

В целом, солнечная сушка имеет больше экологических преимуществ благодаря более короткому времени сушки и лучшему качеству сушки, чем сушка на воздухе. Точно так же для этого требуются низкие эксплуатационные расходы и меньшая численность персонала для обучения, а также шансы получить ЕМС в широком диапазоне климатических условий, и в конечном итоге он представляет собой экологически безопасный метод из-за его зависимости от возобновляемых ресурсов и низкого воздействия на окружающую среду.

Исследования по повышению энергоэффективности показали, что если в сушильных камерах применяются доступные современные технологии, это может снизить потребление тепла примерно на 60%.

### **Использование экологически чистых химикатов**

Растет тенденция к использованию экологически безопасных консервантов для снижения воздействия на окружающую среду при одновременном повышении долговечности изделий из древесины. В этом контексте могут быть разработаны экологически безопасные системы защиты древесины с надлежащей комбинацией органического биоцида с добавками для хелатирования металлов и / или антиоксидантами). Это не только улучшит защиту древесины от грибов по сравнению с одним биоцидом, но и, следовательно, поможет снизить воздействие на окружающую среду, особенно на земельные и водные ресурсы. Физические барьеры были приняты в качестве альтернативного небактерицидного метода защиты древесины в Индии, поскольку они уменьшают выщелачивание и последующее негативное воздействие компонентов консерванта древесины на организмы поблизости.

Политические и законодательные меры по запрету использования токсичных консервантов и повышение осведомленности об использовании менее токсичных и более экологически чистых консервантов могут стать еще одним способом снижения воздействия на окружающую среду [9].

### **Управление древесными отходами**

Основные меры по обращению с древесными отходами включают, среди прочего, надлежащую производственную практику, технологические изменения, изменения в исходных материалах, переработку отходов и методы повторного использования / восстановления отходов.

Косвенная переработка древесных продуктов приводит к образованию компоста или мульчи, которые аэробно разлагаются на диоксид углерода. Аналогичным образом, прямая рециркуляция и повторное использование восстановленной древесины в изделия из древесины продлевает срок службы древесины и в то же время обеспечивает возможность потенциального восстановления в конце срока службы. Разлагаемый органический углерод, содержащийся в древесине, распространяется в метан на свалке. Потенциал глобального потепления у метана в 25 раз выше, поэтому восстановление древесины предотвратит выбросы парниковых газов.

Древесные отходы могут подвергаться гидролизу, а получившийся раствор сахаров – последующему сбраживанию, в результате чего может быть получен этиловый спирт пригодный для использования в технических целях, который путем ректификации может быть также доведен и до пищевой кондиции. Образующаяся в ходе процесса биомасса дрожжей может служить ценной белковой добавкой на корм скоту.

Помимо гидролиза существуют варианты пиролиза древесных отходов, иных вариантов химической модификации компонентов древесины с получением большого спектра соединений используемых в промышленности органического синтеза.

Одним из самых экологически безопасных вариантов переработки древесных отходов может являться выращивание дереворазрушающих грибов (вешенка, шиитаке, опенок летний, аурикулярия и некоторые другие). Биомасса грибов может использоваться в пищу, отходы биомассы – как кормовой ресурс для сельскохозяйственных животных, формирующийся при разложении древесины компост – как удобрение для сельскохозяйственных культур.

### **Интегрированные промышленные площадки**

Принимая во внимание растущий спрос на энергию со стороны различных отраслей промышленности, важной стратегией будет развитие высокоинтегрированных промышленных площадок. Такие объекты будут способствовать снижению потребления энергии и ресурсов и в то же время будут дополнять один завод другим. Например, лесопильные заводы будут поставлять огромную биомассу на другие пеллетные, целлюлозно-бумажные и комбинированные теплоэлектростанции (ТЭЦ), и некоторая часть такой биомассы будет также использоваться для удовлетворения внутренних потребностей в тепле. Поэтому, если бы эти заводы были объединены, это уменьшило бы потребление энергии и ресурсов и помогло бы уменьшить воздействие на окружающую среду.

### **Безопасная утилизация**

Воздействие на окружающую среду, связанное с утилизацией древесных отходов, можно свести к минимуму, используя минимальное количество материалов, необходимых для производственного процесса, и возобновляемых материалов, а также избегая материалов, которые истощают природные ресурсы, в то же время побуждая перерабатывать и перерабатывать материал и побочные продукты отходов. Аналогичным образом, те, которые

оставлены для захоронения, должны быть помещены на полигоны безопасного захоронения Места захоронения отходов представляют собой основной вариант захоронения древесных отходов во многих странах [10].

### Выводы

Основные источники воздействия на окружающую среду происходят по всей цепочке поставок древесины от лесопильных предприятий до конечной продукции. Многие исследования были проведены с целью определения воздействия лесоматериалов на окружающую среду. Исследования, в частности, основанные на методах LCA, обеспечили всесторонний охват различных процессов, таких как потребление энергии, производственный процесс и их влияние на окружающую среду. Воздействия могут быть сведены к минимуму различными способами: изменения в поведении потребления энергии, продвижение возобновляемой энергии, улучшение практики пиления и распиловки, надлежащее обращение с древесными отходами, использование менее токсичных химикатов для обработки древесины и изделий из древесины и, что наиболее важно, использование энергоэффективных и экологически чистых технологии сушки и источники энергии, такие как эффективная сушка на воздухе, улучшенная сушка на солнце и в печи. Кроме того, необходима надлежащая политическая поддержка для продвижения концепции интегрированной промышленной площадки при эффективной координации и сотрудничестве между соответствующими заинтересованными сторонами. Эта совместная работа не только помогает производить качественные лесные товары, но и снижает их сопутствующее воздействие на окружающую среду. Кроме того, это должно помочь обеспечить широкую цель экологической устойчивости, признавая при этом лесной сектор как часть комплексного подхода устойчивого развития.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Conflict of Interest

None declared.

### Список литературы / References

1. Безруких Ю.А. Рациональное природопользование в условиях устойчивого развития экономики промышленных предприятий лесного комплекса / Безруких Ю.А. Медведев С.О., Алашкевич Ю.Д., Мохирев А.П. // Экономика и предпринимательство, 2014. - № 12-2. – С. 994-996.
2. Зырянов М.А. Повышение эффективности использования отходов деревоперерабатывающей промышленности в производстве плитной продукции / Зырянов М.А., Аксенов Н.В. // Инженерный вестник Дона, 2017, №1. – С. 12.
3. Конюхов В.Ю. Переработка твердых бытовых отходов в иркутской области: проблемы и пути решения: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. «Байкальская наука: идеи, инновации, инвестиции». / Конюхов В.Ю., Лычкина А.А. 2017. С. 28–30.
4. Куницкая Д.Е. Повышение эффективности древесной подготовительных цехов автоматизацией основных технологических операций: дис. ... канд. техн. наук. - Арх., 2016. - С54-98.
5. Мамин Р.Г. Инновационные механизмы управления отходами / Мамин Р.Г., Ветрова Т.П., Шилова Л.А. М.: МИСИ-МГСУ, 2013. 134 с.
6. Кунцкая О.А. Способы облагораживания древесной щепы, получаемой из тонкомера / Кунцкая О.А. // В сборнике: Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона материалы II международного научно-практического форума. 2017. - С. 204-208.
7. Григорьева О. И. Перспективные направления повышения эффективности проведения рубок ухода за лесом // В сборнике: Повышение 176 эффективности лесного комплекса / Григорьева О. И. // Материалы третьей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 56-58.
8. Тамбн А.А. Обоснование необходимости внедрения процессов промышленного лесопиления в структуру лесозаготовительной отрасли / Тамбн А.А., Григорьев И.В., Кунцкая О.А.// Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2017. № 6 (360). С. 76-88.
9. Григорьев И. Rimko Group: по пути интеграции / Григорьев И., Тамбн А.// Леспроминформ. 2017. № 2 (124). С. 34-40.
10. Зырянов М.А. Проектирование и моделирование оборудования для повышения эффективности использования порубочных остатков / Зырянов М.А., Мохирев А.П., Сыромятников С.В.// Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2017. № 3. С. 31-33.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Bezrukikh Yu.A. Ratsional'noye prirodopol'zovaniye v usloviyakh ustoychivogo razvitiya ekonomiki promyshlennykh predpriyatiy lesnogo kompleksa [Rational environmental management under conditions of sustainable development of economy of industrial enterprises of forest complex] / Bezrukikh Yu.A. Medvedev S.O., Alashkevich Yu.D., Mokhirev A.P. // [Economics and Entrepreneurship] Ekonomika i predprinimatel'stvo, 2014. – No. 12-2. – P. 994-996. [in Russian]
2. Zyryanov M.A. Povysheniye effektivnosti ispol'zovaniya otkhodov derevopererabatyvayushchey promyshlennosti v proizvodstve plitnoy produktsii [Improving efficiency of use of wood processing industry waste in production of slab products] / Zyryanov M.A., Aksenov N.V.// Inzhenernyy vestnik Dona [Engineering Herald of the Don], – 2017, – No. 1. – P. 12. [in Russian]
3. Konyukhov V.Yu. Pererabotka tverdykh bytovykh otkhodov v irkutskoy oblasti: problemy i puti resheniya [Processing of municipal solid waste in the Irkutsk region: problems and solutions] / Konyukhov V.Yu., Lychkina A.A. // Materialy Vserossiyskoy nauch.-prakt. konf. «Baykal'skaya nauka: idei, innovatsii, investitsii» [Materials of the All-Russian scientific-practical. Conference: "Baikal science: ideas, innovations, investments"]. – 2017. – P. 28-30. [in Russian]
4. Kunitskaya D.E. [Improving efficiency of wood preparatory workshops by automation of basic technological operations] / Kunitskaya D.E. // PhD thesis in Engineering. – Arch., 2016. – P.54-98. [in Russian]
5. Mamin R. G. Innovatsionnyye mekhanizmy upravleniya otkhodami [Innovative waste management mechanisms] / Mamin R. G., Vetrova T. P., Shilova L. A. – M.: MISI-MGSU, 2013. – 134 p. [in Russian]

6. Kuntskaya O.A. Sposoby oblagorazhivaniya drevesnoj shchepy, poluchaemoj iz tonkomera [Methods for refinement of wood chips obtained from forest thinners] / Kuntskaya O.A. // V sbornike: Prirodnyye resursy n ekologiya Dal'nevostochnogo regiona materialy II mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma [In the collection: Natural Resources and Ecology of the Far Eastern Region, Materials of the II International Scientific and Practical Forum]. 2017. – P. 204-208. [in Russian]

7. Grigoryeva O. I. Perspektivnyye napravleniya povysheniya effektivnosti provedeniya rubok ukhoda za lesom [Prospective directions for increasing efficiency of logging forest care] / Grigoryeva O. I. // V sbornike: Povysheniye 176 effektivnosti lesnogo kompleksa Materialy tret'yey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem [In the collection: Increasing the efficiency of the forest complex 176 Materials of the third All-Russian scientific-practical conference with international participation]. – 2017. – P. 56-58. [in Russian]

8. Tambn A.A. Obosnovaniye neobkhodimosti vnedreniya protsessov promyshlennogo lesopileniya v strukturu lesozagotovitel'noy otrasli [Justification of need for implementation of industrial sawmilling processes in structure of forestry industry] / Tambn A.A. Grigoriev I.V., Kuntskaya O.A. // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal [News of higher educational institutions. Forest magazine]. – 2017. – No. 6 (360). – P. 76-88. [in Russian]

9. Grigoriev I. Rimko Group: po puti integratsii [Rimko Group: on way of integration] // Lesprominform. – 2017. – No. 2 (124). – P. 34-40. [in Russian]

10. Zyryanov M.A. Proyektirovaniye i modelirovaniye oborudovaniya dlya povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya porubochnykh ostatkov [Design and modeling of equipment to increase efficiency of use of chopping residues] / Zyryanov M.A., Mokhirev A.P., Syromyatnikov S.V. // Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya [Repair. Recovery. Modernization]. – 2017. – No. 3. – P. 31-33. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.034>**ОСОБЕННОСТИ ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ДЕТЯМ, ПОСТРАДАВШИМ В ДТП**

Научная статья

**Брагиш А.В.<sup>1</sup>, Касаткина Н.В.<sup>2,\*</sup>, Белова С.Н.<sup>3</sup>**<sup>2</sup> ORCID:0000-0001-5494-7492;<sup>1, 2, 3</sup> Санкт-Петербургский университет МВД России, Санкт-Петербург, Россия

\* Корреспондирующий автор (k7-nata[at]yandex.ru)

**Аннотация**

Развитие техники, увеличение скоростей движения приводит к тому, что в результате дорожно – транспортных происшествий пострадавшие могут получить травмы, различные как по характеру, так и по степени тяжести. Оказание первой помощи пострадавшим с множественной и сочетанной травмой (политравмой) требует подготовки и определенных навыков. Для реализации поставленных целей снижения смертности в результате дорожно – транспортных происшествий необходимо повышать профессиональную компетентность лиц, оказывающих первую помощь пострадавшим. Особое внимание в подготовке лиц необходимо уделять особенностям оказанию помощи детям, пострадавшим в ДТП.

**Ключевые слова:** первая помощь, дорожно-транспортное происшествие, ДТП.**FEATURES OF FIRST AID FOR CHILDREN AFTER ACCIDENT**

Research article

**Bragish A.V.<sup>1</sup>, Kasatkina N.V.<sup>2,\*</sup>, Belova S.N.<sup>3</sup>**<sup>2</sup> ORCID: 0000-0001-5494-7492;<sup>1, 2, 3</sup> St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia, St. Petersburg, Russia

\* Corresponding author (k7-nata[at]yandex.ru)

**Abstract**

The development of technology and the increase in speeds of movement leads to the fact that as a result of road traffic accidents, injured people may get injuries that vary both in character and in severity. First aid for injured people with multiple and combined trauma (polytrauma) requires training and specific skills. It is necessary to increase the professional competence of specialists providing first-aid for victims of accidents to achieve the goals of reducing mortality after road traffic accidents. Particular attention in the preparation process must be paid to the features of providing assistance to children affected by road accidents.

**Keywords:** first aid, traffic accident, accident.**Введение**

Безопасность дорожного движения является одной из важных социально-экономических и демографических задач Российской Федерации. Аварийность на автомобильном транспорте наносит огромный материальный и моральный ущерб как обществу в целом, так и отдельным гражданам. Дорожно-транспортный травматизм приводит к исключению из сферы производства людей трудоспособного возраста. Гибнут или становятся инвалидами дети. Жизнь современного человека накладывает особый отпечаток на его поведение. Все мы вечно куда – то спешим, чего – то боимся... Медицинское сообщество насчитывает значительное количество страхов или, по-научному, фобий. К одной из их множества можно отнести и боязнь оказывать первую помощь пострадавшим.

Подобных примеров в жизни масса: один из наглядных случаев, который получил огласку, произошел в августе 2016 года в столице Индии городе Дели. Водитель-рикша был сбит машиной. Водитель автомобиля, совершившего дорожно - транспортное происшествие скрылся. В течение 40 минут после происшествия мимо лежащего на асфальте сбитого рикши проехали 140 машин, 82 рикши, 181 мотоциклист, 1 машина полиции и прошли 45 пешеходов. И лишь только один прохожий вызвал скорую.

Можно найти много причин отказать пострадавшему в оказании первой помощи, но необходимо помнить, что оказание первой помощи может спасти столько же жизней, сколько еще не изобретенное лекарство от рака.

Федеральным законом от 21 ноября 2011 года № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» определено, что первая помощь, как особый вид помощи, оказывается лицами, не имеющими медицинского образования, при травмах и неотложных состояниях до прибытия медицинского персонала [1]. Таким образом, в общем виде первую помощь можно представить, как совокупность простейших действий для спасения жизни человека до прибытия профессиональных бригад медиков.

В соответствии с требованиями вышеназванного закона, первая помощь оказывается исключительно добровольно при наличии соответствующей подготовки и (или) навыков. Однако Федеральный закон однозначно обязывает сотрудников органов внутренних дел Российской Федерации, сотрудников, военнослужащих и работников Государственной противопожарной службы, спасателей аварийно-спасательных формирований и аварийно-спасательных служб оказывать первую помощь.

По официальным данным, в прошлом, 2019 году, первая помощь потребовалась 215 тыс. участникам ДТП, из них погибли 19 тыс. человек [2]. Данные показатели были озвучены в ходе круглого стола по теме оказания первой медицинской помощи, прошедшем в Госдуме РФ.

Травматизм, к которому приводят дорожно - транспортные происшествия в Российской Федерации приобрел в настоящее время масштаб и характер национальной катастрофы. Он характеризуется высокой тяжестью получаемых пострадавшими повреждений. Из общего числа умерших до 70% погибают в течение первых 36 часов с момента получения травмы несовместимой с жизнью. Смертность от травм, полученных в результате ДТП в 12 раз выше, чем у лиц, получивших другие травмы. Пострадавшие вследствие ДТП в 7 раз чаще нуждаются в госпитализации и в 6 раз чаще становятся инвалидами. В России смертность составляет около 14 человек на 100 пострадавших в ДТП.

Ситуация осложняется тем, что не малое количество пострадавших в дорожно – транспортных происшествиях составляют дети.

Дети являются очень уязвимой группой к несчастным случаям, потому что они плохо воспринимают опасность и испытывают трудности в выявлении рисков, которым они подвергаются, и зачастую их жизнь напрямую зависит от халатности взрослых.

В соответствии с Федеральной целевой программой «Повышение безопасности дорожного движения в 2013 - 2020 годах», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 3 октября 2013 г. № 864, ежегодно в Российской Федерации в результате дорожно-транспортных происшествий погибают или получают ранения свыше 275 тыс. человек. На дорогах за последние 9 лет погибли 9852 ребенка в возрасте до 16 лет, травмированы 209223 ребенка. Демографический ущерб от дорожно-транспортных происшествий и их последствий за 2010 - 2019 годы составил 571407 человек [3].

Результаты анализа структуры выявленных повреждений у детей, пострадавших в ДТП, особенностей организации медицинской помощи на госпитальном этапе пострадавшим в ДТП, требуемого объема диагностических и лечебных мероприятий свидетельствуют о необходимости концентрации пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях в многопрофильных специализированных стационарах с высоким уровнем материально-технического оснащения. Только при таком условии возможно обеспечить оказание специализированной медицинской помощи в оперативные сроки и в соответствующих стандартах объемах. Опыт работы показал, что в срочной специализированной помощи нуждается 11- 12% детей, пострадавших в ДТП с тяжелой черепно-мозговой, сочетанной и множественной травмой [4].

Первыми на место происшествия прибывают сотрудники государственной инспекции по безопасности дорожного движения (ГИБДД), и именно на них Государством возлагаются обязанности по оказанию первой помощи пострадавшим на месте происшествия [5].

Необходимо отметить так называемое правило «золотого часа» - своевременное оказание первой помощи в необходимом объеме в течение первого часа с момента получения травмы достоверно улучшает прогноз для выживания, что особенно важно при наличии сочетанных повреждений у детей.

Необходимо помнить, что основным инстинктом ребенка, который пострадал в результате ДТП - это «убежать» или впасть в настоящую панику. Это совершенно нормальная реакция, но она может ухудшить общее состояние ребенка и усилить повреждения. Поэтому важно, чтобы в такой ситуации ребенка, чтобы он двигался как можно меньше.

Помощь необходимо начать с психологического подхода. Говорите с пострадавшим неспешным, уверенным голосом, чтобы вы могли передать ему свою уверенность. При оказании помощи необходимо обеспечить такое положение ребенка, которое позволит ему свободно дышать и в котором у него будут минимальны болезненные ощущения. Помните о риске западения языка и аспирации дыхательных путей [5].

В случае нахождения ребенка без сознания необходимо проверить наличие дыхательной деятельности. Если она отсутствует, то необходимо положить одну руку на лоб и осторожно откинуть голову назад, а другой рукой поднять подбородок, чтобы язык не препятствовал прохождению воздуха. Если дыхание все еще отсутствует, необходимо провести процедуру искусственной вентиляции легких, вдвывая воздух пострадавшему одновременно через рот и нос.

После несчастного случая очень важно сохранять спокойствие и оценить тяжесть травм ребенка.

Если ребенок в сознании, необходимо спросить его о месте боли. Травмы и повреждения в результате несчастного случая не всегда можно увидеть невооруженным глазом, поскольку иногда они возникают внутри. Вот почему очень важно оценить симптомы, которые проявляет ребенок, поскольку они могут помочь быстрее выявить поражения и их тяжесть. Например, потеря сознания, бессвязный разговор или незнание своего имени, где и с кем он находится или что он делал до аварии, могут быть признаками закрытой черепно-мозговой травмы. При наличии сильных болей в животе может быть показателем внутреннего кровотечения.

При оказании первой помощи пострадавшим в ДТП детям не рекомендуется:

1. Оставлять ребенка в покое и ждать приезда скорой помощи.
2. Касаться открытых ран, так как раны являются открытой дверью для вирусов и бактерий, которыми заполнена окружающая среда.
3. Перемещать ребенка без надобности. Специалисты рекомендуют не менять положение, тем более поднимать ребенка, попавшего в аварию. В этих случаях наиболее удобно пытаться удерживать ребенка в неподвижном состоянии до прибытия специалистов скорой помощи.
4. Сопоставлять костные фрагменты в случае перелома.
5. Не обращать внимания на кровотечения, так как это одна из основных причин смерти после несчастного случая.
6. Вызывать рвоту у ребенка.
7. Давать ребенку лекарства, еду и воду без особой необходимости [6].

#### **Заключение**

Таким образом, обращая внимание на особенности оказания первой помощи детям, есть возможность спасти не одну маленькую жизнь.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Conflict of Interest**

None declared.

**Список литературы / References**

1. Об основах здоровья граждан в Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 21 ноября 2011 г. №323-ФЗ.
2. Сайт статистика ГИБДД [Электронный ресурс] URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 20.04.2020)
3. О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах»: Постановление Правительства Российской Федерации от 03.10.2013 №864
4. Розинов В.М. Организация медицинской помощи детям в чрезвычайных ситуациях / Розинов В.М., Петлах В.И. // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. Том VI №4, 2016, С. 6 – 12.
5. Семенов В.Ю. Опыт организации специализированной медицинской помощи пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях детям на примере Московской области / Семенов В.Ю., Тамазян Г.В., Руголь Л.В. // Информационно-аналитический вестник «Социальные аспекты здоровья населения» №12, 2009, С. 1 – 8.
6. Стандарты по оказанию скорой медицинской помощи детям на догоспитальном этапе / под редакцией А. Г. Мирошниченко, В. М. Шайтор. БХВ. Петербург: Невский Диалект, 2006.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Ob osnovakh zdorov'ya grazhdan v Rossiyskoy Federatsii: Federal'nyy zakon Rossiyskoy Federatsii ot 21 noyabrya 2011 g. №323-FZ [On the basics of the health of citizens in the Russian Federation: Federal Law of the Russian Federation of November 21, 2011 No. 323-FZ] [in Russian].
2. Statistics of the traffic police – [Electronic resource] URL: <http://stat.gibdd.ru/> (accessed: 20.04.2020)
3. O federal'noy tselevoy programme «Povysheniye bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v 2013–2020 godakh»: Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 03.10.2013 №864 [On the federal target program “Improving Road Safety in 2013–2020”: Decree of the Government of the Russian Federation of 03.10.2013 No. 864] [in Russian]
4. Rozinov V.M. Organizatsiya meditsinskoy pomoshchi detyam v chrezvychaynykh situatsiyakh [Organization of medical care for children in emergency situations] / Rozinov V.M., Petlakh V.I. // Rossiyskiy vestnik detskoy khirurgii, anestiziologii i reanimatologii [Russian Bulletin of Pediatric Surgery, Anesthesiology and Resuscitation]. Volume VI – No. 4, – 2016, – P. 6-12. [in Russian]
5. Semenov V.Yu. Opyt organizatsii spetsializirovannoy meditsinskoy pomoshchi postradavshim v dorozhno-transportnykh proissheshtviyakh detyam na primere Moskovskoy oblasti [Experience of organizing specialized medical care for children injured in traffic accidents on example of Moscow region] / Semenov V.Yu., Tamazyayn G.V., Rugol L.V. // Informatsionno-analiticheskiy vestnik «Sotsial'nyye aspekty zdorov'ya naseleniya» [Information and analytical bulletin "Social aspects of public health"] – No.12, – 2009, – P. 1-8. [in Russian]
6. Standarty po okazaniyu skoroy meditsinskoy pomoshchi detyam na dogospital'nom etap [Standards for the provision of emergency medical care to children at the prehospital stage] / Edited by A. G. Miroshnichenko, V. M. Shaitor. BHV. Petersburg: Nevsky Dialect, 2006. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.035>**РАНЖИРОВАНИЕ И КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ВЕРБАЛЬНЫХ ОЦЕНОК ЧАСТОТЫ ВСТРЕЧАЕМОСТИ СИМПТОМОВ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ (COVID-19), ПРОСТУДЫ И ГРИППА**

Научная статья

**Киладзе А.Б. \***

ORCID: 0000-0001-9243-5922,

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия

\* Корреспондирующий автор (andreykiladze[at]yandex.ru)

**Аннотация**

Разработана порядковая шкала, отражающая соответствие вербальных оценок частоты симптомов новой коронавирусной инфекции (COVID-19), простуды и гриппа цифровым аналогам, а именно: “Нет” — 0 баллов; “Редко” — 1 балл; “Иногда” — 2 балла; “Часто” — 3 балла. Кластерный анализ цифровых аналогов показал следующие результаты: (1) максимальная дистанция (5,39) наблюдается между COVID-19 и простудой; (2) минимальная дистанция (3,00) наблюдается между COVID-19 и гриппом; (3) дистанция (5,29) между простудой и гриппом имеет промежуточный характер. Энтропия (в битах), рассчитанная для частоты встречаемости вербальных характеристик частоты симптомов трех заболеваний, имеет следующие значения: (1) для COVID-19 энтропия равна 1,7610; (2) для простуды — 1,8465; (3) для гриппа — 1,4855.

**Ключевые слова:** порядковые данные, энтропийный анализ, статистика, математические методы в медицине, респираторные болезни, коронавирусная инфекция, простуда (острые респираторные инфекции верхних дыхательных путей), грипп.

**RANKING AND CLUSTERING OF VERBAL ESTIMATES OF THE INCIDENCE RATE OF SYMPTOMS OF THE NOVEL CORONAVIRUS INFECTION (COVID-19), COMMON COLD, AND INFLUENZA**

Research article

**Kiladze A.B. \***

ORCID: 0000-0001-9243-5922,

A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

\* Corresponding author (andreykiladze[at]yandex.ru)

**Abstract**

An ordinal scale has been developed that reflects the correspondence of verbal assessments of the novel coronavirus infection, common cold, and influenza symptoms incidence to digital analogues, namely: “No” — 0 points; “Rare” — 1 point; “Sometimes” — 2 points; “Common” — 3 points. A cluster analysis of digital analogues showed the following results: (1) the maximum distance (5.39) is observed between COVID-19 and common cold; (2) the minimum distance (3.00) is observed between COVID-19 and influenza; and (3) the distance (5.29) between common cold and influenza is intermediate. Entropy (in bits) calculated for the incidence of verbal characteristics of the frequency of symptoms of the three diseases has the following meanings: (1) for COVID-19 the entropy is 1.7610; (2) for common cold it is 1.8465; and (3) for influenza it is 1.4855.

**Key words:** ordinal data, entropy analysis, statistics, mathematical methods in medicine, respiratory diseases, coronavirus disease, common cold (acute upper respiratory infections), influenza.

**Introduction**

Monitoring the symptoms of diseases, along with laboratory tests, is one of the key aspects of correct diagnosis [4], [12]. In a pandemic of the novel coronavirus infection, great importance is given to the analysis of clinical presentation of this pathology, which in some cases can be similar to common cold, as well as influenza [2], [7], [10].

The objective of this paper is to develop an ordinal scale with the subsequent use of the cluster analysis method, which allows determining the degree of similarity between three viral respiratory infections by the incidence of characteristic symptoms. In addition, it is planned to perform an entropy analysis with respect to the rate of verbal estimates of the incidence of symptoms of the three diseases.

**Material and Methods**

The World Health Organization publicly available information containing verbal characteristics of the incidence of key symptoms of coronavirus, common cold, and influenza was used as the initial data [1].

It should be noted that the term “common cold” is paramedical; therefore, its use in this work should be considered conditional, since in ICD-10 the following nosological group is given under codes J00-J06 that has the scientific content: “acute upper respiratory infections” [5].

Using the theory of scales of measurement, verbal assessments were transformed into digital analogues (points), which is an example of an ordinal scale [6], [8], [11]. Data of digital analogues characteristic of the three diseases was subjected to cluster analysis [3] according to Ward’s method in the STATISTICA 10 software (StatSoft, USA).

Entropy analysis [9] included the calculation of entropy ( $H$ , bits) according to the following formula:

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i,$$



where  $P_i$  is the probability (occurrence) of the  $i$ -th option;

$n$  is the number of values that the system can take. In the above calculations,  $n = 4$ .

Verbal characteristics of the incidence of symptoms of the three viral respiratory infections such as “Common”, “Sometimes”, “Rare”, and “No” are taken into account as options for the measure of disorder being evaluated.

### Results and Discussion

At the first stage, it is advisable to create an ordinal scale that reflects the correspondence of incidence of diseases symptoms in verbal form with their digital analogues (figure 1).

Verbal estimates of symptoms incidence (according to the World Health Organization) [1]	No	Rare	Sometimes	Common
Ranking of symptoms incidence in digital analogues, points	0	1	2	3

Fig. 1 – Ordinal scale reflecting the correspondence of a verbal estimates of disease symptoms incidence to digital analogues

At the second stage, the developed ordinal scale was used in relation to the most important symptoms characteristic of coronavirus, common cold, and influenza. Digital analogues in the form of points are given in table 1.

Table 1 – Comparative analysis of the symptoms characteristic of the novel coronavirus infection, common cold, and influenza

The main symptoms [1]	COVID-19		Common cold		Influenza	
	Verbal estimates of symptoms incidence [1]	Symptoms incidence in digital analogues, points	Verbal estimates of symptoms incidence [1]	Symptoms incidence in digital analogues, points	Verbal estimates of symptoms incidence [1]	Symptoms incidence in digital analogues, points
Fever	Common	3	Rare	1	Common	3
Fatigue	Sometimes	2	Sometimes	2	Common	3
Dry cough	Common	3	Rare	1	Common	3
Sneezing	No	0	Common	3	No	0
Aches and pains	Sometimes	2	Common	3	Common	3
Runny or stuffy nose	Rare	1	Common	3	Sometimes	2
Sore throat	Sometimes	2	Common	3	Sometimes	2
Diarrhea	Rare	1	No	0	Sometimes	2
Headaches	Sometimes	2	Rare	1	Common	3
Shortness of breath	Sometimes	2	No	0	No	0

At the third stage, the available digital analogues of the incidence rates of symptoms (in verbal form) of the three viral respiratory infections were subjected to cluster analysis, which is shown in figure 2.

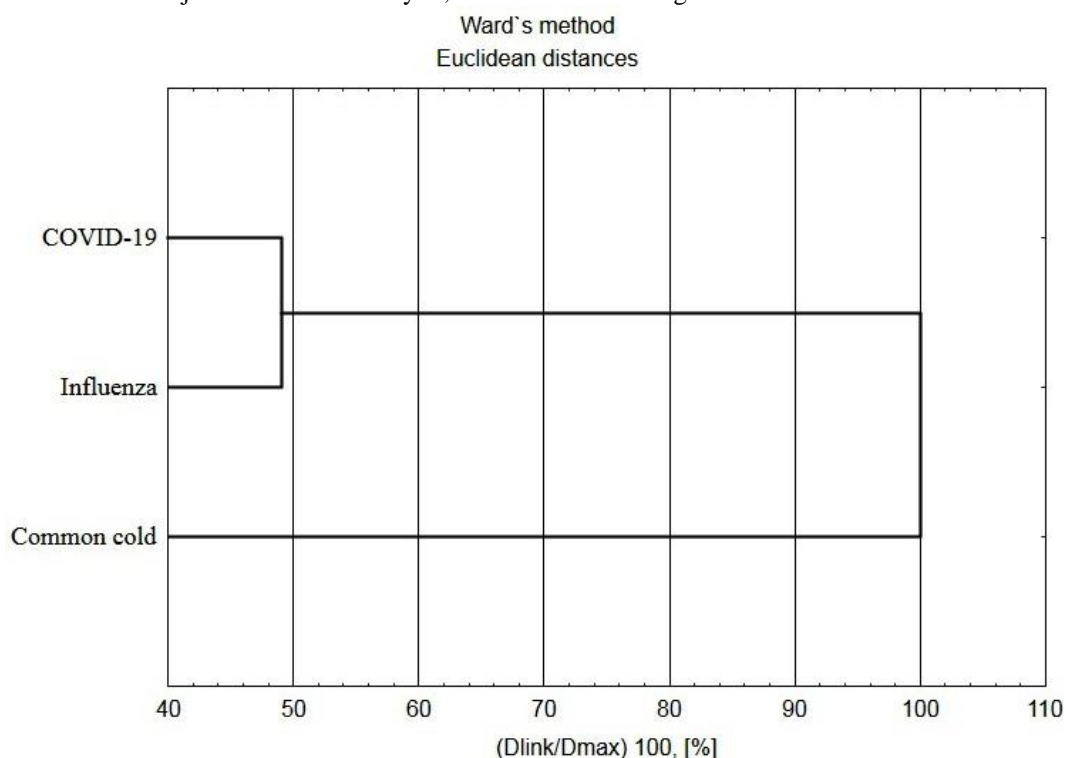


Fig. 2 – Cluster analysis reflecting the nature of similarity between the incidence rates of symptoms of coronavirus, common cold, and influenza

The obtained results reflect the proximity of the incidence rates of symptoms of COVID-19 with influenza, which is reflected in the formation of a single cluster, while the incidence of symptoms of common cold is at a certain distance from the incidence of signs of the first two viral infections.

The found Euclidean distances (table 2), on the basis of which this graph was built (figure 2), support the given clustering.

Table 2 – Euclidean distances reflecting the degree of proximity of the incidence of symptoms of coronavirus, common cold, and influenza

Euclidean distances	COVID-19	Common cold	Influenza
COVID-19	0.00	5.39	3.00
Common cold	5.39	0.00	5.29
Influenza	3.00	5.29	0.00

Based on the above results, we can draw the following conclusions: (1) the maximum distance (5.39) is observed between COVID-19 and common cold; (2) the minimum distance (3.00) is observed between COVID-19 and influenza; and (3) the distance (5.29) between common cold and influenza is intermediate.

Obviously, respiratory and constitutional symptoms of COVID-19 mimic influenza and common cold, which suggests the correctness and objective need for a comparative analysis of the clinical picture characteristic of these respiratory infections [13].

At the final stage, an entropy analysis was performed, which is based on determining the rates of verbal assessments of the symptoms of the three viral respiratory infections, that is: “Common”, “Sometimes”, “Rare”, and “No”.

The results of determining entropy reflecting a measure of “disorder” of the incidence of symptoms are shown in table 3.

Table 3 – Calculation of the entropy of the incidence rate of verbal characteristics of the frequency of symptoms for the three diseases

Verbal estimates of symptoms incidence	COVID-19				Common cold				Influenza			
	N*	W, %	P	H, bits	N	W, %	P	H, bits	N	W, %	P	H, bits
Common	2	20	0.2	0.4644	4	40	0.4	0.5288	5	50	0.5	0.5000
Sometimes	5	50	0.5	0.5000	1	10	0.1	0.3322	3	30	0.3	0.5211
Rare	2	20	0.2	0.4644	3	30	0.3	0.5211	0	0	—	—
No	1	10	0.1	0.3322	2	20	0.2	0.4644	2	20	0.2	0.4644
Sum	10	100	1.0	1.7610	10	100	1.0	1.8465	10	100	1.0	1.4855

\* Notes: N — Number of cases; W — Incidence rate ( $W = [N/2N] \times 100$ ); P — Probability ( $P = W/100$ ); H — Entropy

The data obtained indicate different values of the entropy of three viral respiratory infections. The maximum level of entropy characteristic of common cold is related to the variability of the frequency of verbal characteristics associated with the incidence of symptoms. Then comes the value of entropy characteristic of the novel coronavirus infection, which is also associated with the variable nature of the frequency of verbal evaluations. However, due to the fact that half of the cases were “Sometimes”, the final entropy value is still lower than that of common cold. The most ordered data from the point of view of information theory is shown by influenza, since the entropy value for this infectious disease is minimum due to the absence of the “Rare” case, as well as due to the fact that half of the cases were “Common”.

### Conclusion

In conclusion, the use of the theory of scales of measurement and entropy analysis in the healthcare system is an important prerequisite for providing attributive indicators of the disease with quantitative characteristics. It is obvious that in the context of a pandemic of the novel coronavirus infection, the above quantification methods can serve as one of the effective tools of evidence-based medicine.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Conflict of Interest

None declared.

### Список литературы / References

1. Coronavirus (COVID-19). Sources: World Health Organization, Centers for Disease Control and Prevention. [Electronic resource] URL: <https://www.ish.org.uk/covid-19/>. (Accessed on 15.04.2020)
2. Coronavirus disease 2019 (COVID-19). Situation Report – 85. Geneva: World Health Organization. [Electronic resource] URL: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports/>. (Accessed on 15.04.2020).
3. Everitt B.S. Cluster Analysis. 4th Edition / B.S. Everitt, S. Landau, M. Leese. – New York: Oxford University Press, Inc.; London: Arnold, 2001. – 237 p.
4. Handbook of COVID-19 Prevention and Treatment. The First Affiliated Hospital, Zhejiang University School of Medicine. Compiled According to Clinical Experience / Liang T. (ed.). – Hangzhou: FAHZU, 2020. – 60 p.
5. ICD-10 Version:2019. [Electronic resource] URL: <https://icd.who.int/browse10/2019/en#/J00-J06>. (Accessed 21.04.2020).
6. Jekel J.F. Epidemiology, Biostatistics, and Preventive Medicine. Third edition / J.F. Jekel, D.L. Katz, J.G. Elmore, D. Wild. – Philadelphia: Saunders; Elsevier, 2007. – 448 p.

7. Jiang F. Review of the Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) / F. Jiang, L. Deng, L. Zhang, Y. Cai, C.W. Cheung, Z. Xia // *The Journal of General Internal Medicine*. – 2020. – <https://doi.org/10.1007/s11606-020-05762-w>
8. Laird N.M. A Note on Classifying Ordinal-Scale Data / N.M. Laird // *Sociological Methodology*. – 1979. – Vol. 10. – P. 303–310. doi:10.2307/270775.
9. Park K.S. Information Theory. In: *Human Reliability: Analysis, Prediction, and Prevention of Human Errors* / K.S. Park. – Amsterdam: Elsevier, 1987. – P. 17–27.
10. Paules C.I. Coronavirus infections—more than just the common cold / C.I. Paules, H.D. Marston, A.S. Fauci // *Journal of the American Medical Association*. – 2020. – Vol. 323(8). – P. 707–708. doi:10.1001/jama.2020.0757
11. Stevens S.S. On the Theory of Scales of Measurement / S.S. Stevens // *Science. New Series*. – 1946. – Vol. 103 (2684). – P. 677–680.
12. Török E. *Oxford Handbook of Infectious Diseases and Microbiology. The second edition* / E. Török, E. Moran, F. Cooke. – Oxford: Oxford University Press, 2017. – 912 p. DOI: 10.1093/med/9780198569251.001.0001
13. Zu Z.Y. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Perspective from China / Z.Y. Zu, M.D. Jiang, P.P. Xu, W. Chen, Q.Q. Ni, G.M. Lu, L.J. Zhang // *Radiology*. – 2020. – <https://doi.org/10.1148/radiol.2020200490>

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.036>**РОСТО-ВЕСОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НОВОРОЖДЕННЫХ ПРИ НЕКОТОРЫХ ВАРИАНТАХ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПЛАЦЕНТЫ И НИЗКОМ ПЕРИНАТАЛЬНОМ РИСКЕ**

Научная статья

**Самчук П.М.<sup>1, \*</sup>, Азоева Э.Л.<sup>2</sup>**<sup>1</sup> ORCID: 0000-0001-7882-8922;<sup>2</sup> ORCID: 0000-0002-3711-2423;<sup>1</sup> Первый Московский Государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова, Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия;<sup>2</sup> ГБУЗ «ГКБ имени В.В. Вересаева ДЗМ», Москва, Россия

\* Корреспондирующий автор (dr\_samchuk[at]mail.ru)

**Аннотация**

Место расположения плаценты в матке, имеет большое значение для развития плода, что связано с интенсивностью кровоснабжения разных отделов матки. Статистически значимым явилось расположение плаценты по переднему сегменту беременной матки ( $p < 0,05$ ). Проведено изучение росто-весовых показателей 105 новорожденных в зависимости от некоторых вариантов локализации плаценты в матке. Масса новорожденных при расположении плаценты на задней стенке, достоверно была выше по отношению к другим зонам.

**Ключевые слова:** плацента, матка, беременность, новорожденный, росто-весовой показатель.

**STATURAL-WEIGHT VALUES OF BABIES WITH SOME CASES OF LOCALIZATION OF PLACENTA AND LOW PERINATAL RISK**

Research article

**Samchuk P.M.<sup>1,\*</sup> Azoeva E.L.<sup>2</sup>**<sup>1</sup> ORCID: 0000-0001-7882-8922;<sup>2</sup> ORCID: 0000-0002-3711-2423;<sup>1</sup> First Moscow Sechenov Moscow State Medical University I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia;<sup>2</sup> SBEI "State Clinical Hospital named after V.V. Veresaeva, Moscow Health Department," Moscow, Russia

\* Corresponding author (dr\_samchuk[at]mail.ru)

**Abstract**

The location of the placenta in the uterus is of great importance for the development of the fetus, which is associated with the intensity of blood supply to different parts of the uterus. The location of the placenta in an anterior segment of the pregnant uterus ( $p < 0.05$ ) is statistically significant. The authors studied statural-weight values of 105 newborns, depending on some options for the localization of the placenta in a uterus. The mass of newborns, when the placenta is located on the back wall, is significantly higher compared to other zones.

**Keywords:** placenta, uterus, pregnancy, newborn, growth-weight indicator.

**Введение**

Общепринято считать, что плацента в норме может располагаться по передней или задней стенке беременной матки, что обусловлено благоприятными условиями развития плодного яйца в этой зоне. Наряду с этим до конца не выяснен механизм выбора места прикрепления плодного яйца. В эру до ультразвуковой эхографии, одной из теорий, рассматривалось влияние силы гравитации на миграцию бластоцисты в зависимости от положения тела женщины [1, С. 12-15]. Имеются достоверные подтверждения, что плодное яйцо не прикрепляется в области локализации миоматозных узлов с тенденцией роста в полость матки или в местах повреждения внутренней оболочки в результате предыдущих травматичных выскабливаний [2], [3, С. 55-77]. Появление ультразвукового метода исследования, позволило детально изучить плаценту и получить информацию о ее локализации, толщине, структуре [4]. По данным В.Е. Радзинского (2007) в двух третьих (2/3) случаев имплантация происходит в заднюю стенку матки, а в одной третьей (1/3) в переднюю [5], [6]. В тоже время, некоторые авторы отмечают, что локализация плаценты по передней стенке встречается чаще, чем по задней [7, С. 39-43], [8, С. 38-41], [9]. В различные сроки беременности локализация плаценты изменяется из-за миграции от нижних отделов матки ко дну в сторону лучшего кровоснабжения [10], [11, С. 71]. Окончательное заключение о расположении плаценты следует делать по результатам ультразвуковой эхографии в конце беременности [12], [13, С. 127-134]. Место расположения плаценты в матке, имеет большое значение для развития плода, также в генезе макросомии, что связано с интенсивностью кровоснабжения разных отделов матки [14], [15]. Многими авторами выявлена взаимосвязь между развитием массы плода 4000 г и более, при локализации плаценты по задней стенке матки [16, С. 56-59], [17, С. 44-48].

Целью нашего исследования, явилось изучение росто-весовых показателей новорожденных в зависимости от локализации плаценты у беременных с низким перинатальным риском.

**Методы и принципы исследования**

Проведен анализ 105 родов при доношенной беременности и их новорожденных. Все женщины с неосложненным течением одноплодной беременности и низким перинатальным риском, родоразрешены через естественные родовые пути в Филиале ГКБ им. В. В. Вересаева ДЗ города Москвы. Оценка пренатальных факторов и риска пренатального скрининга проводилась на 11-14 неделях беременности, включая определение сывороточных маркеров и измерения

толщины воротникового пространства. Всем пациенткам было проведено регламентированное клинико-лабораторное обследование. Родильницы были разделены на три группы в зависимости от локализации плаценты в матке при беременности. В первую вошли пациентки, у которых плацента локализовалась на передней стенке ( $n = 56$ ), во вторую группу с локализацией на задней стенке ( $n = 34$ ) и в третью – с локализацией плаценты в области дна и переходом на переднюю или заднюю стенки ( $n = 15$ ). Средний возраст в первой группе составил  $22,4 \pm 0,5$  лет, во второй  $22,2 \pm 0,3$  лет и третьей  $23,1 \pm 0,2$  лет, что не имело достоверных различий ( $p > 0,05$ ). Взвешивание новорожденных проводилось на электронных весах в первый час после рождения. Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием программ Microsoft Office Excel 2007 и STATISTICA 10. Достоверными принимались различия при  $p < 0,05$ .

### Основные результаты

Диагностика локализации плаценты в матке проводилась при сроке беременности приближенном к родам (37-38 недель) с использованием ультразвукового исследования (далее – УЗИ). При анализе было установлено, что плацента локализовалась на передней стенке тела матки в 53,3% случаев, по задней стенке в 32,4% и в области дна в 14,3% случаев, из них с переходом на переднюю стенку – 1,9% ( $n=2$ ) и на заднюю в 12,4% ( $n=13$ ) случаев. При оценке расположения плаценты в зависимости от паритета родов установлено, что у первородящих ( $n=44$ ) локализация плаценты по передней стенке отмечена в 54,5% ( $n=24$ ) случаев, по задней в 27,3% ( $n=12$ ), в области дна в 18,2% ( $n=8$ ) случаев. Расположение плаценты у повторнородящих ( $n=61$ ) по передней стенке составило 52,5% ( $n=32$ ) случаев, по задней – 36,0% ( $n=22$ ) в области дна – 11,5% ( $n=7$ ) случаев. На основании полученных данных УЗИ, нами выделено две категории женщин по преобладанию локализации плаценты (расположение по передней стенке матки и в дне с переходом на переднюю стенку отмечено в 55,2% женщин; по задней стенке матки и в дне с переходом на заднюю отмечено в 44,8% случаев). Различия явились статистически значимыми с преобладанием расположения плаценты по переднему сегменту беременной матки ( $p < 0,05$ ). Средняя масса новорожденных при расположении плаценты по передней стенке составила  $3474 \pm 395,52$  г, при расположении по задней стенке –  $3661 \pm 391,37$  г и в дне  $3423 \pm 385,3$  г (см. таблицу 1). Различия между первой, третьей и второй группой, явились достоверно значимы ( $p < 0,05$ ).

Таблица 1 – Частота массы тела новорожденных в зависимости от зоны локализации плаценты в матке

Масса новорожденных, г	Передняя стенка ( $n=56$ )	Задняя стенка ( $n=34$ )	Зона дна ( $n=15$ )	
			+ п.ст.	+ задн.ст.
2500-2999	10,7% ( $n=6$ )	5,9% ( $n=2$ )	13,3% ( $n=2$ )	
3000-3499	39,3% ( $n=22$ )	29,4% ( $n=10$ )	33,3% ( $n=5$ )	
3500-3999	39,3% ( $n=22$ )	41,2% ( $n=14$ )	46,7% ( $n=7$ )	
4000 и >	10,7% ( $n=6$ )	23,5%* ( $n=8$ )	6,7% ( $n=1$ )	

Примечание: \* – достоверность различия между крупным плодом в группе с расположением плаценты по задней стенке –  $p < 0,05$

Средние показатели роста новорожденных не зависели от места расположения плаценты в матке, и составили:  $52,1 \pm 2,38$  см при расположении плаценты по передней стенке,  $52,2 \pm 3,07$  см по задней и  $52,1 \pm 4,72$  см при расположении в дне (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Частота роста новорожденных в зависимости от зоны локализации плаценты в матке

Рост новорожденных	Передняя стенка ( $n=56$ )	Задняя стенка ( $n=34$ )	Зона дна ( $n=15$ )	
			+ п.ст.	+ задн.ст.
45-49 см	1,8% ( $n=1$ )	8,8% ( $n=3$ )	6,7% ( $n=1$ )	
50-53 см	83,9% ( $n=47$ )	61,8% ( $n=21$ )	73,3% ( $n=11$ )	
54-56 см	14,3% ( $n=8$ )	29,4% ( $n=10$ ) *	20% ( $n=3$ )	

Примечание: \* – достоверность различия в группе крупных плодов –  $p < 0,05$

Следует отметить, что достоверных различий по средним параметрам роста новорожденных между группами не отмечено ( $p > 0,05$ ), на ряду с этим в группе «крупных» плодов с ростом более 54 сантиметров отмечено достоверное повышение роста плода ( $p < 0,05$ ).

Показатели окружности головы новорожденных в зависимости от расположения плаценты в матке представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Частота окружности головы новорожденных в зависимости от зоны локализации плаценты в матке

Окружность головы	Передняя стенка (n=56)	Задняя стенка (n=34)	Зона дна (n=15) (n=15)
			+ п.ст. + задн.ст
33-34 см	58,9% (n=33)	38,2%(n=13)	80% (n=12)
35-36 см	41,1% (n=23)	61,8% (n=21)	20% (n=3)

Средние значения окружности головы новорожденного между группами не имели достоверных различий и составили при расположении плаценты по передней стенке -  $34,4 \pm 1,49$  см, задней стенке -  $34,4 \pm 1,28$  см, в дне матки -  $34,4 \pm 1,85$  см ( $p > 0,05$ ). Показатели среднего значения окружности грудной клетки новорожденных при расположении плаценты по передней стенке составили -  $33,4 \pm 1,49$  см, задней -  $33,4 \pm 1,32$  см, дне -  $33,3 \pm 1,82$  не имея достоверных различий между группами ( $p > 0,05$ ).

#### Заключение

Таким образом, на основании выполненного исследования, установлена связь между локализацией плаценты в матке при беременности и росто-весовыми показателями новорожденных, которые отражают особенности течение беременности. Наиболее благоприятной зоной явилась локализация плаценты на задней стенке, при которой отмечена более высокая масса тела новорожденных, чем при другой локализации плаценты, а также отмечена высокая частота развития крупных плодов и низкая частота рождения маловесных детей. Наиболее неблагоприятным явилось прикрепление плаценты в дне матки. Ранее показано, что передняя стенка матки подвергается значительно большим изменениям во время беременности чем задняя, кроме того, расположение плаценты по задней стенке предохраняет плаценту от случайных травм [18].

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Список литературы / References

1. Бойкова Ю.В. Изучение влияния скорости миграции плаценты на течение и исход беременности по данным эхографии / Ю.В. Бойкова // Ультразвуковая диагностика. – 1999. – №1. – С. 12-15.
2. Медведев М. В. Пренатальная эхография: дифференциальный диагноз и прогноз / М. В. Медведев. М.: – Реал Тайм, 2009. – 2-е изд., перераб. – 368 с.: ил.
3. Стыгар А.М. Ультразвуковое исследование плаценты, пуповины, околоплодных вод. Клиническое руководство по УЗ-диагностике. В 2 т., Т.2. / Под ред. Митькова В. В., Медведева М. В. – М.: Видар, 1996. – С. 52-77.
4. Стрижаков А. Н. Акушерство. Курс лекций / Под ред. А. Н. Стрижакова, А. И. Давыдова. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2009. – 456 с.
5. Радзинский В. Е. Руководство к практическим занятиям по акушерству / Под ред. В. Е. Радзинского. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2007. – 656 с.
6. Радзинский В. Е. Акушерская агрессия / В. Е. Радзинский. – М.: Изд-во журнала Status Praesens, 2012. – 672 с.
7. Камилова Н.М. Возможности прогнозирования перинатальных исходов по функциональной оценке фетоплацентарной системы / Н.М. Камилова // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2005. – №5. – С.39-43
8. Esmaeil Zadeh S. Determination of placenta location in third trimester of Pregnancy by ultrasonography / S Esmaeil Zadeh // Journal of Babol University of Medical Sciences. – 1999. – №1(4). – P. 38-41
9. Протопопова Н. В. Физиологические изменения в организме женщины при беременности / Н. В. Протопопова, П. М. Самчук, В. В. Суховская. – Иркутск, 2005. – 123 с.
10. Васильева В. В. Исследование миграции плаценты в зависимости от центрo-периферических асимметрий функциональной системы «мать-плацента-плод» / В.В. Васильева, Т.Л. Боташева, А.В. Хлопонина и др. // Современные проблемы науки и образования [Modern problems of science and education]. – 2018. – № 1. <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=27399>
11. Круч А.И. Влияние локализации плаценты на внутриутробное развитие плода / А.И. Круч // Вопросы охраны материнства и детства. – 1981. – №9. – С.71.
12. Стрижаков А. Н. Ультразвуковая диагностика в акушерстве и гинекологии / А.Н. Стрижаков, А.Т. Бунин, М.В. Медведев. – М.: Медицина, 2014. – 400 с.
13. Михеева Н. Г. Локализация плаценты относительно внутреннего зева во II триместре беременности: диагностическое значение и влияние на исходы беременности / Н.Г. Михеева, Д.В. Бурьяк // Пренатальная диагностика [Prenatal diagnosis]. – 2016. – №2(15). – С. 127–134.
14. Протопопова Н. В. Клинические протоколы / Н. В. Протопопова, П. М. Самчук, Н. В. Кравчук. – Иркутск: Изд-во Оттиск, 2006. – 256 с.
15. Норвитц Эррол Р. Наглядное акушерство и гинекология: Пер. с англ. / Эррол Р. Норвитц, Джон О. Шордж. – М.: ГЭОТАР – Мед, 2010. – 144 с.
16. Лопатина Т.В. Алгоритм перинатального мониторинга / Т.В. Лопатина // Акушерство и гинекология [Obstetrics and Gynecology]. – 2000. - №5. – С. 56-59.
17. Иакашвили С. Н. Ультразвуковая и лабораторная диагностика плацентарной недостаточности у беременных после экстракорпорального оплодотворения в зависимости от формы бесплодия / С. Н. Иакашвили, П. М. Самчук // Российский вестник акушера-гинеколога. – 2017. – № 17. – С. 44-48.

18. Беременность и роды высокого риска / В.В. Абрамченко. – М.: МИА, 2004. – 400 с.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Bojkova YU.V. Izuchenie vliyaniya skorosti migracii placenty na techenie i iskhod beremennosti po dannym ekhografii [Study of the effect of placental migration rate on the course and the outcome of pregnancy according to ultrasound] / YU.V. Bojkova // Ul'trazvukovaya diagnostika [Ultrasound and Functional Diagnostics]. – 1999. – №1. – P. 12-15. [in Russian]
2. Medvedev M.V. Prenatal'naya ekhografiya: differencial'nyj diagnoz i prognoz [Prenatal ultrasound: differential diagnosis and prognosis] / M.V. Medvedev. M.: – Real Tajm, 2009. – 2-e izd., pererab. – 368 p.: illustr. [in Russian]
3. Stygar A.M. Ul'trazvukovoe issledovanie placenty, pupoviny, okoloplodnyh vod. Klinicheskoe rukovodstvo po UZ-diagnostike. V 2 t., T.2. [Ultrasound examination of the placenta, umbilical cord, amniotic fluid. Clinical Guide to Ultrasound Diagnostics] / Pod red. Mit'kova V. V., Medvedeva M. V. – M.: Vidar, 1996. – P. 52-77. [in Russian]
4. Strizhakov A.N. Akusherstvo. Kurs lekciy [Obstetrics. Lecture course] / Pod red. A.N. Strizhakova, A.I. Davydova. – M.: GEOTAR – Media, 2009. – 456 p. [in Russian]
5. Radzinskij V. E. Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po akusherstvu [Obstetrics. Practice Guide] / Pod red. V. E. Radzinskogo. – M.: GEOTAR – Media, 2007. – 656 p. [in Russian]
6. Radzinskij V.E. Akusherskaya agressiya [Obstetric aggression] / V.E. Radzinskij. – M.: Izd-vo zhurnala Status Praesens, 2012. – 672 p. [in Russian]
7. "Kamilova N.M. Vozmozhnosti prognozirovaniya perinatal'nyh iskhodov po funkcional'noj ocenke fetoplocentarnoj sistemy [The Value of Fetoplacental System Functional Evaluation in the Perinatal Outcomes Prognosing] / N.M. Kamilova // Ul'trazvukovaya i funkcional'naya diagnostika [Ultrasound and Functional Diagnostics]. – 2005. – №5. – P.39-43 [in Russian]"
8. Esmaeil Zadeh S. Determination of placenta location in third trimester of Pregnancy by ultrasonography / S Esmaeil Zadeh // Journal of Babol University of Medical Sciences. – 1999. – №1(4). – P. 38-41
9. Protopopova N. V. Fiziologicheskie izmeneniya v organizme zhenshhiny pri beremennosti [Physiological changes in women body during pregnancy] / N. V. Protopopova, P. M. Samchuk, V. V. Suhovskaja. – Irkutsk, 2005. – 123 p. : illustr. [in Russian]
10. Vasil'eva V.V. Issledovanie migracii placenty v zavisimosti ot centro-perifericheskikh assimetriy funkcional'noj sistemy «mat'-placenta-plod» [[Placenta migration in dependence on the center-peripheral assymetry of the mother-placenta-fetus function system] / V.V. Vasil'eva, T.L. Botasheva, A.V. Hloponina i dr. // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. – 2018. – № 1. <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=27399> [in Russian]
11. Kruch A.I. Vliyanie lokalizacii placenty na vnutritrobnoe razvitie ploda [The effect of localization of the placenta on fetal development] / A.I. Kruch // Voprosy ohrany materinstva i detstva. – 1981. – №9. – P.71. [in Russian]
12. Strizhakov A.N. Ul'trazvukovaya diagnostika v akusherstve i ginekologii [Ultrasound diagnostics in obstetrics and gynecology] / A.N. Strizhakov, A.T. Bunin, M.V. Medvedev. – M.: Medicina, 2014. – 400 p. [in Russian]
13. Miheeva N.G. Lokalizaciya placenty otnositel'no vnutrennego zeva vo II trimestre beremennosti: diagnosticheskoe znachenie i vliyanie na iskhody beremennosti [Localization of the placenta relative to the internal pharynx in the second trimester of pregnancy: diagnostic significance and impact on pregnancy outcomes] / N.G. Miheeva, D.V. Bur'yak // Prenatal'naya diagnostika. – 2016. – №2(15). – P. 127–134. [in Russian]
14. Protopopova N. V. Klinicheskie protokoly [Clinical protocols] / N. V. Protopopova, P. M. Samchuk, N. V. Kravchuk. – Irkutsk : Izd-vo Ottisk, 2006. – 256 p. [in Russian]
15. Norvitc Errol R. Naglyadnye akusherstvo i ginekologiya: Per. s angl. [Visual Obstetrics and Gynecology] / Errol R. Norvitc, Dzhon O. SHordzh. – M.: GEOTAR – Med, 2010. – 144 p. [in Russian]
16. Lopatina T.V. Algoritm perinatal'nogo monitoringa [Perinatal Monitoring Algorithm] / T.V. Lopatina // Akusherstvo i ginekologiya. – 2000. - №5. – P. 56-59. [in Russian]
17. Iakashvili S. N. Ul'trazvukovaya i laboratornaya diagnostika placentarnoj nedostatochnosti u beremennyh posle jekstrakorporal'nogo oplodotvorenija v zavisimosti ot formy besplodija [Ultrasound and laboratory diagnosis of placental insufficiency in pregnant women after fertilization depending on the type of infertility] / S. N. Iakashvili, P. M. Samchuk // Rossijskij vestnik akushera-ginekologa [Russian Bulletin of Obstetrician-Gynecologist]. – 2017. – № 17. – P. 44-48. [in Russian]
18. Beremennost' i rody vysokogo riska [Pregnancy and high-risk birth] / V.V. Abramchenko. – M.: MIA, 2004. – 400 p. [in Russian]

**СИНТЕЗ, ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ БИС-(1-ОКСО-4-ФЕНИЛ-1-ЭТОКСИБУТАН-2,4-ДИОНАТО)- И БИС-(1-БУТОКСИ-5-МЕТИЛ-1-ОКСОГЕКСАН-2,4-ДИОНАТО)МЕТАЛЛОВ(II)**

Научная статья

**Кунавина Е.А.<sup>1,\*</sup>, Сизенцов А.Н.<sup>2</sup>, Козурова М.С.<sup>3</sup>, Андреева Н.В.<sup>4</sup>**<sup>1</sup> ORCID: 0000-0003-4668-9782;<sup>1, 2, 3, 4</sup> Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

\* Корреспондирующий автор (kea20072007[at]yandex.ru)

**Аннотация**

Актуальным направлением органического синтеза является получение новых перспективных биологически активных соединений. Конденсацией алкил(арил)метилкетонов с диалкилоксалатами синтезированы оксоеноляты натрия с алкильным и арильным заместителями. Реакцией металлообмена натриевых оксоенолятов с солями меди, цинка и никеля выделены бис-(1-оксо-4-фенил-1-этоксипутан-2,4-дионато)- и бис-(1-бутокси-5-метил-1-оксогексан-2,4-дионато)металлы(II). Строение полученных металлокомплексных соединений подтверждено посредством спектральных методов анализа. Установлена биологическая активность некоторых бис-(4-алкил(арил)-1-оксо-1-алкоксиалкан-2,4-дионато)металлов(II) по отношению к трем видам тест-организмов: *S. Aureus*, *E. Coli*, *P. Aeruginosa*.

**Ключевые слова:** конденсация Клайзена, оксоеноляты натрия, поликарбонильные соединения, металлохелаты, биологическая активность, спектральный анализ.

**SYNTHESIS, STRUCTURAL FEATURES AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF BIS-(1-OXO-4-PHENYL-1-ETHOXYBUTANE-2,4-DIONATO)- AND BIS-(1-BUTOXY-5-METHYL-1-OXYHEXANE-2,4-DIONATO) METALS(II)**

Research article

**Kunavina E.A.<sup>1,\*</sup>, Sizentsov A.N.<sup>2</sup>, Kozurova M.S.<sup>3</sup>, Andreeva N.V.<sup>4</sup>**<sup>1</sup> ORCID: 0000-0003-4668-9782;<sup>1, 2, 3, 4</sup> Orenburg State University, Orenburg, Russia;

\* Corresponding author (kea20072007[at]yandex.ru)

**Abstract**

The development of new promising biologically active compounds is the topical direction of organic synthesis. By condensation of alkyl(aryl)methylketones with dialkyloxalates, sodium oxoenolates with alkyl and aryl substituents were synthesized in this work. bis-(1-oxo-4-phenyl-1-ethoxybutane-2,4-dionato)- and bis-(1-butoxy-5-methyl-1-oxohexane-2,4-dionato) metals (II) are isolated by metal exchange of sodium oxoenolates with copper, zinc and nickel salts. The structure of the obtained metal complex compounds is confirmed by spectral analysis methods. The authors has established biological activity of some bis-(4-alkyl(aryl)-1-oxo-1-alkoxyalkane-2,4-dionato)metals (II) with respect to three types of test organisms: *S. Aureus*, *E. Coli*, *P. Aeruginosa*.

**Keywords:** Klaisen condensation, sodium oxoenolates, polycarbonyl compounds, metal chelates, biological activity, spectral analysis.

**Введение**

Металлохелатные комплексы представляют собой перспективные объекты для исследования. Многие из известных металлохелатов нашли применение в различных областях науки и техники. Такие структуры широко используют в химии для разделения, концентрирования и аналитического определения различных элементов, а также в качестве инициаторов процессов полимеризации. Однако следует отметить, что наиболее востребованной среди разнообразных сфер применения металлоорганических соединений является медицина. В литературе приводятся многочисленные данные о проявлении антибактериальной, противогрибковой, противовирусной активности координационных соединений.

Актуальным представляется расширение рядов менее изученных металлокомплексов, лигандами в которых выступают карбонилсодержащие фрагменты. Металлокомплексы с поликарбонильными лигандами обладают широким спектром функциональных возможностей, которые обуславливают приоритетность исследования таких объектов.

**Методы исследования**

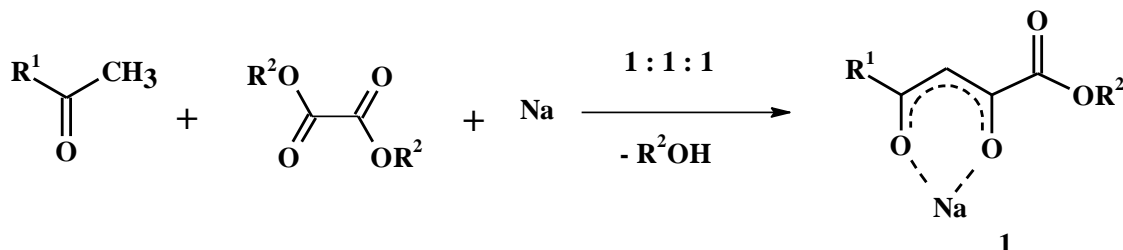
Строение синтезированных металлохелатных комплексов подтверждалось методами ИК и ЯМР <sup>1</sup>H спектроскопии, а также масс-спектрометрии высокого разрешения. ИК спектры соединений записаны на ИК-Фурье спектрометре Vertex 70 (Bruker, Германия); приставка НПВО, алмазный кристалл. Спектры ЯМР <sup>1</sup>H металлокомплексов в ДМСО-*d*<sub>6</sub> получены на ЯМР Фурье-спектрометре Bruker AVANCE II (400 МГц), внутренний стандарт – ТМС. Масс-спектры соединений записаны на квадрупольно-времяпролётном масс-спектрометре сверхвысокого разрешения Orbitrap Elite, MicroTof Bruker Daltonics. Зарегистрированы положительные ионы в режиме электрораспылительной ионизации (ESI).



Биологическая активность металло(II)хелатов определялась при помощи метода агаровых лунок (диффузионный метод исследования) [6] на трех видах микроорганизмов: *S. Aureus*, *E. Coli*, *P. Aeruginosa*. В качестве тестового вещества с выраженной бактерицидной активностью использовался фурацилин.

### Основные результаты

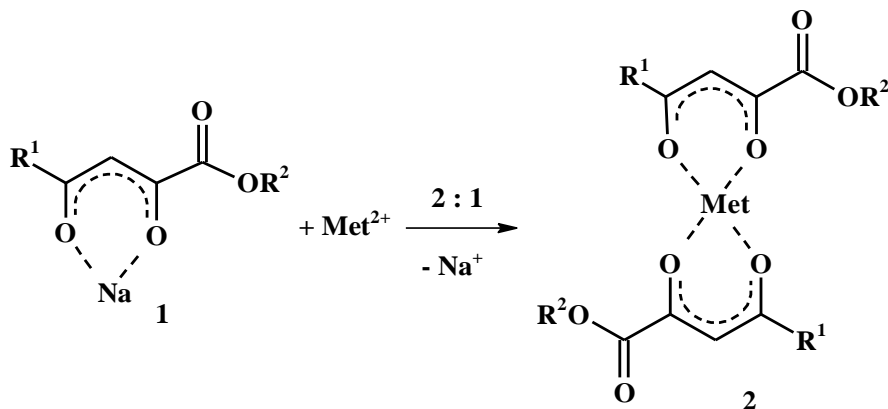
Конденсацией Клайзена ацетофенона с диэтилоксалатом, а также 3-метил-2-бутанона с дибутилоксалатом синтезированы 1,4-диоксо-4-фенил-1-этокси-2-бутен-2-олят натрия (1а) и 1-бутоксид-5-метил-1,4-диоксо-2-гексен-2-олят натрия (1б) соответственно (Рис. 1).



$R^1 = C_6H_5$  (1а),  $i-C_3H_7$  (1б);  $R^2 = C_2H_5$  (1а),  $n-C_4H_9$  (1б)

Рис. 1 – Схема синтеза 1-алкокси-1,4-диоксо-2-алкеноев натрия (1)

Синтез оксоенолятов натрия (1) был осуществлен с целью получения поликарбонильных лигандов для металло(II)комплексных соединений (2). Комплексообразование с солями металлов(II) проводили согласно схеме (Рис. 2):



$R^1 = C_6H_5$  (2а-в),  $i-C_3H_7$  (2г-е);  $R^2 = C_2H_5$  (2а-в),  $n-C_4H_9$  (2г-е);

Met = Cu (2а, г), Zn (2б, д), Ni (2в, е)

Рис. 2 – Схема синтеза бис-(1-оксо-4-фенил-1-этоксидбутан-2,4-дионато)- и бис-(1-бутоксид-5-метил-1-оксогексан-2,4-дионато)металлов(II)

Для получения новых оксоенолятов натрия и металлокомплексов были использованы предложенные нами ранее методики синтеза структурнородственных соединений, описанные в работах [7], [8].

**Методика синтеза 1,4-диоксо-4-фенил-1-этокси-2-бутен-2-олята натрия (1а).** Смешивали 25 ммоль ацетофенона и 25 ммоль диэтилоксалата в 50 мл бензола. К исходной смеси добавляли при перемешивании 0,58 г (25 ммоль) измельченного натрия. Реакционную смесь кипятили 2 часа в круглодонной колбе с обратным холодильником. Растворитель испаряли, полученный оксоенолят промывали эфиром.

**Методика синтеза 1-бутоксид-5-метил-1,4-диоксо-2-гексен-2-олята натрия (1б).** Смешивали 25 ммоль 3-метилбутанона-2 и 25 ммоль ди-*n*-бутилоксалата в 50 мл бензола. К исходной смеси добавляли при перемешивании 0,58 г (25 ммоль) измельченного натрия. Реакционную смесь кипятили 1,5 часа в круглодонной колбе с обратным холодильником. Растворитель испаряли, полученный оксоенолят промывали эфиром.

**Общая методика синтеза бис-(1-оксо-4-фенил-1-этоксидбутан-2,4-дионато)металлов(II) (2а-в).** К раствору 2,0 ммоль 1,4-диоксо-4-фенил-1-этокси-2-бутен-2-олята натрия (1а) в 30 мл воды добавляли при перемешивании насыщенный водный раствор 1,0 ммоль (0,18 г) ацетата меди (для получения соединения 2а), 1,0 ммоль (0,18 г) ацетата цинка (для получения соединения 2б), 1,0 ммоль (0,24 г) шестиводного хлорида никеля (для получения соединения 2в). Выпавший осадок отфильтровывали и перекристаллизовывали из этанола.

**Общая методика синтеза бис-(1-бутоксид-5-метил-1-оксогексан-2,4-дионато)металлов(II) (2г-е).** К раствору 2,0 ммоль 1-бутоксид-5-метил-1,4-диоксо-2-гексен-2-олята натрия (1б) в 30 мл воды добавляли при перемешивании насыщенный водный раствор 1,0 ммоль (0,18 г) ацетата меди (для получения соединения 2г), 1,0 ммоль (0,18 г) ацетата цинка (для получения соединения 2д), 1,0 ммоль (0,24 г) шестиводного хлорида никеля (для получения соединения 2е). Выпавший осадок отфильтровывали и перекристаллизовывали из этанола.

В таблице 1 представлены физико-химические характеристики синтезированных металлокомплексов (2).

Таблица 1 – Характеристика металлокомплексов (2)

Соединение	Заместители		Met(II)	Т <sub>пл</sub> , °С	Брутто-формула	Выход, %
	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>				
2а	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	Cu	125–127	C <sub>24</sub> H <sub>22</sub> O <sub>8</sub> Cu	36
2б	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	Zn	130–132	C <sub>24</sub> H <sub>22</sub> O <sub>8</sub> Zn	30
2в	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	Ni	152–153	C <sub>24</sub> H <sub>22</sub> O <sub>8</sub> Ni	29
2г	<i>i</i> -C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	Cu	190–192	C <sub>22</sub> H <sub>34</sub> O <sub>8</sub> Cu	38
2д	<i>i</i> -C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	Zn	100–102	C <sub>22</sub> H <sub>34</sub> O <sub>8</sub> Zn	31
2е	<i>i</i> -C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	Ni	98–100	C <sub>22</sub> H <sub>34</sub> O <sub>8</sub> Ni	35

Спектральные характеристики металлокомплексных соединений (таблица 2) хорошо согласуются с предполагаемыми изначально структурами.

Таблица 2 – Спектральная идентификация металлокомплексов [9], [10]

Соединение	ИК спектр, ν, см <sup>-1</sup>	Масс-спектр (ESI-TOF), m/z (I <sub>отн</sub> , %):
2а	2976 ν <sub>ас</sub> (CH <sub>3</sub> ), 1728 ν (COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ), 1592 ν (C=C), 1564, 1514, 1456 ν (C=C, Ar), 1434 δ <sub>ас</sub> (CH <sub>3</sub> ), 1272 ν (C-O-C), 1142 δ <sub>плоские</sub> (CH, C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ), 769, 743 δ <sub>неплос</sub> (CH, Ar).	502,0685 (22) [M+H] <sup>+</sup> , 519,0948 (98) [M+NH <sub>4</sub> ] <sup>+</sup> , 524,0503 (100) [M+Na] <sup>+</sup> , 540,0243 (48) [M+K] <sup>+</sup>
2б	2971 ν <sub>ас</sub> (CH <sub>3</sub> ), 1726 ν (COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ), 1597, 1575 ν (C=C), 1519, 1464 ν (C=C, Ar), 1429 δ <sub>ас</sub> (CH <sub>3</sub> ), 1274 ν (C-O-C), 1170 δ <sub>плоские</sub> (CH, C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ), 770, 752 δ <sub>неплос</sub> (CH, C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ).	503,0678 (80) [M+H] <sup>+</sup> , 520,0945 (53) [M+NH <sub>4</sub> ] <sup>+</sup> , 525,0497 (100) [M+Na] <sup>+</sup> , 541,0235 (22) [M+K] <sup>+</sup>
2в	2954 ν <sub>ас</sub> (CH <sub>3</sub> ), 1729 ν (COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ), 1595, 1572 ν (C=C), 1519, 1456 ν (C=C, C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ), 1422 δ <sub>ас</sub> (CH <sub>3</sub> ), 1269 ν (C-O-C), 1146 δ <sub>плоские</sub> (CH, C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ), 771, 745 δ <sub>неплос</sub> (CH, C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ).	497,0745 (56) [M+H] <sup>+</sup> , 519,0561 (42) [M+Na] <sup>+</sup>
2г	2961 ν <sub>ас</sub> (CH <sub>3</sub> ), 2934 ν <sub>ас</sub> (CH <sub>2</sub> ), 1722 ν (COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ), 1582 ν (C=C), 1456 δ <sub>ас</sub> (CH <sub>3</sub> ), 1317 ν (C-O-C), 823, 796 δ (CH).	512,1443 (46) [M+Na] <sup>+</sup> , 528,1182 (34) [M+K] <sup>+</sup>
2д	2959 ν <sub>ас</sub> (CH <sub>3</sub> ), 2933 ν <sub>ас</sub> (CH <sub>2</sub> ), 1725 ν (COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ), 1599 ν (C=C), 1455 δ <sub>ас</sub> (CH <sub>3</sub> ), 1267 ν (C-O-C), 822, 781 δ (CH).	491,1616 (34) [M+H] <sup>+</sup> , 508,1887 (38) [M+NH <sub>4</sub> ] <sup>+</sup> , 513,1436 (64) [M+Na] <sup>+</sup>
2е	2958 ν <sub>ас</sub> (CH <sub>3</sub> ), 2933 ν <sub>ас</sub> (CH <sub>2</sub> ), 1724 ν (COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ), 1598 ν (C=C), 1454 δ <sub>ас</sub> (CH <sub>3</sub> ), 1269 ν (C-O-C), 843, 777 δ (CH).	485,1682 (65) [M+H] <sup>+</sup> , 507,1498 (32) [M+Na] <sup>+</sup>
Спектр ЯМР <sup>1</sup> H, δ, м.д.		
2б	1,27 т (6H, 2COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> , J <sub>HH</sub> 7,4 Гц), 4,18 кв (4H, 2COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> , J <sub>HH</sub> 7,4 Гц), 6,42 с (2H, 2CH), 7,24-7,52 м (6H, C <sup>3</sup> H, C <sup>4</sup> H, C <sup>5</sup> H в 2C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ), 7,82 д (4H, C <sup>2</sup> H, C <sup>6</sup> H в 2C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ).	
2д	0,91 т (6H, 2COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> , J <sub>HH</sub> 7,6 Гц), 0,98 д (12H, 2(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH, J <sub>HH</sub> 7,7 Гц), 1,35 м (4H, 2OCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> ), 1,59 м (4H, 2OCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> ), 2,40 м (1H, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH), 4,06 т (2H, OCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> , J <sub>HH</sub> 7,2 Гц), 5,64 с (2H, 2CH).	

Экспериментальные данные, подтверждающие факт проявления биологической активности, показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Биологическая активность металло(II)хелатных соединений

Соединение	Концентрация			
	0,5 М	0,25 М	0,125 М	0,063 М
	<i>S. Aureus</i>			
C <sub>24</sub> H <sub>22</sub> O <sub>8</sub> Cu	11,67±0,33	11,67±0,67	12,00±1,00	11,67±1,20
C <sub>24</sub> H <sub>22</sub> O <sub>8</sub> Zn	9,67±0,33	7,67±0,33	5,67±2,85	6,00±3,06
C <sub>24</sub> H <sub>22</sub> O <sub>8</sub> Ni	11,33±0,66	11,66±0,88	10,33±0,66	9,00 ±0,57
C <sub>22</sub> H <sub>34</sub> O <sub>8</sub> Cu	17,33±0,88	15,33±0,33	14,00±0	12,67±0,33
C <sub>22</sub> H <sub>34</sub> O <sub>8</sub> Zn	6,33±3,18	6,00±3,00	–	–
C <sub>22</sub> H <sub>34</sub> O <sub>8</sub> Ni	7,33±0,33	6,67±1,20	6,33±0,33	3,67±1,86
Фурацилин	27,33±2,33	25,67±1,76	22,33±1,86	18,67±1,76
Соединение	Концентрация			
	0,5 М	0,25 М	0,125 М	0,063 М
	<i>E. Coli</i>			
C <sub>24</sub> H <sub>22</sub> O <sub>8</sub> Cu	9,33±0,33	9,33±0,88	–	–
C <sub>24</sub> H <sub>22</sub> O <sub>8</sub> Zn	2,33±2,33	3,00±3,00	4,00±4,00	5,00±5,00
C <sub>24</sub> H <sub>22</sub> O <sub>8</sub> Ni	9,00 ± 0	9,33 ± 0,33	9,33 ± 0,33	8,00 ± 0,58
C <sub>22</sub> H <sub>34</sub> O <sub>8</sub> Cu	9,33±0,33	7,33±0,33	2,00±2,00	–
C <sub>22</sub> H <sub>34</sub> O <sub>8</sub> Zn	8,75±0,31	5,88±0,88	–	–
C <sub>22</sub> H <sub>34</sub> O <sub>8</sub> Ni	8,63±1,31	5,33±2,73	2,33±2,33	–
Фурацилин	21,67±1,20	20,33±1,21	17,00±1,53	14,67±0,88

Окончание табл. 3 – Биологическая активность металло(II)хелатных соединений

Соединение	Концентрация			
	0,5 М	0,25 М	0,125 М	0,063 М
	<i>P. Aeruginosa</i>			
C <sub>24</sub> H <sub>22</sub> O <sub>8</sub> Cu	Нет подавления			
C <sub>24</sub> H <sub>22</sub> O <sub>8</sub> Zn	Нет подавления			
C <sub>24</sub> H <sub>22</sub> O <sub>8</sub> Ni	9,00 ± 0	8,00 ± 0	2,66 ± 2,66	–
C <sub>22</sub> H <sub>34</sub> O <sub>8</sub> Cu	3,00±3,00	–	–	–
C <sub>22</sub> H <sub>34</sub> O <sub>8</sub> Zn	Нет подавления			
C <sub>22</sub> H <sub>34</sub> O <sub>8</sub> Ni	7,00±0,58	2,00±2,00	–	–
Фурацилин	25,00±2,5	21,33±1,86	21,33±1,33	21,00±1,0

Обобщая и интерпретируя полученные в ходе выполнения эксперимента данные, следует отметить, что наиболее выраженным бактерицидным действием в отношении *S. Aureus* и *E. Coli* обладают бис-(1-оксо-4-фенил-1-этоксипутан-2,4-дионато)медь(II), бис-(1-оксо-4-фенил-1-этоксипутан-2,4-дионато)никель(II) и бис-(1-бутоксипутан-2,4-дионато)медь(II). По мере снижения уровня концентрации исследуемых соединений в большинстве случаев регистрируется ослабление ингибирующего действия на тест-организмы.

#### Заключение

Таким образом, нами синтезированы новые бис-(4-алкил(арил)-1-оксо-1-алкоксиалкан-2,4-дионато)металлы(II), подтверждено их строение спектральными методами анализа, изучена биологическая активность по отношению к трем видам микроорганизмов.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Список литературы / References

1. Золотухина Н. А. Комплексы переходных металлов с органическими лигандами / Н. А. Золотухина, Ю. А. Михайленко, А. В. Тихомирова и др. // Ползуновский вестник. Барнаул: Изд. ФГБОУ ВО "Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова", 2015. – № 3. – С. 58-60.
2. Yang T. Synthesis, characterization, crystal structures, and antimicrobial activity of cobalt(II) and iron(III) complexes derived from n-(2-hydroxybenzylidene)-3-methylbenzohydrazide / T. Yang, F. Niu, L. X. Li // Координационная химия. – 2016. – Т. 42. – № 6. – С. 364-371. doi: 10.7868/S0132344X16050108
3. Kudayarova T. V. Complexes of izothiadiaazole-containing bromonitrosubstituted three units product with d-metals (Ni, Co, Zn) / T. V. Kudayarova, M. A. Tyutina, E. A. Danilova // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2018. – Т. 61. – № 12. – С. 68-73. doi: 10.6060/ivkkt.20186112.5799
4. Голубцов М. С. Синтез и квантово-химическое исследование хелатов кобальта (III) с этилендиамином и диэтиленetriамином / М. С. Голубцов, Н. В. Щеглова // Современные проблемы медицины и естественных наук. Сборник статей Международной научной конференции. – 2019. – С. 198-199.
5. Котлова Е. С. Цимантрен и его производные в радикальной полимеризации виниловых мономеров / Е. С. Котлова, М. В. Павловская, Д. Ф. Гришин // Вестник Башкирск. ун-та. Уфа. – 2011. – № 16. – С. 1134-1138.
6. Sizentsov A. N. Assessment of biotoxicity of Cu nanoparticles with respect to probiotic strains of microorganisms and representatives of the normal flora of the intestine of broiler chickens / A. N. Sizentsov, O. V. Kvan, E. P. Miroshnikova and others // Environmental Science and Pollution Research. – 2018. – Vol. 25. – P. 1-9. doi: 10.1007/s11356-018-1761-4.
7. Кунавина Е. А. Синтез, строение и биологическая активность 4-арилзамещенных 1,4-диоксо-1-этоксипутан-2-алканолатов натрия / Е. А. Кунавина, А. Н. Сизенцов, Т. В. Левенец // Башкирский химический журнал. – 2018. – Т. 25. – № 3. – С. 13-16.
8. Kunavina E. A. Synthesis, Structure, and Biological Activity of Magnesium(II), Zinc(II), Cobalt(II), and Copper(II) Bis(4-aryl-1-ethoxy-1-oxobutane-2,4-dionates) / E. A. Kunavina, V. O. Koz'minykh, A. N. Sizentsov and others // Russian Journal of General Chemistry. – 2019. – Vol. 89, Iss. 1. – P. 67-70. doi: 10.1134/S1070363219010122.
9. Преч Э. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных / Э. Преч, Ф. Бюльманн, К. Аффельтер. – М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 438 с.
10. Сильверстейн Р. Спектрометрическая идентификация органических соединений / Р. Сильверстейн, Ф. Вебстер, Д. Кимл. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 557 с.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Zolotuhina N. A. Kompleksy perehodnykh metallov s organicheskimi ligandami [Complexes of transition metals with organic ligands] / N. A. Zolotuhina, Ju. A. Mihajlenko, A. V. Tihomirova and others // Polzunovskij vestnik. Barnaul: Izd. FGBOU VO "Altajskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet im. I. I. Polzunova" [Polzunovsky Bulletin. Barnaul: Publishing House FSBEI HE "Altai State Technical University named after I. I. Polzunov"], 2015. – № 3. – P. 58-60. [in Russian]
2. Yang T. Synthesis, characterization, crystal structures, and antimicrobial activity of cobalt(II) and iron(III) complexes derived from n-(2-hydroxybenzylidene)-3-methylbenzohydrazide / T. Yang, F. Niu, L. X. Li // Russian Journal of Coordination Chemistry. – 2016. – Vol. 42. – № 6. – P. 364-371. doi: 10.7868/S0132344X16050108
3. Kudayarova T.V. Complexes of izothiadiaazole-containing bromonitrosubstituted three units product with d-metals (Ni, Co, Zn) / T.V. Kudayarova, M.A. Tyutina, E.A. Danilova // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya. – 2018. – Vol. 61. – № 12. P. 68-73. doi: 10.6060/ivkkt.20186112.5799

4. Golubcov M. S. Sintez i kvantovo-himicheskoe issledovanie helatov kobal'ta (III) s jetilendiaminom i dijetilentriaminom [Synthesis and quantum-chemical study of cobalt (III) chelates with ethylenediamine and diethylenetriamine] / M. S. Golubcov, N. V. Shheglova // *Sovremennye problemy mediciny i estestvennyh nauk. Sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii* [Modern problems of medicine and natural Sciences. Collection of articles of the International scientific conference]. – 2019. – pp. 198-199. [in Russian]
5. Котлова Е. С. Цимантрен и его производные в радикальной полимеризации виниловых мономеров / Е. С. Котлова, М. В. Павловская, Д. Ф. Гришин // *Вестник Башкирск. ун-та. Уфа.* – 2011. – № 16. – С. 1134-1138.
6. Sizentsov A.N. Assessment of biotoxicity of Cu nanoparticles with respect to probiotic strains of microorganisms and representatives of the normal flora of the intestine of broiler chickens / A. N. Sizentsov, O. V. Kvan, E. P. Miroshnikova and others // *Environmental Science and Pollution Research.* – 2018. – Vol. 25. – P. 1-9. doi: 10.1007/s11356-018-1761-4.
7. Kunavina E. A. Sintez, stroenie i biologicheskaja aktivnost' 4-arilzameshhennyh 1,4-diokso-1-jetoksi-2-alkenol'jatov natrija [Synthesis, structure and biological activity 4-arilsubstituted of 1,4-dioxo-1-etoxy-2-alkenolyatov of sodium] / E. A. Kunavina, A. N. Sizencov, T. V. Levenec and others // *Bashkirskij himicheskij zhurnal* [Bashkir chemical journal]. – 2018. – Vol. 25. – № 3. – P. 13-16. [in Russian]
8. Kunavina E. A. Synthesis, Structure, and Biological Activity of Magnesium(II), Zinc(II), Cobalt(II), and Copper(II) Bis(4-aryl-1-ethoxy-1-oxobutane-2,4-dionates) / E. A. Kunavina, V. O. Koz'minykh, A. N. Sizentsov and others // *Russian Journal of General Chemistry.* – 2019. – Vol. 89. – Iss. 1. – P. 67-70. doi: 10.1134/S1070363219010122
9. Prech Je. Opredelenie stroenija organicheskikh soedinenij. Tablicy spektral'nyh dannyh [Determination of the structure of organic compounds. Tables of spectral data] / Je. Prech, F. Bjul'mann, K. Affol'ter. – M.: Mir; BINOM. Laboratorija znaniy, 2006. – 438 p. [in Russian]
10. Sil'verstejn R. Spektrometricheskaja identifikacija organicheskikh soedinenij [Spectrometric identification of organic compounds] / R. Sil'verstejn, F. Vebster, D. Kiml. – M.: BINOM. Laboratorija znaniy, 2012. – 557 p. [in Russian]