

---

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЖУРНАЛ**

***INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL***

---

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

Екатеринбург  
2018





Периодический теоретический и научно-практический журнал.  
Выходит 12 раз в год.  
Учредитель журнала: ИП Соколова М.В.  
Главный редактор: Меньшаков А.И.  
Адрес редакции: 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская,  
д. 4, корп. А, оф. 17.  
Электронная почта: [editors@research-journal.org](mailto:editors@research-journal.org)  
Сайт: [www.research-journal.org](http://www.research-journal.org)

**№ 4 (70) 2018  
Апрель**

Подписано в печать 19.04.2018.  
Тираж 900 экз.  
Заказ 28327.  
Отпечатано с готового оригинал-макета.  
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ",  
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

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: **ПИ № 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);  
*Лукьянова М.И.* д-р пед. наук, Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова (Ульяновск, Россия);  
*Ходакова 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);  
*Исков 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);  
*Озуреева 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);  
Ершашев 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);  
Компаний 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).

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHILOLOGY

Дьячковская А.М., Корнилова В.В. МЕДИААНАЛИЗ САХА АКАДЕМИЧЕСКОГО ТЕАТРА ИМ. П. А. ОЙУНСКОГО .....	8
--	---

Сафьянова И. В. СТРУКТУРНО-СЕМАНТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕРМИНООБРАЗОВАНИЯ (НА МАТЕРИАЛЕ АНГЛОЯЗЫЧНОЙ ТЕРМИНОСИСТЕМЫ «МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА») .....	11
---	----

## ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / PEDAGOGY

Далингер В. А. КРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНИВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ МАТЕМАТИКЕ.....	15
--	----

## КУЛЬТУРОЛОГИЯ / CULTURE STUDIES

Войцехович А.А. РИТУАЛЬНАЯ ИДЕАЦИЯ ПОДАРКА В СОВРЕМЕННОМ КИТАЕ.....	19
--	----

## СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / SOCIOLOGY

Данилова З.А. МЕЖДУНАРОДНАЯ МИГРАЦИЯ В ТРАНСГРАНИЧНОМ РЕГИОНЕ .....	24
--	----

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ / ECONOMICS

Ильинова С. В. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА .....	27
---	----

Немченко А.В. МОДЕРНИЗАЦИЯ КАК ЗАЛОГ РОСТА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	31
--	----

## ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY

Коломиец В.Л. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ МЕЖГОРНЫХ ВПАДИН ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ .....	34
---	----

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

Ильина В.Н., Митрошенкова А.Е. <i>EPHEDRA DISTACHYA</i> L. В САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ .....	38
---	----

Петрова Е.С. ИЗУЧЕНИЕ РЕГЕНЕРАЦИИ ПЕРЕДАВЛЕННОГО СЕДАЛИЩНОГО НЕРВА КРЫСЫ ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ КЛЕТЧНОЙ ТЕРАПИИ .....	42
--	----

Реут А.А., Денисова С.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИТОХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ХРИЗАНТЕМЫ .....	46
---	----

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

Вагунин Д.А., Иванова Н.Н., Амбросимова Н.Н. КОЗЛЯТНИК ВОСТОЧНЫЙ В СМЕСИ СО ЗЛАКОВЫМИ ТРАВАМИ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ .....	50
---	----

Конова А.М., Гаврилова А.Ю. УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ДВУХ ГОДОВ ПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, ВНЕСЁННЫХ ПОД ПОКРОВНУЮ КУЛЬТУРУ .....	53
--	----

Кошкарров С.И., Буланбаева П.У., Шаянбекова Б.Р. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ РИСА .....	58
--	----

Лисецкий Ф.Н. ДИАГНОСТИКА РЕЛИКТОВ ДРЕВНЕЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПО ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СТАРОЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ .....	62
---	----

Рабинович Г.Ю., Смирнова Ю.Д. ....	69
УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОПРЕПАРАТА ЖФБ .....	69
Соколова Л. М., Масловский С. А., Замятина М.Е., Карпова Н. А. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ СОРТОВ И ГИБРИДОВ МОРКОВИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К БОЛЕЗНЯМ ПРИ ХРАНЕНИИ .....	73
<u>МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ / MEDICINE</u>	
Маркина Е.А., Ильченко Е.В., Кузичкин Д.С., Морук И.Б. ПОКАЗАТЕЛИ ХОЛЕСТЕРИНОВОГО ОБМЕНА У ИСПЫТАТЕЛЕЙ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ИЗОЛЯЦИИ В ГЕРМООБЪЕМЕ .....	77
Сорокина Ю.А., Мотина А.Н., Ловцова Л.В. ВЛИЯНИЕ ДИЕТОТЕРАПИИ ПО ПЕВЗНЕРУ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ФАРМАКОТЕРАПИИ.....	80
Федин А.В., Алексеева Н.С. , Пояркова В.С. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ХИРУРГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ МЕДИКАМЕНТОЗНОГО РИНИТА .....	86
Юдинцева А.О., Мильчаков Д.Е. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРОФИЛАКТИКИ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ .....	89
<u>ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY</u>	
Головин В.А., Ильин А.Б., Алиев А.Д. ДИФфуЗИЯ ФОСФОНОВЫХ ИНГИБИТОРОВ НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ В ЭПОКСИДНЫХ МАТРИЦАХ .....	92
<u>ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING</u>	
Бодренко А.И. NEW WIRELESS TECHNOLOGY NOT COVERED BY THE EXISTING IEEE STANDARDS OF 2017.....	97
Вдовичев А.А. ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ, ОБРАЗУЮЩИХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ВЕЕРНЫЕ СТРУИ, В ОФИСНОМ ПОМЕЩЕНИИ.....	99
Вержбовский Г.Б., Сухомлинов А.С. ОСОБЕННОСТИ ШАРНИРНЫХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	104
Гузнецов В.Н. СКОРОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБ НА ТРУБОЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫХ АГРЕГАТАХ.....	110
Зинкин С.В. ЕМКОСТНЫЕ ДАТЧИКИ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОХРАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ .....	114
Макаров С.М., Губарев А.М. INSIGHTS-AS-A-SERVICE КАК СОВРЕМЕННОЕ ОБЛАЧНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ БИЗНЕСА .....	118
Наймушина О. Э. ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕТА КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	120
Симонян Р. А. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РАСПОЗНАННЫХ ОБЪЕКТОВ НА КАРТАХ ПО КООРДИНАТАМ .....	123
Чернецова Е.А., Шишкин А.Д. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖЕСТКОГО И МЯГКОГО АЛГОРИТМА ВИТЕРБИ В ПРОГРАММЕ ДЛЯ ДЕКОДИРОВАНИЯ ТЕКСТОВОГО СООБЩЕНИЯ .....	129
<u>ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS</u>	
Асанов А.А., Чоюбеков С. М. РЕШЕНИЕ НЕКЛАССИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВОЛЬТЕРРА I РОДА С ВЫРОЖДЕННЫМ НЕЛИНЕЙНЫМ ЯДРОМ.....	134
Гербер А.Д., Гербер Е.А. ОБ АНАЛОГЕ ПОСТОЯННОЙ ЭЙЛЕРА-МАСКЕРОНИ И ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ .....	139

Перевозников Е.Н., Скворцов Г.Е.  
НЕУСТОЙЧИВОСТЬ И ХАОС В НЕЛИНЕЙНОМ ЭЛЕКТРОННОМ ГЕНЕРАТОРЕ..... 142

Шустов В.В.  
ПРОСТОЕ РЕШЕНИЕ ИНТЕРПОЛЯЦИОННОЙ ЗАДАЧИ ЭРМИТА..... 146

## ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHILOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.032>Дьячковская А.М.<sup>1</sup>, Корнилова В.В.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-5678-222X, Студентка 4 курса кафедры рекламы и связей с общественностью,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-2283-712X, Доцент, кандидат педагогических наук кафедры рекламы и связей с общественностью,<sup>1,2</sup>Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова в г. Якутске

## МЕДИААНАЛИЗ САХА АКАДЕМИЧЕСКОГО ТЕАТРА ИМ. П. А. ОЙУНСКОГО

## Аннотация

В статье рассмотрен медиаанализ и определены основные методы его исследования для изучения сайтов и социальных сетей национальных театров Российской Федерации. Основными методами для исследования избраны медиааудит, дашборд, мониторинг, опрос. Базой для проведения стал Саха академический театр имени П. А. Ойунского. Критериям оценки эффективности стали присутствие в социальных медиа, охват аудитории в социальных медиа, индекс благосклонности и индекс вовлеченности в тему и другие. По итогам исследования авторы составили рекомендации для привлечения зрителей в театр.

**Ключевые слова:** медиаанализ, театр, национальный театр, интерактив.

Dyachkovskaya A.M.<sup>1</sup>, Kornilova V.V.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-5678-222X, Fourth year student of the Department of Advertising and Public Relations,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-2283-712X, Associate professor, PhD in Pedagogy of the Department of Advertising and Public Relations,<sup>1,2</sup>Ammosov North-Eastern Federal University in the city of Yakutsk

## MEDIA ANALYSIS OF SAKHA ACADEMIC THEATER NAMED AFTER P. A. OYUNSKIY

## Abstract

The paper considers the media analysis and defines the main methods of its research for the study of sites and social networks of national theaters of the Russian Federation. Media audit, dashboard, monitoring and survey were the main methods for the study. The basis for research was the Sakha Academic Theater named after P.A. Oyunskiy. The criteria for assessing the effectiveness are the presence in social media, the audience coverage in social media, the index of favors, the index of involvement in the subject, and others. According to the research papers, the authors gave the recommendations to attract viewers to the theater.

**Keywords:** media analysis, theater, national theater, interactive.

Актуальность статьи состоит в том, медиаанализ становится эффективным методом определения эффективности деятельности театра, результаты можно использовать для разработки коммуникационной стратегии с целью привлечения зрителей и позиционирования театральных услуг. Следовательно, нужно определить, какие методы исследования необходимо выбирать для изучения деятельности театра?

Цель работы заключается в проведении медиаанализа, на основе которого сформулированы рекомендации для Саха академического театра им. П. А. Ойунского (далее по тексту – Саха театр), для этого раскроем содержание понятия «медиаанализ», его методы, критерии для оценки эффективности по соответствующим показателям.

Научная новизна работы заключается в попытке рассмотреть и проанализировать продвижение национального Саха академического театра им. П.А. Ойунского в современном медиапространстве. Данная работа стала первой попыткой изучить информационное поле театра в сравнении с другими культурными учреждениями в стране. Объектом исследования стало изучение социальных медиа. Предметом – критерии эффективности деятельности Саха театра.

Методологической основой стали работы Е.Ларионова по медиаанализу и меморандум АКОС по оценке эффективности PR.

Саха театр ведет свою историю с прошлого века. Изучение материалов на сайте [8] и документации [3] позволило прийти к следующим выводам, в 1906 г. в клубе приказчиков в г. Якутске показали первый спектакль на якутском языке на основе Олонхо «Удалой молодец Бэриэт Бэргэн». Этот спектакль дал начало развитию национальной театральной деятельности. Так, в 1920 г. появился первый Народный театр. В 1930г. Якутский театр стал театром — студией. А в 1934г. состоялся первый выпуск студийцев из 12 человек. В 1934г. театру было присвоено имя основоположника якутской советской литературы, общественного деятеля и ученого-лингвиста Платона Алексеевича Ойунского. В 1995г. получил статус академического театра. В настоящее время труппу театра составляют выпускники ведущих театров России.

Для того, чтобы оценить состояние продвижения театра и интерес зрителя мы изучили работы российских ученых и практиков [1], [2], [4], [5] и пришли к выводам, что медиаанализ: «анализ процесса кодировки и интерпретации конкретного рекламного сообщения, способов передачи того или иного содержания, а также рассмотрение сообщения через категории, ценности, потребности, к которым отсылает эта реклама, анализ и статистика рекламы и аудитории» [4, С. 3]. По ключевым показателям эффективности [5], были выбраны такие методы как: дашборд – форма отчета, в которой представлены итоги медиаанализа с применением инфографики; метрики для анализа оценки социальных медиа такие как: присутствие в социальных медиа – Social Media Presence (SMP), охват аудитории в социальных медиа – Social Media Outreach (SMO), индекс вовлеченности – Engagement Index (EI), индекс благосклонности социальных медиа – Social Media Favorability Index (SMFI) и индекс вовлеченности в тему – Topic Engagement Index (TEI); медиааудит, позволяющий проанализировать количественный и качественный массив сообщений в СМИ и социальных медиа, касающихся значимых субъектов и отрасли в целом. Данные методы помогут дать сравнительную оценку медиадеятельности национальных театров России, включая Саха театр, выявить потребности и степень удовлетворенности у зрителей, в последствии выработать наиболее эффективные рекомендации для дальнейшей работы.



Для сравнительного анализа были выбраны Татарский государственный академический театр имени Галиасгара Камала [9], Национальный театр Республики Карелия [7], Хакассский Национальный театр кукол «Сказка» [10] и Мордовский государственный национальный драматический театр [6], чтобы осмыслить особенности их продвижения.

Работа проводилась в интернет-пространстве. Для его осуществления мы обозначили основные критерии, по которым проанализировали медиаполе и пришли к следующим результатам: по критерию «используемые социальные сети» наиболее популярны Instagram, Facebook и ВКонтакте. Помимо перечисленных социальных сетей, Хакассский Национальный театр кукол «Сказка» и Мордовский государственный национальный драматический театр используют Одноклассники.

По второму критерию «количество подписчиков» выяснилось, что наибольшее количество подписчиков у Татарского государственного академического театра имени Галиасгара Камала (ВКонтакте 20153, Instagram 15012, Facebook 4410), наименьшее количество подписчиков у Мордовского государственного национального драматического театра (Instagram 634, Facebook 18, ВКонтакте 1486, Одноклассники 140).

По третьему критерию «индекс присутствия» пришли к следующему заключению, что все театры ведут активную деятельность в социальных сетях, информация обновляется практически ежедневно. Критерий «охват платформ» показал, что наиболее активная социальная сеть – ВКонтакте.

По четвертому критерию «индекс вовлеченности» можно сказать, что посты-афиши являются наиболее популярными. Критерий «индекс благосклонности» – только у Татарского государственного академического театра имени Галиасгара Камала в социальных сетях была замечена медийная личность – Саида Мухаметзянова, финалистка проекта «Голос дети» в 2015 г.

По пятому критерию «индекс вовлеченности в тему» все театры активно выкладывают посты-афиши, помимо них театр Камала и Мордовский театр проводят розыгрыши билетов и пишут о своих актерах.

С помощью вышеперечисленных критериев мы проанализировали и Саха театр. Он использует такие социальные сети как Instagram и ВКонтакте, примечательно то, что на самом сайте Саха театра [8] имеются значки, помимо Instagram и ВКонтакте, с ссылкой на Facebook, Twitter, которые в свою очередь не работают и Саха театр не зарегистрирован в них как пользователь. Также был найден канал на платформе YouTube, где последнее видео было выложено 24 сентября 2017 года. Количество подписчиков в имеющихся социальных сетях следующие: Instagram – 2881, ВКонтакте – 347 и на платформе YouTube – 10. По индексу присутствия наблюдается появление новых публикаций в Instagram только перед мероприятием, спектаклем и по особым случаям; в ВКонтакте страница не ведется, последняя публикация сделана 12 января 2017 года; канал на платформе YouTube тоже не ведется. По охвату платформ, наиболее активной социальной сетью является Instagram и в среднем один пост получает от 80 до 200 лайков. В Instagram, по индексу вовлеченности, популярностью пользуются посты с актерами театра. По критерию «индекс благосклонности» в Instagram посты с хештегом #сахатеатр выкладывают местные медийные личности как эстрадная певица Дарья Лаврова, в Facebook о деятельности Саха театра говорит Georges Jojo Chamchoum – режиссер, продюсер, обладатель награды «Emmy» и организатор кинофестивалей, Эдик Якут – шоумен, выкладывает фотографию с спектакля «Илэ-түүл». По индексу вовлеченности в тему можно сказать, что основные посты в социальных сетях это афиши.

Таким образом, можно сделать вывод, что в настоящее время национальные театры довольно предприимчиво используют социальные сети, предпочтение отдают Instagram, Facebook и ВКонтакте, ежедневно обновляя информацию.

В рамках медиааудита [4] был определен количественный и качественный анализ социальных медиа, СМИ и организации, исследование медийных площадок и формирование коммуникационных стратегий. Таким образом, нами были проанализированы следующие социальные медиа: Instagram и ВКонтакте. Выбор данных социальных медиа обусловлен тем, что именно в них деятельность Саха театра наиболее активна. Итак, в Instagram по запросу «#сахатеатр» выдает 6312 публикаций, по запросу на якутский аналог «#сахатеатра» выдает 2118 публикаций. В большей степени преобладают публикации посетителей театра с положительными отзывами о прошедших событиях, спектаклях, актеров, режиссеров. В социальной сети ВКонтакте по запросу «сахатеатр» выдает 52 видеозаписи и 10 997 новости. Публикации в основном несут информативный контент, где освещается предстоящее или прошедшее событие. Существует небольшая доля информации, не имеющая отношения к Саха театру. Таким образом, можно сказать, что в таких социальных сетях как Instagram и ВКонтакте активно делаются посты о Саха театре, которые в свою очередь несут положительный подтекст. Это говорит о благоприятной репутации театра среди пользователей данных социальных сетей.

Так как медиааудит подразумевают под собой формирование коммуникационной стратегии, мы провели опрос с целью выявить потребности и степень удовлетворенности посетителей Саха театра. Это дает представление о состоянии и степени эффективности PR-деятельности организации. Для проведения оценки Е. Ларионов предлагает анкетирование посредством e-mail рассылки или телефонного опроса. Так, нами был выбран инструмент Google Forms, который позволяет создавать онлайн формы и опросы. Всего в опросе приняло участие 236 респондентов. По итогам опроса, большая часть опрошенных заинтересована в посещении театра и удовлетворена, они хотят больше взаимодействий с самими актерами, увидеть театр «наизнанку». Это говорит о востребованности и необходимости театра в культурном просвещении. В результате медиааудита, мы выяснили, что у Саха театра благоприятная репутация в социальных медиа и его посетители желают увидеть в нововведениях.

Итак, медианализ национальных театров показал, что они активно ведут свою деятельность в социальных сетях и успешно применяют их в качестве инструмента продвижения, проведения конкурсов и розыгрышей, освещения событий и фактов о театре, своих актеров. Для сравнения с национальными театрами России был проведен медианализ Саха театра, в результате чего становится очевидным, что он ведет свою деятельность в социальных сетях менее активно, задействовано лишь две социальные сети, в которых информация обновляется исключительно перед предстоящим событием, тем не менее, несет благоприятную репутацию. Также, нами были замечены посты о Саха театре в Facebook от таких медийных персон (Эдик Якут и Georges Jojo Chamchoum), что говорит о заинтересованности в Саха театре не только в Якутии, но и за ее пределами. Таким образом, Саха театру следует уделить внимание новым формам продвижения, чтобы повысить интерес и привлечь новых посетителей.

Полученные в ходе исследования результаты, которые были резюмированы в формате дашборда для обоснования интерактивных форм взаимодействия со зрителем: «Publictalk» (разговор со звездой); день открытых дверей «Жизнь за сценой», где посетители могут увидеть жизнь в закулисе и поучаствовать в мастер классах по актерскому мастерству для всех желающих; интерактивный музей, где можно представить историю театра используя современные арт-технологии, т.е. используя их посетитель мог соприкоснуться с многолетней жизнью Саха театра; интерактивный театр, где стираются границы между зрительным залом и сценой. Зритель может поучаствовать в самом театральном действии, повлиять на ход спектакля; трансформационный спектакль – зритель не только наслаждается спектаклем, но и получает психологическую помощь, исцеляется, развивая свою личность.

#### Список литературы / References

1. Азарова Л. В. Ситуационный анализ в связях с общественностью: учебник для вузов / Л. В. Азарова, В. А. Ачкасова, К. А. Иванова и др. — СПб.: Питер, 2009. — 256 с.
2. Кривоносов А. Д. Основы теории связей с общественностью / А. Д. Кривоносов, О. Г. Филатова — СПб.: Питер, 2010. — 384 с.
3. Устав Саха театра им. П.А. Ойунского: сог-н. министром культуры и духовного развития РС(Я) 18 нояб. 2015 г. — 16 с.
4. Ларионов Е. Краткое руководство по медиаанализу [Электронный ресурс] URL: <http://pracademy.ru/pdf> (дата обращения: 13.03.18)
5. Методы оценки качества PR-деятельности [Электронный ресурс] URL: <http://www.akospr.ru/pdf> (дата обращения: 19.03.18)
6. Официальный сайт МГНЦ [Электронный ресурс] URL: <http://skazka-theatre.ru/> (дата обращения: 05.03.18)
7. Официальный сайт НТРК [Электронный ресурс] URL: <http://teatr.onego.ru/> (дата обращения: 05.03.18)
8. Официальный сайт Саха театра им. П.А. Ойунского [Электронный ресурс] URL: <http://sakhatheatre.ru/> (дата обращения: 16.03.18)
9. Официальный сайт ТГАТ им. Галиасгара Камала [Электронный ресурс] URL: <https://kamalteatr.ru/> (дата обращения: 05.03.18)
10. Официальный сайт ХНТК «Сказка» [Электронный ресурс] URL: <http://skazka-theatre.ru/> (дата обращения: 05.03.18)

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

1. Azarova L.V. Situacionnyj analiz v svyazjah s obshhestvennost'ju: uchebnik dlja vuzov [Situation analysis in public relations: a textbook for universities] / L. V. Azarova, V. A. Achkasova, K. A. Ivanova — SPb.: Piter, 2009. — 256 p. [in Russian]
2. Krivonosov A.D. Osnovy teorii svyazej s obshhestvennost'ju [Foundations of the theory of public relations] / A.D. Krivonosov, O. G. Filatova and others. — SPb.: Piter, 2010. — 384 p. [in Russian]
3. Ustav Saha teatra im. P. A. Ojunsogo [The Charter of the Sakha theater behave of Platon Oyunsky]:[coordinated by the Minister of Culture and Spiritual Development of the RS (Y) 18 November, 2015] – 16 p. [in Russian]
4. Larionov E. Kratkoe rukovodstvo po mediaanalizu [Brief guide to media analysis] [Electronic resource] – URL: <http://pracademy.ru/files/upload/cd/bc/20PR.pdf> (accessed: 13.03.18) [in Russian]
5. Metody ocenki kachestva PR-dejatel'nost [Methods for assessing the quality of PR activities] [Electronic resource] – URL: [http://www.akospr.ru/wp-content/uploads/2012/02/AKOS\\_memorandum\\_KPI\\_2015\\_final\\_09.09.20151.pdf](http://www.akospr.ru/wp-content/uploads/2012/02/AKOS_memorandum_KPI_2015_final_09.09.20151.pdf) (accessed: 19.03.18) [in Russian]
6. Oficial'nyj sajт MGNC [Official site of Mordovian state national drama theater] [Electronic resource] – URL: <http://skazka-theatre.ru/> (accessed 05.03.18). [in Russian]
7. Oficial'nyj sajт NTRK [Official site of National theater of the Republic of Karelia] [Electronic resource] – URL: <http://teatr.onego.ru/> (accessed 05.03.18) [in Russian]
8. Oficial'nyj sajт Saha teatra im. P.A. Ojunsogo [Official site of Sakha academic theater behave of Platon Oyunsky] [Electronic resource] – URL: <http://sakhatheatre.ru/> (accessed: 16.03.18). [in Russian]
9. Oficial'nyj sajт TGAT im. Galiasgara Kamala [Official site of Tatar state academic theater behave of Galiasgar Kamala] [Electronic resource] – URL: <https://kamalteatr.ru/> (accessed: 05.03.18). [in Russian]
10. Oficial'nyj sajт HNTK «Skazka» [Official site of Khakassky National puppet theater "Skazka"] [Electronic resource] – URL: <http://skazka-theatre.ru/> (accessed: 05.03.18). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.031>

Сафьянова И. В.

ORCID: 0000-0002-7036-8113, Кандидат филологических наук, доцент,

Санкт-Петербургский государственный университет

**СТРУКТУРНО-СЕМАНТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЕРМИНООБРАЗОВАНИЯ (НА МАТЕРИАЛЕ АНГЛОЯЗЫЧНОЙ ТЕРМИНОСИСТЕМЫ «МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА»)****Аннотация**

*В статье рассматривается когнитивно-дискурсивный аспект терминологического образования и семантических изменений, связанных с процессами познания, классификации и концептуализации. Анализируются основные способы формирования терминологических единиц, описываются морфологические модели образования терминов, особенности образования многокомпонентных терминологических сочетаний и аббревиатур, и их функционирование в специализированном научном дискурсе. Развитие терминологической системы рассматривается как обусловленное не только структурно-языковыми факторами, но и развитием системы понятий данного подязыка.*

**Ключевые слова:** специализированный дискурс, терминологическое образование, метафоризация, морфологическо-синтаксические модели, терминологические сочетания, компрессия.

Safyanova I.V.

ORCID: 0000-0002-7036-8113, PhD in Philology, Associate Professor,

St. Petersburg State University

**STRUCTURAL-SEMANTIC MODELS OF TERM FORMATION (ON MATERIAL OF ENGLISH "MOLECULAR GENETICS" TERM SYSTEM)****Abstract**

*The paper considers the cognitive and discursive aspects of term formation and semantic changes associated with the processes of cognition, classification, and conceptualization. The main ways of forming terminological units are analyzed, morphological models of term formation, features of formation of multicomponent terminological combinations and abbreviations are described, as well as their functioning in specialized scientific discourse. The development of the terminology system is viewed as conditioned not only by structural and linguistic factors but also by the development of the system of concepts of this sublanguage.*

**Keywords:** specialized discourse, term formation, metaphorization, morphological-syntactic models, terminological combinations, compression.

Современные высокоточные исследования в области молекулярной генетики позволяют идентифицировать все новые и новые объекты, уточнить их функции, углубить представления о процессах передачи наследственной информации, что вызывает необходимость фиксации нового знания, языковой репрезентации результатов классификации и концептуализации. Термин как особый способ репрезентации профессионально-научного или специального знания принимает непосредственное участие в аккумуляции и передаче знания, выступает в качестве фиксатора результатов познавательной деятельности и напрямую связан с когнитивными процессами познания действительности. В.М. Лейчик дает следующее определение термина, связанное с появлением и развитием когнитивного терминоведения: «Термин — это динамическое явление, которое рождается, формулируется, углубляется в процессе познания (когниции), перехода от концепта — мыслительной категории — к вербализованному концепту, связанному с той или иной теорией, концепцией, осмысляющей ту или иную область знания и (или) деятельности» [6, С. 22].

Задача исследования — проследить пути формирования терминологических единиц, вошедших в состав данной англоязычной терминологической системы, и их функционирование в научном дискурсе.

Генетика — относительно молодая наука и развитие терминологической системы сохраняет отпечаток развития истории знания. Для репрезентации средствами языка научных понятий в 19-20 веке часто использовались термины, созданные на основе греко-латинских элементов, что отражает тенденцию к интернализации. Многие термины, построенные на основе древнегреческих и латинских элементов, вошли в состав данной терминологической системы в результате межсистемного заимствования, так как для исследований в области молекулярной генетики необходимо привлекать знания из смежных наук, прежде всего биохимии, клеточной и молекулярной биологии, биоинформатики. Таким образом, ретерминологизация (транстерминологизация) единиц других терминологических систем является одним из важнейших источников новых терминологических единиц наряду со вторичной номинацией, в особенности метафорическим употреблением лексических единиц естественного языка (терминологизацией). В этих случаях наблюдаются значительные семантические изменения, и терминологическая единица отграничивается от остальных значений лексической единицы, образуя «семантический омоним» (термин В.В. Виноградова).

Метафорические термины в области молекулярной биологии позволяют вербализовать представления об объектах и процессах, не данных для непосредственного наблюдения невооруженным глазом, и отражают стремление синтезировать в метафоре новое и уже известное. Метафорическая номинация возникает, по выражению В.Н. Телия, на основе допущения о сходстве по функции, форме категориально разнородных сущностей [10, С. 82]. Употребление уже готового языкового наименования происходит на основе чаще всего "обычных" стереотипных ассоциаций.

Сложные методы анализа ДНК и расшифровки генома вербализуются с помощью целого кластера метафор «геном как код/информация»: *gene transcription, gene expression, genome editing, repeat(s), read(s), silencing, coding, recombination, translation, deletion*.

Другими продуктивными когнитивными метафорами являются представление о передаче наследственной информации как о «механизме/процессе» или «организме». С актуализацией этих метафорической модели связаны такие термины, как *genetic mechanism, DNA repair, DNA damage; progenitor, dead Cas9, winged DNA, zinc finger system*.

Исследование механизма научной метафоры с позиций когнитивной лингвистики предполагает учет как экстралингвистических, так и собственно лингвистических факторов. Процесс метафоризации связан с изменением объема и содержания лексических единиц и изменением их синтагматики. Например, термин “*read*” (рид) – краткая нуклеотидная последовательность, единичный результат анализа нуклеотидной последовательности при секвенировании – очевидно, возник в профессиональной устной коммуникации для обозначения считываемого фрагмента и впоследствии закрепился в качестве конвенционального термина. Следует отметить, что в значении «считывание показаний» данный термин употребляется во многих других специальных языках. Другой пример – “*silencer*” – технический термин, употребляемый в разных областях в значении «глушитель шума», в молекулярной биологии служит для обозначения регуляторного генетического элемента и переводится на русский с помощью калькирования. В настоящее время «сайленсер» – стандартный термин геномной инженерии.

Как отмечается в работах по терминоведению «с помощью семантических способов терминообразования возникает сравнительно небольшое число терминов» [1, С. 128], т. е. не могут удовлетворить потребность в точных, минимально многозначных терминах.

В рамках данной статьи будут рассмотрены основные морфологические и синтаксические модели терминообразования в области молекулярной генетики.

Анализ моделей образования терминов показал справедливость утверждения Е.С. Кубряковой о том, что «основная нагрузка при создании новых конвенциональных знаков ложится именно на словообразование с присущими ему словообразовательными моделями, дающими образцы «упаковки» нового содержания в известные формы» [3, С. 25].

Характерной особенностью терминообразования в данной исследуемой области знания является высокая частотность использования основных словообразовательных моделей, которые, как отмечал С.В. Гринев-Гриневич, отражают категориальную принадлежность соответствующих понятий [1, С. 130].

Один из наиболее продуктивных аффиксов в современном английском языке является суффикс *-ing*, который передает процессуальное значение термина или используется для номинации результата действия: *genetic engineering, splicing, sequencing, gene editing, silencing, folding*. Результативное значение передается также с помощью суффикса *-tion* в таких базовых терминах, как *gene expression, transcription, replication, mutation, translation*. Преобладание суффикса *-ing* подтверждает общезыковую словообразовательную тенденцию и отражает особенность данной области биологии, направленной не только на исследование, но и изменение генома.

К числу частотных суффиксов относится словообразовательный формант *-er/-or*, который используется чаще не со значением деятеля, но имеет орудийное значение: *sequencer, silencer, enhancer, activator, promoter, repressor, regulator*. Как и других научных классификациях, в молекулярной генетике довольно много терминов, образованных с помощью суффикса *-on* со значением единичности: *codon, histone, prion, chaperon*.

Следует особо отметить терминологически специализированные суффиксы, прежде всего *-ome* (Gr. *having the nature of*) для обозначения множества. Многочисленные примеры свидетельствуют о своеобразной «моде», возникшей после успешной расшифровки генома человека: *transcriptome, proteome, microbiome, nucleosome*. Термин “*genome*” был использован ботаником Г. Винклером в 1920 г. для обозначения набора хромосом. Уже в то время использовались термины *biome* (*collection of living things*), *rhizome* (*system of roots*), однако именно в последнее десятилетие частотность использования этого суффикса, так же как и суффикса *-omics* (*genomics, proteomics*), возросла многократно.

Словообразовательные префиксы разнообразны и представлены как префиксами греческого и латинского происхождения, так и исконными. В качестве примера можно привести *re-* (*refolding*), *pluro-/bi-/uni-* (*pluripotent stem cells*), *mis-* (*misfolding*), *back-* (*backfolding*), *up-/down-* (*up regulation/down regulation*). Следует отметить высокую словообразовательную активность аффикса *trans-*: *transgenic, transgenesis, transmit, transfer, transgenetic, transact*.

В отличие от общеупотребительной лексики, конверсия как словообразовательная модель не так продуктивна и встречается среди терминов более низкого уровня: *to knock down a gene → gene knockdown, a knockdown gene; to knock out a gene → knockout mice; to read out → a readout*.

Деривационная продуктивность номинативной единицы определяется в большой степени ее принадлежностью к ядру или периферии терминологического поля. Так, лексема *target* транспонируется, приобретая значение процессуальности и признаковости: *to target loci, targeted gene therapy, target gene activation, targeted genes, off-target effects*. Аналогично, ядерный термин *editing* функционирует и как глагол *to edit*, и реже как образованное по конверсии существительное *edit(s)*.

Сама природа и сущность научной коммуникации требует точности и однозначности терминологических единиц. Необходимость уточнить и дифференцировать объекты и явления данной предметной области приводит к увеличению количества терминологических словосочетаний, возникающих в результате преобразования свободных словосочетаний. Изучению особенностей морфолого-синтаксических моделей многокомпонентных терминов посвящены работы многих исследователей [1], [4], [6], [7], [9].

По данным исследований, основной моделью (более 60%) являются двухкомпонентные сочетания атрибутивного типа, в которых опорный ядерный компонент номинирует родовой признак, а второй компонент отличительный видовой признак понятия [1, С. 136]. По мнению Т.А. Кудимовой, «терминологические сочетания не только называют и дифференцируют возникающие понятия, но и систематизируют парадигматические отношения между ними, отражая системные связи единиц конкретной терминосистемы» [4, С. 58]. Предельной длиной терминологического сочетания считается наличие 5-7 компонентов, однако они неудобны и для увеличения скорости коммуникации используются разные способы аббревиации. Препятствием к наращиванию объема (длины) является ослабление семантической связи между компонентами, а также определенные ограничения длины предложения как единицы коммуникации. Как отмечает С.Г. Казарина, «доли терминов большей протяженности уменьшаются обратно пропорционально числу компонентов термина» [2].

Использование усечения и аббревиатур можно считать характерной особенностью современного научного дискурса. Многокомпонентные номинации заменяются в дальнейшем инициалами, например, *HSP* (*heat shock proteins*), *FGED* (*Functional Genomics Data*), *iSC* (*induced stem cells*), *ZPK* (*leucine-zipper protein kinase*). Аббревиация значительно увеличивает скорость восприятия и обработки информации. Для создания удобных новых названий используются акронимы, инициальные аббревиатуры, которые произносятся как одно слово, например, метод *FISH* (*fluorescence in situ hybridization*), *BLAST* (*Basic Local Alignment Search Tool*), *MUSCLE* (*Multiple Sequence Comparison by Log-Expectation*), *PAM* (*protospacer adjacent motif*), *ZIP* (*Zipper inducing protein*), *LINE* (*Long Interspersed Elements*), *SINE* (*Short Interspersed Nuclear Elements*), *no-SCAR* (*Scarless Cas9 Assisted Recombination*).

Номенклатурные единицы – номены – часто включают графемную (буквенную) и цифровую часть, что отражает стремление к передаче максимального количества информации в максимально компрессированном виде. Номены позволяют создать большое число наименований единичных понятий и отдельных объектов данной специальной области знания, названия различных технологических систем, технологий, баз данных. Считается, что номены служат для маркировки и «прямо не соотносятся с понятиями науки» [1, С. 42]. Однако, в отдельных случаях номен может получить статус полноценного термина. Так, аббревиатура *CRISPERCas9* в последние пять лет превратилась из номенклатурной единицы в стандартное обозначение метода генного редактирования, что привело к появлению производных обозначений, например, *CRISPRi* (*CRISPR интерференция*), *crRNA* (*PHK, кодируемая CRISPR*).

Терминосистема молекулярной генетики находится в постоянном развитии, что связано с интенсивным развитием самой научной области. Новые терминологические единицы позволяют закрепить посредством языкового знака ментальные (когнитивные) сущности, которые являются релевантными для процесса коммуникации в данной специальной области. Формирование единиц происходит на основе тех ресурсов, которые заданы системой языка.

К числу наиболее частотных источников пополнения относятся заимствования из других областей и терминообразование на основе метафоризации. Наиболее продуктивным является морфологический способ терминообразования, причем большой пласт терминов представляет собой отглагольные дериваты, что связано с основным направлением исследований. Двухкомпонентные терминологические сочетания являются оптимальными, увеличение числа компонентов приводит к использованию аббревиации и акронимов.

#### Список литературы / References

1. Гринев-Гриневич С. В. Терминоведение / С. В. Гринев-Гриневич. – М.: Академия, 2008. – 304 с.
2. Казарина С.Г. Типологические характеристики отраслевой терминологии : Автореф. дис. ... докт. филол. наук : 10.02.01 [Электронный ресурс] / Светлана Геннадьевна Казарина. – М.: 1999. – URL: <http://cheloveknauka.com/tipologicheskie-harakteristiki-otraslevoy-terminologii> (дата обращения: 20.01.2018).
3. Кубрякова Е. С. Язык и знание. На пути получения знаний о языке: части речи с когнитивной точки зрения. Роль языка в познании мира / Е. С. Кубрякова. – М.: Языки славянской культуры, 2004. – 560 с.
4. Кудинова Т. А. К вопросу о природе многокомпонентного термина (на примере английского подязыка биотехнологий) / Т. А. Кудинова // Вестник Пермского университета. – 2011. – № 2 (14). – С. 58-61.
5. Кудрявцева И. Г. Особенности формальной структуры и семантические характеристики терминологических словосочетаний : Автореф. дис. канд. филол. наук : 10.02.20 [Электронный ресурс] / Ирина Геннадьевна Кудрявцева. – М.: 2010. – 21 с. – URL: <http://cheloveknauka.com/osobennosti-formalnoy-struktury-i-semanticheskie-harakteristiki-terminologicheskikh-slovosochetaniy#ixzz581nMjoVW> (дата обращения: 20.01.2018).
6. Лейчик В.М. Терминоведение: Предмет, методы, структура / В.М. Лейчик. – М.: Либроком, 2009. – 256 с.
7. Манерко Л.А. Сложноструктурное субстантивное словосочетание: Когнитивно-дискурсивный аспект (на материале технической литературы современного английского языка) : Дис. ... докт. филол. наук : 10.02.04 / Лариса Александровна Манерко. – М.: 2010. – 425 с.
8. Мартемьянова М.А. Основные способы образования терминов нанотехнологий / М. А. Мартемьянова // Вестник Челябинского государственного университета. – 2010. – №21 (202). – С. 58-61.
9. Симонова К.Ю. Становление и развитие терминологии английского подязыка экологии : Автореф. дис. канд. филол. наук : 10.02.04 [Электронный ресурс] / Ксения Юрьевна Симонова. – Омск: 2004. – URL: <http://cheloveknauka.com/stanovlenie-i-razvitie-terminologii-angliyskogo-podyazyka-ekologii#ixzz5811UeLJ> (дата обращения: 20.01.2018).
10. Телия В.Н. Коннотативный аспект семантики номинативных единиц / В. Н. Телия. – М.: Наука, 1986. – 144 с.

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

1. Grinev-Grinevich S.V. Terminovedenie [Terminology] / S.V. Grinev-Grinevich. – М.: Akademiya, 2008. – 304 p. [in Russian]
2. Kazarina S.G. Tipologicheskie harakteristiki otraslevoj terminologii [Typological characteristics of field terminology]: Abstract of dis. ... of PhD in Philology : 10.02.01 [Electronic resource] / Svetlana Gennad'evna Kazarina. – М.: 1999. – URL: <http://cheloveknauka.com/tipologicheskie-harakteristiki-otraslevoy-terminologii> (accessed: 20.01.2018). [in Russian]
3. Kubryakova E.S. Jazyk i znanie. Na puti poluchenija znaniy o jazyke: chasti rechi s kognitivnoj točki zrenija. Rol' jazyka v poznanii mira [Language and knowledge. On the road to acquiring language knowledge. The role of language in world conceptualization] / E.S. Kubryakova. – М.: Jazyki slavyanskoy kul'tury, 2004. – 560 p. [in Russian]
4. Kudinova T.A. K voprosu o prirode mnogokomponentnogo termina (na primere anglijskogo podjazyka biotekhnologij) [The nature of multicomponental term (based on English sublanguage of biotechnology)] / T.A. Kudinova // Vestnik Permskogo universiteta [Perm University Bulletin]. – 2011. – № 2 (14). – P. 58-61. [in Russian]
5. Kudryavceva I.G. Osobennosti formal'noj struktury i semanticheskie harakteristiki terminologicheskikh slovosochetaniy [Peculiarities of formal structure and semantic characteristics of term collocations]: Abstract of dis. PhD in Philology : 10.02.20 [Electronic resource] / Irina Gennad'evna Kudryavceva. – М.: 2010. – 21 p. – URL: <http://cheloveknauka.com/osobennosti-formalnoy-struktury-i-semanticheskie-harakteristiki-terminologicheskikh-slovosochetaniy#ixzz581nMjoVW> (accessed: 20.01.2018). [in Russian]

6. Lejchik V.M. Terminovedenie: Predmet, metody, struktura [Terminology: Subject, methods, structure] / V.M. Lejchik. – M.: Librokom, 2009. – 256 p. [in Russian]
7. Manerko L.A. Slozhnostrukturnoe substantivnoe slovosochetanie: Kognitivno-diskursivnyj aspekt (na materiale tehniceskoy literatury sovremennogo anglijskogo jazyka) [Complex structures of noun phrases: Cognitive and discursive aspect (in contemporary English technical texts)] : Dis. ... PhD in Philology : 10.02.04 / Larisa Aleksandrovna Manerko. – M.: 2010. – 425 p. [in Russian]
8. Martem'janova M.A. Osnovnye sposoby obrazovanija terminov nanotehnologij [The main models of term formation in nanotechnologies] / M.A. Martem'janova // Vestnik Cheljabinskogo gosudarstvennogo universiteta [Cheljabinskogo State University Bulletin]. – 2010. – №21 (202). – P. 58-61. [in Russian]
9. Simonova K.Ju. Stanovlenie i razvitie terminologii anglijskogo podjazyka jekologii [Origin and development of terminology in the field of Ecology]: Abstract of dis. PhD in Philology : 10.02.04 [Electronic resource] / Ksenija Jur'evna Simonova. – Omsk: 2004. – URL: <http://cheloveknauka.com/stanovlenie-i-razvitie-terminologii-anglijskogo-podyazyka-ekologii#ixzz581iUtELJ> (accessed: 20.01.2018). [in Russian]
10. Telija V.N. Konnotativnyj aspekt semantiki nominativnyh edinic [Connotative aspect of verbal semantics] / V.N. Telija. – M: Nauka, 1986. – 144 p. [in Russian]

**ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / PEDAGOGY**DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.010>

Далингер В.А.

Доктор педагогических наук, профессор,  
Омский государственный педагогический университет**КРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНИВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ МАТЕМАТИКЕ****Аннотация**

*В статье рассматривается вопрос о различных подходах к контролю и оценке результатов обучения учащихся математике: генезис развития процесса контроля и оценки в психолого-педагогической литературе и в школьной практике; пятибалльная система оценивания; оценивание результатов по уровню обучаемости учащихся; критериальный подход к оцениванию достижений учащихся; диагностика как составной компонент учебно-воспитательного процесса и ее структурные составляющие, такие как: потребность, мотивы деятельности, цель деятельности, объекты диагностики, операции-действия, средства деятельности, продукт деятельности.*

**Ключевые слова:** контроль, оценка, критериальный подход к оцениванию, обучаемость.

Dalinger V.A.

PhD in Pedagogy, Professor,  
Omsk State Pedagogical University**CRITERIA APPROACH TO ESTIMATION OF TEACHING RESULTS IN STUDENTS, STUDYING MATHEMATICS****Abstract**

*The paper considers the issue of various approaches to control and evaluation of the results of pupils' learning in mathematics: the genesis of the development of the monitoring and evaluation process in the psychological and pedagogical literature and in school practice; a five-point rating system; the evaluation of the results by the level of student learning; a criteria approach to assessing the achievements of students; diagnostics as a component of the educational process and its structural components, such as: the need, the motives for the activity, the purpose of the activity, the objects of diagnosis, operations-actions, means of activity, the product of activity.*

**Keywords:** control, evaluation, criteria approach to estimation, learning ability.

**К**онтроль и оценивание достижений учащихся в процессе обучения играет очень важную роль в учебно-воспитательном процессе. Контролю отведены функции оценивания качества усвоенных знаний, оценивание полученной информации о характере учебно-познавательной деятельности учащихся в учебном процессе, об эффективности методов, форм и способов в обучающей деятельности учителя.

На протяжении всего времени на всех этапах развития педагогической науки, контроль и оценка являлись необходимой составной частью учебно-воспитательного процесса.

Подход к оцениванию достигнутых учеником результатов обучения баллами возникла в Германии в XVI-XVII веках. В России балльная система оценки возникла в XVI веке, но только в 1846 году официально вводится пятибалльная оценочная шкала.

В период реформирования школ России в 1918 году Народный комиссариат по Просвещению принял постановление «Об отмене отметок», что положило начало безотметочного периода обучения.

Но вскоре проявились недостатки обучения без отметок: снижение качества знаний, уровня обученности, дисциплины. И многие органы народного образования стали вновь вводить различные формы контроля. Начался поиск других более эффективных подходов к оцениванию результатов обучения учащихся. Было предложено обязательное использование словесной оценки: «очень плохо», «плохо», «посредственно», «хорошо», «отлично». С 1944 года во всех школах СССР вводится цифровая пятибалльная система оценки знаний учащихся [14, С. 25].

Психолог Б.Г.Ананьев в своем классическом труде [1, С. 131] рассматривает оценку как стимулирующее средство и как ориентирующее средство.

В настоящее время в некоторых исследованиях предложено заменить пятибалльную шкалу оценивания на десятибалльную и двенадцатибалльную шкалу (В.П. Беспалько, В.П. Симонов, П.И. Третьяков и др.).

Большинство исследователей рассматривают контроль как процедуру получения сведений об учебной деятельности обучающихся и ее результатах с целью обнаружения недостатков, пробелов и ошибок [6, С. 44], [10, С. 52].

К основным функциям системы контроля относят: информационная (контролирующая), образовательная (обучающая), воспитывающая, диагностическая, мотивационная, прогностическая [8, С. 17], [15, С. 42].

Оценивание – процесс сравнения, соотнесения, определения действий обучающегося с нормой, эталоном.

Отметка – это адекватное количественное выражение оценки, в ряде случаев балл или рейтинг по определенной шкале, которая принята официально для фиксации результатов учебной деятельности обучающихся.

В первой половине XX века в качестве критериев оценки знаний указывались: объем знаний, степень понимания усваиваемого учебного материала, прочность получаемых знаний, умение применять полученные знания в учебной работе и в различных практических заданиях, умение правильно излагать знания устно и письменно, количество и характер допускаемых учеником ошибок [2, С. 27], [4, С. 13].

Долгое время мерилом усвоения знаний и приобретенных умений и навыков выступал критерий «качество» – количественная мера усвоения.

В настоящее время все больше стали применять такие критерии как обученность и обучаемость.

Термин «обучаемость» в отечественной психологии был введен Н.А.Менчинской в 50-х годах XX века. С психологической точки зрения под обучаемостью понимается проявление общих способностей человека.

Н.А.Менчинская под обучаемостью понимала способность обучающегося к усвоению знаний и овладению способами учебной деятельности, качественными характеристиками которой является легкость и быстрота приобретения знаний и овладение мыслительными операциями.

А.В.Фарков [11, С. 69-70] к основным признакам, по которым можно судить о высоком уровне обучаемости ученика математике, относит:

- развитие основных качеств мышления;
- быстрый темп продвижения в изучении материала;
- умение находить ошибки и анализировать их причины;
- высокое качество знаний;
- способность к логическому, абстрактному и образному мышлению;
- потребность в новой информации;
- творческую самостоятельность, инициативу;
- математическую память;
- склонность к решению нестандартных задач;
- сформированность приемов умственной деятельности;
- математическую направленность ума.

А.В.Фарков [11, С. 41] предложил оценивать уровень обучаемости ученика математике только особенностями мышления и выделяет пять основных компонентов: гибкость, глубина, осознанность, устойчивость, самостоятельность ума.

А.В.Фарков разработал для 5-11 классов измерительные материалы для диагностики сформированности у учащихся уровня обучаемости математике. Материал представляет большой интерес для учителей математики и состоит из субтестов по различным темам школьной математики, диагностирующих сформированность таких умственных приемов как: аналогия, обобщение, классификация, подведение под понятие, систематизация и др.

Уровни обучаемости представлены и в работе Л. И. Боженковой, Е. В. Соколовой [3, С. 140]. Описываются три уровня: низкий, средний и высокий; даны характеристики этих уровней.

Одним из эффективных средств управления учебно-воспитательным процессом является диагностика – способ, обеспечивающий широкое и всестороннее изучение предпосылок, условий и результатов учебно-познавательной деятельности учащихся и обучающей деятельности учителя. Диагностический процесс есть вид познания неизвестного на основе известного, где выдвижение гипотез характеризует динамику этого процесса. Диагностика позволяет оценивать и прогнозировать состояние педагогического процесса, отслеживать его ход, результаты, перспективы развития.

Всегда, а особенно сегодня, когда в школах реализуется технологический подход к обучающей деятельности педагога и учебно-познавательной деятельности ученика, важно конструирование диагностических средств для систематического и регулярного получения информации об учебных и личностных достижениях учащихся, на основе которой осуществляется управление познавательной деятельностью обучающихся.

В связи с тем, что в системе образования произошла смена парадигм образования, система диагностики должна быть направлена не только на проверку усвоения учащимися системы предметных знаний, но и на проверку овладения ими способами деятельности, опытом творческой деятельности, опытом эмоционально-ценностного отношения к действительности, к учению. В такой системе следует предусмотреть анализ причин возникающих отклонений в развитии и обучении, а также отслеживание прогрессивных изменений качеств личности учащегося.

Мы, следуя Е.Н. Перевощиковой [9, С 11], под диагностикой будем понимать деятельность, направленную на изучение состояния учебной деятельности обучающегося, с целью познания тех изменений личности, которые происходят в процессе овладения им учебной деятельностью.

В Федеральном государственном образовательном стандарте общего образования предъявлены новые требования к системе педагогической оценки процесса и результатов школьного образования. В стандарте отмечается необходимость формирования «содержательно-критериальной основы оценки результатов освоения обучающимися основной образовательной программы основного общего образования» [12, С. 3].

В работе Л.И.Боженковой, Е.В.Соколовой [3] обстоятельно рассмотрен вопрос о критериальном оценивании достижений учащихся 7-9 классов при обучении геометрии, причем оцениванию подлежат предметные, метапредметные и личностные результаты, которые заявлены в новых образовательных стандартах [13, С. 5].

В нашей работе [5] рассмотрены теоретические и практические аспекты диагностики типичных ошибок учащихся по математике, которые являются составным компонентом процесса контроля за результатами обучения.

В настоящее время группой разработчиков новых образовательных стандартов под руководством Г.С.Ковалевой [7] созданы измерительные материалы для учащихся 5-9 классов, в том числе и по математике, которые позволяют формировать и оценивать межпредметное умение – читательскую грамотность школьников.

Г. А. Цукерман [14] пишет, что если в начальной школе заканчивается обучение чтению, то в среднем звене начинается этап «чтение для обучения». На этом этапе становится важным формирование у учащихся метапредметных результатов: смысловое чтение и умение работать с информацией.

К текстам, в том числе и по математике, предложены задания, которые можно разбить на три группы:

- задания, проверяющие сформированность умения относительно общего понимания текста и умение в нем ориентироваться;
- задания, проверяющие сформированность умения глубоко и детально понимать содержание и формы текста;
- задания, проверяющие сформированность умения глубоко понимать содержание текста и использовать информацию, содержащуюся в тексте, для различных целей, а также сформированность умения самостоятельно формулировать вопросы к тексту.



По математике предложено учащимся 7 класса четыре текста: «Треугольник Паскаля», «Обводим линии и обходим мосты», «Фигуры постоянной ширины», «Системы счисления». Таким образом, в двух текстах представлен геометрический материал, а в двух других текстах – арифметико-алгебраический. Каждый текст преследует цель: знакомство учащихся с новым математическим объектом.

Нынешнему учителю предстоит большая работа по овладению новым арсеналом оценочных средств достижений учащихся и современными технологиями контроля и оценке результатов обучения. Особо остро стоит вопрос о проверке сформированности у учащихся универсальных учебных действий: личностные, регулятивные, познавательные, коммуникативные.

Хотя по данному вопросу имеются соответствующие разработки, но вопрос, скорее всего, теоретически осмыслен, чем практически реализован.

#### Список литературы / References

1. Ананьев Б. Г. Избранные педагогические труды: В 2-х т. Т. 2 / Б. Г. Ананьев / Под ред. А. А. Бодалева и др. – М.: Педагогика, 1980 – 288 с.
2. Беспалько В. П. Опыт разработки и использования критериев качества усвоения знаний / В. П. Беспалько // Советская педагогика. – 1968 – №4 – С.52-69
3. Боженкова Л. И. Критериальное оценивание достижений учащихся 7-9 классов в обучении геометрии: Научно-методическое пособие / Л. И. Боженкова, Е. В. Соколова. – М.: Изд-во Эйдос, 2016 – 182 с.
4. Воронцов А. Б. Педагогическая технология контроля и оценки учебной деятельности / А. Б. Воронцов. – М.: Издатель Рассказов А.И., 2002 – 303 с.
5. Далингер В. А. Методика обучения началам математического анализа: учебник и практикум для академического бакалавриата / В. А. Далингер – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018 – 162 с.
6. Ксензова Г. Ю. Оценочная деятельность учителя. Учебно-методическое пособие / Г. Ю. Ксензова. – М.: Педагогическое общество России, 2000 – 121 с.
7. Метапредметные результаты: Стандартизированные материалы для промежуточной аттестации: 7 класс: Пособие для учителя / Г. С. Ковалева, М. Ю. Демидова, Л. Ф. Иванова и др.; под ред. Г. С. Ковалевой. – М.: СПб: Просвещение, 2016 – 167 с.
8. Оценивание учебных достижений учащихся. Методическое руководство / Сост. Р. Х. Шакиров, А. А. Буркитова, О. И. Дудкина. – М.: «Билим», 2012 – 80 с.
9. Перевощикова Е. Н. Диагностика в процессе обучения математике: монография / Е. Н. Перевощикова. – Н-Новгород: НГПУ, 2010 – 172 с.
10. Процесс учения: контроль, диагностика, коррекция, оценка: Учебное пособие / Под ред. Е. Д. Божович. – М.: Московский психолого-социальный институт, 1992 – 224 с.
11. Фарков А. В. Обучаемость учащихся математике: проблемы диагностики. 5-11 классы / А. В. Фарков. – М.: ВАКО, 2015 – 240 с.
12. Фридман Л. М. Теоретические основы обучения математике: Пособие для учителей, методистов и педагогических учебных заведений / Л. М. Фридман. – М.: МПСИ: Флинта, 1998 – 160 с.
13. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования / Министерство образования и науки Российской Федерации. – М.: Просвещение, 2011 – 48 с.
14. Цукерман Г. А. Оценка без отметки / Г. А. Цукерман – Москва-Рига: Педагогический центр «Эксперимент», 1999 – 146 с.
15. Шамова Т. И. Современные средства оценивания результатов обучения в школе: Учебное пособие / Т. И. Шамова. – М.: Педагогическое общество России, 2007 – 192 с.

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

1. Anan'ev B. G. Izbrannye pedagogicheskie trudy [Chosen pedagogical works]: In 2 vol. V. 2 / B. G. Anan'ev / Ed. By A. A. Bodalev and others – M.: Pedagogika, 1980–288 p. [in Russian]
2. Bepa'l'ko V. P. Opyt razrabotki i ispol'zovaniya kriteriev kachestva usvoenija znaniy [Criteria estimation of achievements of pupils of 7-9 classes in training of geometry: Scientific and methodical grant] / V. P. Bepa'l'ko // Sovetskaja pedagogika [Soviet pedagogy] – 1968 – №4 – P.52-69 [in Russian]
3. Bozhenkova L. I. Kriterial'noe ocenivanie dostizhenij uchashhihsja 7-9 klassov v obuchenii geometrii: Nauchno-metodicheskoe posobie [Criterial estimation of achievements of pupils of 7-9 classes in teaching geometry: the Scientific and methodical manual] / L. I. Bozhenkova, E. V. Sokolova – M.: Izd-vo Jejdos, 2016 – 182 p. [in Russian]
4. Voroncov A. B. Pedagogicheskaja tehnologija kontrolja i ocenki uchebnoj dejatel'nosti [Pedagogical technology of control and assessment of educational activity] / A. B. Voroncov – M.: Izdatel' Rasskazov A.I., 2002 – 303 p. [in Russian]
5. Dalinger V. A. Metodika obuchenija nachalam matematicheskogo analiza: uchebnik i praktikum dlja akademicheskogo bakalavriata [Technique of training in the beginnings of the mathematical analysis: the textbook and a practical work for the academic bachelor degree] / V. A. Dalinger – 2nd ed., am. And supp. – M.: Izdatel'stvo Jurajt, 2018 – 162 p.
6. Ksenzova G. Ju. Ocenohnaja dejatel'nost' uchitelja. Uchebno-metodicheskoe posobie [Estimated activity of the teacher. Educational and methodical grant] / G. Ju. Ksenzova. – M.: Pedagogicheskoe obshhestvo Rossii, 2000 – 121 p. [in Russian]
7. Metapredmetnye rezul'taty: Standartizirovannye materialy dlya promezhutochnoj attestacii: 7 klass: Posobie dlya uchitelya Metasubject results: [The standardized materials for intermediate certification: 7th class: A grant for the teacher] / G. S. Kovaleva, M. Yu. Demidova, L. F. Ivanova and others; ed. by G. S. Kovalevoj – M.: SPb: Prosveshchenie, 2016 – 167 p. [in Russian]
8. Ocenivanie uchebnyh dostizhenij uchashhihsja. Metodicheskoe rukovodstvo [Estimation of educational achievements of pupils. Methodical management] / Comp. R. H. Shakirov, A. A. Burkitova, O. I. Dudkina – M.: «Bilim», 2012 – 80 p. [in Russian]

9. Perevoshhikova E. N. Diagnostika v processe obuchenija matematike: monografija [Diagnostics in the course of training in mathematics: monograph] / E. N. Perevoshhikova – N-Novgorod: NGPU, 2010 – 172 p. [in Russian]
10. Process uchenija: kontrol', diagnostika, korrekcija, ocenka: Uchebnoe posobie [Process of the doctrine: control, diagnostics, correction, assessment: Manual] / Ed. by E. D. Bozhovich – M.: Moskovskij psihologo-social'nyj institut, 1992 – 224 p. [in Russian]
11. Farkov A. V. Obuchaemost' uchashhihsja matematike: problemy diagnostiki. 5-11 klassy [Learning ability of pupils to mathematics: diagnostics problems. 5-11 classes] / A. V. Farkov – M.: VAKO, 2015 – 240 p. [in Russian]
12. Fridman L. M. Teoreticheskie osnovy obuchenija matematike: Posobie dlja uchitelej, metodistov i pedagogicheskikh uchebnyh zavedenij [Theoretical bases of training in mathematics: A grant for teachers, methodologists and pedagogical educational institutions] / L. M. Fridman. – M.: MPSI: Flinta, 1998 – 160 p. [in Russian]
13. Federal'nyj gosudarstvennyj obrazovatel'nyj standart osnovnogo obshhego obrazovanija [Federal state educational standard of the main general education] / Ministerstvo obrazovanija i nauki Rossijskoj Federacii. – M.: Prosveshhenie, 2011 - 48 p. [in Russian]
14. Cukerman G.A. Ocenka bez otmetki [Assessment without mark] / G. A. Cukerman. – Moskva-Riga: Pedagogicheskij centr «Jeksperiment», 1999 – 146 p. [in Russian]
15. Shamova T.I. Sovremennye sredstva ocenivanija rezul'tatov obuchenija v shkole: Uchebnoe posobie [Modern means of estimation of results of training at school: Manual] / T. I. Shamova. – M.: Pedagogicheskoe obshhestvo Rossii, 2007 – 192 p. [in Russian]

## КУЛЬТУРОЛОГИЯ / CULTURE STUDIES

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.005>

Войцехович А.А.

ORCID: 0000-0003-4286-9786, Старший преподаватель кафедры китайского и др. языков,  
МГИМО Университет МИД России

## РИТУАЛЬНАЯ ИДЕАЦИЯ ПОДАРКА В СОВРЕМЕННОМ КИТАЕ

## Аннотация

Культура обмена подарками в Китае насчитывает многолетнюю историю, имеет свои особенности и традиции, отличные от западной. Дарение подарков тесно связано с китайской иероглифической письменностью. В китайском языке важную роль играют омонимы, и это часто находит свое отражение в символике подарков.

Предметом анализа в данной статье являются лингвокультурологические аспекты характеристики дарения в китайском языковом сознании, рассмотрение языковых корней символики подарков.

Целью исследования является культурологическое обоснование выбора того или иного подарка.

**Ключевые слова:** Китай, китайский язык, культура, благопожелания, иероглиф, омонимы, подарки, праздники.

Voitsekhovich A.A.

ORCID: 0000-0003-4286-9786, Senior lecturer of the Department of Chinese and other languages,  
Moscow State University of Foreign Affairs University of the Russian Ministry of Foreign Affairs

## RITUAL IDEATION OF GIFT IN MODERN CHINA

## Abstract

The culture of gift exchange in China has a long history, has its own features and traditions, differing from the western ones. Gift-giving is closely related to Chinese hieroglyphic writing. Homonyms play an important role in Chinese, and this is often reflected in the symbolism of gifts.

The subject of analysis in this article is the linguocultural aspects of the characterization of gift-giving in Chinese linguistic consciousness, the consideration of the linguistic roots of the symbolism of gifts.

The purpose of the study is the culturological justification for choosing a gift.

**Keywords:** China, Chinese language, culture, goodwill, hieroglyph, homonyms, gifts, holidays.

Известный французский этнограф и социолог Марсель Мосс в эссе «Очерк о даре», изданном в 1925 г., на примере обычаев жителей Полинезии, Меланезии, Северо-Западного побережья Тихого океана описывает практику взаимного обмена подарками свойственные для этих народов. Описывая процесс обмена подарками в первобытном обществе, он утверждал, что в архаических и традиционных обществах связь между людьми устанавливалась через дарение вещей, поскольку каждая вещь имеет свою душу, человек дарит что-либо от своего Я и тем самым устанавливает с другим душевную связь [6].

Подношения, обмены подарками возникают еще в предыстории. Это древнейшее действие сохранилось в латинской формуле *do ut des* («даю, чтобы ты дал»).

Мосс обращает внимание на то, что у доисторического человека, точнее, первобытных общностей нормой экономического поведения было «расточение» плодов своего труда, т.е. максимальное угощение, одаривание не только «своих», но и «чужих».

Поршнев Б.Ф. комментирует выводы Мосса с позиции социальной психологии, полагая, что подобная практика не может осуществляться, не основываясь на психику людей. «Взаимное отчуждение добываемых из природной среды жизненных благ было императивом жизни первобытных людей, который нам даже трудно вообразить, ибо он не соответствует ни нормам поведения животных, ни господствующим в новой и новейшей истории принципам материальной заинтересованности индивида, принципам присвоения» [8, С. 423].

В Китае сложилась своя особенная культура дарения подарков, уходящая корнями в прошлое, во многом отличающаяся от европейской и порой вызывающая недоумение и непонимание у людей, незнакомых с китайской культурой и менталитетом китайцев.

Китайцы издревле поклонялись различным божествам, приносили им в дар различные подарки в надежде на счастливую жизнь, здоровье и счастье.

Например, Бог очага 灶神 Цзао-шэнь.

Иероглиф 灶 цзао означает кухонный очаг. Иероглиф 神 шэнь-дух.

Изображение этого бога висело над очагом в каждом доме, китайцы считали, что перед каждым Новым Годом Цзао-шэнь отправлялся на небо к Нефритовому императору 玉皇 Юй Хуан (玉 юй-яшма, 皇 хуан-император) и докладывал ему о делах в семье. Поэтому накануне его отбытия на небо, чтобы задобрить бога очага к его изображению приносили в качестве подарка различные сладости, а поскольку на небо он отправлялся на коне, то не оставался без подарков и конь: ему приносили сено, ячмень, чистую воду [1, С. 436].

Для того чтобы правильно сделать подарок, у китайцев принято учитывать «культ лица» 面子 мяньцзы (лицо, репутация). Считается, что если китаец дарит дорогой подарок, то он «приобретает лицо», поскольку выступает в роли богатого и щедрого человека.

Китайцев всегда тревожил вопрос о том, что подумают о нем другие и поэтому во все времена для них было очень важным произвести хорошее впечатление [10, С. 132].

В Китае говорят: «死要面子活受罪» сы яо мяньцзы хо шоуцзуй –идти на все, чтобы сохранить лицо; лезть из кожи вон, чтобы произвести впечатление.

Среди подарков, которые помогут «приобрести лицо», может быть кольцо с бриллиантом (обычно дарят девушкам), украшения из яшмы, рамки для картин из золота, пищевые продукты высшего сорта в красивой подарочной упаковке как пожелание здоровья, дорогие перьевые ручки и многое другое.

Родственникам и друзьям старшего возраста можно подарить возможность путешествия за границу или новый смартфон.

Пожилым людям дарят подарки, которые помогут поддерживать здоровье.

Женщинам-дорогие кожаные изделия, цветы.

При дарении также нужно учитывать то, что китайцы называют 人情 *жэньцин* (人 *жэнь*-человек, 情 *цин*-чувство, личные отношения). Как отмечает Н.А. Спешнев, «*жэньцин*» указывает на то, что в социальном общении одна сторона может одаривать другую благами. *Жэньцин*-это социальная норма, которой должен придерживаться китаец. В обычной жизни человек должен помнить о необходимости дарить подарки, соблюдать церемонии, он также обязан в трудную минуту прийти другим на помощь, выразить сочувствие, т.е. выразить или проявить *жэньцин*» [10, С. 142].

В Китае поводом для дарения является воздаяние за милость 报恩 *баоэнь*.

У китайцев есть понятие 感恩图报 *ганьэнь тхубао*-воздать должное за сделанное добро; быть тронутым благодеяниями и стремиться отблагодарить за них.

Подарок зависит от того, кому дарить и за какие благодеяния. Дарят украшения, корзины с фруктами, что-то полезное для дома, произведения искусства, чай или вино высшего сорта, чайные сервизы, тонизирующие средства. Например, в качестве данного подарка популярен женьшень.

Для китайцев всегда было важно установить 关系 *гуаньси*- связь, взаимоотношения. С древних времен и вплоть до сегодняшнего дня *гуаньси* подразумевает установление взаимовыгодных отношений между людьми посредством дарения подарка. Китаец всегда отдаст предпочтение тому человеку, от которого он получил знак внимания и с которым у него установлены *гуаньси* [10, С. 148].

В Китае сначала нужно отказаться от подарка, но потом принять. И обязательно преподнести подарок в ответ. Если человек отказывается от подарка, то это означает, что тот, кто получает, прекращает всяческие отношения с дающим [10, С. 141].

У китайцев существуют разные поводы для дарения подарков. Например, дарение по протоколу. По традиции на официальных встречах следует дарить подарки всем членам делегации. Главе делегации подарок преподносится первым. Как правило, этот подарок должен быть более дорогим и большим по размеру, чем другим членам делегации. Считается, что чем дороже подарок, тем больше показываешь свое уважение. Но и дарить слишком дорогие подарки считается неправильным. По этикету подарки преподносят в конце встречи после подписания всех документов. Если переговоры длятся больше, чем один день, то подарки следует дарить только в первый день встречи [5].

У маньчжуров во времена правления последней императорской династии существовал дворцовый обычай, согласно которому, когда выбирали императорских наложниц и второстепенных жен, то их выстраивали в шеренгу и прошедшим отбор в качестве «свадебного дара» вешали 荷包 *хэ бао* (или 香包 *сянбао*). Это ароматные маленькие мешочки, которые по поверью могут изгнать злых духов и уберечь от болезней. Церемонию проводила мать императора. Подобные *хэбао* во время новогодних праздников правитель страны жаловал подчиненным [4, С. 96-97].

Во время встреч на высшем уровне и сейчас в обязательном порядке проходит церемония обмена подарками от лица руководителя государства. Китайцы внимательно подходили к этому вопросу еще со времен правления династии Тан, когда императрица У Цзэтянь (625-705 гг.) послала двух панд японскому императору. После 1949 года председатель Мао закрепил эту практику - панд подарили коммунистическим странам-союзницам СССР и КНДР [7].

Такая практика дарения панд другим государствам в настоящее время получила название «панда-дипломатия».

В 2013 г. председатель КНР Си Цзиньпин во время своего государственного визита в Россию вручил подарок президенту В.Путину: вышитый в стиле «*шэньсю*» портрет российского президента. Этот стиль относится к традиционным школам китайской вышивки, которая была включена в национальный список нематериального культурного наследия Китая.

В 2017 г. во время саммита БРИКС в г. Сямэнь Си Цзиньпин преподнес В. Путину скульптуру китайского воина в традиционном костюме и письменный стол ручной работы, на котором китайской каллиграфией было написано пожелание процветания.

Также можно подарить цветы, чай, косметику, письменные принадлежности. Например, дорогие ручки, кисть для письма и рисования.

На предметах, которые китайцы дарят друг другу, мы часто можем видеть изображения животных, птиц, насекомых. Разумеется, животные с древних времен играли важную роль в жизни человека. В разных культурах животные выступают как различные символы, что находит свое отражение в языке [2, С. 312].

Впрочем, помимо значимости для жизни людей, причину появления изображений представителей флоры и фауны на подарках следует искать в специфике китайского языка.

В китайском языке существует много слогов, которые произносятся одинаково, но при этом имеют абсолютно разное значение. Чтобы понять смысл, нужно увидеть иероглиф, которым записан слог, поскольку в подарках обыгрывается омонимия.

Например, на подарках часто изображается летучая мышь. У европейцев это животное ассоциируется с птицей дьявола, черной магией, но в Китае летучая мышь - символ счастья и удачи. По-китайски иероглиф счастье 福 звучит как *фу*, иероглиф летучая мышь 蝠 тоже произносится *фу*, поэтому летучая мышь ассоциируется со счастьем.

Журавль 鹤 *хэ* в Китае - один из символов долголетия. 鹤 *хэ* омонимично 和 *хэ* (мир, гармония). Соответственно журавль - это пожелание мира и гармонии.

Часто на подарках (например, на благопожелательных открытках) изображается бабочка 蝶 *де* вместе с кошкой 猫 *мао*. В китайском языке есть иероглиф 耄 *де*-человек семидесяти-восьмидесяти лет. А также иероглиф 耄 *мао* в значении человек восьмидесяти-девяносто лет. Изображение бабочки и кошки вместе- пожелание супругам дожить до глубокой старости.

Еще один благопожелательный символ в Китае-это лев 狮 *ши*. Скульптуры с изображением льва часто ставят перед зданиями. Считается, что лев будет охранять от всяческих злых сил. Чтение иероглифа 狮 *ши* созвучен с 师 *ши*-наставник, учитель. На картинках изображение льва поэтому означает пожелания занять должность 太师 *тайши* -наставника наследника престола.

На картинках часто изображают пчел и обезьян. Пчела 蜂 *фэн* звучит так же, как 封 *фэн*- назначить на должность. А обезьяна 猴 *хоу* как княжеский титул *хоу*, соответственно 封侯 *фэнхоу* - «пожаловать титул князя».

Если маленькая обезьяна сидит на спине у большой, то это означает пожелание из поколения в поколение передавать княжеский титул. Спина 背 *бэй* созвучно с 辈 *бэй*- поколение.

В Древнем Китае после смерти человека, по установившемуся обычаю, родственники и знакомые дарили подарки, которые могли послужить серьезным подспорьем в случае, если после похорон, семья окажется в тяжелом положении. Родственники и друзья относились к умершему как к живому, одаривали его подарками словно поздравляя с предстоящим переселением в лучший мир [9, С. 145].

Сейчас в магазинах можно купить сувенир: маленький гроб.

По-китайски гроб 棺材 *гуаньцай*, где иероглиф 材 *цай* созвучен с 财 *цай*- богатство, поэтому на самом сувенире часто пишут пожелание богатства. Иногда изображен иероглиф 寿 *шоу*-долголетие.

В Китае поводом для подарков может быть дарение просто из добрых чувств. Например, на праздники.

Если для европейцев самый долгожданный праздник-это Рождество, для русских Новый год, то для китайцев-это Праздник Весны 春节 *чуньцзе*.

春 *чунь* -весна, новогодний, 节 *цзе*- сезон, праздник. По восточному календарю этот праздник каждый год празднуется в разное время, обычно это один из первых трех месяцев календарного года.

В праздник весны принято собираться всем вместе дома, поздравлять друг друга и конечно же дарить новогодние подарки. Одна из традиций в Китае-дарить 年画 *няньхуа* (年 *нянь*- год, 画 *хуа*- картина, рисунок). Это так называемые китайские ребусы-народные лубочные картины. В них отражается весь спектр духовной культуры Древнего Китая.

На новогодних картинках могут быть изображены различные животные, являющиеся каким-либо символом, птицы, цветы, различные сюжеты, которые связаны с традициями и обычаями или историей Китая.

Китаеведы полагают, что «символика благопожеланий способствовала расцвету символики вообще, увеличению ее роли в жизни, искусстве и культуре страны. Складывавшаяся на протяжении долгих веков практика использования ритуальных символов в иконографии не могла не оказать своего влияния на формирование ряда традиций. Символы проникли буквально во все сферы жизни, быта, культуры китайцев» [1, С. 470].

Самый любимый в Китае цвет красный, символизирующий богатство, счастье и удачу. У китайцев принято дарить деньги в 红包 *хунбао* - букв. красный конверт.

Традиция дарить деньги в красных конвертах идет с древних времен. Такие конверты в Китае дарят сейчас и на Новый Год, и на свадьбу, на похоронах. Дарят родным, близким и друзьям. Существует понятие 压岁钱 *сясуйцянь*- традиционный подарок детям на Новый год. Иероглиф 岁 *суй*-созвучен с иероглифом 祟 *суй*-нечистая сила, дьявол, зло. Считалось, что если подарить деньги ребенку, то это уберет его от злых духов.

Китайцы очень любят бамбук-символ долголетия, пожелания пожилым счастливых и долгих лет. Иероглиф 竹 *чжу*, имеющий значение «бамбук», состоит из двух элементов, похожих на листок бамбука. Помимо прямого значения 竹 *чжу*-это символ единства и союза, супружеского счастья и вечной любви. В китайских свадебных обрядах всегда должны были присутствовать изделия из бамбука - свадебный паланкин, веера и прочие подарки [2, С. 306].

В настоящее время, когда у китайцев появилось много возможностей путешествовать по миру, молодёжь может учиться и работать за пределами своей страны, некоторые европейские традиции начинают проникать и в китайскую культуру. Например, в последнее время молодежь Китая активно празднуют День Святого Валентина-情人节 *цинжэньцзе*.

В этот день появляется большой ассортимент подарков, мужчины дарят женщинам цветы, шоколад, сувениры, косметику, духи, шелковые платки, принято дарить различные сертификаты.

Сейчас можно даже отправить деньги в красном конверте (*хунбао*) через мобильное приложение WeChat (популярное в Китае приложение для отправки мгновенных сообщений), что становится очень популярным способом сделать подарок. Максимальная сумма обычно составляет 200 юаней, но иногда владельцы компании в День влюбленных повышают сумму до 520 юаней, потому что цифры 5,2,0 созвучны фразе на китайском «я люблю тебя».

Также стал популярен пришедший из Японии «Белый праздник влюбленных».

Если девушка получила подарок от юноши в День Святого Валентина, то, если ей нравится даритель, 14 марта она должна сделать ответный подарок. Это означает, что она согласна на их отношения.

У китайцев также есть и свой праздник влюбленных-праздник Циси. В этот день влюбленные дарят друг другу подарки, как правило, в китайском стиле. Например, любовные письма на бамбуке, украшения из фарфора с синими узорами, вышитые шелковые платки, шапки с изображением героя Лэй Фэна и пионерский галстук, напоминающие о 70-х годах 20 века, многие девушки вышивают крестиком изделия для своих молодых людей, которые означают связь между ними [11].

Китайцы любят дарить фрукты, многие из которых также являются символами в Китае.

Персик桃 *тао* - символ, означающий долголетие, спокойствие, умиротворение, в качестве подарка на свадьбу символизирует счастье. Слово персик часто употребляется со словом слива 李子 *лицзы*.

投桃报李 *тоу тао бао ли* что означает «обменяться подарками».

На свадьбу часто дарят фрукты.

Например, гранат 石榴 *шилю*, символизирующий многочисленное потомство. Семена 种子 *чжунцзы* созвучны с 孙子 *сунцзы*- сыновья.

Еще один популярный в Китае фрукт-хурма. 柿 *ши*-символ радости и счастья.

Омоним слова 事 *ши*- дело. Часто хурму изображают на поздравительных открытках вместе с мандаринами 橘子 *цзюйцзы* и кипарисом 柏枝 *байчжи* (ветка кипариса). *Бай* звучит как сто и кипарис, *ши*-хурма и дела, *цзюй* напоминает иероглиф удача, что все вместе может означать Успехов вам во всех делах [3, С. 250].

Яблоко по-китайски 苹果 *пинго* созвучно со словом 和平 *хэпин*, что означает мир, спокойствие. Поэтому этот фрукт тоже принято дарить в качестве подарка за исключением тех случаев, когда человек заболел, потому что слово «яблоко» звучит и как 病 *бин*- болезнь.

Не полагается дарить грушу 梨 *ли*, потому что это слово созвучно с 离 *ли* -расставаться, покидать.

Еще один примечательный сувенир, который дарят в Китае-это жезл.

如意 *жун*- изогнутый жезл с резьбой, символ исполнения желаний и счастья, который еще в Древнем Китае рассматривали как ценный предмет. Он является также символом власти, а когда-то был и символом сексуальной силы.

Популярен такой подарок как подставка для палочек 筷托 *куайто* или 筷架 *куайцзя*.

Если преподнести его незамужней девушке, то будет означать пожелание скорейшего замужества, потому что 筷架 *куайцзя* созвучно с 快嫁 *куайцзя*- скоро выйду замуж [4, С. 540].

Есть ряд подарков, которые нежелательно дарить китайцу.

Не полагается дарить шапку 帽子 *маоцзы*, потому что когда умирает старый человек, то сын находится в трауре и должен носить 愁帽 *чоумо*-шапку печали. Нельзя дарить шапку зеленого цвета, потому что если о мужчине говорят, что он носит шапку зеленого цвета, то значит его жена неверна ему.

Нежелательно дарить ножи, т.к.есть поговорка 一刀两断 *и дао лян дуань*-одним ударом разрубить надвое, которая имеет значение решительно порвать отношения.

Китайцы считают, будто человек обижает землю, наступая на неё обувью, кроме того иероглиф 鞋 *се* – обувь звучит так же, как слово 邪 *се*- дурной, подлый, поэтому обувь не приветствуется в качестве подарка.

В Китае не принято дарить зеркало -镜子 *цзинцзы*, потому что это слово звучит как 禁子 *цзинцзы*- тюремщик, надзиратель.

Нельзя дарить часы, потому что слово 表钟 *бяочжун* по звучанию похоже на 终 *чжун*-конец жизни, смерть, а иероглиф 表 *бяо* звучит как 婊 *бяо* - женщина легкого поведения. Категорически нельзя дарить часы пожилому человеку, потому что слово 送钟 *сунчжун* (дарить часы) ассоциируется со словом 送终 *сунчжун*- провожать отца, мать в последний путь.

Таким образом, традиция дарения подарков в Китае лежит в основе многовековой культуры, в процессе дарения отражается менталитет китайцев, их национальная психология и важное значение в процессе обмена подарками приобретает особенность китайского языка-иероглифика.

#### Список литературы / References

1. Васильев Л. С. Культы, религии, традиции в Китае / Л. С. Васильев – М.: Ломоносовъ, 2017 – 524 с.
2. Войцехович И. В. Практическая фразеология китайского языка / И. В. Войцехович. – М.: АСТ: Восток-Запад, 2007 – 509 с.
3. Исаева Л. И. Жизнь среди символов / Л. И. Исаева – М.: АНО «Диалог культур», 2017 – 319 с.
4. Исаева Л. И. Радость на кончиках бровей / Л. И. Исаева – М.: ИДВ РАН, 2016 – 798 с.
5. Маслов А. А. Китай и китайцы. О чем молчат путеводители [Электронный ресурс] / А. А. Маслов – URL: <https://culture.wikireading.ru/38944> (дата обращения 14.02.2018).
6. Мосс. М Очерк о даре. Форма и основание обмена в архаических обществах [Электронный ресурс] / М. Мосс // Общества. Обмен. Личность. М.: Восточная литература РАН, 1996 – URL: [http://anthro-economicus.narod.ru/files/Moss\\_Present.pdf](http://anthro-economicus.narod.ru/files/Moss_Present.pdf) (дата обращения 14.02.2018).
7. Нилссон Э. Власть панды [Электронный ресурс] / Нилссон Э., Су Джоу – URL: <https://rg.ru/2016/09/12/kitaj-otpravil-v-drugie-strany-v-diplomaticheskikh-celiah-bolee-60-pand.html> (дата обращения: 17.02.2018).
8. Поршнев Б. Ф. О начале человеческой истории. Проблемы палеопсихологии / Б. Ф. Поршнев. – СПб.: Алетей, 2007 – 720 с.
9. Сидихменов В. Я. Китай: страницы прошлого / В. Я. Сидихменов. – Смоленск.: Русич, 2010 – 551 с.
10. Спешнев Н. А. Китайцы: особенности национальной психологии / Н. А. Спешнев. – СПб.: КАРО, 2011 – 330 с.
11. Китайский день влюбленных: оригинальные подарки и рост количества желающих зарегистрировать брак [Электронный ресурс] Сайт ежедневной общественно-политической газеты Китая «Жэньминь жибао» – URL: <http://russian.people.com.cn/31516/7105952.html> (дата обращения: 17.02.2018).

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

1. Vasil'ev L. S. Kul'ty, religii, traditsii v Kitae [Cults, religions and traditions in China] / L. S. Vasil'ev. – М.: Lomonosov, 2017 – 524 p. [in Russian]

2. Voitsekhovich I. V. Prakticheskaia frazeologiya kitaiskogo iazyka [Practical Chinese language phraseology] / I.V.Voitsekhovich. – M.: AST: Vostok-Zapad, 2007 – 509 p. [in Russian]
3. Isaeva L. I. Zhizn' sredi simvolov [Life between the symbols] / L. I. Isaeva. –M.: ANO «Dialog kul'tur», 2017 – 319 p. [in Russian]
4. Isaeva L. I. Radost' na konchikakh brovei [Happiness at the tips of your eyebrows] / L. I. Isaeva. – M.: IDV RAN, 2016 – 798 p. [in Russian]
5. Maslov A. A. Kitai i kitaitsy. O chem molchat putevoditeli [China and Chinese. About what guides are silent] [Electronic resource] / A. A. Maslov. URL:<https://culture.wikireading.ru/38944> (accessed 14.02.2018). [in Russian]
6. Moss. M Ocherk o dare. Forma i osnovanie obmena v arkhaiskikh obshchestvakh. Obshchestva. Obmen. Lichnost' [Essay about a gift. Gifts can be the form and basis of exchange in archaic societies. Society. Exchange. Personality] [Electronic resource] / M. Moss. – M.: Vostochnaia literatura RAN, 1996 – URL: [http://anthro-economicus.narod.ru/files/Moss\\_Present.pdf](http://anthro-economicus.narod.ru/files/Moss_Present.pdf) (accessed 14.02.2018). [in Russian]
7. Nilsson E. Vlast' pandy [The power of panda] [Electronic resource] / E.Nilsson, Su Zhou. – URL: <https://rg.ru/2016/09/12/kitaj-otpravil-v-drugie-strany-v-diplomaticheskikh-celi-ah-bole-60-pand.html> (accessed 18.02.2018). [in Russian]
8. Porshnev B. F. O nachale chelovecheskoi istorii. Problemy paleopsikhologii [About human history, paleopsychology issues] / B. F. Porshnev. – Spb.: Aletei, 2007 – 720 p. [in Russian]
9. Sidikhmenov V. Ia. Kitai: strannitsy proshlogo [China: issues of the past] / Ia. V. Sidikhmenov. – Smolensk.: Rusich, 2010 – 551 p. [in Russian]
10. Speshnev N. A. Kitaitsy: osobennosti natsional'noi psikhologii [The Chinese: features of national psychology] / N.A.Speshnev. – Spb.: KARO, 2011 – 330 p. [in Russian]
11. Kitaiskii den' vliublennykh: original'nye podarki i rost kolichstva zhelayushchikh zaregistrirovat' brak [Chinese Valentine's Day: original gifts and an increase in the number of people wishing to register a marriage] [Electronic resource] // Website People's Daily Online. – URL: <http://russian.people.com.cn/31516/7105952.html> (accessed 17.02.2018). [in Russian]

**СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / SOCIOLOGY****DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.011>****Данилова З.А.**

ORCID: 0000-0003-1800-0685, Доктор социологических наук, профессор,  
 ФГБУН Байкальский институт природопользования СО РАН в г. Улан-Удэ  
**МЕЖДУНАРОДНАЯ МИГРАЦИЯ В ТРАНСГРАНИЧНОМ РЕГИОНЕ**

**Аннотация**

*Обоснована необходимость привлечения дополнительной рабочей силы в трансграничный регион. Представлены выгоды и издержки от привлечения международных трудовых мигрантов в регионе на основе методики оценки их эффективности, статистических данных. Обоснована продуктивность использования труда иностранных рабочих, выявлена нецелесообразность резкого снижения квот на квалифицированную иностранную рабочую силу и увеличения числа работающих мигрантов по патенту. Определена высокая корреляционная зависимость между ростом численности иностранных рабочих и сданных в эксплуатацию строительных площадей.*

**Ключевые слова:** миграция, рынок труда, иностранная рабочая сила, регион, регулирование, эффекты.

**Danilova Z.A.**

ORCID: 0000-0003-1800-0685, PhD in Sociology, Professor,  
 FPFIS Baikal Institute of Natural resources Management of the SB RAS in Ulan-Ude  
**INTERNATIONAL MIGRATION IN TRANSBOUNDARY REGION**

**Abstract**

*The necessity of attracting additional labor to a transboundary region is substantiated in the paper. The benefits and costs of attracting international labor migrants in the region are presented on the basis of the methodology for assessing their effectiveness and statistical data. The productivity of labor of foreign workers has been substantiated, the inexpediency of sharp reduction of quotas for qualified foreign labor and the increase in the number of migrant workers under the patent have been revealed. A high correlation was found between the growth in the number of foreign workers and the construction sites put into operation.*

**Keywords:** migration, labor market, foreign labor force, region, regulation, effects.

**В** приграничных восточных регионах России происходят активные миграционные процессы, обусловленные близостью границ, возможностью использования избыточных трудовых ресурсов соседних стран, особенно граждан Китая. Трудовую иммиграцию важно рассматривать не только как угрозу для страны, но и как источник, прежде всего, трудовых ресурсов и впоследствии – как фактор экономического роста. Оценка экономической эффективности миграционной политики позволит оптимизировать регулирование рынка труда, выявить диспропорции в трудовых ресурсах конкретного региона.

Миграционный отток населения из регионов Сибири и Дальнего Востока, в том числе и Республики Бурятия (РБ), естественная его убыль и высокая смертность в трудоспособном возрасте, эмиграция привели к дисбалансу трудовых ресурсов [1]. В изучаемом регионе ощущается необходимость в дополнительной рабочей силе. Если в 2005 г. потребность в работниках, заявленная в государственные учреждения службы занятости населения, составляла в 2005 г. 3416 чел., то в 2012 г. – 8386, 2013 г. – 7415 [2, С. 167], 2014 г. – 5607, 2015 г. – 5042 [3, С. 200], в основном рабочих и технических специалистов.

Соотношение численности населения, вступающего в трудоспособный возраст и выходящего из него, приобретает негативный характер к 2020 г. Наиболее критичным является 2018 г., когда число вступивших в трудоспособный возраст будет равно числу лиц, достигших пенсионного возраста. В условиях приграничного региона, близости стран АТР, основного мирового донора иммиграции – КНР, дефицит в трудовой силе восполнялся трансграничными мигрантами, а также гражданами из стран СНГ. В отдельные годы численность иностранной рабочей силы (ИРС) в регион составляла около 14 тыс. чел. Однако известно, что между официальными данными и реальными масштабами трудовой миграции существует значительный разрыв [4, С. 4.]. Реальное число иммигрантов является более высоким.

С введением упрощенной формы получения патентов происходит увеличение этой категории мигрантов. В 2014 г. в Бурятии таких граждан (9258 чел.) было в 3,3 раза больше, чем работающих по квоте. Квотная система выдачи разрешений на работу была значительно сокращена, являлась непрозрачной, отчасти коррумпированной, на что указывают и др. авторы [5]. Резкое сокращение в регионе числа квалифицированных трудовых иммигрантов по квоте, на наш взгляд, является ошибочной, поскольку, во-первых, они преимущественно занимают ниши занятости тяжелого квалифицированного и малоквалифицированного труда, которые не пользуются спросом у местных жителей. Во-вторых, согласно заявкам работодателей и экспертов, потребность в квалифицированной ИРС остается довольно высокой. (Диаграмма 1). Соотношение числа заявок от работодателей на ИРС и получивших разрешение на работу иммигрантов составляет в среднем от 11,8 до 20,2 %. В отличие от Бурятии, в соседних регионах - в Забайкальском крае и Иркутской области, не происходит существенных колебаний в численности ИРС.



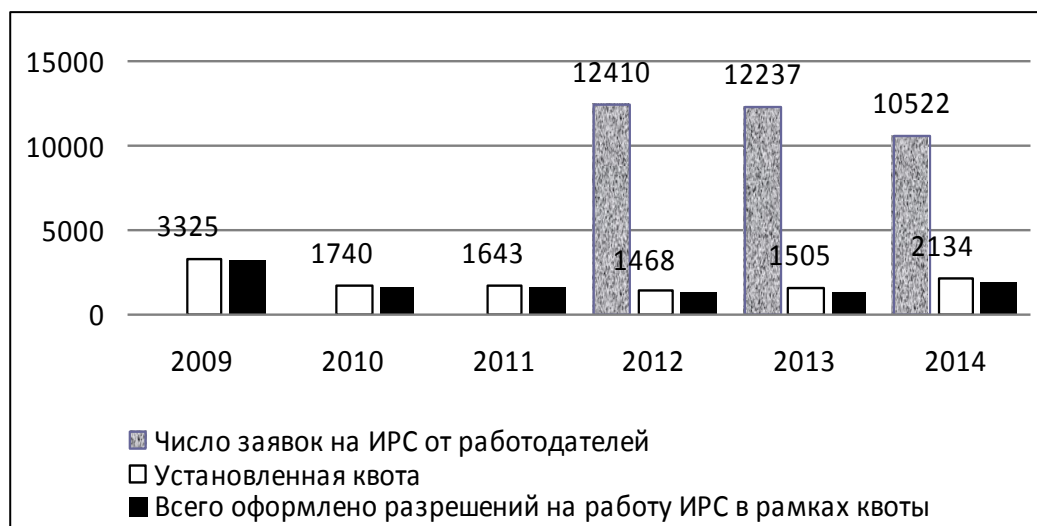


Рис. 1 – Соотношение потребности в ИРС и количества выданных квот [6], [7]

В Иркутской области в эти годы она варьируется в пределах от 24 до 20 тыс. чел., в Забайкальском крае – 8-7 тыс.чел. Данная мера была вполне объяснима, поскольку число вакантных рабочих мест и отрицательное сальдо миграции в Байкальском регионе остается высоким. Однако в 2015 г. число иностранных граждан, имеющих разрешение на работу, резко снижается. В РБ численность таких граждан составляла 1029, Иркутской области – 6444, Забайкальском крае – 4466 [3, С. 205]. Несмотря на то, что строительная отрасль Бурятии зависит от ИРС, поскольку российские рабочие не владеют технологиями на бетонных работах, в 2016 г. Правительство РБ отказалось вообще от квот на иностранных рабочих.

Резкое снижение квот на ИРС отчасти обусловлено повышением мер национальной безопасности в условиях трансграничья, экономическим кризисом, ростом безработицы среди местной рабочей силы. Хотя сегодня вакансии на рабочие специальности (более 10 тыс.) остаются, как мы указывали выше, невостребованными местным населением. В-третьих, увеличение числа ИРС, работающих по патенту, из стран Средней Азии не приносит существенных дивидендов экономике региона, поскольку данная группа лиц преимущественно прибывает стихийно, является малоквалифицированной и задействована в основном в частном секторе.

Выделение квот являлось непрозрачным, из года в год заявки многих организаций отвергались без каких-либо объяснений, а квоты выделялись в мизерном количестве от их потребности. Квоты на ИРС иногда предоставлялись не известным на строительном рынке компаниям (аутсорсерам), которые перепродавали их строительным организациям по высоким ценам.

Эффекты использования ИРС. Наибольший вклад трудовых иммигрантов в производство товаров и услуг отмечен в 2008 г. (3,5 млрд. руб.). В другие годы вклад от ИРС составлял в диапазоне от 1,2 до 2,5 млрд. руб. За последние 10 лет наименьший вклад ИРС в ВРП отмечался в 2015 г. – 552 157 тыс. руб. В то время как сумма поступлений в бюджет от патентов за 2016 г. составляла 33,7 млн. руб. [10].

Значительный вклад иностранной рабочей силы отмечен в строительном секторе экономики. Наблюдается высокая положительная корреляционная зависимость между ростом числа трудовых иммигрантов и сданных в эксплуатацию строительных площадей. В 2012-2014 гг. по нашим расчетам она составляла от 0,880 до 0,980. Вклад ИРС в доходную часть бюджета превышает в 3,6 раза расходы на содержание и обучение детей иностранных граждан. Соотношение средней заработной платы иностранных работников и среднемесячной номинальной начисленной заработной платы в среднем по региону составляет 77,6%, что также свидетельствует об эффективности использования ИРС.

Развитие трудовой, учебной миграции приводит к диффузии иммигрантов в структуру принимающего общества. Некоторые мигранты переходят в категорию постоянно проживающих в регионе, появляется дополнительная рабочая сила, в основном трудоспособного молодого возраста. Разрешение на постоянное и временное жительство получили в 2012 г. 1511, в 2013 г. – 1528, 2014 г. – 2128 мигрантов [7], [8].

Вместе с тем, наблюдаются и негативные эффекты от привлечения ИРС. Отмечается снижение средней заработной платы в регионе, поскольку многие иммигранты готовы работать за более низкую оплату труда, чем коренное население. Происходит вытеснение местной рабочей силы из отдельных сегментов рынка труда, в основном строительства жилых домов, оказания услуг по ремонту, лесозаготовительных работ. Отмечается ухудшение качества производимой продукции из-за низкой квалификации мигрантов.

Таким образом, властные структуры не рассматривают зарубежную трудовую миграцию фактором развития региона, представляют ее преимущественно с позиций негативных последствий в то время, как соотношение численности населения региона, вступающего в трудоспособный возраст и выходящего из него, приобретает угрожающий характер. В условиях демографического кризиса в стране, особенно в приграничных регионах, миграция является важным ресурсом ее демографического и экономического развития. Эффективная миграционная политика призвана этот ресурс мобилизовать, при соблюдении баланса национальной безопасности и прав человека.

В современных условиях необходимо рационально использовать иммиграционный потенциал квалифицированных иностранных граждан, конкурентные преимущества которого, по сравнению с местными работниками, пока очевидны. Целесообразно привлекать иностранных рабочих по приоритетным профессионально-квалификационным группам в соответствии с потребностями экономики. Существующие риски использования труда

трудящихся-мигрантов несколько нивелируются позитивным эффектом от его привлечения. Поскольку миграция рассматривается как инвестиция в человеческий потенциал [11, С. 83], то издержки от нее должны уравниваться будущими доходами.

#### Список литературы / References

1. Данилова З. А Социальные риски Байкальской Азии (на материалах Бурятии и Монголии). / З. А.Данилова // Проблемы прогнозирования – М., 2015 – №1. – С. 119-128.
2. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2015: стат.сб./ Росстат – М., 2015. – 1266 с.
3. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2015: стат.сб./ Росстат – М., 2016. – 1326 с.
4. Рязанцев С. В. Трудовая иммиграция в Россию: старые проблемы и новые подходы к регулированию. / С. В. Рязанцев // Вестник Санкт-Петербургского университета – 2013. – Серия 5. Вып.1. – С.3-14
5. Рязанцев С. В. Практика использования патентов на осуществление трудовой деятельности иностранными гражданами–трудящимися мигрантами в РФ. / С. В.Рязанцев // Международная организация по миграции. – М, 2012. – 94 с.
6. Труд и занятость в России. 2013: стат.сб. / Росстат. – М., 2013. – 661 с.
7. Материалы Республиканского Агентства занятости. Работодателям, привлекающим ИРС. [Электронный ресурс] URL: <http://www.burzan.govrb.ru>.( дата обращения 15.10.16)
8. Аналитический доклад об итогах деятельности за 2014 г. Управление Федеральной миграционной службы по Республике Бурятия. 2014 – 25 с.
9. Миграция населения Республики Бурятия. – Улан-Удэ: Бурятстат, 2015. – 50 с.
10. Материалы Министерства экономики РБ об иностранной рабочей силе. [Электронный ресурс] URL: <http://www.economy.govrb.ru> (дата обращения 15.10.17.)
11. Sjaastad L. The Costs and Returns of Human Migration / L. Sjaastad // The Journal of Political Economy.- Vol. 70, №.5, Part 2: Investment in Human Beings. - Oct., 1962.- pp. 80–93.

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

1. Danilova Z. A. Social'nye riski Bajkal'skoj Azii (na materialah Burjatii i Mongolii) [Social risks of Baikal Asia (on materials of Buryatia and Mongolia)] / Z. A. Danilova / M: Problemy prognozirovaniya [Problems of forecasting] – 2015 - №1 - P. 119-128. [in Russian]
2. Regiony Rossii. Social'no-jekonomicheskie pokazateli. Rosstat Regioni Rossii [Regions of Russia. Socio-economic indicators. Federal State Statistics Service] / 2015. - P.1266. [in Russian]
3. Regiony Rossii. Social'no-jekonomicheskie pokazateli. Rosstat Regioni Rossii [Regions of Russia. Socio-economic indicators. Federal State Statistics Service] / 2016. - P.1326. [in Russian]
4. Rjazancev S. V. Trudovaja immigracija v Rossiju: starye problemy i novye podhody k regulirovaniju [Labor immigration to Russia: old problems and new approaches to regulation] / S. V. Ryazantsev // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta [Bulletin of St. Petersburg University] – 2013 - Series 5 - Issue 1 - P.3-14. [in Russian]
5. Ryazantsev S. V. Praktika ispol'zovaniya patentov na osushhestvlenie trudovoj dejatel'nosti inostrannymi grazhdanami–trudjashhimisja migrantami v RF [The practice of using patents to carry out labor activity by foreign citizens -migrant workers in the Russian Federation] / S. V. Ryazantsev and etc. // Mezhdunarodnaja organizacija po migracii [International Organization for Migration] – 2012 – P.94. [in Russian]
6. Trud i zanjatost' v Rossii [Labor and employment in Russia] / Federal State Statistics Service // - M.: 2013 – P.661. [in Russian]
7. Materialy Respublikanskogo Agentstva zanjatosti. Rabotodateljam, privlekajushhim IRS [Materials of the Republican Employment Agency. Employers attracting foreign labor] [Electronic resource] - URL: <http://www.burzan.govrb.ru>. (accessed 15.10.16). [in Russian]
8. Analiticheskij doklad ob itogah dejatel'nosti za 2014 g. Upravlenie Federal'noj migracionnoj sluzhby po Respublike Burjatija [Analytical report on the results of activities for 2014. Federal Migration Service for the Republic of Buryatia]. – 2014 - P.25. [in Russian]
9. Migracija naselenija Respubliki Burjatija [Migration of the population of the Republic of Buryatia] – Ulan-Udje: Burjatstat, 2015. – P.50 [in Russian]
10. Materialy Ministerstva jekonomiki RB ob inostrannoju rabochej sile [Materials of the Ministry of Economy of the Republic of Buryatia on foreign labor] [Electronic resource] - URL: <http://www.economy.govrb.ru> (accessed: 14.11.16) [in Russian]
11. Sjaastad L. The Costs and Returns of Human Migration // The Journal of Political Economy. — Vol. 70, No. 5, Part 2: Investment in Human Beings. — Oct., 1962. — P. 80–93

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ / ECONOMICS****DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.034>****Ильинова С. В.**

ORCID: 0000-0002-5002-2078, Кандидат экономических наук,

Краснодарский торгово-экономический колледж

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА****Аннотация**

*В статье рассмотрены актуальные проблемы экологически безопасной эксплуатации автомобильного транспорта. Представлено понятие экологической безопасности в экономической среде. Приведена комплексная оценка состояния атмосферы города. Подтверждено наличие инновационного развития транспорта. Показано, что имеющийся в настоящее время экономический механизм экологической безопасности автомобильного транспорта региона нуждается в совершенствовании.*

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, автомобильный транспорт, экономический механизм, экономический эффект, инновационное развитие, окружающая среда.

**Ilyinova S.V.**

ORCID: 0000-0002-5002-2078, PhD in Economics,

Krasnodar Trade and Economics College, Krasnodar

**INVESTIGATION OF ECONOMIC MECHANISM OF ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY OF AUTOMOBILE TRANSPORT****Abstract**

*Topical problems of ecologically safe operation of motor transport are considered in the article. The concept of ecological safety in the economic environment is presented. The complex estimation of conditions of a city atmosphere is resulted. The presence of innovative development of transport was confirmed. It is shown that the current economic mechanism for the environmental safety of highway transport in the region is to be improved.*

**Keywords:** ecological safety, automobile transport, economic mechanism, economic effect, innovative development, environment.

**В** настоящее время вопрос обеспечения экологической безопасности во всех отраслях народного хозяйства приобрел особую остроту. В основных тезисах Послания Президента РФ Федеральному Собранию 2018 сказано, что экологические требования ужесточаются. С 2019 года 300 промышленных предприятий переходят на новые экологичные технологии, а с 2021 года на экологичные технологии должны перейти все предприятия страны, наносящие особый урон окружающей среде [9, С. 35].

В городах на состояние атмосферного воздуха и окружающей среды огромное влияние оказывает автомобильный транспорт, который, в свою очередь, является составной частью экологических систем.

При широком росте численности населения в городах и, как следствие, возрастании числа личных автомобилей, а так же общественного транспорта, автотранспорт стал одним из самых неблагоприятных экологических факторов для городской среды и здоровья населения [6, С. 217].

В связи с этим актуальной проблемой на сегодняшний день, является разработка и внедрение мероприятий для улучшения окружающей среды город и повышения экологически безопасной эксплуатации автомобильного транспорта.

Повышение качества и определение основных экономических методов создания механизма, который способен обеспечить экологически безопасную эксплуатацию автомобильного транспорта является целью исследования является целью данного исследования.

Пристального внимания требуют мероприятия, которые могут быть направлены на повышение экономической эффективности снижения негативного влияния транспортной системы.

В современных реалиях особое внимание уделяется инновационному развитию транспорта. Инновация, ориентируемая на экономическую выгоду способна принести дополнительный доход, как стране в целом, так и регионам в частности.

Фундаментом экономического воздействия на инновационную деятельность должен стать принцип поощрения применения мер для экологической устойчивости. На данный период однозначных вариантов экономического воздействия для сохранения безопасной окружающей среды не существуют. Сочетание подобных механизмов неизбежны, так как большое значение имеют конкретные технологии, виды деятельности и виды производств [3, С. 304].

Динамику развития территории России во многом определяют такие показатели как: инфраструктура, особенности климата, качество природных ресурсов, качество, а так же количество земельных ресурсов, трудовые фонды, соседние регионы. Формирование экономического рычага воздействия на использование природных ресурсов в регионе зависит от выбранной цели развития данного региона.

Природопользование носит общий, и одновременно с этим региональный характер. Хозяйственная деятельность и нанесенный ее ущерб проявляются на территории конкретного региона. В связи с чем, для формирования механизма экономического развития необходимо районирование [4, С. 158].

Подобная модель развития, учитывающая экологические и другие специфические признаки региона способна обеспечить относительное равновесие между экологией и экономикой, устойчивое эколого-экономическое, а так же социальное развитие.

Одной из приоритетных задач обеспечения стабильного развития территорий страны является создание механизма, который сможет обеспечить экологическую безопасность. Сохранение природных ресурсов от истощения,

значительное сокращение опасных выбросов в окружающую природную среду является конечной целью функционирования такого механизма [4, С. 207].

Обозначение ведущих показателей, являющихся важными для сохранения устойчивости окружающей среды и оценка состояния загрязнения дают возможность разработать комплексный план защиты. Основой для такого плана должны послужить предполагаемые обоснованные расходы, которые должны быть увязаны с годовыми бюджетами на различных уровнях (местном, районном, национальном).

Для воплощения и обеспечения совместного развития общества и природы, предполагающего полное удовлетворение потребностей человека, необходимо проведение ресурсосберегающих и природоохранных мероприятий, обеспечивающих сохранение здоровья людей, поддержание комфорта их жизни [8, С. 415].

Экологическая безопасность – совокупность свойств, состояний, процессов и действий различных объектов, прямо или косвенно не приводящих к материальным ущербам (или угрозам таких ущербов) экономической среде и отдельным людям [2, С. 25].

Для природных систем несут особую эколого-экономическую опасность загрязнение атмосферного воздуха, порождаемое человеком и его последствия. Для того, что бы оценить состояние экологической системы города необходимы исследования, которые могут определить динамику и характер промышленных выбросов и выбросов от автомобильного транспорта в атмосферу, уровень загрязнения во времени и устойчивость атмосферы (рисунок 1).

Для концентрации разного рода загрязнителей, а так же их сочетаний выявлены конкретные нормативные значения, при которых экологические системы имеют возможность сохранить свои свойства, и так называемое экологическое равновесие не нарушается.

В последние время очевидным потребителем трудовых ресурсов является стремительная автомобилизация регионов страны. В связи с этим для оценки эффективности функционирования транспортной системы будет иметь значение снижение ее трудоемкости [6, С. 41].



Рис. 1 – Система комплексной оценки состояния атмосферного воздуха городов

Для определения того как функционирует и развивается экономический механизм, призванный обеспечить экологическую безопасность при эксплуатации автомобильного транспорта необходимо рассматривать в динамике причинно-следственные связи.

Данный метод позволяет оценить текущее эколого-социально-экономическое положение, но так же и его развитие в будущем.

В этой связи реализация прогнозирования основных показателей исследуемых фактов, а так же дальнейший анализ полученных вариантов причинно-следственных связей необходим в условиях стремительно прогрессирующих процессов в экономике. Схема подобного исследования, показана на рисунке 2.

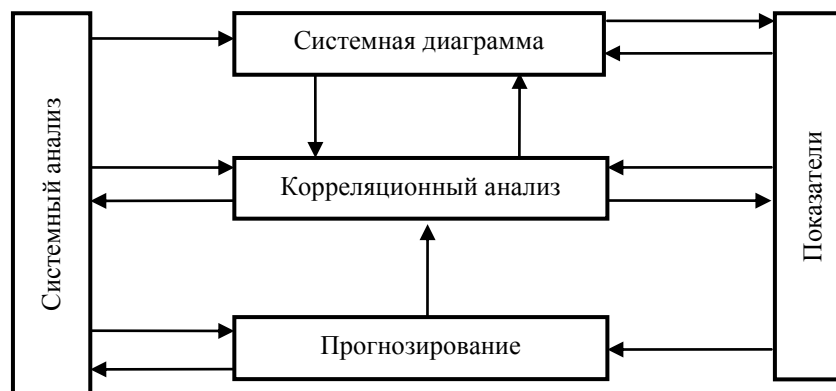


Рис. 2 – Обобщенный алгоритм системного исследования механизма управления обеспечения экологической безопасности

Главные направления совершенствования автомобильных энергоустановок в настоящее время определяются двумя важнейшими социально-экономическими проблемами:

- рациональным использованием топлива нефтяного происхождения, в том числе заменой его альтернативными энергоносителями;
- снижением вредного воздействия автотранспорта на окружающую среду.

Требования международных сообществ по вопросам ограничения выбросов отработанных веществ, приносящих вред здоровью граждан и окружающей среде от автомобилей и экономного потребления энергетических ресурсов обуславливают появление современных разработок новых энергетических установок, работающих на новых, экологически чистых видах топлива.

Для экономического роста России, а так же отдельных районов страны необходимо развитие автотранспортной системы, которая могла бы отвечать современным требованиям экологии, что способно повысить конкурентоспособность отечественной экономики в мире. Улучшение технического состояния автомобилей городской экосистемы может послужить одним из решающих факторов сохранения и приумножения положительной экологической ситуации в городах. Для этого в современном обществе необходимо внедрение рыночных механизмов, которые способны ускорить внедрение инновационных технических решений, обеспечивающих экологическую безопасность и экономичность использования автотранспорта.

Применяемому в настоящий момент экономическому механизму для экологически безопасного использования автомобилей в регионах необходимо более глубокое изучение. Формирование и развитие данного механизма можно осуществлять на «системном архетипе» функционирования социальных, экологических, а так же экономических систем.

Очевидным является то, что мониторинг и анализ широкого числа показателей может послужить урегулированием оптимального использования природных ресурсов и обеспечением экологически безопасной эксплуатации автомобильного транспорта. Для организации желаемой инфраструктуры и применения экономического механизма, который способен обеспечить осуществление современных технико-технологических решений разумным и экономически выгодным является использование альтернативных видом моторного топлива.

#### Список литературы / References

1. Аксютин О. Е. Экологическая безопасность строительства и эксплуатации подземных хранилищ газонефтепродуктов в отложениях каменной соли / О. Е. Аксютин, В. А. Казарян, А. Г. Ишков и др. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2010. — 420 с.
2. Астахов А. С. Экологическая безопасность и эффективность природопользования / А. С. Астахов, Е. Я. Диколенько, В. А. Харченко. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2009. — 323 с.
3. Бадагуев Б. Т. Экологическая безопасность предприятия: Приказы, акты, инструкции, журналы, положения, планы / Б. Т. Бадагуев — М.: Альфа-Пресс, 2012. — 568 с.
4. Буркинский Б. В. Экономико-экологическая безопасность морехозяйственной деятельности / Б. В. Буркинский. — Рн-Д: Феникс, 2008. — 648 с.
5. Графкина М. В. Экология и экологическая безопасность автомобиля: учебник / М. В. Графкина, В. А. Михайлов, К.С. Иванов. — М.: Форум, 2015. — 320 с.
6. Калыгин В. Г. Экологическая безопасность в техносфере. Термины и определения / В. Г. Калыгин. — М.: КолосС, 2014. — 368 с.
7. Калыгин В. Н. Безопасность жизнедеятельности. Промышленная и экологическая безопасность в техногенных чрезвычайных ситуациях / В. Н. Калыгин, В. А. Бондарь, Р. Я. Дедеян. — М.: КолосС, 2008. — 520 с.
8. Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации: (о положении в стране и основных направлениях внутр. и внеш. политики государства). — М.: [б. и.], 2018. — 46 с.
9. Саркисов О. Р. Экологическая безопасность и эколого-правовые проблемы в области загрязнения окружающей среды: Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Юриспруденция» / О. Р. Саркисов. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. — 231 с.
10. Саркисов О. Р. Экологическая безопасность и эколого-правовые проблемы в области загрязнения окружающей среды. Учебное пособие. Гриф УМЦ «Профессиональный учебник». Гриф НИИ образования и науки. / О.Р. Саркисов, Е.Л. Любарский, С.Я. Каз. — М.: ЮНИТИ, 2013. — 231 с.

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

1. Aksyutin O. E. Ekologicheskaya bezopasnost' stroitel'stva i ekspluatatsii podzemnykh khranilishch gazonefteproduktov v otlozheniyakh kamennoy soli [Ecological safety of construction and operation of underground storages of gas and oil products in deposits of rock salt] / O.E. Aksyutin, V.A. Kazaryan, A.G. Ishkov and others — Vologda: Infra-Inzheneriya, 2010. — 420 p. [in Russian]
2. Astakhov A. S. Ampere-second. Ekologicheskaya bezopasnost' i effektivnost' prirodopol'zovaniya [Ecological safety and efficiency of environmental management] / A. S. Astakhov, E. Ya. Dikolenko, V. A. Harchenko. — Vologda: Infra-Inzheneriya, 2009. — 323 p. [in Russian]
3. Badaguyev B.T. Ekologicheskaya bezopasnost' predpriyatiya: Prikazy, akty, instruktsii, zhurnaly, polozheniya, plany [Ecological safety of the enterprise: Orders, acts, instructions, magazines, provisions, plans] / B.T. Badaguyev — M.: Alpha Press, 2012. — 568 p. [in Russian]
4. Burkinsky B.V. Ekonomiko-ekologicheskaya bezopasnost' morekhozyaystvennoy deyatel'nosti [Economical and ecological safety of morekhozyaystvenny activity] / B.V. Burkinsky — Rn-D: Phoenix, 2008. — 648 p. [in Russian]
5. Grafkina M.V. Ekologiya i ekologicheskaya bezopasnost' avtomobilya: uchebnik [Ekologiya and ecological safety of the car: textbook] / M.V. Grafkina, V.A. Mikhaylov, K.S. Ivanov. — M.: Forum, 2015. — 320 p. [in Russian]
6. Kalygin V.G. Ekologiya i ekologicheskaya bezopasnost' avtomobilya: uchebnik [Ecological safety in a technosphere.] Terms and definitions / V.G. Kalygin. — M.: Colossus, 2014. — 368 p. [in Russian]
7. Kalygin V.N. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. Promyshlennaya i ekologicheskaya bezopasnost' v tekhnogennykh chrezvychaynykh situatsiyakh [Health and safety. Industrial and ecological safety in technogenic emergency situations] / V.N. Kalygin, V.A. Bondar, R.Ya. Dedeyan. — M.: Colossus, 2008. — 520 p. [in Russian]
8. Poslanie Prezidenta Rossiyskoy Federatsii Federal'nomu Sobraniyu Rossiyskoy Federatsii: (o polozhenii v strane i osnovnykh napravleniyakh vnutr. i vnesh. politiki gosudarstva) [Address by the President of the Russian Federation to the Federal Assembly of the Russian Federation]: (on the situation in the country and the main directions of the interior. and outside. state policy.) - M.: [b. I.], 2018. - 46 p.
9. Sarkisov O.R. Ekologicheskaya bezopasnost' i ekologo-pravovye problemy v oblasti zagryazneniya okruzhayushchey sredy: Uchebnoe posobie dlya studentov vuzov, obuchayushchikhsya po spetsial'nosti «Yurisprudentsiya». [Ecological safety and ekologo-legal problems in the field of environmental pollution: The manual for students of higher education institutions, students in "Law"] / O.R. Sarkisov. — M.: UNITY-DANA, 2013. — 231 p. [in Russian]
10. Sarkisov O.R. Ekologicheskaya bezopasnost' i ekologo-pravovye problemy v oblasti zagryazneniya okruzhayushchey sredy [Ecological safety and ekologo-legal problems in the field of environmental pollution]. Manual. Signature stamp of UMTs "Professional Textbook". Signature stamp of scientific research institute of science and education. / O.R. Sarkisov, E.L. Lyubarsky, S.Ya. Kaz. — M.: UNITY, 2013. — 231 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.035>

Немченко А.В.

ORCID: 0000-0001-7168-2465, Кандидат экономических наук,

Волгоградский государственный аграрный университет

**МОДЕРНИЗАЦИЯ КАК ЗАЛОГ РОСТА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА****Аннотация**

*В статье обоснована необходимость ускоренного развития сельскохозяйственного производства как одной из ключевых составляющих национальной экономики. Проведен анализ поступления и выбытия, а также сравнение обеспеченности основными видами сельскохозяйственной техники с европейскими странами. Проведенный анализ установил низкий уровень технической оснащенности сельского хозяйства и необходимость модернизации материально-технической базы. Определены внешние и внутренние факторы, сдерживающие модернизационные процессы, представлены приоритетных направлений развития и обновления материально-технической базы российского сельского хозяйства.*

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, модернизация, конкурентоспособность, технико-технологическая база, обеспеченность сельскохозяйственной техникой.

Nemchenko A.V.

ORCID: 0000-0001-7168-2465, PhD in Economics,

Volograd State Agrarian University

**MODERNIZATION AS KEY TO COMPETITIVENESS GROWTH OF AGRICULTURAL PRODUCTION****Abstract**

*The article substantiates the necessity of accelerated development of agricultural production as one of the key components of the national economy. The analysis of income and outcome, as well as the comparison of the basic types of agricultural equipment with the European countries, was carried out. The conducted analysis revealed the low level of technical equipment in agriculture and the need to modernize the material and technical basis. The external and internal factors restraining modernization processes, the priority directions of development and updating of the material and technical basis of the Russian agriculture are presented.*

**Keywords:** agriculture, modernization, competitiveness, technical and technological basis, provision of agricultural machinery.

Современная экономическая ситуация, спровоцированная санкционной борьбой, во главу угла ставит необходимость развития национального производства. В силу того что сельское хозяйство представляет собой источник потребления продукции из восьмидесяти отраслей промышленности и обеспечивает сырьем и продукцией еще шестьдесят отраслей промышленности, имеет смысл сконцентрировать большее внимание на создании конкурентоспособного производства сельскохозяйственной продукции, как основу развития всей экономики страны [1]. А, следовательно, именно формирование конкурентных преимуществ у сельскохозяйственных товаропроизводителей способно укрепить их положение на внешних и внутренних рынках, усилить самообеспеченность страны основными продуктами питания.

Решение проблемы конкурентоспособности, а также необходимости обеспечения условий продовольственной безопасности страны скрыто в создании необходимой (инновационно ориентированной) технико-технологической базы [2], которая будет служить фундаментом для производства сельскохозяйственной продукции [3] с меньшими издержками и более высокого качества. Техничко-технологическая база сельского хозяйства, представляющая собой инновационную основу аграрного производства, является ключевой социально ориентированной производственной системой, которая определяет и регулирует количество, объемы и экономические характеристики производимой сельскохозяйственной продукции. В тоже время модернизация технической составляющей сельского хозяйства должна включить в себя не только обновление и воспроизводство технической базы, но и внедрение новаторских, ресурсосберегающих технологий на основе современной техники и оборудования. В то же время модернизация производства сдерживается как внешними, объективными, факторами, среди которых наиболее значимым является ограниченность доступа к финансовым источникам на внешних рынках, а также и внутренними. Среди обстоятельств, вызванных недостатками существующей экономической модели развития страны, особое место занимает оторванность производственного процесса от научных разработок [4]. Так, в сельском хозяйстве России применяется около 4% всех научных разработок, однако в других, развитых странах, эти значения достигают 50%. Сейчас по оценкам специалистов современные (отвечающие требованиям инновационности) технологии и технику имеют примерно 1,5% крупных аграрных предприятий и менее чем 0,5% фермерских хозяйств. Практическая отдача исследований российских специалистов крайне низка – до 60% ежегодных разработок остаются невостребованными. Отсутствует эффективное взаимодействие между сельскохозяйственными товаропроизводителями и наукой, что приводит к росту зависимости от поставок иностранных сортов семян и племенного скота [5]. В тоже время для выполнения комплекса агротехнологических мероприятий в установленные сроки и с минимальными потерями сельскохозяйственные товаропроизводители должны быть обеспечены необходимым количеством сельскохозяйственной техники и оборудования, обладающими современными техническими характеристиками. По оценкам многих ученых этот технико-технологический фактор производства формирует до 30% урожая. В свою очередь, начиная с 1992 года количество тракторов, без учета тракторов, на которых смонтированы землеройные, мелиоративные и другие машины, неуклонно снижается. Так в 1992 г. насчитывалось 1290,7 тыс. ед. тракторов, а уже в 2016 г. их число снизилось почти в 5,8 раза (до 223,4 тыс. ед.). Еще более худшая ситуация прослеживается с зерноуборочными и кормоуборочными комбайнами численность которых уменьшилась за последние 25 лет в 6,3 и 9,1



раза соответственно. Параллельно с этим тенденция устаревания и выхода из строя техники сохраняется [6], [7]. За 2010-2016 гг. количество тракторов уменьшалось ежегодно в среднем на 11 тыс. ед., зерноуборочных комбайнов - на 1,5 тыс. ед., кормоуборочных комбайнов - на 0,7 тыс. ед. Обеспеченность основными видами техники в России значительно ниже, чем в других странах, что увеличивает нагрузку на 1 трактор или 1 комбайн, приводит к повышенному износу, потерям урожая. Так в странах ЕС обеспеченность тракторами на 1000 га пашни достигает 85 ед., а зерноуборочных комбайнов 11,5 ед. на 1000 га посевов, в Белоруссии эти показатели достигают значений 9,3 и 5,0 ед. соответственно. В России же обеспеченность тракторами и зерноуборочными комбайнами находится на более низком уровне – более чем в 2 раза меньше чем в Белоруссии.

Конечно, сокращение числа техники в некоторой степени восполняется появлением в хозяйствах агрегатов, имеющих более совершенные технические характеристики, обладающие более высокой производительностью и мощностью. Однако по оценкам некоторых ученых-экономистов чтобы остановить выбытие основных видов сельскохозяйственной техники при 10% списании, необходимо ежегодно приобретать минимум 47,0 тыс. ед. тракторов, 13,0 тыс. ед. зерно - и 2,0 тыс. ед. кормоуборочных комбайнов.

Уровень обеспеченности и темпы обновления парка сельскохозяйственной техники относится к числу индикативных показателей, характеризующих мероприятия поддержки сельского хозяйства со стороны государства [8]. При этом технико-технологическая модернизация агропроизводства не является системой ограничивающейся только сельским хозяйством. То есть, если государственные вложения в сельскохозяйственное машиностроение, другие отрасли АПК, а также аграрную науку невелики, не следует рассчитывать на инновационный прорыв и доведение эффективности агропромышленного производства до необходимого уровня. Тем не менее, не смотря на столь сложную и многогранную зависимость многих сфер деятельности друг от друга, ключевым фактором роста эффективности сельскохозяйственного производства все же является модернизация парка техники [9] в рамках процесса воспроизводства технической базы. Таким образом, приобретенная техника не должна просто заменять старую, а должна поднимать технический потенциал, понижать ресурсоёмкость производства. В условиях внешнеэкономического давления модернизация становится ключевым фактором роста конкурентоспособности сельского хозяйства.

Среди приоритетов развития и обновления материально-технической базы российского сельского хозяйства необходимо отметить:

- разработку высокопроизводительной техники, которая бы учитывала возможность применения зонально-адаптивных ресурсосберегающих технологий посева, возделывания и уборки сельскохозяйственных культур;
- создание технологий и методов нанесения упрочняющих и восстановительных наноструктурированных покрытий на детали сельскохозяйственной техники, обеспечивающие повышение их износостойкости в несколько раз;
- повышение качества и количества подготавливаемых инженерно-технических кадров для агропроизводства;
- снижение зависимости российского рынка сельскохозяйственной техники от иностранных производителей [10].

Обновление технико-технологической составляющей сельскохозяйственного развития лишь часть модернизационного процесса. Изменение технологии производства и технической оснащенности не снимает экономических и экологических кризисов, сопровождающих процесс развития отрасли, что требует дальнейшего исследования теоретических подходов к модернизации экономики. В этой связи для развития технической базы российского сельского хозяйства необходимо искать пути повышения конкурентоспособности отраслей за счет внутренних резервов отраслей, развития кадрового потенциала и инфраструктуры.

#### Список литературы / References

1. Немченко А. В. Формирование конкурентных преимуществ в агробизнесе / А. В. Немченко, О. Л. Шепитько // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 3-1 (31). – С. 230-235.
2. Серебрякова М. Ф. Конкурентоспособность как фактор нивелирования рисков неопределенности в сельском хозяйстве / М. Ф. Серебрякова, О. М. Земскова // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 4-1 (81-1). – С. 853-856.
3. Попова Л. В. Воспроизводство машинно-тракторного парка в сельском хозяйстве Волгоградской области: проблемы и тенденции / Л. В. Попова, А. Г. Досова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 3 (47). – С. 274-281.
4. Попова Л. В. Государственное регулирование в организационно-экономическом механизме сельского хозяйства / Л. В. Попова, Д. А. Коробейников, О. М. Коробейникова, Д. Н. Телитченко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 4 (44). – С. 292-299.
5. Толпаров Э. Б. Проблемы технической модернизации сельского хозяйства / Э. Б. Толпаров // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2016. – № 22 (27). – С. 73-77.
6. Шепитько Р. С. Диверсификация как фактор экономической устойчивости агропредприятий в условиях неопределенности / Р. С. Шепитько, М. Ф. Серебрякова // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 11. – С. 96-100.
7. Шепитько Р. С. Многофакторный вектор развития сельского хозяйства региона / Р. С. Шепитько, Т. А. Дугина, А. В. Немченко, Е. А. Лихолетов // Экономика региона. – 2015. – № 4 (44). – С. 275-288.
8. Шепитько Р. С. Мониторинг развития государственной поддержки сельского хозяйства: методический инструмент / Р. С. Шепитько, Т. А. Дугина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 3 (39). – С. 221-225.
9. Nemchenko A. V. Conditions for developing sustainable growth of region's agricultural industry / A. V. Nemchenko, T. A. Dugina, E. A. Likholetov, A. V. Malofeev, A. A. Likholetov // International Journal of Economics and Financial Issues. – 2016. – Т. 6. № S2. – С. 207-211.
10. Кашинская Е. Н. Внешнеэкономическая деятельность как фактор устойчивого развития АПК региона / Е. Н. Кашинская, А. В. Немченко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2 (34). – С. 225-229.



## Список литературы на английском языке / References in English

1. Nemchenko A. V. Formirovanie konkurentnyh preimushhestv v agrobiznese [Formation of competitive advantages in agribusiness] / A. V. Nemchenko, O. L. Shepit'ko // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie [News of the Nizhnevolzhsk Agro-University Complex: Science and Higher Vocational Education]. - 2013. - № 3-1 (31). - P. 230-235. [in Russian]
2. Serebrjakova M. F. Konkurentosposobnost' kak faktor nivelirovaniya riskov neopredelennosti v sel'skom hozjajstve [Competitiveness as a factor of leveling the risks of uncertainty in agriculture] / M. F. Serebrjakova, O. M. Zemskova // Jekonomika i predprinimatel'stvo [Economics and Entrepreneurship]. - 2017. - №. 4-1 (81-1). - P. 853-856. [in Russian]
3. Popova L. V. Vosproizvodstvo mashinno-traktornogo parka v sel'skom hozjajstve Volgogradskoj oblasti: problemy i tendencii [Reproduction of the machine-tractor park in the agricultural sector of the Volgograd Region: problems and trends] / L. V. Popova, A. G. Dosova // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie [News of the Nizhnevolzhsk Agro-University Complex: Science and Higher Vocational Education]. - 2017. - № 3 (47). - P. 274-281. [in Russian]
4. Popova L. V. Gosudarstvennoe regulirovanie v organizacionno-jekonomicheskom mehanizme sel'skogo hozjajstva [State regulation in the organizational and economic mechanism of agriculture] / L. V. Popova, D. A. Korobejnikov, O. M. Korobejnikova, D. N. Telitchenko // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie [News of the Nizhnevolzhsk Agro-University Complex: Science and Higher Vocational Education]. - 2016. - № 4 (44). - P. 292-299. [in Russian]
5. Tolparov Je. B. Problemy tehnicheckoj modernizacii sel'skogo hozjajstva [Problems of technical modernization of agriculture] / Je. B. Tolparov // Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaochnogo universiteta [Bulletin of the Russian State Agrarian Correspondence University]. - 2016. - № 22 (27). - P. 73-77. [in Russian]
6. Shepit'ko R. S. Diversifikacija kak faktor jekonomicheskoj ustojchivosti agropredpriyatij v uslovijah neopredelennosti [Diversification as a Factor of Economic Stability of Agribusinesses in Conditions of Uncertainty] / R. S. Shepit'ko, M. F. Serebrjakova // Agrarnyj nauchnyj zhurnal [Agrarian Scientific Journal]. - 2016. - № 11. - P. 96-100. [in Russian]
7. Shepit'ko R. S. Mnogofaktornyj vektor razvitija sel'skogo hozjajstva regiona [Multifactorial vector of agricultural development of the region] / R. S. Shepit'ko, T. A. Dugina, A. V. Nemchenko, E. A. Liholetov // Jekonomika regiona [Economy of the region]. - 2015. - № 4 (44). - P. 275-288. [in Russian]
8. Shepit'ko R. S. Monitoring razvitija gosudarstvennoj podderzhki sel'skogo hozjajstva: metodicheskij instrumentarij [Monitoring the development of state support for agriculture: methodological tools] / R. S. Shepit'ko, T. A. Dugina // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie [News of the Nizhnevolzhsk Agro-University Complex: Science and Higher Vocational Education]. - 2015. - № 3 (39). - P. 221-225. [in Russian]
9. Nemchenko A. V. Conditions for developing sustainable growth of region's agricultural industry / A. V. Nemchenko, T. A. Dugina, E. A. Liholetov, A. V. Malofeev, A. A. Liholetov // International Journal of Economics and Financial Issues. - 2016. - T. 6. № S2. - C. 207-211.
10. Kashinskaja E. N. Vneshnejekonomicheskaja dejatel'nost' kak faktor ustojchivogo razvitija APK regiona [Foreign economic activity as a factor of sustainable development of the agro-industrial complex of the region] / E. N. Kashinskaja, A. V. Nemchenko // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie [News of the Nizhnevolzhsk Agro-University Complex: Science and Higher Vocational Education]. - 2014. - № 2 (34). - P. 225-229. [in Russian]

**ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY****DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.004>****Коломиец В.Л.**

Кандидат геолого-минералогических наук,

Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ,

Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ МЕЖГОРНЫХ  
ВПАДИН ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ****Аннотация**

*Террасовый комплекс реки Селенга и ее крупных притоков в межгорных впадинах Западного Забайкалья сложен осадочными толщами разной мощности преимущественно песчаного состава и аквального генезиса. Результаты исследований гранулометрического состава отложений показали высокую степень их пригодности в качестве строительных материалов для изготовления силикатной продукции автоклавного твердения, достигая по отдельным котловинам абсолютных значений. Добыча может вестись круглогодично механизированным карьерным способом, что всецело удовлетворит запросы стройиндустрии данного региона. Хорошая транспортная инфраструктура – наличие разветвленной сети автомобильных и железных дорог – позволит осуществлять вывоз сырья за его пределы. Представленные материалы могут быть использованы на стадиях поисковых и разведочных работ на силикатные пески. Основой для написания данной публикации явились оригинальные материалы автора, полученные непосредственно в ходе полевых геологических работ.*

**Ключевые слова:** осадочные толщи, террасовый комплекс, силикатные пески, Западное Забайкалье.

**Kolomiets V.L.**

PhD in Geology and Mineralogy,

Geological Institute of SB RAS, Ulan-Ude,

Buryat State University, Ulan-Ude

**GEOLOGICAL STRUCTURE AND PRACTICAL SIGNIFICANCE OF SEDIMENTATION MASSES OF  
INTERMOUNTAIN AREAS OF WESTERN TRANSBAIKAL****Abstract**

*The terraced complex of the Selenga River and its large tributaries in the intermountain areas of Western Transbaikal is composed of sedimentation masses of different thicknesses, mainly of sand composition and aquatic genesis. The results of investigations of the granulometric composition of deposits showed a high degree of their suitability as building materials for the production of silicate products of autoclave hardening, reaching absolute values in separate basins. The extraction can be carried out all the year round by a mechanized career method, which will completely satisfy the demands of the construction industry in this region. A good transport infrastructure – the presence of a wide network of roads and railways will allow exporting raw materials outside its borders. The presented materials can be used at the stages of prospecting and exploration for silicate sands. The basis for this was the author's original material obtained directly in the course of geological fieldwork.*

**Keywords:** sedimentary strata, terrace complex, silicate sands, Western Transbaikal.

**Р**ельеф Западного Забайкалья состоит из линейно-вытянутых низко- и среднегорных хребтов и межгорных впадин. Горные хребты имеют пологие склоны, абсолютные высоты 800-1500 м, их протяженность до сотен километров при ширине в 20-80 км [3, С. 47]. Межгорные котловины вытянуты параллельно горным возвышениям, имеют существенную ширину днищ (высоты 600-900 м) и заполнены четвертичными полигенетическими осадочными толщами.

Пригодность осадков для изготовления силикатных изделий автоклавного твердения устанавливается ОСТом 21-1-80, по которому пригодные для выработки силикатной продукции песчаные образования, на поисковой стадии работ должны соответствовать установленным критериям (в %): 1) фракция 10-5 мм – 10; 2) фракция <0,14 мм ( $A_0$ ) – 70; 3) фракция <0,05 (алевритово-глинистые частицы) – 20; 4) модуль крупности – не нормируется [10]. При гранулометрическом анализе осадочных толщ межгорных впадин был получен ряд характеристик, как по площади распространения полезной залежи, так и по отдельным разрезам, главной из которых является процент пригодности проб (ППП) к общему числу анализируемых проб. Данное обстоятельство позволило в конечном итоге дать общую оценку отложений днищ межгорных котловин, пригодных для производства силикатной продукции автоклавного твердения.

Усть-Джидинская впадина расположена в низовьях р. Джиды. К ней также относится Дырестуйско-Убур-Дзакоейское структурное понижение на правом берегу р. Селенга [9, С. 127]. В устье р. Джиды, на ее правобережье, распространены надпойменные террасы высотой 18-20 и 10-12 м (разрезы Дырестуй-1 и 2 соответственно). Разрез Дырестуй-1 выполнен песками мелко-среднезернистой структуры, генезис – аллювиально-озерный с преобладанием речных образований (рис.). Разрез Дырестуй-2 вскрывает с примесью средне-крупнозернистых частиц и редкого гравия тонко-мелкозернистые пески аллювиального и озерно-речного происхождения. По правобережью Селенги распространен высокий террасовый относительно высоты до 60-65 м (разрезы Хоронхой, Усть-Кяхта, Дэбэн), который сложен озерно-аллювиальными алевритами и песками с добавлением речных и склоновых осадков.

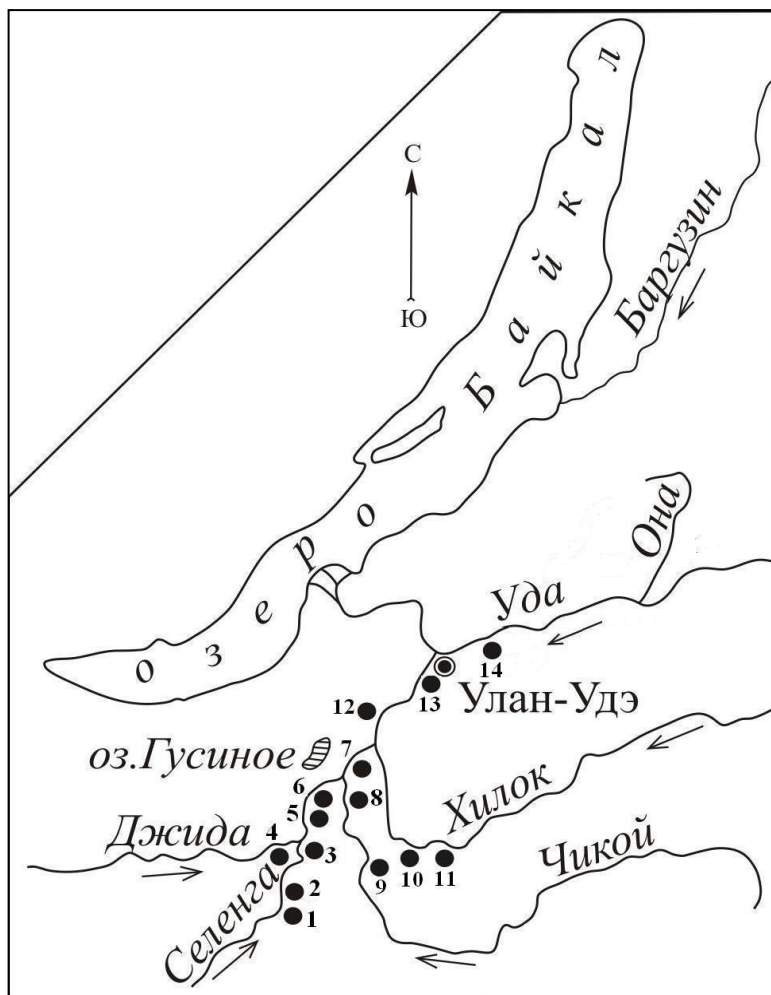


Рис. 1 – Схема расположения геологических разрезов неоплейстоценового возраста в межгорных впадинах Западного Забайкалья, местоположение геологических разрезов:

1 – Хоронхой, 2 – Усть-Кяхта, 3 – Дзбэн, 4 – Дырестуй-1 и 2, 5 – Барун-Хундуй, 6 – Енхор, 7 – Староселенгинск, 8 – Чикой, 9 – Харлун, 10 – Елань-1 и 2, 11 – Шадай, 12 – Оронгой и Гуран, 13 – стратотип кривоярской свиты, 14 – Онохой-1 и 2

Всего по району получено 174 гранулометрических рассевов песчаных отложений, непригодными по причине повышенного содержания псефитовой и алевритово-глинистой составляющей оказалось всего 8 проб, общий ППП – 95,4.

Гусиноозерская впадина обрамлена с севера-запада Хамбинским хр., а с юго-востока – хр. Моностой. В структурном отношении толща 65-метрового террасовала р. Селенга (разрез Енхор) представлена мелко-среднезернистыми песками с алевритово-глинистыми частицами и псефитовыми включениями [6, С. 86]. Литолого-фациальный и палеопотамологический анализы устанавливают речные обстановки осадконакопления (русловые нестречневые и пойменные фации). В устьевой части пади Барун-Хундуй сохранился фрагмент 20-метровой террасы (разрез Барун-Хундуй). Осадки – пески с мелким гравием и прослоями щебнисто-дресвяных отложений. На основании выполненных реконструкций установлен преобладающий аллювиальный генезис осадочной толщи.

Всего изучено 70 проб, общий ППП по впадине – 90 (разрез Енхор – 34 пробы, ППП – 91,2, разрез Барун-Хундуй – 36 проб, ППП – 88,9).

Террасовый комплекс долины р. Чикой состоит из двух среднеоплейстоценовых террасовых уровней – пятого (40-60 м и более, разрез Староселенгинск) и четвертого (25-35 м, разрезы Харлун, Чикой), а также трех позднеоплейстоценовых надпойменных террас (15-20, 10-12 и 5-8 м). Разрез Староселенгинск представлен средне-мелкозернистыми псаммитами с прослоями и линзами крупно- и грубозернистых песков и слабоокатанных обломочных включений. Происхождение толщи – водное, имеет место чередование по вертикали комплексных и речных условий образования осадков. Разрез Харлун сформирован песчаным мелкозернистым и мелко-среднезернистым материалом. Осадкам свойственен лимно-аллювиальный и аллювиальный генезис. Разрез Чикой также сложен преимущественно псаммитами аквального генезиса [5, С. 116].

По всем разрезам получено 140 рассевов, ППП – 97,1, не пригодны 4 пробы из-за превышения псефитового материала.

Хилокская межгорная впадина, дренируемая крупной транзитной рекой – р. Хилок (правый приток р. Селенга), имеет субширотное простирание. Общая протяжённость впадины составляет около 150 км, максимальная ширина достигает 20 км. С севера межгорная депрессия обрамлена Заганским, а с юга – Малханским хребтами. В днище впадины преобладают аллювиальные, пролювиальные и эоловые осадки, образующие террасы и широкие подгорные шлейфы [8, С. 131]. Террасовый комплекс р. Хилок состоит из среднеоплейстоценового эрозионно-аккумулятивного уровня высотой 40-60 м, а также позднеоплейстоценовых аккумулятивных надпойменных террас

(10-12 и 5-8 м). Высокая терраса данной морфоструктуры (разрезы Елань-1 и 2) имеет озерно-аллювиальный генезис, а более низкие аккумулятивные террасы (разрез Шадай) накапливались в речных обстановках аккумуляции.

Изучено 62 гранулометрических расстанов, общий ППП – 100.

Убукуно-Оронгойская впадина окружена с северо-запада хребтами Хамбинским и Хамар-Дабан и с юго-востока – Моностойским хр. Распространенная на правобережье р. Оронгой 20-метровая терраса сложена крупно-средне-мелкозернистыми песками с примесью алевритовых и мелкогравийных частиц (разрез Оронгой). Осадконакопление осуществлялось в мелководном озерном водоеме с глубинами до 4,5 м. Возраст осадков средней части разреза по данным радиотермолюминесцентного датирования –  $38000 \pm 4000$  лет (каргинское время, ГИН СО РАН-128) [7, С. 88]. 15-метровая терраса имеет более сложное строение и представлена тремя толщами: русловыми гравийно-песчаными отложениями, речными тонко- и средне-мелкозернистыми песками, субаэральными алевро-мелкозернистыми песками (разрез Гуран).

Общее количество исследованных проб составило 55, из них не пригодными оказалось 6 проб (ППП 89,1).

Иволгинская впадина. Разрез стратотипа кривоярской свиты (нижний – средний неоплейстоцен) [2, С. 83] высотой до 60 м характеризуется широким спектром осадков – от песчаных алевритов до средне-мелкозернистых песков (9 литологических пачек). Особенность строения разреза – ритмичность его генезиса – смена по вертикали смешанных озерно-речных (1, 3, 5, 7, 9 пачки) и речных (2, 4, 6, 8 пачки) условий формирования осадков. Средой образования лимно-аллювиальных наносов являлась акватория озеровидного водоема со слабыми колебаниями водной среды и придонным течением (озерная макрофагия), материал доставлялся блуждающими речными водотоками (речная макрофагия). Аллювиальные осадки отлагались потоками равнинного типа со стационарными руслами (нестрежневые и пойменные фации).

Гранулометрическому изучению было подвержена 31 проба, ППП – 96,8.

Удинская впадина обрамлена хребтами Улан-Бургасы и Цаган-Дабан. Два уровня надпойменных террас развиты у подножья хр. Цаган-Дабан. IV терраса (28-30 м) сложена псаммитами с примесью гравия (4-5%) (разрез Онохой-1). Палеопотамологические характеристики определяют флювиальное происхождение толщи (русловые нестрежневые фации). Осадки III террасы (17-18 м) в нижней и средней части разреза сложены гравийно-песчаными смесями, верхние горизонты состоят из разнозернистых песков и алевритов (разрез Онохой-2). Аккумуляция толщи осуществлялась мигрирующими водотоками равнинного и полугорного грядового типов (русловые нестрежневые фации). Возраст IV террасы определен как финал среднего, а III – началом позднего неоплейстоцена [1, С. 77-78]. Следовательно, в эту эпоху Удинская котловина была уже суходольной и не подвергалась затоплению водами оз. Байкал, в то время как территории, имеющие более низкий гипсометрический уровень, испытывали ингрессию, обусловленную тийской фазой тектонической активизации [4, С. 14].

По двум разрезам было изучено 19 проб, из них 4 пробы из-за повышенного наполнения гравийно-галечным материалом оказались не пригодными, общий ППП – 79.

Таким образом, осадочные толщи аквального генезиса в днищах межгорных впадин Забайкалья являются неисчерпаемым источником силикатных песков, объемы которых могут составлять по самым скромным подсчетам миллиарды кубических метров. Условия их отработки самые благоприятные, к тому же район обладает хорошей транспортной инфраструктурой и наличием потребителей.

#### Список литературы / References

1. Базаров Д. Б. Четвертичные отложения и основные этапы развития рельефа Селенгинского среднегорья / Д. Б. Базаров // Улан-Удэ: Бурятское книжное издательство, 1968. 166 с.
2. Базаров Д.-Д.Б. Кайнозой Прибайкалья и Западного Забайкалья / Д.-Д.Б. Базаров // Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1986. 184 с.
3. Будаев Р. Ц. Осадочные толщи Гусиноозерско-Удинской ветви межгорных впадин Западного Забайкалья в неоплейстоцене (литология, генезис и палеогеография) / Р. Ц. Будаев, В. Л. Коломиец // Отечественная геология. – 2013. – №3. – С. 47–54.
4. Коломиец В. Л. Седиментогенез плейстоценового аквального комплекса и условия формирования нерудного сырья суходольных впадин Байкальской рифтовой зоны: Автореф. дисс. ...канд. геол.-минер. наук / В. Л. Коломиец // Иркутск, 2010. – 18 с.
5. Коломиец В. Л. Палеогеографическая реконструкция осадконакопления приустьевых песчаных массивов р. Чикой (Юго-Западное Забайкалье) / В. Л. Коломиец, Р. Ц. Будаев // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): материалы совещания. Выпуск 10. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2012. – В 2-х томах. – Т. 1. – С. 116-117.
6. Коломиец В. Л. Литогенетические особенности формирования осадочных толщ террасового комплекса Гусиноозерской впадины (Западное Забайкалье) / В. Л. Коломиец, Р. Ц. Будаев // Известия Алтайского краевого отделения Русского географического общества. Вып. 34. – Барнаул, 2013. – С. 86-89.
7. Коломиец В. Л. Литология, генезис и палеогеография плейстоценового террасового комплекса Убукуно-Оронгойской впадины (Западное Забайкалье) / В. Л. Коломиец, Р. Ц. Будаев // Актуальные проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена: материалы Всероссийской научной конференции «Марковские чтения 2015 года» – Москва: Географический факультет МГУ, 2015. – С. 88-91.
8. Коломиец В. Л. Литогенетические особенности формирования осадочных толщ террасового комплекса Хилокской впадины (Западное Забайкалье) / В. Л. Коломиец, Р. Ц. Будаев // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): материалы совещания. Вып. 15. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2017. – С. 131-132.
9. Коломиец В. Л. Седиментогенез террасового комплекса Нижнедзидинского района (Западное Забайкалье) / В. Л. Коломиец, Р. Ц. Будаев, А. В. Буянов // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного

пояса (от океана к континенту): материалы совещания. Вып. 14. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2016. – С. 127-129.

10. ГОСТ 21-1-80. Песок для производства силикатных изделий автоклавного твердения. – Введ. 1980-07-01. URL: <http://nd.gostinfo.ru/document/3598737.aspx>.

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

1. Bazarov D. B. Chetvertichnye otlozheniya i osnovnye etapy razvitiya reliefa Selenginskogo srednegor'ya [Quaternary sediments and the main stages of relief formation in medium-height Selenga Mountains] / D. B. Bazarov. – Ulan-Ude: Buryatia Publishing House, 1968. – 166 p. [in Russian]

2. Bazarov D.-D.B. Kainozoy Pribaikal'ya i Zapadnogo Zabaikal'ya [Cenozoic of the Prebaikalia and Western Transbaikalia] / D.-D. B. Bazarov. – Novosibirsk: Nauka Publishing, Siberian Branch, 1986. – 184 p. [in Russian]

3. Budaev R. Ts. Osadochnye tolshchi Gusinozersko-Udinskoy vetvi mezhgornnykh vpadin Zapadnogo Zabaikal'ya (litologiya, genezis i paleogeografiya) [Neopleistocene sedimentary strata in the Gusinozersk-Uda branch of intermountain basins, Western Transbaikalia: lithology, genesis and Paleogeography] / Budaev R. Ts., Kolomiets V. L. // Otechestvennaya geologiya [Domestic geology]. – 2013. - № 3. - pp. 47–54 [in Russian]

4. Kolomiets V. L. Sedimentogenes pleistotsenovogo akval'nogo kompleksa i usloviya formirovaniya nerudnogo syr'ya sukhodol'nykh vpadin Baikalskoy riftovoy zony [Sedimentogenesis of Pleistocene aquatic complex and conditions for the formation of non-metallic raw material of the dry bottom depressions of the Baikal rift zone] : abstract of diss. of PhD in geol. And min. / V. L. Kolomiets. – Irkutsk, 2010. – 18 p. [in Russian]

5. Kolomiets V. L. Paleogeograficheskaya rekonstrukcija osadkonakoplenija priust'evogo peschanogo massiva r. Chikoj (Jugo-Zapadnoe Zabajkal'ye) [Paleogeographic reconstruction of sedimentation at the wellhead sand massif of Chikoy River (South-Western Transbaikalia)] / V. L. Kolomiets, R. Ts. Budaev // Geodinamicheskaja evoljucija litosfery Central'no-Aziatskogo podvizhnogo pojasa (ot okeana k kontinentu) [Geodynamic evolution of the lithosphere in the Central Asian mobile belt (from ocean to continent)] : proceedings of the meeting, Issue 10. - Irkutsk: Institute of the Earth's Crust SB RAS, 2012. – in 2 vol. – V. 1. – P. 116-117. [in Russian]

6. Kolomiets V. L. Litogeneticheskie osobennosti formirovaniya osadochnykh tolshch terrasovogo kompleksa Gusinozerskoj vpadiny (Zapadnoe Zabajkal'ye) [Lithogenetic features of the formation of sedimentary strata of the terraced complex in the Gusinozersk depression (Western Transbaikalia)] / V. L. Kolomiets, R. Ts. Budaev // Izvestija Altajskogo kraevogo otdelenija Russkogo geograficheskogo obshchestva [News of the Altai regional branch of the Russian Geographical Society] - Issue 34. – Barnaul, 2013. – S. 86-89. [in Russian]

7. Kolomiets V. L. Litologija, genezis i paleogeografiya plejstocenovogo terrasovogo kompleksa Ubukuno-Orongojskoj vpadiny (Zapadnoe Zabajkal'ye) [Lithology, genesis and paleogeography of the Pleistocene terrace complex in the Ubukun-Orongoy depression (Western Transbaikalia)] / V. L. Kolomiets, R. Ts. Budaev // Aktual'nye problemy paleogeografii i stratigrafii plejstocena: materialy Vserossijskoj nauchnoj konferentsii «Markovskie chtenija 2015 goda» [Actual problems of paleogeography and stratigraphy of the Pleistocene: materials of the All-Russian Scientific Conference “Markov Readings of 2015”. Geographic Faculty of Moscow State University] – Moscow : Geograficheskij fakul'tet MGU, 2015. – P. 88-91. [in Russian]

8. Kolomiets V. L. Litogeneticheskie osobennosti formirovaniya osadochnykh tolshch terrasovogo kompleksa Khilokskoj vpadiny (Zapadnoe Zabajkal'ye) [Lithogenetic features of the formation of sedimentary strata of the terrace complex in the Khilok depression (Western Transbaikalia)] / V.L. Kolomiets, R. Ts. Budaev // Geodinamicheskaja evoljucija litosfery Central'no-Aziatskogo podvizhnogo pojasa (ot okeana k kontinentu) [Geodynamic evolution of the lithosphere in the Central Asian mobile belt (from ocean to continent)] : proceedings of the meeting, Issue 15. - Irkutsk: Institute of the Earth's Crust SB RAS]. – 2017. – P. 131-132. [in Russian]

9. Kolomiets V. L. Sedimentogenez terrasovogo kompleksa Nizhnedzhidinskogo rajona (Zapadnoe Zabajkal'ye) [Sedimentogenesis of the terrace complex in the Nizhnedzhidinsky District (Western Transbaikalia)] / V. L. Kolomiets, R. Ts. Budaev, A. V. Bujanov // Geodinamicheskaja evoljucija litosfery Central'no-Aziatskogo podvizhnogo pojasa (ot okeana k kontinentu) [Geodynamic evolution of the lithosphere in the Central Asian mobile belt (from ocean to continent)]: proceedings of the meeting, Issue 14. - Irkutsk: Institute of the Earth's Crust SB RAS], 2016. – P. 127-129. [in Russian]

10. ГОСТ 21-1-80. Песок для производства силикатных изделий автоклавного твердения [Sand for the production of autoclave hardening silicate products]. – Введ. 1980-07-01. URL: <http://nd.gostinfo.ru/document/3598737.aspx>.

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY****DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.002>****Ильина В.Н.<sup>1</sup>, Митрошенкова А.Е.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-6692-2580, Кандидат биологических наук,  
Самарский государственный социально-педагогический университет;<sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-9683-5827, Кандидат биологических наук,  
Самарский государственный социально-педагогический университет***EPHEDRA DISTACHYA* L. В САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ****Аннотация**

В статье приведены результаты мониторинга природных ценологических популяций редкого в степной зоне растения Эфедры двухколосковой (*Ephedra distachya*) в условиях Самарской области (Россия). Изучена структура популяций и фитоценологическая приуроченность. *Ephedra distachya* входит в состав 6 типов степных сообществ с общей флорой 146 видов сосудистых растений. В изученных ценопопуляциях плотность особей составляет до 6,3 особей на 1 м<sup>2</sup>. Базовый онтогенетический спектр полночленный с преобладанием старых генеративных особей. По критерию «дельта-омега» популяции в основном стареющие, в меньшем количестве относятся к зрелому и переходному типу. Полученные данные свидетельствуют о необходимости дальнейшей охраны вида в Самарской области.

**Ключевые слова:** *Ephedra distachya* L., растительные сообщества, популяция, Самарская область.

**Ильина В.Н.<sup>1</sup>, Mitroshenkova A.E.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-6692-2580, PhD in Biology,  
Samara State University of Social Sciences and Education;<sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-9683-5827, PhD in Biology,  
Samara State University of Social Sciences and Education***EPHEDRA DISTACHYA* L. IN SAMARA REGION****Abstract**

The paper presents the monitoring results of natural cenotic populations of *Ephedra distachya*, rare in the steppe zone of the Samara region (Russia). The structure of populations and phytocenotic association have been studied. *Ephedra distachya* is a part of 6 types of steppe communities with a total flora of 146 species of vascular plants. The density of individuals is up to 6.3 individuals per 1m<sup>2</sup> in the studied cenopopulations. The basic ontogenetic spectrum is polynomial with a predominance of old generative individuals. According to the "delta-omega" criterion, the populations are mostly aging, in a lesser number they refer to the mature and transitional type. The received data testify to the need for further protection of the species in the Samara region.

**Keywords:** *Ephedra distachya* L., plant communities, population, Samara Region.

**Х**войник двухколосковый, или Эфедра двухколосковая, Кузмичёва трава (*Ephedra distachya* L.), принадлежащая к семейству Хвойниковые (*Ephedraceae* Dumort.), порядку Хвойниковые (*Ephedrales*), классу Гнетовые (*Gnetopsida*), отделу Голосеменные (*Pinophyta*), охраняется на региональном уровне в некоторых областях России [2, С. 13-16] и нуждается в особом контроле за состоянием природных популяций. В первое издание Красной книги Самарской области включена со статусом 5/Г – условно редкий вид со стабильной численностью. В регионе вид находится на северной границе ареала, считается плиоценовым горностепным реликтом [2].

*Ephedra distachya* L. представляет собой вечнозеленый кустарничек до 20 см высотой, с длинным мощным каудексным корнем, которому свойственна партикуляция при достижении генеративного периода, и членистыми желтовато-зелеными стеблями, верху часто закрученными и чешуевидными листьями, редуцированными до влагалищ. Растет по щебнистым склонам и на выходах коренных пород татарского яруса пермской системы в степных сообществах, чаще петрофитных вариантах.

Биоэкологические особенности *Ephedra distachya*, на наш взгляд, слабо изучены. В основном различными авторами приводятся сведения по распространению и фитоценологической приуроченности данного представителя, что отражено в ряде публикаций и Красных книгах некоторых регионов. Ругузовой А.И. изучены особенности формирования женских репродуктивных структур *E. distachya* в условиях их естественного произрастания в Крыму [20]. Сведения о структуре природных популяций на протяжении ареала вида минимальны, а по ее динамике и вовсе отсутствует. Фитоценологическая приуроченность в условиях Самарской области до настоящего времени также была изучена недостаточно подробно. В связи с выше сказанным считаем проведенные нами исследования актуальными.

Изучение степных растительных сообществ с участием *Ephedra distachya* в Самарской области началось в рамках научно-исследовательских экспедиций кафедры биологии, экологии и методики обучения естественно-географического факультета СГСПУ в 2000-2010 гг. [12] и было продолжено в летние полевые сезоны 2013-15 гг. Особенности природных популяций, в том числе онтогенетическая, пространственная и виталитетная структура и ее динамика, изучались в 2009-2017 гг. В основном исследованиями была охвачена территория Самарского Высокого Заволжья (бассейн р. Сок).

Целью работы было изучение фитоценологических и популяционных особенностей *Ephedra distachya* в Самарской области. В задачи исследования входило выявление фитоценологической приуроченности и популяционной структуры вида.

Обработка и интерпретация полученных геоботанических материалов проводились с позиций доминантного подхода [1], [17], [18]. Все описания выполнялись в пределах естественных контуров растительных сообществ, проективное покрытие растений оценивалось по шкале обилия Друде. Для каждого описания установлены географические координаты по GPS. Было выполнено 45 геоботанических описаний, в том числе и на территории некоторых ООПТ Самарской области.



Популяционная структура модельного вида изучались с позиций отечественной популяционно-онтогенетической школы. Изучена структура 60 ценологических популяций *Ephedra distachya*.

При определении возрастной (онтогенетической) структуры популяций согласно стандартным критериям [7], [19], [21], [22] учитывались ювенильное (j), имматурное (im), виргинильное (v), молодое генеративное (g<sub>1</sub>), среднее генеративное (g<sub>2</sub>), старое генеративное (g<sub>3</sub>), субсенильное (ss) возрастные состояния. На основании полученных данных построены онтогенетические (возрастные) спектры популяций. Для характеристики онтогенетической структуры ценопопуляций применяли общепринятые демографические показатели: индексы замещения (I<sub>з</sub>), восстановления (I<sub>в</sub>), старения (I<sub>ст</sub>). Для оценки их состояния был применен критерий «дельта-омега» Л.А. Животовского [6], основанный на совместном использовании индексов возрастности (Δ) и эффективности (ω).

По нашим данным, на территории Самарской области *Ephedra distachya* входит в состав 6 типов степных сообществ: тырсово-разнотравное с эфедрой (Herbae stepposae + *Stipa capillata* [+ *Ephedra distachya*]), ковылково-разнотравное с эфедрой (Herbae stepposae + *Stipa lessingiana* [+ *Ephedra distachya*]), красивейшековыльно-разнотравное с эфедрой (Herbae stepposae + *Stipa pulcherrima* [+ *Ephedra distachya*]), типчаково-перистоковыльное с эфедрой (*Stipa pennata* + *Festuca valesiaca* [+ *Ephedra distachya*]), типчаково-грудничье с эфедрой (*Galatella villosa* + *Festuca valesiaca* [+ *Ephedra distachya*]), типчаково-разнотравное с эфедрой (Herbae stepposae + *Festuca valesiaca* [+ *Ephedra distachya*]). Далее мы приводим их эколого-фитоценологическую характеристику.

Всего в составе сообществ с участием *Ephedra distachya* зарегистрировано 146 видов сосудистых растений, из них 37 (25,3%) являются редкими и включены в Красную Книгу Самарской области (Бирюкова и др., 2007): *Atraphaxis frutescens* (L.) K. Koch, *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt, *Stipa korshinskyi* Roshev., *Stipa pulcherrima* K. Koch, *Stipa pennata* L., *Hedysarum grandiflorum* Pall., *Hedysarum razoumowianum* Fisch. & Helm ex DC., *Astragalus helmii* Fisch., *Astragalus macropus* Bunge, *Astragalus sulcatus* L., *Astragalus wolgensis* Bunge, *Astragalus zingeri* Korsh., *Oxytropis floribunda* (Pall.) DC., *Oxytropis spicata* (Pall.) O. Fedtsch. & B. Fedtsch., *Adonis wolgensis* DC., *Adonis vernalis* L., *Allium delicatulum* Siev. ex Schult. & Schult. f., *Alyssum lenense* Adams, *Artemisia salsoloides* Willd., *Aster alpinus* L., *Cephalaria uralensis* (Murray) Schrad. ex Roem. & Schult., *Crambe tataria* Sebeok, *Eremogone koriniaya* (Fisch. ex Fenzl) Ikonn., *Galatella angustissima* (Tausch) Novopokr., *Gentiana cruciate* L., *Goniolimon elatum* (Fisch. ex Spreng.) Boiss., *Globularia punctata* Lapeyr., *Iris pumila* L., *Linum flavum* L., *Nepeta ucranica* L., *Polygala sibirica* L., *Rindera tetraspis* Pall., *Scabiosa isetensis* L., *Silene baschkirorum* Janisch., *Tanacetum uralense* (Krasch.) Tzvelev, *Tulipa biebersteiniana* Schult. & Schult. f., *Jurinea ewersmannii* Bunge.

В данной статье представлены сведения по структуре ценологических популяций (ЦП) эфедры в 5 пунктах Самарской области: 1 – Красноярский район, окрестности с. Большая Раковка, ООПТ «Гора Лысая», ЦП 1-2; 2 – Сергиевский район, окрестности с. Красносельское, Красносельско-Успенские яры, ЦП 3; 3 – Шенталинский район, в окр. с. Крепость Кондурча, ООПТ «Кондурчинская лесостепь», ЦП 4-6; 4 – Иса克林ский район, в окрестностях сельского поселения Большое Микушкино, ООПТ «Иса克林ская нагорная лесостепь», ЦП 7-8; 5 – Елховский район, окр. пос. Зеленогорский, ООПТ «Зелёная гора», ЦП 9-10.

В изученных ЦП плотность особей составляет 1,5-6,3 экземпляров на 1 м<sup>2</sup>, генеративных растений – 1,2-5,7 особей на 1 м<sup>2</sup>. Жизненное состояние особей и популяций в целом оценивается в пределах 2-5 баллов (по 8-балльной шкале). Виталитетный уровень (жизненность) не отличаются высокими значениями вследствие значительных повреждений особей при эксплуатации фитоценозов с их участием (перевыпас крупного рогатого скота, частые степные пожары). Оголение подземных органов при водной и ветровой эрозии склонов также негативно сказывается на состоянии популяций эфедры на территории Самарского Высокого Заволжья.

В таблице 1 приведено соотношение онтогенетических групп особей *Ephedra distachya* для выборки из 10 ЦП (2013-2017 гг. исследования). Средние показатели доли онтогенетических групп особей составляют базовый онтогенетический спектр. В данном случае он характеризуется полнотенностью, правомодальностью в связи с преобладанием старых генеративных особей (35,9%), значительной долей генеративных растений (более 75%). Локальным же популяциям свойственна неполнотенность онтогенетического спектра (при отсутствии проростков, ювенильных, имматурных и иногда сенильных растений), что объясняется их неустойчивым положением в фитоценозах в связи с особенностями онтогенеза и влиянием антропогенных факторов среды.

Таблица 1 – Онтогенетическая структура популяций *Ephedra distachya*

№ п/п	Онтогенетические группы особей, %								
	p	j	im	v	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	g <sub>3</sub>	ss	s
1	0	3,8	4,1	7	11,6	20,7	34,6	11,7	6,5
2	2,4	2,4	3,4	9,8	10,2	20,6	40,4	5,1	5,7
3	0	2,7	2,3	7,3	20,4	22,7	37,8	3,1	3,7
4	0	3,2	4,5	5,6	10,6	16,8	41,3	13,9	4,1
5	2,2	5,1	3,2	2,2	3,8	45,8	29,7	5,1	2,9
6	0	0	1,5	4,5	13,4	36,8	39,8	3,2	0,8
7	0	2,2	7,4	20,7	25,5	17,4	21,5	1,5	3,8
8	0	0	0	9,5	9,5	30,5	36,4	3,4	10,7
9	0	0	6,5	4,4	15,5	26,9	37,1	6,4	3,2
10	0	0	3,4	3,4	10,6	38,4	40,5	3,7	0
Базовый спектр	0,5	1,9	3,6	7,4	13,1	27,7	35,9	5,7	4,2

Примечания: Пункты исследования популяций: 1-2 – ООПТ «Гора Лысая»; 3 – Красносельско-Успенские яры; 4-6 – ООПТ «Кондурчинская лесостепь»; 7-8 – ООПТ «Иса克林ская нагорная лесостепь»; 9-10 – ООПТ «Зелёная гора».

Демографические показатели ЦП представлены в таблице 2. В изученных местообитаниях ЦП *Ephedra distachya* характеризуются средними показателями индекса замещения особей – 0,16; индекса восстановления – 0,18; индекса старения – 0,11; критерия «дельта» (возрастности) – 0,54; критерия «омега» (эффективности) – 0,73. При определении типа популяции по критерию «дельта-омега» Л.А. Животовского [6] выявлено, что ЦП 3, 5, 9 являются зрелыми, с преобладанием генеративных особей (30% от всех ЦП), ЦП 2, 7 – переходными, со значительной долей как молодых, так и старых растений (20% от всех ЦП), ЦП – 1, 4, 6, 8, 10 – стареющими, с весомой долей особей, находящихся на конечных стадиях онтогенеза (50% от всех ЦП).

Таблица 2 – Особенности онтогенетической структуры и типы ценопопуляций *Ephedra distachya*

№ п/п	Демографические характеристики ЦП (%)					Тип ЦП
	I <sub>з</sub>	I <sub>в</sub>	I <sub>ст</sub>	Δ	ω	
1	0,18	0,22	0,22	0,57	0,67	стареющая
2	0,22	0,25	0,12	0,54	0,69	переходная
3	0,14	0,15	0,07	0,52	0,74	зрелая
4	0,15	0,19	0,22	0,59	0,68	стареющая
5	0,15	0,16	0,09	0,53	0,77	зрелая
6	0,06	0,07	0,04	0,55	0,82	стареющая
7	0,43	0,47	0,06	0,39	0,66	переходная
8	0,10	0,12	0,16	0,59	0,74	стареющая
9	0,12	0,14	0,11	0,54	0,75	зрелая
10	0,07	0,08	0,04	0,55	0,82	стареющая
Среднее значение	0,16	0,18	0,11	0,54	0,73	

Таким образом, *Ephedra distachya* L. в Самарской области встречена нами в разнообразных тырсово-разнотравных, ковылково-разнотравных, красивейшековыльно-разнотравных, типчаково-перистоковыльных, типчаково-грудничевых и типчаково-разнотравных сообществах. Это свидетельствует о достаточно высокой лабильности вида в целом.

Однако, проведенные в Самарском Высоком Заволжье исследования ценопопуляций *Ephedra distachya* в большинстве случаев свидетельствуют о неудовлетворительном их состоянии. Антропогенные факторы (прежде всего перевыпас крупного рогатого скота, степные пожары и рекреационное использование), особенности онтогенеза, в большей мере на ранних стадиях развития (низкая семенная продуктивность и малая доля выживших проростков), а также характеристики почвенно-растительного покрова (эрозия склонов и конкурирующее влияние дерновинных злаков) обуславливают сдвиг онтогенетических спектров вправо и низкие демографические показатели (индексы замещения, восстановления).

Большинство ЦП эфедры относятся к стареющему типу, в силу высоких показателей возрастности и эффективности. Популяциям *Ephedra distachya* свойственно длительное накопление взрослых особей, поэтому даже при малой нагрузке на местообитания численность вида в сообществах растет низкими темпами. В целях сохранения вида в регионе требуется соблюдение природоохранного режима памятников природы, поиск новых местообитаний данного представителя, а также дальнейший мониторинг вида в природных условиях.

#### Список литературы / References

- Алехин В. В. Методика полевых ботанических исследований / В. В. Алехин. – М.: Наука, 1987. – 218 с.
- Бирюкова Е. Г. Красная книга Самарской области. Том I. Редкие виды растений и грибов / Е. Г. Бирюкова, Я. А. Богданова, Т. Н. Буркова и др. – Самара, 2017. – 384 с.
- Глотов Н. В. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений / Н. В. Глотов // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Ч. 1. – Йошкар-Ола, 1998. – С. 146-149.
- Головлёв А. А. Хвойник двухколосковый в западной части Сокольных гор и в Сорочинских горах (Самарская область) / А. А. Головлёв // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2015. – Т. 24, № 1. – С. 114-121.
- Головлёв А. А. Хвойник двухколосковый в Сокольных горах / А. А. Головлёв // Экология России: на пути к инновациям. – 2014. – № 10. – С. 99-102.
- Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений / Л. А. Животовский // Экология. – 2001. – № 1. – С. 3-7.
- Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений / Л. А. Жукова. – Йошкар-Ола, 1995. – 224 с.
- Зенкина Т. Е. Особенности структуры ценопопуляций полыни солянковидной (*Artemisia salsoioides* Willd., *Asteraceae*) в Самарской области / Т. Е. Зенкина, В. Н. Ильина // Самарский научный вестник. – 2017. – Т. 6. № 4 (21). – С. 41-47.
- Ильина В. Н. Мониторинг ценопопуляций растений: Учебное пособие / В. Н. Ильина. – Самара: Изд-во СГПУ, 2008. – 92 с.
- Митрошенкова А. Е. Кустарниковые степи Самарского Высокого Заволжья / А. Е. Митрошенкова // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. – 2015. – №1 (13). – С. 52-63.



11. Митрошенкова А. Е. Растительные сообщества с *Globularia punctata* Lapeyr. в Самарской области / А. Е. Митрошенкова // Самарский научный вестник. – 2015. – № 2 (11). – С. 115-120.
12. Митрошенкова А. Е. Ботаническое краеведение Самарской области: актуальные проблемы и перспективы развития / А. Е. Митрошенкова, В. Н. Ильина // Самарский научный вестник. – 2014. – № 2 (7). – С. 71-74.
13. Красная книга Оренбургской области. – Оренбург: Оренбургское кн. изд-во, 1998. – 176 с.
14. Красная книга Республики Татарстан. Животные, растения, грибы. Изд. 2-е. – Казань: Изд-во «Идел-Пресс», 2006. – 832 с.
15. Красная книга Самарской области. Т. 1. Редкие виды растений, лишайников и грибов / под ред. чл.-корр. РАН Г. С. Розенберга и проф. С. В. Саксонова. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2007. – 372 с.
16. Красная книга Саратовской области. Грибы. Лишайники. Растения. Животные. – Саратов: Изд-во ТПП Саратов. обл., 2006. – 528 с.
17. Методы выделения растительных ассоциаций / Под ред. В. Д. Александровой. – Л.: Наука, 1971. – 256 с.
18. Полевая геоботаника. Т. 1. / Под ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагиной. – М.–Л.: Из-во АН СССР, Ленингр. отд. 1959. – 436 с.
19. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах / Т. А. Работнов // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. Вып. 6. – М.–Л., 1950. – С. 77-204.
20. Ругузова А. И. Формирование женских репродуктивных структур у *Ephedra arborea* Lag. и *Ephedra distachya* L. (*Ephedraceae*) в Крыму / А. И. Ругузова // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2008. – № 129. – С. 37-46.
21. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов / А. А. Уранов // Биол. науки. – 1975. – № 2. – С. 7-34.
22. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). – М., 1976. – С. 14-43.

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

1. Alokhin V. V. Metodika polevykh botanicheskikh issledovaniy [Methodology of field botanical research] / V. V. Alokhin. – М.: Nauka, 1987. – 218 p. [in Russian]
2. Biryukova Ye. G. Krasnaya kniga Samarskoy oblasti. Tom I. Redkiye vidy rasteniy i gribov [The Red Book of the Samara Region. Volume I. Rare species of plants and fungi] / Ye. G. Biryukova, Ya. A. Bogdanova, T. N. Burkova and others. – Samara, 2017. – 384 p. [in Russian]
3. Glotov N. V. Ob otsenke parametrov vozrastnoy struktury populyatsiy rasteniy [On the evaluation of the parameters of the age structure of plant populations] / N. V. Glotov // Zhizn' populyatsiy v geterogennoy srede [Life of populations in a heterogeneous environment]. Part 1. – Yoshkar-Ola, 1998. – P. 146-149. [in Russian]
4. Golovlov A. A. Khvoynik dvukholoskovyy v zapadnoy chasti Soko-l'ikh gor i v Sorochinskikh gorakh (Samarskaya oblast') [Two-colony conifers in the western part of Sokoly mountains and in Sorochinsky mountains (Samara region)] / A. A. Golovlov // Samarskaya Luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii [Samara Luke: problems of regional and global ecology]. – 2015. – Vol. 24, No. 1. – P. 114-121. [in Russian]
5. Golovlov A. A. Khvoynik dvukholoskovyy v Sokol'ikh gorakh [The conifers of the two-colony in the Sokolii hills] / A. A. Golovlov // Ekologiya Rossii: na puti k innovatsiyam [Ecology of Russia: Towards Innovation]. – 2014. – No. 10. – P. 99-102. [in Russian]
6. Zhivotovskiy L. A. Ontogeneticheskiye sostoyaniya, effektivnaya plotnost' i klassifikatsiya populyatsiy rasteniy [Ontogenetic states, effective density and classification of plant populations] / L. A. Zhivotovskiy // Ekologiya [Ecology]. – 2001. – No. 1. – P. 3-7. [in Russian]
7. Zhukova L. A. Populyatsionnaya zhizn' lugovykh rasteniy [Population life of meadow plants] / L. A. Zhukova. – Yoshkar-Ola, 1995. – 224 p. [in Russian]
8. Zenkina T. Ye. Osobennosti struktury tsenopopulyatsiy polyni so-lyankovidnoy (*Artemisia salsoloides* Willd., *Asteraceae*) v Samarskoy oblasti [Peculiarities of the structure of cenopopulations of wormwood with co-lancid (*Artemisia salsoloides* Willd., *Asteraceae*) in the Samara Region] / T. Ye. Zenkina, V. N. Il'ina // Samarskiy nauchnyy vestnik [Samara Scientific Bulletin]. – 2017. – Vol. 6, No. 4 (21). – P. 41-47. [in Russian]
9. Il'ina V. N. Monitoring tsenoticheskikh populyatsiy rasteniy [Monitoring of cenotic plant populations]: Uchebnoye posobiye / V. N. Il'ina. – Samara: Izd-vo SGPU, 2008. – 92 p. [in Russian]
10. Mitroshenkova A. Ye. Kustarnikovyye stepi Samarskogo Vysokogo Zavolzh'ya [Shrubby steppes of the Samara High Zavolzhie] / A. Ye. Mitroshenkova // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Elektronnyy nauchnyy zhurnal [Bulletin of the Orenburg State Pedagogical University. Electronic scientific journal]. – 2015. – No.1 (13). – P. 52-63. [in Russian]
11. Mitroshenkova A. Ye. Rastitel'nyye soobshchestva s *Globularia punctata* Lapeyr. v Samarskoy oblasti [Plant communities with *Globularia punctata* Lapeyr. in the Samara Region] / A. Ye. Mitroshenkova // Samarskiy nauchnyy vestnik [Samara Scientific Bulletin]. – 2015. – No. 2 (11). – P. 115-120. [in Russian]
12. Mitroshenkova A. Ye. Botanicheskoye krayevedeniye Samarskoy oblasti: aktual'nyye problemy i perspektivy razvitiya [Botanical local lore of the Samara region: actual problems and development prospects] / A. Ye. Mitroshenkova, V. N. Il'ina // Samarskiy nauchnyy vestnik [Samara Scientific Bulletin]. – 2014. – No. 2 (7). – P. 71-74. [in Russian]
13. Krasnaya kniga Orenburgskoy oblasti [Red book of the Orenburg regioned book of the Orenburg region]. – Orenburg: Orenburgskoye kn. izd-vo, 1998. – 176 p. [in Russian]
14. Krasnaya kniga Respubliki Tatarstan. Zhivotnyye, rasteniya, griby [Red Data Book of the Republic of Tatarstan. Animals, plants, fungi]. 2<sup>nd</sup> edition. – Kazan': «Idel-Press», 2006. – 832 p. [in Russian]
15. Krasnaya kniga Samarskoy oblasti. T. 1. Redkiye vidy rasteniy, lishaynikov i gribov [Red Data Book of the Samara Region. T. 1. Rare species of plants, lichens and fungi] / edited by G.S. Rozenberg, S. V. Saksonov. – Tol'yatti: IEVB RAN, 2007. – 372 p. [in Russian]

16. Krasnaya kniga Saratovskoy oblasti. Griby. Lishayniki. Rasteniya. Zhivotnyye [Red Book of the Saratov Region. Fungi. Lichens. Plants. Animals]. – Saratov: TPP Saratov. obl., 2006. – 528 p. [in Russian]
17. Metody vydeleniya rastitel'nykh assotsiatsiy [Methods for the isolation of plant associations] / edited by V. D. Aleksandrova. – L.: Nauka, 1971. – 256 p. [in Russian]
18. Polevaya geobotanika. T. 1. [Field geobotany. Vol. 1] / edited by Ye. M. Lavrenko, A. A. Korchagina. – M.–L.: AN SSSR, Leningr. otd. 1959. – 436 p. [in Russian]
19. Rabotnov T. A. Zhiznennyi tsikl mnogoletnikh travyanistyykh ras-teniy v lugovykh tsenozakh [Life cycle of perennial herbaceous plants in meadow cenoses] / T. A. Rabotnov // Tr. BIN AN SSSR. Series 3. Geobotanika. [Proceedings of the Botanical Institute of the Academy of Sciences of the USSR. Series 3. Geobotany]. Vol. 6. – M.–L., 1950. – P. 77-204. [in Russian]
20. Ruguzova A. I. Formirovaniye zhenskikh reproduktivnykh struk-tur u Ephedra arborea Lag. i Ephedra distachya L. (Ephedraceae) v Krymu [Formation of female reproductive structures in Ephedra arborea Lag. and Ephedra distachya L. (Ephedraceae) in Crimea] / A. I. Ruguzova // Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada [Collection of scientific works of the State Nikitsky Botanical Garden]. – 2008. – No. 129. – P. 37-46. [in Russian]
21. Uranov A. A. Vozrastnoy spektr fitotsenopopulyatsiy kak funk-tsiya vremeni i energeticheskikh volnovykh protsessov [Age spectrum of phytocenopopulations as a function of time and energy wave processes] / A. A. Uranov // Biol. Nauki [Biol. science]. – 1975. – No. 2. – P. 7-34. [in Russian]
22. Tsenopopulyatsii rasteniy (osnovnyye ponyatiya i struktura) [Cenopopulation of plants (basic concepts and structure)]. – M., 1976. – P. 14-43. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.001>

Петрова Е.С.

ORCID: 0000-0003-0972-8658, Кандидат биологических наук,

ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины», Санкт-Петербург

# ИЗУЧЕНИЕ РЕГЕНЕРАЦИИ ПЕРЕДАВЛЕННОГО СЕДАЛИЩНОГО НЕРВА КРЫСЫ ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ КЛЕТОЧНОЙ ТЕРАПИИ

## Аннотация

Целью настоящего исследования явилось изучение регенерации нервных волокон поврежденного седалищного нерва крысы с помощью иммуногистохимического выявления периферина и оценка пролиферации нейролеммоцитов после повреждения и аллотрансплантации диссоциированных клеток эмбрионального спинного мозга. Показано, что число регенерирующих нервных волокон в поврежденном (наложение лигатуры, 40 с) нервном стволе крысы через 1 мес после субперинеурального введения взвеси нейральных клеток-предшественников возрастает более, чем в 1,5 раза по сравнению с контролем. Установлено, что стимуляция роста регенерирующих нервных волокон коррелирует с увеличением числа пролиферирующих нейролеммоцитов в нерве реципиента.

**Ключевые слова:** регенерация нерва, периферин, пролиферация нейролеммоцитов, нейротрансплантация.

Petrova E.S.

ORCID: 0000-0003-0972-8658, PhD in Biology,

FSBSI "Institute of Experimental Medicine," St. Petersburg

# STUDY ON REGENERATION OF CRUSHED SCIATIC NERVE OF RAT AFTER USE OF EXPERIMENTAL CELL THERAPY

## Abstract

The main goal of this study is to study the regeneration of nerve fibers of the damaged sciatic nerve of the rat using immunohistochemical detection of peripherin and evaluation of proliferation of neurolemmocytes after injury and allotransplantation of dissociated cells of the embryonic spinal cord. It is shown that the number of regenerating nerve fibers in a damaged (ligation, 40 s) nerve trunk of a rat after one month after subperineurial administration of a suspension of neural progenitor cells increases by more than 1.5 times in comparison with the control. It was established that the stimulation of the regenerating nerve fiber growth correlates with the increase in the number of proliferating neurolemmocytes in the recipient's nerve.

**Keywords:** nerve regeneration, peripherin, proliferation of neurolemmocytes, neurotransplantation.

Результаты многочисленных экспериментальных исследований показали, что клеточная терапия с применением различных стволовых клеток и клеток-предшественников может оказывать стимулирующее влияние на восстановление поврежденных периферических нервных проводников. Результаты экспериментальных исследований по этой проблеме обобщены в нескольких обзорах [1, С. 80], [2, С. 525], [3, С. 42], [4, С. 11], [5, С. 92]. Применяя физиологические методы исследования (поведенческие тесты и измерение скорости проводимости аксонов), а также морфометрическую оценку регенерирующих нервных волокон, многими авторами в эксперименте показано, что использование эмбриональных стволовых клеток, мезенхимных стволовых клеток, нейральных стволовых/прогениторных клеток, стволовых клеток волосных фолликулов и др. может ускорять рост регенерирующих волокон поврежденного нерва реципиента. Однако механизм этого влияния изучен недостаточно. Целью настоящего исследования явилось изучение регенерации нервных волокон поврежденного седалищного нерва крысы с помощью иммуногистохимического выявления периферина и оценка пролиферации нейролеммоцитов после повреждения и аллотрансплантации диссоциированных клеток эмбрионального спинного мозга.

### Материал и методы исследования

В настоящем исследовании использованы крысы Вистар массой 200-250 г ( $n=20$ ). При работе с животными руководствовались “Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных” (приложение к приказу МЗ СССР № 755 от 12.08.1977г.). Трансплантацию клеток осуществляли по методике, описанной в предыдущих работах [6, С. 549] [7, С. 30]. Выделяли эмбриональные закладки спинного мозга 15-суточных эмбрионов крыс (E15) в области шейного отдела, диссоциировали с помощью 0,2% химопсина, пипетировали, отмывали средой без химопсина и полученную взвесь клеток вводили в нерв взрослых животных субперинеурально. Перед пересадкой проводили тест на жизнеспособность клеток при помощи 0,2% раствора трипанового синего. Для трансплантации использовали суспензию клеток, если жизнеспособность последних была не менее 85%. Животным контрольной группы вводили 5 мкл среды, не содержащей клетки. Через 1 мес после операции у каждого животного выделяли фрагмент седалищного нерва размером 10 мм в области повреждения и фрагмент дистального конца нерва размером около 3 мм на расстоянии 7 мм от места наложения лигатуры. Осуществляли фиксацию материала в растворе цинк-этанол-формальдегида и после соответствующей обработки материал заливали в парафин. Для выявления регенерирующих нервных волокон использовали кроличьи поликлональные антитела к периферину (Abcam, Великобритания). Для оценки пролиферации нейролеммоцитов применяли мышиные моноклональные антитела к ядерному антигену пролиферирующих клеток PCNA (клон PC10, Dako, Дания). В качестве вторичных реагентов использовали реактивы из наборов Super Sensitive PolymerHRP Detection Kit HRP / Dab (BioGenex, США) и EnVision+System Labbeled Polymer-HRP Anti-Mouse (K4001) (Dako, Дания). При анализе поперечных срезов подсчитывали число периферин-иммунопозитивных волокон на площадь нервного ствола. Подсчет PCNA-содержащих клеток осуществляли на продольных срезах, докрашенных толуидиновым синим, на 1000 нейролеммоцитов, индекс пролиферации выражали в промилле. Различия оценивали по  $t$ - и  $U$ -критериям и считали значимыми при  $p<0,05$ . Количественный анализ проводили на изображениях, полученных с помощью микроскопа Leica DM 750 и цифровой камеры Leica ICC 50 при увеличениях  $\times 100$  и  $\times 1000$ . Для подсчета использовали программу ImageJ (NIH, США).

### Результаты и обсуждение

В настоящей работе в качестве экспериментальной клеточной терапии для поврежденного нерва были применены клетки эмбрионального спинного мозга крысы. В ранее выполненном исследовании [7, С. 30] была дана характеристика клеток полученной после диссоциации эмбрионального спинного мозга E15 взвеси. Она состоит, главным образом, из нейральных клеток-предшественников, маркером которых является белок Musashi1. Ранее было установлено, что пересаженные клетки выживают в течение двух месяцев после операции и дифференцируются в нейроны и глиocyты [7, С. 30]. В настоящем исследовании мы изучали изменение репаративных процессов, происходящих в нерве реципиента после трансплантации полученной взвеси клеток.

С помощью иммуногистохимического выявления периферина было показано, что через 1 мес после операции на поперечных срезах через дистальный сегмент поврежденного нерва обнаруживаются регенерирующие нервные волокна. Иммуногистохимическая реакция на белок промежуточных филаментов - периферин, позволяет выявлять осевые цилиндры нервных волокон, а их миелиновые оболочки при этом не окрашиваются. Известно, что периферин в большом количестве содержится в осевых цилиндрах нервных волокон периферических нервных проводников [8, С. 1124] и может выступать в качестве нейрального маркера для исследования их регенерации [9, С. 789]. Его функция связана со стабилизацией диаметра аксона и обеспечением нормальной скорости проведения нервного импульса. Срок наблюдений (1 мес) был выбран в связи с тем, что дегенеративные и репаративные процессы в периферических нервных проводниках имеют ряд особенностей. Известно, что в ранние сроки после повреждения в дистальном конце нервного ствола происходит валлеровская дегенерация, сопровождающаяся распадом аксонов, процессами демиелинизации и увеличением фагоцитирующих клеток [10, С. 39]. Почти одновременно начинается формирование новых нервных волокон и их рост в дистальном направлении на периферию. Через 1 мес в дистальном сегменте поврежденного нерва практически отсутствуют продукты распада миелина, и анализ регенерирующих волокон легко осуществим.

Морфометрический анализ регенерирующих аксонов через нерв показал, что уже через 1 мес после наложения лигатуры в дистальном сегменте имеются содержащие периферин регенерирующие волокна разного диаметра (рис.1, б). Установлено, что в экспериментальной группе (с применением клеточной терапии) число периферин-содержащих волокон превышает контроль более, чем в 1,5 раза (таблица).

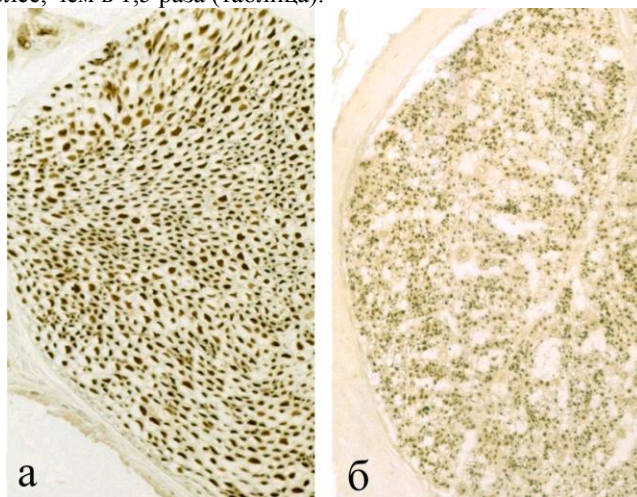


Рис. 1 – Нервные волокна в интактном (а) и поврежденном (б) нерве крысы. Иммуногистохимическая реакция на периферин. Ув.:  $\times 400$

Таблица 1 – Изменение количества регенерирующих нервных волокон в дистальном сегменте нервного ствола седалищного нерва крысы после повреждения

n/p	Эксперимент	Срок наблюдения	Число животных	Число нервных волокон
1	Наложение лигатуры	1 мес	(n=5)	3940,9±158,6
2	Наложение лигатуры и введение нейтральных клеток-предшественников	1 мес	(n=5)	6068,5±250,5*

Примечание: \*  $p < 0,05$ .

Одним из показателей структурно-функционального состояния нерва после повреждения является реакция нейролеммоцитов (шванновских клеток (ШК)). Нейролеммоциты - глиальные элементы периферической нервной системы, выполняющие ряд важнейших функций. Они являются основными миелин-образующими клетками нерва. Известно, что вместе с макрофагами нейролеммоциты принимают участие в уборке продуктов распада миелина после валлеровской дегенерации [10, С. 39]. Они участвуют в процессе ремиелинизации. Кроме того, они вырабатывают трофические и ростовые факторы и белки экстрацеллюлярного матрикса, способствуя регенерации нервных волокон [10, С. 39]. По литературным данным известно, что пролиферативная активность ШК в интактном нерве очень низкая. После травмы нерва она возрастает, достигает пика в первые несколько суток, а в дальнейшем постепенно снижается [11, С. 511], [12, С. 1136]. Количественный анализ PCNA-иммунопозитивных нейролеммоцитов показал, что число пролиферирующих нейролеммоцитов через 30 сут после операции составляет  $6,5 \pm 0,5\%$ . Содержащие PCNA ядра нейролеммоцитов, имеющие коричневый цвет, отчетливо выявляются среди неproлиферирующих клеток, окрашенных толуидиновым синим (рис. 2). Оказалось, что после введения в поврежденный нервный ствол суспензии НСПК число пролиферирующих ШК увеличивается более, чем в полтора раза и составляет  $12,5 \pm 0,7\%$  ( $p < 0,05$ ). Учитывая большую значимость нейролеммоцитов для регенерации нервных волокон, можно заключить, что одним из механизмов благоприятного влияния на рост нервных волокон поврежденного нерва проведенной клеточной терапии является стимуляция пролиферации эндогенных шванновских клеток.

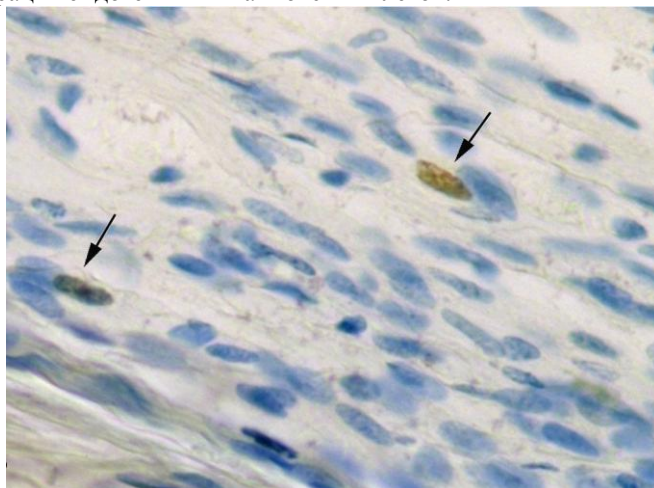


Рис. 2 – Пролиферирующие (стрелки) шванновские клетки в нервном стволе крысы. Иммуногистохимическая реакция на PCNA, докраска толуидиновым синим. Ув.:  $\times 1000$

Полученные в настоящей работе данные о благоприятном влиянии трансплантации нейтральных клеток-предшественников на регенерацию нерва согласуются с результатами исследований, выполненных с применением других методов [13, С. 17] [6, С. 549]. Отмеченный эффект может объясняться тем, что пересеженные клетки способны вырабатывать ряд ростовых и нейротрофических факторов [14, С. 115]. Известно, что эти факторы необходимы для регенерации и роста аксонов [15, С. 1]. Часть из них, как показали результаты данного исследования, могут выступать в качестве митогенов для шванновских клеток.

Таким образом, с помощью иммуногистохимического выявления белка промежуточных филаментов периферина установлено, что число регенерирующих нервных волокон в поврежденном нервном стволе крысы через 1 мес после субпериневрального введения диссоциированных клеток эмбрионального спинного мозга возрастает более, чем в 1,5 раза по сравнению с контролем (введением культуральной среды в том же объеме). Установлено, что стимуляция роста регенерирующих нервных волокон коррелирует с увеличением числа пролиферирующих нейролеммоцитов в нерве реципиента.

Автор выражает глубокую благодарность к.б.н. Е.Н. Исаевой (ФГУП "Гос.НИИ ОЧБ" ФМБА России) за помощь и консультации при осуществлении диссоциации эмбрионального материала.

#### Список литературы / References

1. Walsh S. Use of stem cells to augment nerve injury repair / S.Walsh, R. Midha // Neurosurgery. –2009. – Vol. 65. – A80–86.
2. Петрова Е. С. Применение стволовых клеток для стимуляции регенерации поврежденного нерва / Е. С. Петрова // Цитология. – 2012. – Т. 54. – № 7. – С. 525-540.
3. Петрова Е. С. Восстановление поврежденного нерва с помощью клеточной терапии (фундаментальные аспекты) / Е. С.Петрова // Acta Naturae (русскаяязычная версия). – 2015. – Т. 7. – № 3 (26). – С. 42-53.

4. Fairbairn N. G. Augmenting peripheral nerve regeneration using stem cells: A review of current opinion / N.G. Fairbairn, A. V. Meppelink, J. Ng-Glazier et al. // *World J. Stem. Cells.* – 2015. – Vol. 7. – № 1. – P. 11–26.
5. Щаницын И. Н. Стимуляция регенерации периферического нерва: современное состояние, проблемы и перспективы / И. Н. Щаницын, А. Н. Иванов, С. П. Бажанов и др. // *Успехи физиол. наук.* – 2017. – Т. 48. – № 3. – С. 92–112.
6. Петрова Е. С. Изучение влияния аллотрансплантатов эмбриональных закладок спинного мозга крыс на рост регенерирующих волокон нерва реципиента / Е. С. Петрова, Е. Н. Исаева // *Известия РАН. Сер. биол.* – 2014. – № 6. – С. 549–557.
7. Петрова Е. С. Развитие диссоциированных клеток различных закладок ЦНС крысы в условиях пересадки в поврежденный нерв / Е. С. Петрова, Е. Н. Исаева, Д. Э. Коржевский // *Морфология.* – 2013. – Т. 143. – № 2. – С. 30–34.
8. Portier M. M. Peripherin and neurofilaments: expression and role during neural development / M. M. Portier, M. Ecurat, F. Landon et al. // *C.R.Acad.Sci.III.* – 1993. – Vol. 316. – P. 1124–1140.
9. Петрова Е.С. Изучение регенерации седалищного нерва крысы после наложения лигатуры (иммуногистохимическое исследование) // Материалы XXIII съезда Физиологического общества имени И.П. Павлова. 18–22 сентября 2017 г. Воронеж. / Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко. – Воронеж, 2018. – С. 729–731.
10. Zochodne D. W. Neurobiology of peripheral nerve regeneration. Cambridge university press / D. W. Zochodne. – Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, Sao Paulo: Cambridge University Press, 2008. – 276 p.
11. Kobayashi M. Proliferating immature Schwann cells contribute to nerve regeneration after ischemic peripheral nerve injury / M. Kobayashi, S. Ishibashi, H. Tomimitsu et al. // *J. Neuropathol. Exp. Neurol.* – 2012. – Vol. 71. – № 6. – P. 511–519.
12. Stewart H.J. Changes in DNA synthesis rate in the Schwann cell lineage in vivo are correlated with the precursor Schwann cell transition and myelination / H.J. Stewart, L. Morgan, K.R. Jessen et al. // *Eur. J. Neurosci.* – 1993. – V. 5. – № 9. – P.1136–1144.
13. Murakami T. Transplanted neuronal progenitor cells in a peripheral nerve gap promote nerve repair / T. Murakami, Y. Fujimoto, Y. Yasunaga et al. // *Brain Res.* – 2003. – Vol. 973. – P. 17–24.
14. Lu P. Neural stem cells constitutively secrete neurotrophic factors and promote extensive host axonal growth after spinal cord injury / P. Lu, L. L. Jones, E. Y. Snyder and others // *Exp. Neurol.* – 2003. – Vol.181. – P. 115–129.
15. Terenghi G. Peripheral nerve regeneration and neurotrophic factors / G.Terenghi // *J. Anat.* – 1999. – Vol. 194. – P. 1–14.

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

1. Walsh S. Use of stem cells to augment nerve injury repair / S. Walsh, R. Midha // *Neurosurgery.* -2009. - Vol. 65.-A80–86.
2. Petrova E. S. Primeniye stvolovykh kletok dlya stimulyatsii regeneratsii povrezhdennogo nerva [Use of Stem Cells to Stimulate Regeneration of Damaged Nerve] / E. S. Petrova // *Cytology.* – 2012. – V. 54. – No. 7. – P.525–540. [In Russian]
3. Petrova E. S. Vosstanovleniye povrezhdennogo nerva s pomoshch'yu kletochnoy terapii (fundamental'nyye aspekty) [Restoration of Damaged Nerve with Help of Cellular Therapy (Fundamental Aspects)] / E. S. Petrova // *Acta Naturae (Russian version).* – 2015. – V. 7. – No. 3 (26). – P. 42–53. [In Russian]
4. Fairbairn N. G. Augmenting peripheral nerve regeneration using stem cells: A review of current opinion / N. G. Fairbairn, A. V. Meppelink, J. Ng-Glazier et al. // *World J. Stem. Cells.* - 2015. - Vol. 7. - No. 1. - P. 11–26.
5. Shchanitsyn I. N. Stimulyatsiya regeneratsii perifericheskogo nerva: sovremennoye sostoyaniye, problemy i perspektivy [Stimulation of Peripheral Nerve Regeneration: Current Status, Problems and Perspectives] / I. N. Shchanitsyn, A. N. Ivanov, S.P. Bazhanov and others // *Uspekhi fiziol. sciences.* – 2017. – Т. 48. – No. 3. – P. 92–112. [In Russian]
6. Petrova E. S. A study of the effect of allografts of embryonic rat spinal cord inserts on the growth of regenerating nerve fibers of the recipient / E. S. Petrova, E. N. Isaeva // *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Ser. Biol.* - 2014. - No. 6. - P. 549–557.
7. Petrova E.S. Razvitiye dissotsirovannykh kletok razlichnykh zakladok TSNS krysy v usloviyakh peresadki v povrezhdennyi nerv [Development of Dissociated Cells of Various Rat CNS Inserts under Conditions of Transplantation into Damaged Nerve] / E.S. Petrova, E.N. Isaeva, D.E. Korzhevsky // *Morphology.* – 2013. – Т. 143. – No. 2. – P. 30–34. [In Russian]
8. Portier M. M. Peripherin and neurofilaments: expression and role during neural development / M. M. Portier, M. Ecurat, F. Landon et al. // *C.R.Acad.Sci.III.* - 1993. - Vol. 316.-P. 1124–1140.
9. Petrova E. S. Izucheniye regeneratsii sedalishchnogo nerva krysy posle nalozheniya ligatury (immunogistokhimicheskoye issledovaniye) [Study of Regeneration of Sciatic Nerve of Rats after Ligation (Immunohistochemical Examination)] // Materials of the XXIII Congress of the Physiological Society named after I.P. Pavlov. September 18–22, 2017 Voronezh. Voronezh State Medical University. N.N. Burdenko. – Voronezh, 2018. - P. 729–731. [In Russian]
10. Zochodne D. W. Neurobiology of peripheral nerve regeneration. Cambridge university press / D. W. Zochodne. - Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, Sao Paulo: Cambridge University Press, 2008. - 276 p.
11. Kobayashi M. Proliferating immature Schwann cells to nerve injury / M. Kobayashi, S. Ishibashi, H. Tomimitsu et al. *J. Neuropathol. Exp. Neurol.* - 2012. - Vol. 71. - No. 6. - P. 511–519.
12. Stewart H. J. Changes in DNA synthesis rate in the Schwann cell lineage in vivo are correlated with the precursor. Schwann cell transition and myelination / H. J. Stewart, L. Morgan, K. R. Jessen et al. // *Eur. J. Neurosci.* - 1993. - V. 5. - No. 9. - P.1136–1144.
13. Murakami T. Transplanted neuronal progenitor cells in a peripheral nerve gap promote nerve repair / T. Murakami, Y. Fujimoto, Y. Yasunaga et al. // *Brain Res.* - 2003. - Vol. 973. - P. 17–24.
14. Lu P. Neural stem cells constitutively secrete neurotrophic factors and promote extensive host axonal growth after spinal cord injury / P. Lu, L. L. Jones, E. Y. Snyder and others // *Exp. Neurol.* - 2003. - Vol.181. - P. 115–129.
15. Terenghi G. Peripheral nerve regeneration and neurotrophic factors / G. Terenghi // *J. Anat.* - 1999. - Vol. 194. - P. 1–14.



DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.003>Реут А.А.<sup>1</sup>, Денисова С.Г.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-4809-6449, Кандидат биологических наук,<sup>2</sup>Кандидат биологических наук,<sup>1,2</sup>Южно-Уральский ботанический сад-институт - обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИТОХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ХРИЗАНТЕМЫ****Аннотация**

Приведены результаты фитохимических исследований различных видов сырья (цветки, листья, стебли, корни) некоторых таксонов рода хризантема: двух видов - *Chrysanthemum coronarium*, *Ch. segetum* и четырех сортов *Ch. × hortorum* Bailey - "Кунава", "Дочь Розетты", "Оранжевый Закат", "Вечерние Огни". В качестве объекта сравнения использовали *Tanacetum vulgare* L. Определены количественные характеристики аминокислот, макро- и микроэлементов. Выявлена высокая способность листьев накапливать элементы, такие как натрий (0,30-0,41%), кальция (1,24-2,13 %), марганец (317,76-651,83 мг/кг), йод (0,18-0,32 мг/кг), цинк (80,55-115,44 мг/кг), а также аминокислоты (8,97-15,38 мг%). В корнях максимально содержится фосфор (0,18-0,92%), медь (4,61-20,18 мг/кг) и железо (507,48-1234,71 мг/кг); в стеблях – калий (0,80-1,63 %). Варьирование изученных показателей отражает разную биологическую ценность объектов исследования. Проведенные анализы элементного и аминокислотного состава различных видов сырья некоторых таксонов хризантем показали, что изученные культивары являются перспективными источниками аминокислот, макро- и микроэлементов. В качестве альтернативных источников биологически активных веществ для дальнейшего исследования предложены *Ch. coronarium*, *Ch. segetum*, *Ch. × hortorum* Bailey "Оранжевый закат" и "Вечерние огни".

**Ключевые слова:** *Chrysanthemum* L., *Tanacetum vulgare*, аминокислоты, макро- и микроэлементы.Reut A.A.<sup>1</sup>, Denisova S.G.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-4809-6449, PhD in Biology,<sup>2</sup>PhD in Biology,<sup>1,2</sup>South Ural Botanical Garden-Institute, stand-alone structural unit of the Federal State Budget Scientific Institution of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa**STUDY OF PHYTOCHEMICAL RAW MATERIALS OF SOME SPECIES OF CHRYSANTHEMUM****Abstract**

The results of phytochemical studies of various types of raw materials (flowers, leaves, stems, roots) of some taxons of *Chrysanthemum* genus: two species – *Chrysanthemum coronarium*, *Ch. segetum* and four varieties *Ch. × hortorum* Bailey - "Kupava", "Rosetta's Daughter", "Orange Sunset", "Evening Lights". *Tanacetum vulgare* L were used as an object of comparison. Quantitative characteristics of amino acids, macro- and microelements were determined. The high ability of leaves to accumulate such elements as sodium (0.30-0.41%), calcium (1.24-2.13%), manganese (317.76-651.83 mg/kg), iodine (0, 18-0.32 mg/kg), zinc (80.55-115.44 mg/kg), as well as amino acids (8.97-15.38 mg%). Roots contain the maximum number of phosphorus (0.18-0.92%), copper (4.61-20.18 mg/kg) and iron (507.48-1234.71 mg/kg); stems contained potassium (0.80-1.63%). Variation of the studied indicators reflects the different biological value of the objects of research. The analysis of elemental and amino acid composition of various types of raw materials of some chrysanthemum taxons showed that the studied cultivars are promising sources of amino acids, macro- and microelements. *Ch. coronarium*, *Ch. segetum*, *Ch. × hortorum* Bailey "Orange sunset" and "Evening lights" are alternative sources of biologically active substances.

**Keywords:** *Chrysanthemum* L., *Tanacetum vulgare*, amino acids, macro- and microelements.

**Р**од хризантема (*Chrysanthemum* L.) относится к трибе Антемидеевых семейства Астровые. Известно, что основной запасной углевод у представителей данного семейства – инулин (а не крахмал, как у большинства двудольных). К трибе Антемидеевых относятся около 90 родов и 1400 видов растений. Из них большинство произрастает в Южной Африке и в Средиземноморье. Широко распространены Антемидеевые, также в Евразии (где часто доминируют на огромных площадях). К ним относятся всем известные в декоративном садоводстве и разводимые в открытом грунте хризантемы, дико произрастающие в северной Африке и Европе [1, С. 27].

Хризантему увенчанную (*Chrysanthemum coronarium* (L.) Cass. ex Spach) или съедобную уже многие годы, а по некоторым данным тысячелетия, выращивают в ряде стран, особенно в Японии и Китае в качестве овощного растения [2, С. 101]. Ценятся они за высокое содержание в надземной массе целого ряда биологически активных веществ: витаминов, в частности, С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, бета-каротина, органических соединений, макро- и микроэлементов, в т.ч. йода и селена [3, С. 46]. Считается, что регулярное употребление листьев хризантемы увенчанной в пищу повышает иммунитет организма и является важным профилактическим средством против целого ряда заболеваний, в т.ч. онкологических [4, С. 124]. С лечебной целью заготавливают траву, цветки, корни. Настой, отвар надземной части растения применяют как противоопухолевое средство, отвар корней – как слабительное. Настой цветков пьют при желтухе, гонорее. Исследования по антиоксидантной активности показали, что экстракт из листьев хризантемы съедобной близок к экстракту женьшеня [5, С. 34].

Целью наших исследований было сравнительное фитохимическое изучение состава некоторых представителей рода *Chrysanthemum* L. и близкородственного фармакопейного вида *Tanacetum vulgare* L. (sin. *Chrysanthemum vulgare* (L.) Bernh.).

*Tanacetum vulgare* (пижма обыкновенная) – многолетнее травянистое растение. Препараты на основе пижмы нашли применение в современной медицине. Она включена в фармакопеи России, Бельгии, Финляндии, а также Португалии как

антигельминтное средство. В официальной медицине используют цветки пижмы (*Flores Tanacetii*), собранные в начале цветения и высушенные отдельные цветочные корзинки или щитки с цветоносом длиной не более 4 см [6, С. 245].

В связи с вышесказанным в задачи наших исследований входило сравнительное изучение элементного и аминокислотного состава различных видов сырья в зависимости от видовых и сортовых особенностей интродуцентов. В ранее опубликованных работах [7, С. 116] уже сообщалось о некоторых результатах изучения химического состава сырья *Chrysanthemum coronarium* L. В настоящей статье приводится полный анализ итогов фитохимических исследований сырья шести таксонов хризантемы.

Для фитохимического исследования были взяты цветки, листья, стебли и корни двух видов *Chrysanthemum coronarium* (L.) Cass. ex Spach, *Chrysanthemum segetum* (L.) Foug. и четырех сортов *Chrysanthemum* × *hortorum* Bailey ("Купава", "Дочь Розетты", "Оранжевый Закат", "Вечерние Огни"). Эти таксоны были выбраны в результате проведенных интродукционных исследований (2000-2017 годы) на базе Южно-Уральского ботанического сада-института – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра РАН (далее ЮУБСИ УФИЦ РАН), на основе которых выявлено, что они хорошо переносят условия Башкирского Предуралья.

Для сравнения использовали пижму обыкновенную (*Tanacetum vulgare* L. семейство *Asteraceae* Dumort.) как близкородственный фармакопейный вид.

Для проведения анализа с 10 растений каждого сорта и вида в фазе цветения брали цветки, листья и стебли. Корни выкапывали в конце сентября-начале октября (до первых заморозков). Для количественного анализа цветки, стебли, листья и корни высушивали до воздушно-сухого состояния, затем измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий 1 мм [8, С. 214; 9, С. 201].

Определение аминокислот в исследуемых образцах проводили на аминокислотном анализаторе ААА-339 (ЧССР) в стандартных условиях, используемых для разделения белковых гидролизатов. Элементный состав определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе Hitachi-508 (Япония), используя в качестве сравнения стандартные образцы металлов.

Статистическую обработку данных проводили в соответствии с требованиями «Государственной фармакопеи...», с использованием критерия Стьюдента, с вычислением граничных значений доверительного интервала среднего результата и определением средней арифметической ошибки при различных значениях «n» [10, С. 215].

Известно, что 31 соединение является незаменимыми компонентами пищи человека, из них двенадцать витаминов, восемь аминокислот, одиннадцать минеральных элементов [11, С. 56]. Минеральные вещества, попадая в организм человека, выполняют функцию регуляторов основных процессов жизнедеятельности, стимулируют и нормализуют обмен веществ.

Методика, использованная для изучения элементного состава, позволила определить количественное содержание четырех макроэлементов: К, Na, Са, Р и пяти микроэлементов: Zn, Fe, Cu, Mn, J. Сравнительное изучение элементного состава сырья хризантем позволило выявить следующее: максимальное содержание натрия, кальция, марганца и йода отмечено в листьях изученных таксонов. А у *Ch. coronarium* еще фосфора и меди. Самое высокое содержание кальция и натрия (соответственно в 1,1 и 1,4 раза выше, чем у *T. vulgare*) отмечено у *Ch. × hortorum* "Оранжевый закат". У *Ch. segetum*, *Ch. × hortorum* "Купава", *Ch. × hortorum* "Дочь Розетты", *Ch. × hortorum* "Оранжевый закат", *Ch. × hortorum* "Вечерние огни" зафиксировано и более высокое (в 1,1-1,4 раза) содержание цинка по сравнению с контрольным образцом.

Также, в результате сравнительного биохимического исследования сырья было отмечено, что в листьях *Ch. coronarium*, *Ch. segetum*, *Ch. × hortorum* "Оранжевый закат" и *Ch. × hortorum* "Вечерние огни" содержание марганца и йода в 1,3-1,4 раза выше, чем в листьях *T. vulgare*, а в сырье *Ch. × hortorum* "Купава" и *Ch. × hortorum* "Дочь Розетты" содержание этих микроэлементов было ниже (в 1,3-1,5 раза), чем в контрольном образце.

В корнях исследуемых таксонов, за исключением *Ch. coronarium*, обнаружено более высокое содержание фосфора и меди, чем в других видах сырья. Содержание фосфора было в 1,2-5,1 раза выше, чем в контрольном образце. По количественному содержанию меди в корнях, исследуемые образцы в порядке убывания расположились следующим образом: *Ch. × hortorum* "Оранжевый закат" > *Ch. × hortorum* "Вечерние огни" > *T. vulgare* > *Ch. segetum* > *Ch. × hortorum* "Дочь Розетты" > *Ch. × hortorum* "Купава". В результате исследования также отмечено, что в корнях *Ch. segetum*, *Ch. × hortorum* "Купава", *Ch. × hortorum* "Дочь Розетты", *Ch. × hortorum* "Оранжевый закат", *Ch. × hortorum* "Вечерние огни" более высокое содержание железа (в 1,6-4,8 раза), чем в корнях *T. vulgare*.

Показано, что в стеблях накапливается большее количество калия. По содержанию данного элемента лидирующее положение занимает *Ch. coronarium*. В других образцах содержание этого элемента ниже, чем в контрольном образце в 1,2-1,7 раза.

Выявлено, что в цветках *T. vulgare*, которые и используются в официальной медицине, более высокое содержание цинка и железа по сравнению с другими образцами. Исключение составили цветки *Ch. coronarium*, у которых количество цинка в 1,2 раза выше, чем в контрольном образце.

Таким образом, в результате фитохимического исследования установлено, что у большинства исследуемых объектов в листьях наблюдалось более высокое содержание натрия, кальция, марганца, йода и цинка; в корнях – фосфора, меди и железа; в стеблях – калия. Кроме того, сравнительное изучение элементного состава разных видов сырья показало, что большинство исследуемых образцов превосходят или равны по количественному содержанию *T. vulgare*. Полученные данные позволяют рекомендовать *Ch. coronarium*, *Ch. segetum*, *Ch. × hortorum* "Оранжевый закат" и *Ch. × hortorum* "Вечерние огни" для дальнейшего углубленного изучения.

В результате биохимического исследования сырья хризантем выявлено наличие 14 аминокислот (лизин, метионин, цистеин, гистидин, аргинин, треонин, серин, пролин, глицин, валин, изолейцин, лейцин, тирозин, фенилаланин), 9 из которых являются незаменимыми. Максимальное накопление аминокислот наблюдается в листьях. По суммарному содержанию аминокислот объекты исследования расположились в порядке убывания следующим образом: *Ch. ×*

*hortorum* "Оранжевый закат" > *Ch. × hortorum* "Вечерние огни" > *Ch. coronarium* > , *Ch. segetum* > *T. vulgare* > *Ch. × hortorum* "Дочь Розетты" > *Ch. × hortorum* "Купава". Сумма незаменимых аминокислот составляет 2,93-8,65 мг/%, сумма всех аминокислот 8,97-15,38 мг/%, что отражает биологическую ценность объектов исследования.

Таким образом, анализ элементного и аминокислотного состава различных видов сырья некоторых представителей рода *Chrysanthemum* L. выявил наличие девяти элементов и 14 аминокислот, девять из которых являются незаменимыми. Показано, что у большинства исследуемых объектов в листьях наблюдалось более высокое содержание натрия, кальция, марганца, йода, цинка и аминокислот; в корнях - фосфора, меди и железа; в стеблях - калия. Полученные данные позволяют рекомендовать *Ch. coronarium*, *Ch. segetum*, *Ch. × hortorum* "Оранжевый закат" и *Ch. × hortorum* "Вечерние огни" для дальнейшего углубленного изучения в качестве альтернативного сырья, богатого макро- и микроэлементами, аминокислотами.

#### Список литературы / References

1. Адрианов В. Н. Съедобные хризантемы, их пищевые, целебные достоинства и особенности размножения / В. Н. Адрианов, А. В. Андреева // Материалы IX международного симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». – М: РУДН, 2011. – Т. I. – С. 26-31.
2. Стрелец В. Д. Зеленная продуктивность хризантемы увенчанной (*Chrysanthemum coronarium*) в зависимости от способов выращивания / В. Д. Стрелец, М. И. Кулешова // Известия ТСХА. – 2010. – Вып. 4. – С. 100-103.
3. Кононков П. Ф. Хризантема съедобная – ценная овощная культура / П. Ф. Кононков, В. К. Гинс, Г. Б. Демьянинова // Сборник материалов Международной научно-производственной конференции «Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений». – Пенза, 2000. – Т. 2. – С. 45-52.
4. Кононков П. Ф. Интродукция зеленых культур (на примере хризантемы съедобной *Chrysanthemum coronarium* L.) в Нечерноземную зону России / П. Ф. Кононков, В. К. Гинс, Г. Б. Демьянинова-Рой, М. Е. Тришин, А. Б. Конобеева // Сборник научных трудов «Нетрадиционные ресурсы, инновационные технологии и продукты». – М., 2004. – Вып. 11. – Ч. 1. – С. 121-135.
5. Пятина И. С. Хризантема увенчанная: биологические особенности и химический состав / И. С. Пятина // Материалы II Международная научная конференция «Лекарственные растения: фундаментальные и прикладные проблемы». – Новосибирск, 2015. – С. 33-36.
6. Черкас В. В. Сравнительное изучение химического состава спиртового извлечения пижмы обыкновенной и пижмы бальзамической / В. В. Черкас, А. В. Стреляева, Р. М. Кузнецов // Сборник трудов V научно-практической конференции «Современные аспекты использования растительного сырья и сырья природного происхождения». – М., 2017. – С. 244-247.
7. Пятина И. С. Биологические особенности некоторых представителей рода *Chrysanthemum* L. при интродукции в Башкирское Предуралье / И. С. Пятина, Л. Н. Миронова // Сборник научных трудов третьей научно-практической конференции с международным участием «Молодые ученые и фармация XXI века». – М., 2015. – С. 114-118.
8. Денисова С. Г. Особенности накопления биологически активных веществ в корнеклубнях георгин / С. Г. Денисова, К. А. Пупыкина, Л. Н. Миронова, Р. Р. Файзуллина // Традиционная медицина. – 2012. – № 5. – С. 213-215.
9. Реут А. А. Исследование элементного и аминокислотного состава растительного сырья некоторых представителей рода *Paonia* L. / А. А. Реут, Л. Н. Миронова // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2013. – Т. 48. – С. 200-203.
10. Государственная фармакопея Российской Федерации. 12-е изд. / под ред. Н.В. Юргель. – М.: Научный центр экспертизы средств медицинского применения, 2008. – 704 с.
11. Петрушевский В. В. БАВ пищевых продуктов: справочник / В. В. Петрушевский, В. Г. Гладких, Е. В. Винокурова. – Киев, 1992. – 192 с.

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

1. Adrianov V. N. Syedobnyye khrizantemy, ikh pishchevyye, tselebnyye dostoinstva i osobennosti razmnzheniya [Edible chrysanthemums, their nutritional, medicinal virtues and peculiarities of reproduction] / V. N. Adrianov, A. V. Andreyeva // Materialy IX mezhdunarodnogo simpoziuma «Novyye i netraditsionnyye rasteniya i perspektivy ikh ispolzovaniya» [Materials of the IX International Symposium «New and non-traditional plants and prospects for their use»]. – М: RUDN, 2011. – Т. I. – P. 26-31. [in Russian]
2. Strelets V. D. Zelennaya produktivnost khrizantemy uvenchannoy (*Chrysanthemum coronarium*) v zavisimosti ot sposobov vyrashchivaniya [Green productivity of the *Chrysanthemum coronarium*, depending on the cultivation methods] / V. D. Strelets, M. I. Kuleshova // Izvestiya TSKhA [Proceedings of the TSAA]. – 2010. – Vyp. 4. – P. 100-103. [in Russian]
3. Kononkov P. F. Khrizantema syedobnaya – tsennaya ovoshchnaya kultura [Chrysanthemum edible - a valuable vegetable culture] / P. F. Kononkov, V. K. Gins, G. B. Demianinova // Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii «Introduktsiya netraditsionnykh i redkikh selskokhozyaystvennykh rasteniy» [Collection of materials of the International Scientific and Production Conference «Introduction of Unconventional and Rare Agricultural Plants»]. – Penza, 2000. – Т. 2. – P. 45-52. [in Russian]
4. Kononkov P. F. Introduktsiya zelenykh kultur (na primere khrizantemy syedobnoy *Chrysanthemum coronarium* L.) v Nechoernozemnyuyu zonu Rossii [The introduction of green crops (on the example of *Chrysanthemum coronarium* L.) into the Non-Black Earth Zone of Russia] / P. F. Kononkov, V. K. Gins, G. B. Demianinova-Roy, M. E. Trishin, A. B. Konobeyeva // Sbornik nauchnykh trudov «Netraditsionnyye resursy, innovatsionnyye tekhnologii i produkty» [Collection of scientific works «Non-traditional resources, innovative technologies and products»]. – М., 2004. – Vyp. 11. – Ch. 1. – P. 121-135. [in Russian]
5. Pyatina I. S. Khrizantema uvenchannaya: biologicheskiye osobennosti i khimicheskiy sostav [*Chrysanthemum crowned*: biological features and chemical composition] / I. S. Pyatina // Materialy II Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya «Lekarstvennyye rasteniya: fundamentalnyye i prikladnyye problemy» [Materials II International Scientific Conference «Medicinal Plants: Fundamental and Applied Problems»]. – Novosibirsk, 2015. – P. 33-36. [in Russian]



6. Cherkas V. V. Sravnitelnoye izucheniye khimicheskogo sostava spirtovogo izvlecheniya pizhmy obyknovennoy i pizhmy balzamicheskoy [Comparative study of the chemical composition of alcohol extraction of tansy and tansy balsamic] / V. V. Cherkas, A. V. Strelyayeva, R. M. Kuznetsov // Sbornik trudov V nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennyye aspekty ispolzovaniya rastitelnogo syria i syria prirodnogo proiskhozhdeniya» [Proceedings of V scientific-practical conference «Modern aspects of the use of plant raw materials and raw materials of natural origin»]. – M., 2017. – P. 244-247. [in Russian]
7. Pyatina I. S. Biologicheskiye osobennosti nekotorykh predstaviteley roda *Chrysanthemum* L. pri introduktsii v Bashkirskoye Preduralye [Biological features of some representatives of the genus *Chrysanthemum* L. when introduced into the Bashkir Preduralye] / I. S. Pyatina, L. N. Mironova // Sbornik nauchnykh trudov tretyey nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem «Molodyye uchenyye i farmatsiya XXI veka» [Collection of scientific works of the third scientific and practical conference with international participation «Young Scientists and Pharmacy of the XXI Century»]. – M., 2015. – P. 114-118. [in Russian]
8. Denisova S. G. Osobennosti nakopleniya biologicheskii aktivnykh veshchestv v korneklubnyakh georgin [Features of the accumulation of biologically active substances in the root stones of the dahlias] / S. G. Denisova, K. A. Pupykina, L. N. Mironova, R. R. Fayzullina // Traditsionnaya meditsina [Traditional medicine]. – 2012. – № 5. – P. 213-215. [in Russian]
9. Reut A. A. Issledovaniye elementnogo i aminokislotochnogo sostava rastitelnogo syria nekotorykh predstaviteley roda *Paesia* L. [Investigation of the elemental and amino acid composition of plant raw materials of some representatives of the genus *Paesia* L.] / A. A. Reut, L. N. Mironova // Subtropicheskoye i dekorativnoye sadovodstvo [Subtropical and decorative gardening]. – 2013. – T. 48. – P. 200-203. [in Russian]
10. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii [State Pharmacopoeia of the Russian Federation]. 12-e izd. / pod red. N.V. Yurgel. – M.: Nauchnyy tsentr ekspertizy sredstv meditsinskogo primeneniya, 2008. – 704 p. [in Russian]
11. Petrushevskiy V. V. BAV pishchevykh produktov: spravochnik [BAS food: a directory] / V. V. Petrushevskiy, V. G. Gladkikh, E. V. Vinokurova. – Kiyev, 1992. – 192 p. [in Russian]



Все статьи, опубликованные в «Международном научно-исследовательском журнале», загружаются в РИНЦ.

**Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)** — библиографическая база данных научных публикаций российских учёных. Для получения необходимых пользователю данных о публикациях и цитируемости статей на основе базы данных РИНЦ разработан аналитический инструмент ScienceIndex.

**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES**DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.017>**Вагунин Д.А.<sup>1</sup>, Иванова Н.Н.<sup>2</sup>, Амбросимова Н.Н.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Кандидат сельскохозяйственных наук,<sup>2</sup>Кандидат сельскохозяйственных наук,<sup>3</sup>Младший научный сотрудник,<sup>1,2,3</sup>Федеральное государственное научное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ), г.Тверь**КОЗЛЯТНИК ВОСТОЧНЫЙ В СМЕСИ СО ЗЛАКОВЫМИ ТРАВАМИ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ****Аннотация**

*В условиях Нечерноземной зоны РФ травостой козлятника восточного в смеси со злаковыми травами обладают высокой продуктивностью. Проведенные исследования позволяют выделить наиболее перспективные травосмеси, изменение видового, биохимического состава. Помимо хороших кормовых качеств козлятник восточный обладает высокой облиственностью, а также высокопродуктивным долголетием позволяя получать стабильные урожаи на протяжении десятилетий. Благодаря симбиотической способности снижает потребность в азотных удобрениях, повышается и стабилизируется урожайность, уменьшается себестоимость сельскохозяйственной продукции.*

**Ключевые слова:** козлятник восточный, травосмесь, сорт, бобовые травы, злаковые травы.

**Vagunin D.A.<sup>1</sup>, Ivanova N.N.<sup>2</sup>, Ambrosimova N.N.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>PhD in Agriculture,<sup>2</sup>PhD in Agriculture,<sup>3</sup>Junior research associate,<sup>1,2,3</sup>Federal State Scientific and Budgetary Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Reclaimed Lands" (FSBSI ARSIRL), Tver**EASTERN GALEGA MIXED WITH GRASSES ON RECLAIMED LANDS UNDER CONDITIONS OF NON-BLACK EARTH AREA****Abstract**

*Under conditions of the non-black earth area of the Russian Federation, the grassroots of Eastern Galega in the east mixed with grasses are highly productive. The study carried out allow allocating the most perspective grass mixtures, change of a specific, biochemical structure. In addition to good fodder qualities, the Eastern Galega has a high degree of lining, as well as highly productive longevity allowing to obtain stable yields for decades. Due to symbiotic ability reduces the need for nitrogen fertilizers, increases and stabilizes yields, reduces the cost of agricultural products.*

**Keywords:** Eastern Galega, grass mixture, variety, legume grasses, grasses.

**Б**лагоприятным фактором для развития молочного и мясного (откорм крупного рогатого скота) животноводства в Северо-Восточном регионе Европейской части России является наличие значительных площадей естественных кормовых угодий, а также благоприятные условия для произрастания многолетних трав [9].

На современном этапе развития растениеводства особое внимание должно уделяться долголетним травостоям, стабильно сохраняющим сеяные виды трав и определенный уровень продуктивности [1], [5].

Известно, что в решении проблем улучшения питания коров, уменьшения использования концентратов стабилизация процесса роста кормовым посевом основополагающую роль играет увеличение производства зеленых, сочных и грубых кормов высокого качества. Для реализации этой задачи необходимо обеспечить переход на возделывание интенсивных высокобелковых культур – козлятник восточный и др. [2].

Продуктивное долголетие (8-10 лет и более), высокая урожайность зеленой массы, засухо- и холодоустойчивость – это только часть ценных достоинств этого растения. В сравнении с люцерной козлятник обладает большей энергией отрастания. По кормовым достоинствам он также стоит выше люцерны. В 100 кг сена из козлятника содержится на 25,5 корм. ед. больше, чем в люцерне; обнаружено значительно больше аминокислот. Белок надземной массы козлятника содержит все незаменимые кислоты, их состав во время вегетации не изменяется [7].

При существующей ограниченности финансовых и энергетических ресурсов, дефиците минеральных удобрений важная роль принадлежит бобовым и бобово-злаковым травостоям. Ученые ВНИИ кормов подсчитали, что возделывание бобовых трав и их смесей со злаковыми значительно снижает потребность в азотных удобрениях и в 1,5-2 раза сокращает затраты на их выращивание [4], [6].

Выбор злакового компонента для составления травосмесей определялся многими факторами. Во-первых, при длительном использовании травостоев на зеленый корм наиболее ценными будут корневищные злаки (кострец безостый, двукосточник тростниковидный), образующие густой травостой, а также высокопродуктивные рыхлокустовые травы (тимopheевка луговая и др.). Верховые злаки включены в травосмеси как культуры, обеспечивающие высокую долю листьев в составе урожая. Во-вторых, современную кормовую базу необходимо построить на принципах зеленого конвейера [10].

Другим достоинством козлятника восточного является быстрое отрастание до укосной спелости, что позволяет за счет активного использования осенне-зимних запасов влаги и солнечной энергии формировать высокий урожай первого укоса, в отличие от других многолетних бобовых культур, практически независимо от погодных условий начала вегетации. Эта особенность делает козлятник самым ранним и самым надежным компонентом зеленых конвейеров [8].

Богатый химический состав и повышенная питательная ценность травостоя, обусловленные хорошей облиственностью, позволяют использовать козлятник на зеленый корм и для приготовления всех видов грубоволокнистых кормов. Такая важная для технологии заготовки сена особенность козлятника, как прочное закрепление листьев на стебле, позволяет снизить механические потери при приготовлении этого вида корма и повысить его качество [3].

#### **Схема и методика проведения исследований**

В варианте 1 посев козлятника восточного одновидового сорта Гале (контроль). Варианты 3 и 5 – посев козлятника восточного одновидового сорта Юбиляр и Кривич соответственно. Варианты 2, 4, 6 – посев 4х компонентных бобово-злаковых травосмесей, включающих в себя: козлятник восточный (сорт Гале, Юбиляр, Кривич, соответственно), костреца безостого сорта Вегур, тимopheевки луговой сорта ВИК 9, двукисточника тростникового сорта Урал. В варианте 7 посев злаковой 3х компонентной травосмеси, состоящей из костреца безостого Вегур, тимopheевки луговой ВИК 9, двукисточника тростникового Урал.

Сорта козлятника восточного: Гале селекции Эстонском НИИ земледелия и мелиорации, Юбиляр – ГНУ Псковский НИИСХ, Кривич – ГНУ Псковский НИИСХ.

Опыт заложен в 2014 году. Почва дерново-подзолистая, супесчаная, осушается закрытым гончарным дренажем с междренним расстоянием 18-40 м, глубина закладки дрен 0,8-1,1 метра. Удельная масса почвы 2,59 г/см<sup>3</sup>, плотность пахотного слоя 1,1-1,2 г/см<sup>3</sup>, содержание гумуса низкое – 1,4-1,9 %, показатель кислотности почв среднекислый  $\text{pH}_{\text{сол}}$  – 4,5-5,0, обеспеченность опытного участка подвижным фосфором 100,9 мг/кг, обменным калием 140,2 мг/кг. Площадь опыта 6,8 га, размещение вариантов рендомизированное, в три яруса, повторность трехкратная, площадь деланки 607,6 м<sup>2</sup>. Посев беспокровный. Использование двухукосное. Агротехника общепринятая.

**Цель исследования** является изучение продуктивности травостоев на основе козлятника восточного и перспективных сортов многолетних трав в одновидовых и смешанных посевах со злаковыми травами, обеспечивающих формирование высокопродуктивных травостоев.

Для достижения поставленной цели в задачи исследований входит:

1. Исследовать особенности формирования высокопродуктивных травостоев козлятника восточного в одновидовых и смешанных посевах.

2. Определение динамику накопления сухого вещества, роста растений в агробиоценозе.

3. Выявить изменения урожайности и биохимического состава козлятника восточного в зависимости от травостоя.

4. Изучить видовой состав агробиоценозов, определить наиболее конкурентные травостои.

#### **Результаты исследований**

Максимально загущенный травостой в среднем за 2 года отмечен на посевах сорта Кривич, в чистом виде составив 123 шт./м<sup>2</sup>. Минимальные определены в варианте 1 сорта Гале составив 120 шт./м<sup>2</sup>. В смешанных травостоях значительно преобладают злаки. В варианте 7 количество побегов злаковых трав достигало 534 шт./м<sup>2</sup>.

Высота растений козлятника восточного варьировала в среднем за 2 года от 48 до 72 см, злаковых трав – от 28 до 98 см. Наибольшая высота растений козлятника восточного была отмечена в чистых посевах, составив 64-72 см. По сортовым особенностям более активно вегетировал козлятник восточный сорта Кривич.

Более устойчивым к засоренности отмечен козлятник восточный сорта Юбиляр в чистом посеве. В смешанных посевах значительно преобладали злаки. Процентное участие козлятника восточного в агроценозах составляло 14,8-69,7%. Засоренность посевов была значительно ниже в трех и четырех компонентном травостое – от 8,2 до 10,3 %. В злаковом компоненте доминировал двукисточник тростниковый – 23,8-36,7%, количество костреца безостого 21,1-27,9%, тимopheевки луговой 19,4-28,5%.

Более высоким индексом ценотической активности в среднем за 2015-2016гг. отличались злаковые травы: двукисточник тростниковый (1,2-1,7), тимopheевка луговая (1,1-1,7), кострец безостый (1,0-1,3). В связи с медленным развитием козлятника восточного в первые годы жизни индекс ценотической активности был небольшим и составил по вариантам опыта от 0,4 до 0,7.

Структура урожая является важным показателем качества корма. Растения козлятника восточного в чистом посеве обладали высокой облиственностью: от 55,4 до 58,6%. Наиболее облиственным был козлятник восточный сорта Юбиляр – 58,6%, наименее – сорта Гале 55,4%.

Содержание сырого протеина в растениях козлятника восточного в среднем за 2015-2016 годы достигало 18,8 %. Содержание сырой клетчатки на сенокосных травостоях в фазу полной бутонизации - начала цветения в зависимости от их состава изменялось, составив 28,5-33,5%. Наименьшее содержание сырой клетчатки в килограмме сухого вещества содержалось в варианте 1, составив 28,5%. Минеральный состав сенокосного травостоя также изменялся в зависимости от ботанического состава. Так, содержание кальция варьирует от 0,4 до 1,0 %, фосфора – 0,3-0,5%, калия – 2,3-2,7%, магния – 0,1-0,4 %. Процентное содержание сырого жира и золы в кормовой массе изучаемых травостоев заметно не отличалось и составляло соответственно 1,5-1,8 % и 4,9-5,4%. Содержание безазотистых экстрактивных веществ варьировало от 37,4 до 42,4%.

Таблица 1 – Урожайность бобово-злаковых травостоев (за сезон) на основе козлятника восточного в среднем за 2015-2016 гг

Вариант	Зеленая масса (т/га)	Сухая масса (т/га)	Сбор к.ед., тыс./га
1	29,1	7,0	6,0
2	31,0	7,1	6,0
3	27,4	6,9	5,9
4	29,1	7,1	6,1
5	29,4	6,7	5,8
6	31,2	7,4	6,4
7	29,7	7,8	6,6
НСР 0,05			
для частных различий	4,3932	0,9838	
для фактора В	1,6605	0,3718	
для фактора А	2,5364	0,5680	
для взаимодействия АВ	2,5364	0,5680	

Продуктивность козлятника во многом определяется густотой и массой вегетативных побегов (табл.1). Наибольший выход сухого вещества отмечен в злаковом посеве варианта 7, составив 7,8 т/га. Трех и четырехкомпонентные травосмеси на основе козлятника восточного обеспечивали получение от 7,1 и 7,8 т/га сухой массы.

За год пользования урожаи зеленого корма в бобово-злаковых травостоях составил 27,4-31,2 т/га, сбор сухого вещества – 6,7-7,8 т/га, сбор кормовых единиц – 5,8-6,6 тыс./га.

#### Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать вывод что бобово-злаковые агрофитоценозы сенокосного использования обеспечивают высокий выход сухого вещества с гектара. По сортовым особенностям более продуктивным отмечен козлятник восточный сорта Кривич в смеси со злаками 7,4 т/га. Наибольшее содержание сырого протеина отмечено на контрольном варианте составив в среднем за 2015-2016 гг. 18,8%. Более конкурентоспособной и продуктивной отмечена злаковая травосмесь варианта 7. Продуктивность сортов козлятника восточного в чистых посевах составила: Гале - 7,0 т/га, Юбилар - 6,9 т/га, Кривич - 6,7 т/га.

#### Список литературы / References

1. Баев К.А. Удобрения и минеральный состав клеверо-тимофеечной смеси / К.А. Баев, И.К. Стеновский // Кормопроизводство. – 1986. – №8. – С.41–42.
2. Бикбулатов З.Г. Корма из козлятника в рационах коров / З.Г. Бикбулатов, Ф.А. Зайнутдинов, Б.Г. Шарифьянов // Кормопроизводство. – 1997. – №7. – С.28–31.
3. Гаревская М.А. Возделывание козлятника восточного на корм и семена в Нижегородской области. Рекомендации / М.А. Гаревская, Г.Я. Гузнов – Нижний Новгород. – 1997. – 25 с.
4. Кутузова А.А. Научные основы использования биологического азота в луговодстве / А.А. Кутузова, К.Н. Привалова, В.В. Станков // Материалы зонального научного совещания «Роль и перспективы биологического и минерального азота в интенсивном луговодстве». – Тарту: ЭСХИ, 1985. – С. 7–10.
5. Кутузова А.А. Перспективы интенсификации лугопастбищного хозяйства / А.А. Кутузова и др. // Кормопроизводство. – 1993. – №2. – С.27–31.
6. Русинов Н.И. О неотложных проблемах отрасли / Н.И.Русинов // Кормопроизводство. – 1994. – №4. – С.2–4.
7. Сидоренко О.Д. Козлятник восточный ценная кормовая культура / О.Д. Сидоренко // Кормопроизводство. – 1998. – № 4. – С.22–23.
8. Синицина Н.И. Агроклиматология / Н.И. Синицина, И.А. Гольцберг, Э.А. Струнников. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 342 с.
9. Фигурин В.А. Создание продуктивных агрофитоценозов на основе козлятника восточного и лядвенца рогатого / В.А. Фигурин, А.П. Кислицына, А.А. Вяткина // Кормопроизводство. – 2008. – № 4. – С.11–14.
10. Ябанжи О.В. Продуктивность и кормовая ценность многолетних травостоев на основе козлятника и лядвенца рогатого в Костромской области / О.В. Ябанжи, М.В. Иванова // Кормопроизводство. – 2008. – № 3. – С.14–16.

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

1. Baev K.A. Udobrenija i mineral'nyj sostav klevero-timofeečnoj smesi [Fertilizers and mineral composition of clover-timothy mixture] / K.A. Baev, I.K. Stenovskij // Kormoproizvodstvo [Fodder production]. – 1986. – №8. – P. 41–42. [in Russian]
2. Bikbulatov Z.G. Korma iz kozljatnika v racionah korov [Feeds from galega in diets of cows] / Z.G. Bikbulatov, F.A. Zajnutdinov, B.G. Sharifjanov // Kormoproizvodstvo [Fodder production]. – 1997. – №7. – P. 28–31. [in Russian]
3. Garevskaja M.A. Vozdelyvanie kozljatnika vostochnogo na korm i semena v Nizhegorodskoj oblasti. Rekomendacii [Cultivation of galega on feed and seeds in the Nizhny Novgorod region. Recommendations] /M.A. Garevskaja, G.Ja. Guznov – Nizhnij Novgorod. – 1997. – 25 p. [in Russian]
4. Kutuzova A.A. Nauchnye osnovy ispol'zovanija biologicheskogo azota v lu-govodstve /A.A. Kutuzova, K.N. Privalova, V.V. Stankov [Scientific bases of the use of biological nitrogen in meadow management] //Materialy zonal'nogo nauchnogo soveshhanija «Rol' i perspektivy biologicheskogo i mi-neral'nogo azota v intensivnom lugovodstve» [Materials of the Zonal Scientific Conference "The Role and Prospects of Biological and Mineral Nitrogen in Intensive Meadowlanding"]. – Tartu: JeSHI, 1985. – P. 7–10.
5. Kutuzova A.A. Perspektivy intensivifikacii lugopastbishhnogo hozjajst-va. / A.A. Kutuzova and others [Perspectives of intensification of grassland economy] // Kormoproizvodstvo [Fodder production]. – 1993. – №2. – P. 27–31. [in Russian]

6. Rusinov N.I. O neotlozhnyh problemah otrasli [On the urgent problems of the industry] / N.I. Rusinov // Kormoproizvodstvo [Fodder production]. – 1994. – №4. – P. 2–4. [in Russian]
7. Sidorenko O.D. Kozljatnik vostochnyj cennaja kormovaja kul'tura [Galega valuable food forage] / O.D. Sidorenko // Kormoproizvodstvo [Fodder production]. – 1998. – № 4. – P. 22–23. [in Russian]
8. Sinicina N.I. Agroklimatologija [Agroclimatology] / N.I. Sinicina, I.A. Gol'cberg, Je.A. Strunnikov. – L.: Gidrometeoizdat, 1973. – 342 p. [in Russian]
9. Figurin V.A. Sozdanie produktivnyh agrofitocenozov na osnove koz-ljatnika vostochnogo i ljadvenca rogatogo [Creation of productive agrophytocenoses on the basis of the galega and laggard of horned] / V.A. Figurin, A.P. Kislicyna, A.A. Vjatkina // Kormoproizvodstvo [Fodder production]. – 2008. – № 4. – P. 11–14. [in Russian]
10. Jabanzhi O.V. Produktivnost' i kormovaja cennost' mnogoletnih travostoev na osnove kozljatnika i ljadvenca rogatogo v Kostromskoj oblasti [Productivity and fodder value of perennial grass stands on the basis of galega and lagoon horned in the Kostroma region] / O.V. Jabanzhi, M.V. Ivanova // Kormoproizvodstvo [Fodder production]. – 2008. – № 3. – P. 14–16. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.013>

Конова А.М.<sup>1</sup>, Гаврилова А.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кандидат сельскохозяйственных наук,

<sup>2</sup>Научный сотрудник,

<sup>1,2</sup>Смоленский научно-исследовательский институт сельского хозяйства в г. Смоленске

# УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ДВУХ ГОДОВ ПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, ВНЕСЁННЫХ ПОД ПОКРОВНУЮ КУЛЬТУРУ

*Аннотация*

*В полевом опыте в условиях дерново - подзолистой легкосуглинистой почвы Смоленской области изучали действие различных доз минеральных удобрений, внесённых под покровную культуру, на урожайность и качество многолетних трав двух годов пользования. Самым эффективным средством повышения урожайности многолетних трав являлось применение полного минерального удобрения. Наибольшая урожайность и содержание сырого протеина в сене были получены на травах первого года пользования при внесении максимальной дозы удобрений ( $N_{160}P_{160}K_{200}$ ). Расчёт экономической эффективности установил, что оптимальным на травах двух годов пользования является вариант  $N_{60}P_{60}K_{75}$ .*

**Ключевые слова:** клевер луговой, минеральные удобрения, урожайность, качество, почва.

Konova A.M.<sup>1</sup>, Gavrilova A.Yu.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD in Agriculture,

<sup>2</sup>Scientific researcher,

<sup>1,2</sup>Smolensk Research Institute of Agriculture in Smolensk

## YIELD AND QUALITY OF PERMANENT GRASSES OF TWO YEARS OF APPLICATION DEPENDING ON APPLICATION OF RISING DOSES OF MINERAL FERTILIZERS APPLIED BY COVER CROPS

*Abstract*

*The effect of various doses of mineral fertilizers applied under cover crops on the yield and quality of permanent grasses of two years of application was studied in the field experiment under the conditions of sod-podzol light loam soil of the Smolensk region. The most effective means of increasing the yield of permanent grasses was the use of full mineral fertilizer. The highest yield and content of raw protein in the hay were obtained on herbs of the first year of use when applying the maximum fertilizer dose ( $N_{160}P_{160}K_{200}$ ). The calculation of economic efficiency established that the optimal on grasses of two years of use is the variant  $N_{60}P_{60}K_{75}$ .*

**Keywords:** meadow clover, mineral fertilizers, yield, quality, soil.

Обеспечение сбалансированного минерального питания растений и благоприятного фитосанитарного состояния почв и посевов сельскохозяйственных культур возможно только при экологически безопасном интегрированном применении минеральных удобрений, пестицидов и других средств химизации, освоении научно обоснованных севооборотов, возделывании интенсивных сортов сельскохозяйственных культур, проведении рациональной обработки почвы и других адаптированных к почвенно-климатическим и производственно-ресурсным условиям приемов [1, С. 153], [2, С. 27], [3, С. 138].

Получение высокой урожайности сельскохозяйственных культур при своевременном выполнении других агротехнических приемов, обеспечивается в основном применением минеральных удобрений. В большей степени это положение важно для дерново-подзолистых почв Центрального района Нечерноземной зоны РФ, которые содержат сравнительно небольшое количество легкодоступных элементов питания и характеризуются низким естественным плодородием [4, С. 70], [5, С. 87].

Наиболее полно оценить действие удобрений можно в длительных многофакторных полевых опытах, которые являются важной нормативной базой для решения вопросов рационального и эффективного применения удобрений в агропромышленном производстве. Результаты длительных опытов показывают, что возделывание сельскохозяйственных культур без удобрений при дефицитном балансе питательных веществ в почве приводит к постепенному истощению запасов органического вещества, общего азота, фосфора и калия [6, С. 57], [7, С. 18].

В нашей стране нет таких почв, на которых бы минеральные удобрения не оказывали положительного влияния на урожай и продуктивность культур. Задача состоит только в умении применять их, определять оптимальные нормы в тех или иных условиях для различных культур [8, С. 29].

#### Методика исследований

На опытных полях ФГБНУ Смоленского НИИСХ в 2013 - 2015 гг. изучали влияние возрастающих доз основных минеральных удобрений (аммиачная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий), внесённых под покровную культуру, на урожай и качество многолетних трав. В качестве многолетних трав применяли бобово - злаковую смесь клевера лугового сорта «Надёжный» с тимофеевкой луговой «Ленинградская 204» в соотношении 1:1,5 в условиях зернотравяного севооборота. Изучали 9 последовательно возрастающих доз азотных, фосфорных и калийных удобрений и их различные сочетания. Повторность опыта двукратная. Площадь делянок в первом поле составила 115 м<sup>2</sup>, во втором - 88 м<sup>2</sup> [9, С. 255].

Условия проведения исследований. Исследования проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса 2,0-2,2%; рН<sub>KCl</sub> - 4,9; Нг - 4,2 мг/экв; содержание подвижного К<sub>2</sub>O и Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 70-100 и 25-50 мг/кг почвы соответственно.

Метеорологические условия различались по годам. 2013 год был благоприятным для роста и развития растений (16,3°C в мае при норме 12,2°C) в начале вегетации и острозасушливым в конце (количество осадков в августе было в 3 раза меньше нормы). 2014 год был слабо засушливым с нормальным температурным режимом. 2015 год отличился очень засушливым маем и августом (ГТК = 0,6 и 0,8 соответственно) и слабо засушливым июнем и июлем с близкими к норме среднесуточными температурами воздуха.

#### Результаты исследований

Отзывчивость многолетних трав двух годов пользования на возрастающие дозы минеральных удобрений показана в таблице 1. Установлено, что максимальный урожай сена получен на травах первого года пользования. Наибольшее влияние на их урожайность оказывало внесение полного минерального удобрения. С увеличением доз удобрений до N<sub>160</sub>P<sub>160</sub>K<sub>200</sub> урожайность многолетних трав 1-го года пользования повысилась до 8,4 т/га (прибавка к контролю составила 91%). Максимальный урожай на многолетних травах 2-го года получен также на варианте N<sub>160</sub>P<sub>160</sub>K<sub>200</sub> (83% к контролю).

Таблица 1 – Урожайность многолетних трав в зависимости от применения минеральных удобрений

Вариант	Мн. травы I г.п. (среднее за 2013 - 2014 гг.)		Мн. травы II г.п. (среднее за 2014 - 2015 гг.)	
	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю, т/га	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю, т/га
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	4,4	-	4,1	-
N <sub>60</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	5,0	0,6	4,5	0,4
N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	6,0	1,6	5,0	0,9
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>75</sub>	5,5	1,1	5,1	1,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>75</sub>	7,6	3,2	7,0	2,9
N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>25</sub>	5,2	0,8	5,0	0,9
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>50</sub>	6,2	1,8	5,4	1,3
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>100</sub>	7,8	3,4	6,7	2,6
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>125</sub>	7,8	3,4	6,9	2,8
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>150</sub>	7,6	3,2	6,8	2,7
N <sub>140</sub> P <sub>140</sub> K <sub>175</sub>	8,0	3,6	7,1	3,0
N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>200</sub>	8,4	4,0	7,5	3,4

Одностороннее применение азотных удобрений в дозе 60 кг/га д.в. позволило получить прибавку урожая трав на уровне 0,4 - 0,6 т/га (10 - 14% к контролю). Внесение фосфорных удобрений в той же дозе повышало урожайность многолетних трав на 0,9 - 1,6 т/га или на 22 - 36%. Использование только калийных удобрений увеличило урожайность до 5,1 - 5,5 т/га (23 - 25%). Совместное применение изучаемых удобрений в указанной дозе (вариант N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>75</sub>) позволило повысить урожай сена трав в 1,7 раза.

Данные учета урожая сена многолетних трав двух годов пользования также были обработаны математически с применением регрессионного анализа, который позволил получить уравнения (1, 2) (производственные функции), отражающие количественную зависимость величины урожая сена от доз минеральных удобрений [10, С. 195]:

$$Y_{I \text{ г.п.}} = 4,9 + 0,5K^{0,5} + 0,3P \quad R = 0,94 \quad (1)$$

$$Y_{II \text{ г.п.}} = 4,4 + 0,4K^{0,5} + 0,4P^{0,5} \quad R = 0,93 \quad (2)$$

Из приведённых уравнений видно, что фактически на величину урожая сена многолетних трав оказывали влияние фосфорные и калийные удобрения, внесённые отдельно под покровную культуру. При этом следует отметить, что воздействие калийных удобрений носило угасающий характер. Действие фосфорных удобрений имело прямолинейный характер только на травах 1 года пользования, то есть каждые 20 кг/га д.в. удобрений обеспечили прибавку сена 0,3 ц/га.

Суммарный урожай сена многолетних трав 2-х годов пользования в среднем за 2013 - 2015 гг. на контрольном варианте составил 8,5 т/га (рис. 1). Одностороннее применение азотных, фосфорных и калийных минеральных удобрений увеличило урожайность на 12%, 25% и 29% соответственно. Совместное внесение вышеперечисленных удобрений в последовательно возрастающих дозах повышало общий сбор сена трав на 1,7 - 7,4 т/га или 20 - 87% по сравнению с контролем.

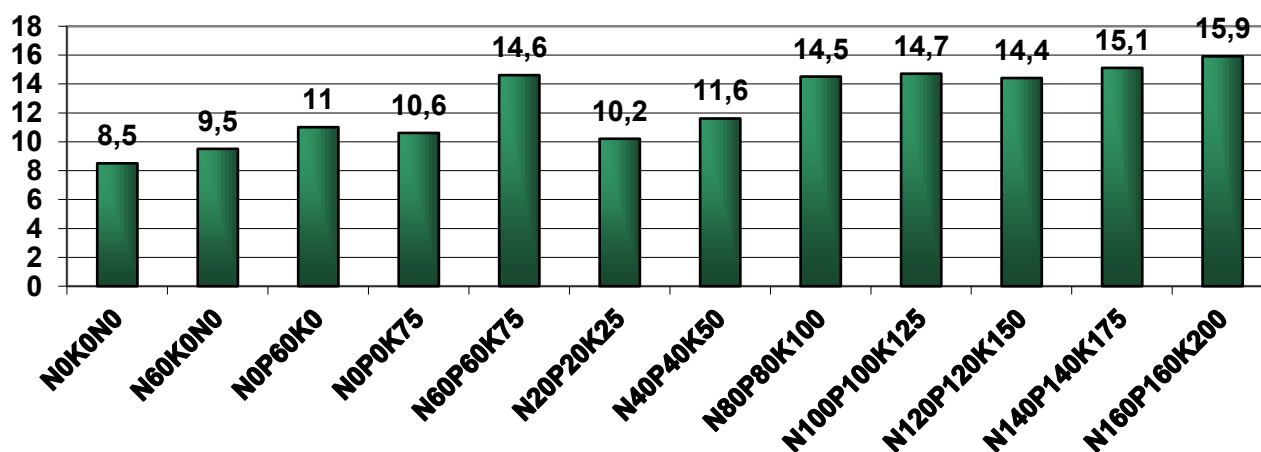


Рис. 1 – Суммарный урожай сена многолетних трав двух годов пользования (среднее за 2013 - 2015 гг.), т/га

Минеральные удобрения не только увеличивают урожайность сена клевера, но могут оказывать существенное влияние и на его качество. В связи с этим было изучено влияние возрастающих доз основных видов минеральных удобрений и их различные сочетания на содержание сырого протеина в сене многолетних трав (рис. 2). Содержание протеина в среднем по опыту составило 13,1 - 15,3% и 12,8 - 15,1%, соответственно, на травах первого и второго годов пользования. При этом на травах 1 года пользования процент сырого протеина был выше.

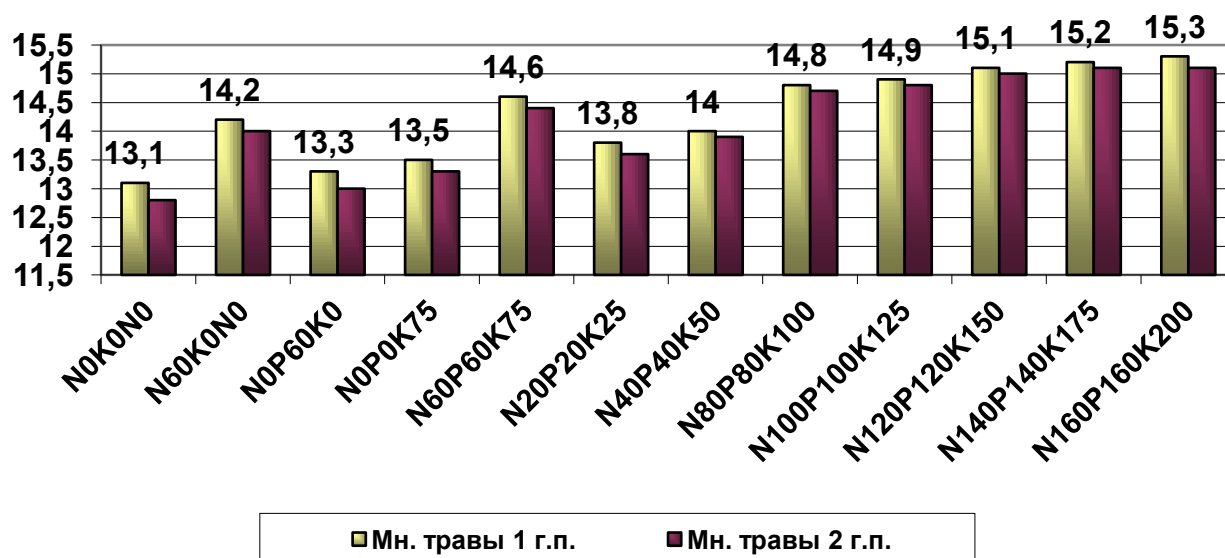


Рис. 2 – Влияние минеральных удобрений на содержание сырого протеина в сене многолетних трав двух годов пользования (среднее за 2013 - 2015 гг.)

Установлено, что содержание сырого протеина в сене во все годы увеличивалось под влиянием одностороннего внесения азотных удобрений ( $N_{60}P_0K_0$ ) и снижалось при одностороннем внесении фосфорных и калийных ( $N_0P_{60}K_0$  и  $N_0P_0K_{60}$ ). Также следует отметить, что отрицательное действие фосфорных и калийных удобрений наиболее ярко выражено при внесении низких доз азота (20 - 40 кг/га), когда фосфор и калий преобладали над азотом в 2 - 3 раза. Каждое последовательное увеличение дозы азота на 20 кг/га увеличивало содержание сырого белка на 1,4 - 6,3%.

При наращивании доз азота от 60 до 120 кг/га на оптимальном фосфорно-калийном фоне процент протеина в сене заметно увеличился (на 11,4 - 15,6% по сравнению с контролем). Дальнейшее повышение доз минеральных удобрений, начиная с варианта  $N_{120}P_{120}K_{200}$ , было менее результативно. С экологической точки зрения внесение очень высоких доз удобрений также не рекомендуется, так как сопровождается отрицательным влиянием на метаболизм органических соединений, особенно на синтез аминокислот и белков в растениях.

Экономическая оценка производства продукции в среднем за 2013 - 2015 гг. осуществлялась путём сопоставления затрат на 1 га со стоимостью полученной продукции и зависела от доз и соотношений минеральных удобрений, а также биологических особенностей бобово - злаковой травосмеси (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на экономические показатели на многолетних травах двух годов пользования (среднее за 2013 - 2015 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Стоимость продукции, руб./га	Окупаемость 1 кг NPK зерном, кг/кг	Затраты, руб./га	Условно чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	85	25500	-	5128	20372	397
N <sub>60</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	95	28500	8,4	7303	21197	290
N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	110	33000	20,9	13728	19272	140
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>75</sub>	106	31800	14,0	10012	21788	218
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>75</sub>	146	43800	15,6	20787	23013	111
N <sub>20</sub> P <sub>20</sub> K <sub>25</sub>	102	30600	13,1	10362	20238	195
N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>50</sub>	116	34800	11,9	15553	19247	124
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>100</sub>	145	43500	11,6	25997	17504	67
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>125</sub>	147	44100	9,6	31188	12913	41
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>150</sub>	144	43200	7,6	36422	6779	19
N <sub>140</sub> P <sub>140</sub> K <sub>175</sub>	151	45300	7,3	41643	3657	9
N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>200</sub>	159	47700	7,1	46847	854	2

Расчёты свидетельствуют о значительном влиянии симбиотической азотфиксации бобовых на экономическую эффективность растениеводческой продукции на вариантах с односторонним применением азотных, фосфорных и калийных удобрений и на контроле. Здесь получены наибольшая рентабельность (140 - 397%) и условно чистый доход (19272 - 21788 руб.). Однако эти варианты нельзя рекомендовать к использованию, так как со временем без применения полного минерального удобрения баланс основных элементов питания в почве станет отрицательным, что приведёт к полному истощению почвенных запасов.

Для сохранения экологического равновесия рекомендуем внесение оптимальных в агрономическом отношении доз минеральных удобрений от N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>K<sub>25</sub> до N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>75</sub>. При этом на варианте N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>75</sub> был получен наибольший чистый доход (23013 руб.) и окупаемость 1 кг NPK зерном (15,6 кг/кг). Уровень рентабельности на вышеперечисленных вариантах оставался также достаточно высоким.

Дальнейшее увеличение доз минеральных удобрений, начиная с варианта N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>150</sub>, на многолетних травах является малоэффективным приёмом, так как при высоких капиталовложениях сопровождается незначительным ростом экономических показателей.

#### Заключение

Таким образом, на урожайность сена многолетних трав первого и второго годов пользования наибольший эффект оказывали фосфорные и калийные удобрения, внесенные отдельно под покровную культуру. Максимальный урожай (8,0 - 8,4 т/га) получен на травах первого года пользования в условиях достаточного весеннее - летнего увлажнения в 2013 - 2014 г. Наибольший суммарный урожай сена многолетних трав двух годов пользования достигнут на варианте N<sub>160</sub>P<sub>160</sub>K<sub>200</sub>. Более высокое содержание сырого протеина было получено также на травах первого года пользования. Совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений позволило повысить его содержание в сене на 5,3 - 18,0%. Экономически наиболее выгодным на травах двух годов пользования являлся вариант N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>75</sub>.

#### Список литературы / References

1. Методическое руководство по проектированию применения удобрений в технологиях адаптивно – ландшафтного земледелия / Под редакцией А.Л. Иванова, Л.М. Державина. – Москва: Минсельхоз РФ, РАСХН, 2008. – 392 с.
2. Конова А.М. Влияние длительного применения возрастающих доз минеральных удобрений на продуктивность севооборота / А.М. Конова, А.Ю. Гаврилова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 11-5 (53). – С. 27-30.
3. Ваулина Г.И. Агроэкологические аспекты при комплексном применении средств химизации / Г.И. Ваулина, А.М. Алиев, Л.М. Державин, А.М. Конова, Л.Н. Самойлов // Материалы Международной научно - методической конференции учреждений - участников Геосети России и стран СНГ: «Состояние и перспективы агрохимических исследований в географической сети опытов с удобрениями». – Москва, 2010. – С. 137-139.
4. Конова А.М. Региональная система земледелия Смоленской области / сост.: А.М. Конова [и др.]. – Смоленск: «Агронауцсервис», 2013. – 277 с.
5. Босак В.Н. Системы удобрения в севооборотах на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах / В.Н. Босак. – Минск, 2003. – 176 с.
6. Дыцкова Т.А. Параметры экологической пластичности и стабильности сортообразцов клевера лугового в условиях Смоленской области / Т.А. Дыцкова, Э.С. Рекашус, А.Д. Прудников, А.М. Конова, О.В. Курдакова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 11-6 (42). – С. 56-60.
7. Конова А.М. Руководство по элементам технологии производства семян клевера лугового сорта Надежный / А.М. Конова, Т.А. Дыцкова, О.В. Курдакова. – Смоленск, 2015. – 26 с.
8. Конова А.М. Изучение возрастающих доз минеральных удобрений и их моделирование по результатам полевого опыта / А.М. Конова // Агрохимический вестник. – 2008. – № 4. – С. 29-30.



9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

10. Иванова Т.И. Прогнозирование эффективности удобрений с использованием математических моделей / Т.И. Иванова. – М.: Агропромиздат, 1989. – 235 с.

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

1. Metodicheskoe rukovodstvo po proektirovaniyu primeneniya udobrenij v tehnologijah adaptivno – landshaftnogo zemledelija [Methodical guidelines for the design of fertilizer application in adaptive-landscape farming technologies] / Pod redakciej A.L. Ivanova, L.M. Derzhavina. – Moskva: Minsel'hoz RF, RASHN, 2008. – 392 p. [in Russian]

2. Konova A.M. Vlijanie dlitel'nogo primeneniya vozrastajushhih doz mineral'nyh udobrenij na produktivnost' sevooborota [Influence of long application of increasing doses of fertilizers on efficiency of crop rotation] / A.M. Konova, A.Ju. Gavrilova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International research journal]. – 2016. – № 11-5 (53). – P. 27-30. [in Russian]

3. Vaulina G.I. Agrojekologicheskie aspekty pri kompleksnom primenenii sredstv himizacii [Agroecological aspects in complex application of chemicalization means] / G.I. Vaulina, A.M. Aliev, L.M. Derzhavin, A.M. Konova, L.N. Samojlov // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno - metodicheskoy konferencii uchrezhdenij - uchastnikov Geoseti Rossii i stran SNG: «Sostojanie i perspektivy agrohimičeskikh issledovanij v geograficheskoy seti opytov s udobrenijami» [Proceedings of the International scientific and methodological conference of Geoset participating institutions of Russia and CIS countries: "the state and prospects of agrochemical research in the geographical network of fertilizer experiments"]. – Moskva, 2010. – P. 137-139. [in Russian]

4. Konova A.M. Regional'naja sistema zemledelija Smolenskoj oblasti [Regional system of agriculture in the Smolensk region] / sost.: A.M. Konova [i dr.]. – Smolensk: «Agronauchservis», 2013. – 277 p. [in Russian]

5. Bosak V.N. Sistemy udobrenija v sevooborotah na dervno-podzolistyh legkosuglinistyh pochvah [Fertilizer system in crop rotation on sod-podzolic light loamy soils] / V.N. Bosak. – Minsk, 2003. – 176 p. [in Russian]

6. Dyckova T.A. Parametry jekologicheskoy plastichnosti i stabil'nosti sortoobrazcov klevera lugovogo v uslovijah Smolenskoj oblasti [Ecological plasticity and stability of the red clover samples in the Smolensk region] / T.A. Dyckova, Je.S. Rekashus, A.D. Prudnikov, A.M. Konova, O.V. Kurdakova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International research journal]. – 2015. – № 11-6 (42). – P. 56-60. [in Russian]

7. Konova A.M. Rukovodstvo po jelementam tehnologii proizvodstva semjan klevera lugovogo sorta Nadezhnyj [The guide elements of technology of seed production of red clover varieties are Nadezhnyj] / A.M. Konova, T.A. Dyckova, O.V. Kurdakova. – Smolensk, 2015. – 26 p. [in Russian]

8. Konova A.M. Izuchenie vozrastajushhih doz mineral'nyh udobrenij i ih modelirovanie po rezul'tatam polevogo opyta [Study of increasing doses of mineral fertilizers and their modeling based on the results of field experience] / A.M. Konova // Agrohimičeskij vestnik [Agrochemical Bulletin]. – 2008. – № 4. – P. 29-30. [in Russian]

9. Dospheov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of field experience] / B.A. Dospheov. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p. [in Russian]

10. Ivanova T.I. Prognozirovanie jeffektivnosti udobrenij s ispol'zovaniem matematicheskikh modelej [Forecasting the effectiveness of fertilizers using mathematical models] / T.I. Ivanova. – M.: Agropromizdat, 1989. – 235 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.014>Кошкарар С.И.<sup>1</sup>, Буланбаева П.У.<sup>2</sup>, Шаянбекова Б.Р.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-9281-0825, Доктор технических наук, профессор,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-3879-0680, Докторант,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0003-0399-6387, Кандидат технических наук,<sup>1,2,3</sup>Кызылординский государственный университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан**РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ РИСА****Аннотация**

Исследования проводились на рисовых полях Караултюбинского опытного хозяйства Казахского НИИ рисоводства, ТОО «1 мая» Жанакорганского района, ТОО «Жалантос Бахадур» Казалинского района. На основе экспериментальных данных рассчитаны показатели экологически оптимальной оросительной нормы риса. Размеры экологически оптимальной оросительной нормы риса составляют для условий Тогускенского массива орошения 2710 мм, в пределах Кызылординского массива – 2590 мм, в условиях Казалинского массива орошения – 2550 мм.

**Ключевые слова:** рисовое поле, засоления почв, коэффициент фильтрации грунтов, фильтрация воды, глубина грунтовых вод.

Koshkarov S.I.<sup>1</sup>, Bulanbaeva P.U.<sup>2</sup>, Shayanbekova B.R.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-9281-0825, PhD in Engineering, Professor,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-3879-0680, Doctoral candidate,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0003-0399-6387, PhD in Engineering,

Kyzylorda State University named after Korkyt Ata, Kyzylorda, Kazakhstan

**PARAMETER CALCULATION OF ENVIRONMENTALLY OPTIMUM RICE IRRIGATION MODE****Abstract**

The research was carried out on the rice fields of the Karaultubinsk experimental farm of the Kazakh Scientific and Research Institute of Rice Growing, LLP "May 1" in Zhanakorgan district, "Zhalantos Bahadur" LLP, Kazalinsky district. On the basis of experimental data, the indicators of the ecologically optimal irrigation norm of rice are calculated. Dimensions of the ecologically optimum irrigation norm of rice are for the conditions of the Togusken irrigation array of 2710 mm, within the Kyzylorda massif – 2590 mm, under the conditions of the Kazalinsky irrigation array – 2550 mm.

**Keywords:** rice field, soil salination, soil filtration coefficient, water filtration, groundwater depth.

В последнее время возникает необходимость соответствия режимов орошения сельскохозяйственных культур природно-климатическим условиям орошаемых массивов, обеспечивающих благоприятные мелиоративные и экологические условия регионов. Это связано с рациональным использованием водных ресурсов в связи с острым дефицитом поливной воды и необходимостью повышения экономической эффективности мелиораций. В низовьях Сырдарьи проблема эта приобретает все более усиливающийся характер в силу обеспечения экологической устойчивости земель сырдарьинского Приаралья. Не умаляя высокую потребность в орошении сопутствующих культур рисового севооборота, мы должны признать приоритетную роль риса в формировании основных показателей мелиоративного и экологического режимов орошаемых земель в низовьях реки. До настоящего времени много говорилось о мелиорирующей роли риса. Это в определенной мере послужило причиной значительного повышения оросительной нормы риса. Повышение расхода воды на рисовых полях обосновывалось необходимостью выноса воднорастворимых солей из почв под рисом. Однако, ныне необходим пересмотр этого положения, ввиду складывающегося противоречия его с требованием поддержания на оросительной системе благоприятного экологического режима.

Рассмотрим понятие об экологически оптимальном режиме орошения риса. Показатели экологически оптимального режима орошения риса должны быть таковы, чтобы если полностью не оградить оросительную систему от поступления на нее вредных загрязняющих веществ, то хотя бы заметно снизить поступление в почву рисовых полей вредных химических веществ. Ныне содержание воднорастворимых солей в речной воде остается на достаточно высоком уровне. Поэтому ввиду значительного привноса вредных химических веществ с оросительной водой, оросительная норма риса должна быть в максимальной степени минимальной, чтобы обеспечить малое поступление химических веществ на орошаемые земли. Весьма важно и то, что негативное влияние рисовой оросительной системы на прилегающие земли и окружающие ландшафты в целом должно быть также минимальным. Это требование вполне удачно сочетается с условием минимальной оросительной нормы. В завершение всего должно быть обеспечено получение экономически оправданного урожая риса [1, С. 23], [2, С. 178].

Полученные нами в ходе полевых исследований показатели и результаты предыдущих мелиоративных изысканий ученых позволяют подойти к установлению параметров экологически оптимального режима орошения риса для условий Тогускенского, Кызылординского и Казалинского орошаемых массивов Кызылординской области.

По исследованиям В.М.Боровского, М.А.Погребинского, А.М.Нургизаринова, Ш.Бегишева на Тогускенском массиве распространены лугово-болотные почвы на рисовых системах и такыровидные почвы на неорошаемых землях. Осредненное значение коэффициента фильтрации составляет 0,60-0,66 м/сут [3, С. 232], [4, С. 32], [5, С. 30], [6, С. 221].

Для Кызылординского массива орошения характерны лугово-болотные, аллювиально-луговые, болотные почвы. Тип засоления почв преимущественно хлоридно-сульфатный. Коэффициент фильтрации варьирует в пределах 0,35-0,42 м/сут.

На Казалинском массиве орошения распространены в основном средние и сильнозасоленные лугово-болотные почвы тяжелосуглинистого механического состава. Здесь коэффициент фильтрации грунтов составляет 0,18-0,24 м/сут.

По данным Кызылординской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции в 2005-2011 гг. минерализация воды в Сырдарье составляла в створе Тогускенского массива 1,3, около Кызылорды – 1,45, в створе Казалинского гидроузла – 1,60 г/л.

В разное время исследования составляющих оросительной нормы риса в условиях Кызылординской области проводили К.Д.Длиббетов, С.И.Кошкараров и др. [7, С. 12], [8, С. 29], [9, С. 83]. По этим исследованиям суммарное водопотребление риса найдено в пределах 8,3-9,0 тыс.м<sup>3</sup>/га. По рассматриваемым массивам орошения этот показатель варьирует в зависимости от сортовых отличий и климатических условий. В связи со сказанным значение суммарного водопотребления риса в наших расчетах принято равным 8950 м<sup>3</sup>/га для Тогускенского, 8500 м<sup>3</sup>/га для Кызылординского и 8350 м<sup>3</sup>/га для Казалинского массивов орошения.

Объем первоначального затопления рисового чека определяется по формуле:

$$W = 100 \gamma H (\beta_{\max} - \beta_0), \quad (1)$$

где:  $\gamma$  - объемная масса грунтов;

$H$  - глубина залегания уровня грунтовых вод в момент первоначального затопления;

$\beta_{\max}$  - полная влагоемкость грунтов;

$\beta_0$  - влажность грунтов в момент сева риса.

Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Объем первоначального насыщения грунтов зоны аэрации

Массив орошения	Глубина грунтовых вод, м	Расчетная глубина грунтовых вод, м	Объемная масса грунтов, т/м <sup>3</sup>	Расчетная объемная масса грунтов, т/м <sup>3</sup>	$\beta_{\max} - \beta_0$ , %	W, м <sup>3</sup> /га
Тогускенский	3,7-4,4	4,05	1,35-1,42	1,38	7,5	4190
Кызылординский	3,2-3,9	3,50	1,38-1,48	1,43	8,2	4100
Казалинский	2,5-3,5	3,00	1,42-1,53	1,47	8,0	3530

По исследованиям С.И.Кошкарарова выполненным в условиях Правобережного Кызылординского массива орошения в пьезометре глубиной 1,5 м за вегетационный период средний напор был в пределах 2,8-3,2 см [10, С. 128], [11, С. 47].

По данным фактических наблюдений за сосудами-испарителями В.Б.Зайцева, расположенным в том же чеке объем фильтрационных потерь составил 6400 м<sup>3</sup>/га. В этих исследованиях коэффициент фильтрации грунтов - 0,38 м/сут. Расчетный же объем фильтрационных потерь по показателям скважин-пьезометров составляет 5950 м<sup>3</sup>/га. Разница объемов фильтрации, замеренной непосредственно в сосудах-испарителях, и рассчитанной по показаниям пьезометров равен 450 м<sup>3</sup>/га, что около 7 %. Это вполне удовлетворительная сходимость фактических и расчетных показателей. Следовательно, этот метод можно использовать для установления фильтрационных потерь на других орошаемых массивах.

Коэффициенты фильтрации грунтов составляют соответственно для Тогускенского – 0,63, для Казалинского массива – 0,25 м/сут. Расчетные величины фильтрации при этом равны 10700 и 4250 м<sup>3</sup>/га.

Под рисом происходит заметное рассоление почв. В исследованиях С.И.Кошкарарова и др. фильтрация воды в размере 5060 м<sup>3</sup>/га обеспечила, вымыв 33,4 т водорастворимых солей. Коэффициент вымыва солей составил 151,5 м<sup>3</sup>/т [12, С. 125], [13, С. 23].

Считаем важной целью экологически оптимального режима орошения риса поддержание нулевого баланса солей в севообороте. Иначе говоря, вынос солей под рисом должен только компенсировать поступление солей за счет поливов и то незначительное засоление, которое обычно происходит на полях с сопутствующими культурами с незначительным запасом, сводящим на нуль некоторую реставрацию засоления, которое возможно на полях вневегетационный осенне-весенний период.

В зоне Тогускенского массива орошения минерализация воды в Сырдарье равна 1,3 г/л. При оросительной норме риса 23 тыс. м<sup>3</sup>/га на гектар поля поступит 29,9 т солей. Учитывая относительно легкие почвенно-мелиоративные условия этого массива, считаем целесообразным обеспечение рассоления 50см слоя почвы не более чем на 0,20 %. Обычно ротация рисового севооборота длится 7-8 лет. В этом случае на поле севооборота рис возделывается 3 года, остальные 5 лет поле занято сопутствующими культурами.

По нашим ранним исследованиям за вегетационный период накопление солей под сопутствующими культурами составляет 0,051-0,064 %. Таким образом, за три года стояния риса уменьшение содержания солей составит 0,60 %, увеличение – 0,32 %. 0,28 %-ный избыток рассоления будет работать на компенсацию реставрации засоления почв на полях, которое будет иметь место вневегетационный период.

При 0,20 %-ном рассолении с гектара будет вынесено 13,8 т солей. Поступление солей с оросительной водой на гектар поля 29,9 т. Следовательно, нужно обеспечить вынос 43,7 т солей. С учетом, рассчитанного выше коэффициента вымыва солей (151,5 м<sup>3</sup>/т) для этого потребуется 6650 м<sup>3</sup>/га фильтрации.

При этом доля привноса солей с оросительной водой составляет почти 70 %. Это указывает на то, что решение проблемы экологического улучшения оросительных систем Кызылординской области во многом связано с необходимостью кардинального уменьшения химического загрязнения Сырдарьи.

В пределах Кызылординского массива орошения минерализация воды в Сырдарье составляет 1,45 г/л. При оросительной норме 23 тыс.м<sup>3</sup>/га поступление солей на гектар поля равно 33,3 т. В связи с ухудшением почвенно-мелиоративной обстановки в сравнении с Тогускенским массивом, считаем целесообразным здесь увеличение выноса солей с 50 см слоя почвы до 0,25 %. В абсолютном выражении это 17,8 т. Итак, общий вымыв солей, составляет 51,1 т. Для вымыва этого объема солей потребуется 7720 м<sup>3</sup> фильтрационных вод.

На Казалинском массиве минерализация воды в Сырдарье выросла до 1,6 г/л. Здесь с оросительной водой на поля поступает 36,8 т/га солей. Этот массив отличается тяжелыми почвенно-мелиоративными и гидрогеологическими

условиями. Поэтому в расчетах величина вымыва солей в 50 см слое почвы принята равной 0,30 %. Тогда из почвы будет вынесено 22,0 т солей. Общий вымыв солей, составляет 58,8 т/га. Для удаления этого объема солей потребуется 8908 м<sup>3</sup>/га промывной воды. Однако, фильтрация воды здесь составляет всего 4250 м<sup>3</sup>/га. Следовательно, недостающий объем промывных вод должен быть восполнен за счет сбросных вод с поверхности чеков (таблица 2).

На основе полевых исследований установлена фактическая динамика фильтрационных потерь воды на рисовых чеках в условиях трех указанных орошаемых массивов.

Таблица 2 – Составляющие экологически оптимальной оросительной нормы риса

Части оросительной нормы	Элементы водного баланса	Орошаемые массивы					
		Тогускенский		Кызылординский		Казалинский	
		м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>	%
Экологическая	Фильтрация	8550	32	7330	28	4895	19
	Сбросы или смена воды	1500	4	3000	12	6000	23
Почвенно-гидрогеологическая	Первоначальное насыщение грунтов	4490	18	4100	16	3730	14
Физиологическая	Суммарное водопотребление	9000	33	8500	33	8350	34
Технико-эксплуатационная	Перерасход воды из-за неровности чеков	3500	13	3000	11	2500	10
Всего		27040	100	25930	100	25475	100

Максимальное значение фильтрационных потерь на рисовом поле наблюдается на Тогускенском массиве (841 мм), минимум фильтрационных потерь в условиях Казалинского массива (456 мм). Кызылординский массив занимает промежуточное положение (648 мм) (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика фильтрационных потерь оросительной воды под затопленным рисовым полем

Орошаемый массив	Год исследований	Средняя скорость фильтрации, мм/сут	Продолжительность фильтрации, сут.	Объем фильтрационных потерь, м <sup>3</sup> /га	Среднее за 2 года объем фильтрационных потерь, м <sup>3</sup> /га
Тогускенский	2013	10,5	80	8140	8550
	2014	10,7	83	8960	
Кызылординский	2013	8,1	80	6480	7330
	2014	9,9	83	8180	
Казалинский	2013	5,7	80	4560	4895
	2014	6,3	83	5230	

Среднее за 2 года исследований объем фильтрационных потерь рисового чека составляет на Тогускенском массиве 8550 м<sup>3</sup>/га, в условиях Кызылординского массива 7330 м<sup>3</sup>/га. Значение фильтрационных расходов на Казалинском массиве сравнительно меньше и составляет 4895 м<sup>3</sup>/га.

Мы при расчете составляющих экологически оптимальной оросительной нормы риса эти показатели, характеризующие современные гидрогеологические условия региона. Нами введен элемент перерасхода оросительной воды, связанный с неровностью поверхности чеков. На основе этого и с учетом того, что в условиях Тогускенского массива, ввиду значительных уклонов рельефа в сравнении с Казалинским массивом, значения перерасхода воды из-за неровности чеков приняты максимальными для Тогускенского массива и минимальными для Казалинского.

Доля экологической части оросительной нормы представленной, суммой фильтрации и сбросами воды возрастает при приближении массивов к Аральскому морю, что закономерно.

Таким образом, размеры экологически оптимальной оросительной нормы риса составляют для условий Тогускенского массива орошения 2710 мм, в пределах Кызылординского массива - 2590 мм, в условиях Казалинского массива орошения – 2550 мм. Вполне естественно, что эти показатели должны уточняться для конкретных участков орошения.

#### Список литературы / References

1. Кошкарар С.И. Экологически оптимальный режим орошения риса в Приаралье // Материалы республиканской научной конференции. – Алматы: РНИ «Бастау», 1998. – С. 23-26.
2. Жайлыбай К.Н. Күріш егіншілігі және экология. - Алматы, 2006. – 178 с.
3. Боровский В.М. Формирование засоленных почв и галогеохимические провинции Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 232 с.
4. Погребинский М.А. Грунтовые воды Кызыл-Ординского массива и их изменения в результате регулирования стока Сыр-Дарьи // Проблемы освоения низовьев Сыр-Дарьи под рисовое хозяйство. – Алма-Ата: Наука, 1969. – С. 32-37.
5. Нургизаринов А.М., Кошкарар С.И. и др. К вопросам мелиорации земель и орошения сельскохозяйственных культур в низовьях реки Сырдарьи // Особенности технологии возделывания риса на юге Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1979. – С. 30-45.
6. Бегишев Ш.Х. Комплексное управление водно-воздушным, солевым и питательным режимами почв на рисовых системах. // Дисс... канд. техн. наук. – М.: МГМИ, 1982. – 221 с.

7. Кошкарров С.И. Предупреждение вторичного засоления почв на рисовых системах (рекомендации). – Алма-Ата: Кайнар, 1978. – 12 с.
8. Кошкарров С.И., Сагаев А.А. Солевой режим почв в рисовых севооборотах. // Мелиорация и водное хозяйство. – 1990. – №7. – С. 29-30.
9. Длимбетов К.Д., Кошкарров С.И., Жиенбаев Б.А. Орошение люцерны в рисовых севооборотах Кызыл-Ординской области // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1976. - №3. – С. 83-85.
10. Кошкарров С.И., Буланбаева П.У. Гидрогеохимический режим ландшафтов в низовьях Сырдарьи // Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – 2013. - №4 (50). – С. 128-133.
11. Кошкарров С.И. Поливная норма орошаемой культуры // Водное хозяйство Казахстана. – 2014. - №1 (57). - С. 47-49.
12. Кошкарров С.И. О методах расчета режима орошения культур // Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – 2014. - №3 (53). – С. 125-129.
13. Кошкарров С.И., Умирзаков С.Ы., Шаянбекова Б.Р., Буланбаева П.У. Оптимальный режим орошения риса после кущения до начала восковой спелости (рекомендации). – Кызылорда, 2014. – 23 с.

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

1. Koshkarov S.I. Ekologicheski optimal'nyy rezhim orosheniya risa v Priaral'ye [Ecologically Optimal Mode of Rice Irrigation in Aral Sea Area] // Proceedings of the republican scientific conference. – Almaty: RNI "Bastau," 1998. – P. 23-26. [In Russian]
2. Zhailibay K.N. Kurish eginshiligi zhene ekologiya [Rice farming and ecology] – Almaty, 2006. – 178 p. [In Kazakh]
3. Borovsky V.M. Formirovaniye zasolennykh pochv i galogeokhimicheskiye provintsii Kazakhstana [Saline Soils Formation and Halogeochemical Provinces of Kazakhstan] – Alma-Ata: Science, 1982. – 232 p. [In Russian]
4. Pogrebinsky M.A. Gruntovyye vody Kzyl-Ordinskogo massiva i ikh izmeneniya v rezul'tate regulirovaniya stoka Syr-Dar'i [Groundwater of Kzyl-Orda Massif and Their Changes as a Result of Syr-Darya Flow Regulation] // Problems of development of the Syr-Darya lower reaches for rice farming. – Alma-Ata: Science, 1969. – P. 32-37. [In Russian]
5. Nurgizarinov A.M., Koshkarov S.I. and others K voprosam melioratsii zemel' i orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v nizov'yakh reki Syrdar'i [To Issues of Land Reclamation and Irrigation of Agricultural Crops in Lower Reaches of the Syr-Darya River] // Features of the technology of rice cultivation in the south of Kazakhstan – Alma-Ata: Kainar, 1979. – P. 30-45. [In Russian]
6. Begishev Sh.H. Kompleksnoye upravleniye vodno-vozdushnym, solevym i pitatel'nyim rezhimami pochv na risovykh sistemakh [Integrated Management of Water-air, Salt and Nutrient Modes of Soils on Rice Systems] // PhD thesis in Engineering – Moscow: MIHR, 1982. – 221 p. [In Russian]
7. Koshkarov S.I. Preduprezhdeniye vtorichnogo zasoleniya pochv na risovykh sistemakh (rekomentatsii) [Prevention of secondary soil salinization on rice systems (recommendations)] – Alma-Ata: Kainar, 1978. – 12 p. [In Russian]
8. Koshkarov S.I., Sagaev A.A. Solevoy rezhim pochv v risovykh sevooborotakh [Salt regime of soils in rice crop rotations] // Melioration and water management. – 1990. – No. 7. – P. 29-30. [In Russian]
9. Dlimbetov K.D., Koshkarov S.I., Zhienbaev B.A. Orosheniye lyutserny v risovykh sevooborotakh Kzyl-Ordinskoy oblasti [Irrigation of Alfalfa in Rice Crop Rotations of Kyzyl-Orda Region] // Bulletin of agricultural science of Kazakhstan. - 1976. – No. 3. – P. 83-85. [In Russian]
10. Koshkarov S.I., Bulanbaeva P.U. Gidrogeokhimicheskiy rezhim landshaftov v nizov'yakh Syrdar'i [Hydrogeochemical Regime of Landscapes in Lower Reaches of Syr-Darya] // Bulletin of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan. – 2013. – No.4 (50). – P. 128-133. [In Russian]
11. Koshkarov S.I. Polivnaya norma oroshayemoy kul'tury [Irrigated Norm of Irrigated Crop] // Water management of Kazakhstan. – 2014. – No. 1 (57). – P. 47-49. [In Russian]
12. Koshkarov S.I. O metodakh rascheta rezhima orosheniya kul'tur [On Methods for Calculating Irrigation of Crops] // Bulletin of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan. – 2014. – No. 3 (53). – P. 125-129. [In Russian]
13. Koshkarov S.I., Umirzakov S.Y., Shayanbekova B.R., Bulanbaeva P.U. Optimal'nyy rezhim orosheniya risa posle kushcheniya do nachala voskovoy spelosti (rekomentatsii) [Optimum Regime of Rice Irrigation after Tillering before Beginning of Wax Ripeness (Recommendations). – Kyzylorda, 2014. – 23 p. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.015>

Лисецкий Ф.Н.

ORCID: 0000-0001-9019-4387, профессор, доктор географических наук,

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

*Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта № 5.4711.2017/6.7 в рамках Госзадания НИУ "БелГУ" на 2017-2019 гг.***ДИАГНОСТИКА РЕЛИКТОВ ДРЕВНЕЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПО ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СТАРОЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ****Аннотация**

Используя потенциал междисциплинарного подхода, интегрирующего возможности археологии и наук о Земле, представлены результаты исследования залежи на месте античных многолетних насаждений (виноградников и садов) в Северо-Западном Крыму. Установлено, что плантажированная почва в античном винограднике отличается от целинной почвы большей степенью обогатения карбонатами кальция, что оказывало благоприятное действие на качество производимого вина. Наибольшие отличия древнего плантажированного горизонта от горизонта-аналога у целинной почвы установлены по диагностике продолжающегося процесса выноса оксидов Ca, Na, Mg, а также по более низкому содержанию макроэлементов (Fe, Al, Si, K, Mn), питательных элементов растений (Ni, Zn, Mn, Pb, Cu, Co) и микроэлементов. Несущественные различия между целинной и древнеземледельческой почвами отмечены по гумусированности и таким химическим показателям, как реакция почвенного раствора, содержание титана, калия, мышьяка, а также фосфора (валового и подвижных форм). Постагрогенная трансформация турбированных (в результате плантажа) горизонтов почвы длительное время сохраняется в особенностях ее твердой фазы, что позволило определить реликтовые признаки агрогенной трансформации почвы под влиянием многолетних насаждений в античный период (остаточная карбонатность, повышенная доля гуминов, более грубый гранулометрический состав, более низкий уровень качества почвы).

**Ключевые слова:** залежи, античное земледелие, многолетние насаждения, геохимия почв, Крым.

Lisetskii F.N.

ORCID: 0000-0001-9019-4387, Professor, PhD in Geography

Belgorod State National Research University

*The research was supported by the project No. 5.4711.2017 / 6.7 within the framework of the State University "BelSU" for 2017-2019***DIAGNOSTICS OF RELICS OF ANCIENT-AGRICULTURAL LOADS ON GEOCHEMICAL TRANSFORMATION OF LONG-FALLOW SOILS****Abstract**

Using the potential of an interdisciplinary approach, which integrates the possibilities of archeology and geoscience, the results of a study of the deposit in place of ancient perennial plantations (vineyards and gardens) in the North-Western Crimea are presented. It is established that the planted soil in the ancient vineyard differs from the virgin soil with a greater degree of enrichment with calcium carbonates, which had a favorable effect on the quality of the wine produced. The greatest differences between the ancient planted horizon and the horizon-analogue in virgin soil are established by the diagnosis of the continuous process of removal of oxides of Ca, Na, Mg, and also by the lower content of macroelements (Fe, Al, Si, K, Mn), plant nutrients (Ni, Zn, Mn, Pb, Cu, Co) and microelements. The insignificant differences between virgin and ancient soils are noted for their humus content and chemical characteristics, such as the reaction of the soil solution, the content of titanium, potassium, arsenic, and also phosphorus (gross and mobile forms). The post-agrogegenic transformation of the horizons of the turbines (as a result of plantation) for a long time is preserved in the features of its solid phase, which made it possible to determine relict signs of agrogegenic transformation of the soil under the influence of perennial plantations in the ancient period (residual carbonate content, increased proportion of humins, coarser granulometric composition, lower level quality of soil).

**Keywords:** deposits, ancient agriculture, perennial plantations, geochemistry of soils, Crimea.

**Введение**

Социально-экономические причины могут приводить к сокращению доли пашни и формированию залежных земель. Это также связано с возникающей необходимостью экологической реабилитации деградированных земель, перевода их под консервацию. В геоботаническом смысле залежами считают [5, С. 30] такие экосистемы, которые когда-то (более года назад) были землями, занятыми под сельскохозяйственные культуры, но были выведены из оборота и в данный момент развиваются преимущественно под действием природных процессов.

В научном отношении проблематика, связанная с изучением особенностей функционирования постагрогенных экосистем, оценкой скорости ренатурации почв и растительности, находится в фокусе внимания ученых многих стран, включая ученых России. В постантичных ландшафтах небольшие площади могут занимать ландшафты посттурбационные (т.е. сформированные на перемещенных почво-грунтах при формировании курганов и валов различного назначения) и ландшафты постселитебные (на месте мест расселения людей), а при масштабном развитии земледелия на значительных площадях – постагрогенные ландшафты. Восстановительные сукцессии почв и растительности становились объектом изучения ранее [20, С. 51]; [11, С. 217-219]. В последнее время обращено внимание на возможности предоставления постагрогенными ландшафтами потенциальных услуг экосистем (средосберегающих и средообразующих функций) при различных сценариях климатических изменений и социально-экономического развития [23, С. 2].

Особый интерес представляют территории длительного аграрного освоения, где сформировались постантичные залежи и разновременные залежи XIX-XX вв. К таким регионам относится Крым, для которого в последние десятилетия представление о масштабе хозяйственного освоения земель в античную эпоху существенно изменилось

за счет использования новых методов исследований [14, С. 81-92]. В условиях Крыма относительно большие площади залежей помимо социально-экономических проблем обусловлены еще одной существенной причиной – на каменистых почвах (а это каждый третий гектар земель) ниже уровень плодородия почв и хуже их технологические свойства, что приводит к росту затрат на производство единицы продукции [21, С. 1327].

### Объекты и методы

Помимо хорошо известных районов античного виноградарства в Северном Причерноморье (Ольвия, Херсонес, Боспор) гораздо меньше данных о создании многолетних насаждений на сельской территории Северо-Западного Крыма, включенной к IV – началу III вв. до н. э. в состав Херсонесского государства [3, С. 24]. Если в Северо-Западном Крыму полеводство, направленное на выращивание зерна, было основной отраслью растениеводства, то второй по значимости культурой был виноград. Размежевание земельного массива в сельской округе Калос Лимена (Прекрасной Гавани) и создание плантажа можно синхронизировать с «Херсонесским» культурно-историческим периодом формирования этого античного центра (концом третьей четверти IV в. до н. э. – серединой II в. до н. э.), когда произошла смена культурной традиции с ионийской на дорийскую [7, С. 16]. Меньшая зависимость виноградарства (в отличие от полеводства) от аридизации климата может быть объяснением смены отраслей земледелия в отдельные эпохи. Следы древнего размежевания земель под садоводство и виноградарство обнаружены в восьми местах Северо-Западного Крыма, включая окрестности Калос Лимена [14, С. 260].

По результатам масштабных магнитных съемок в приморской зоне между бухтами Ак-Мечетской и Ветреной, в 1,2–1,3 км к северо-востоку от городища Калос Лимен (IV до н. э. – II в. н. э.) был обнаружен античный земельный массив с ясными следами организации территории под многолетние насаждения [12, С. 55] и была реконструирована система земельных наделов в округе Калос Лимена [13, С. 145]. В ландшафтном отношении территория представляет собой пологое плато (средняя крутизна 1°), возвышающееся на 7–8 м над узкой пляжной зоной южного побережья Каркинитского залива. Современная растительность в пределах земельного участка разнотравно-злаковая при участии ковыля Лессинга. Общее проективное покрытие – 95%. В наиболее хорошо сохранившейся части массива был заложен шурф (стратиграфическая траншея) с северо-востока на юго-запад общей длиной около 70 м перпендикулярно ориентации плантажных стен [13, С. 147], который был изучен нами почвенно-генетическими методами. Результаты измерений между плантажными стенами показали, что в земельном массиве были сформированы как узкие наделы (шириной 1,8 м), так и широкие наделы (шириной 10 м) [9, С. 307]. Считается [14, С. 329], что наделы предназначались под виноградники и сады, но со временем, вероятно, была выполнена частичная перепланировка под полевые культуры.

Для анализа почвенных образцов использованы общепринятые методики: углерод органический (Сорг) методом Тюрина (титриметрический вариант); групповой состав гумуса по методу Тюрина в модификации Пономаревой и Плотниковой; pH водн. потенциометрическим методом; CO<sub>2</sub> карбонатов ацидиметрическим методом; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> по Мачигину (спектрофотометр UNICO-1200, США). Окраска сухой почвы установлена по атласу цветов Манселла (Munsell Soil Color Charts, 2000).

Постагrogenная (полностью невосстанавливаемая) трансформация турбированных горизонтов почвы сохраняется в особенностях ее твердой фазе длительное время и может быть диагностирована с помощью комплекса взаимно дополняющих биогеохимических индикаторов-свидетелей [22, С. 369]. Концентрацию макро- и микроэлементов в почвах определяли на вакуумном волнодисперсионном рентенофлуоресцентном спектрометре «Спектроскан Макс-GV» в порошковых пробах по методике измерений массовой доли химических элементов. Используя ранее рассмотренный комплекс геохимических соотношений и коэффициентов [18, С. 1317, 1319]; [22, С. 369], по величинам коэффициента вариации (V, %), позволяющего сравнивать выборки из однотипных генеральных совокупностей, проведен отбор наиболее информативных биогеохимических индикаторов трансформации почв в постагrogenном режиме. Обоснование структуры расчета коэффициент накопления микроэлементов (K<sub>с</sub>) представлено ранее [22, С. 368].

Классификацию объектов проводили в программном продукте STATISTICA 10.0, используя метод многомерного кластерного анализа (алгоритм древовидной кластеризации методом Уорда в квадрате Евклидова расстояния).

### Результаты и их обсуждение

На приморском плато у городища Калос Лимен местные субстратно-литологические особенности корнеобитаемого слоя, выявляемые современными методами исследований, оставались абсолютно неизменными в античное время и по ним можно судить о строго очерченных рамках возможностей устойчивой и эффективной практики возделывания сельскохозяйственных культур при закладке виноградников, садов и развитии полеводства [9, С. 314]. Это отличает литогенную основу как базовый фактор от изменений климатических условий, что требовало использования адаптированной специализации растениеводства.

Почвы, которые были плантажированы в античную эпоху, по содержанию камней отнесены к слабокаменистым (доля камней составила 2,9% по массе и 4,7% по объему). По степени каменистости, которая характеризуется суммарным объемом камня (крупнее 5 см в диаметре) – 2 м<sup>3</sup>/га, почвы отнесены к малокаменистым, однако такая оценка применима только в поверхностному (0–5 см) слою старозалежной почвы. При изучении виноградников в местностях с каменистыми почвами было отмечено [1, С. 297], что наличие на поверхности скелетных обломков оказывает особенно положительное действие, так как каменистая мульча накапливает солнечное тепло и, отражая его, облучает виноградные ягоды.

Античные виноградари у Калос Лимена путем выборки верхнего слоя скалы формировали корытообразную траншею, которую заполняли рыхлыми почво-грунтами. Поэтому между плантажными стенами в профиле почв имеется щебенчатый слой на глубине 31–43 (до 57) см с диаметром камней от 3 до 13 см. Следует отметить, что, разрушая скалу и формируя плантажные стенки, для виноградарей было важно оставлять под рядки виноградного растения умеренное количество камней в корнеобитаемом слое. По современным шкалам оценки качества почв по количеству скелета [6, С. 229] принято, что такие группы почв как скелетные и каменистые (>90 и 70–90% скелета от объема) имеют плодородие по винограду – 20–50%, а щебнисто-каменистые почвы (50–70% скелета от объема) характеризуются снижением продуктивности на 30–50%. Весь профиль постагrogenной почвы в результате

механических турбаций отличается от целинной почвы превышением доли фракции  $> 0,05$  мм (на 4,1%), прежде всего, за счет большого содержания в гор. АВ среднего и крупного песка – более чем в 2 раза. У целинной почвы только слой от 84 до 102 см имеет значительную каменность и по содержанию частиц больше 3 мм – 33,6% он относится к сильноскелетным. Именно на этот слой природной концентрации грубоскелетного материала и были направлены основные усилия античных виноградарей по созданию оптимального корнеобитаемого слоя при закладке виноградника. Как мы видим по вышеприведенным данным, античным виноградарям, применявшим плантажную подготовку почвы, удавалось достичь определенного оптимума по каменности в корнеобитаемом слое.

Почва в античных земельных наделах определена нами как турбозем постагрогенный карбонатный среднесуглинистый. Среднее содержание гумуса составляет 2,8%. С помощью педохронологического метода датирования определено начало процесса ренатурации почвы – не позже середины IV в. до н. э. Так как процесс почвообразования протекал непрерывно от времени агротурбаций как в агроценозе, так и в залежи, то полученная датировка отражает время создания многолетних насаждений в системе размежевания земель. Из этого следует, что система размежевания земель и создание многолетних насаждений у Калос Лимена приходится на начало «Херсонесского» периода развития дорийской Прекрасной Гавани (конец третьей четверти IV в. до н. э. [7, С. 16]).

Для выявления различий отдельных горизонтов (и слоев) почв в ненарушенном профиле и в результате древней плантажной обработки были выполнены отборы почвенных образцов (табл. 1) по пяти генетическим горизонтам целинной почвы (разр. 6, № 61–65), а также для постантичной залежи в двух вариантах: 1) по тем горизонтам, которые сформировались к настоящему времени (№ 51–55); 2) по тем глубинам отбора, которые полностью соответствуют ненарушенному профилю в целинных условиях (слоям-аналогам) (№ 56–59). Используя данные по второму варианту, можно с определенной степенью объективности реконструировать результаты агротурбаций исходной почвы в земельных наделах античного времени при проведении плантажной обработки.

Таблица 1 – Схема отбора почвенных образцов на постантичной залежи (разр. 5) и на целине (разр. 6)

Целина (разр. 6)		Залежь (разр. 5)		Залежь (слои-аналоги целине)	
№ образца	Горизонт, глубина, см	№ образца	Горизонт, глубина, см	№ образца	Горизонт, глубина, см
61	A, 4–19	51	A, 0–24	56	4–19
62	AB1, 19–32,5	52	AB1, 24–36	57	19–32,5
63	AB2, 32,5–52	53	AB2, 36–63	58	32,5–52
64	BC, 52–84	54	BC, 63–84	59	52–84
65	C, 84–102	55	C, 84–99	по № 65	C, 84–102

Несмотря на длительный период залежи постагрогенная почва содержит ясные свидетельства агротурбаций. Сравнение по тем же генетическим горизонтам постагрогенной и целинной почв (табл. 2) показывает, что в результате агротурбаций наиболее значительно изменился карбонатный профиль почвы: это отражается в более высоком содержании оксида кальция (по результатам валового анализа почв) и ассоциированного с кальцием стронция, а также карбонатов кальция (по ацидиметрическому методу). В плантажированной почве средневзвешенное содержание карбонатов кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) в метровом слое больше, чем у целинной почвы на 9,6%, достигая 46%. По содержанию оксида кремния и семи микроэлементов, напротив, отмечается существенное обеднение постагрогенной почвы по сравнению с целинной.

Таблица 2 – Наиболее существенные различия между генетическими горизонтами постагрогенной и целинной почв

Элемент	Единица измерения	Номера сравниваемых слоев почв*					Среднее
		51–61	52–62	53–63	54–64	55–65	
Sr	мг/кг	-0,81	14,93	46,57	167,11	223,50	90,26
CaO	%	4,97	10,88	13,31	22,00	21,76	14,58
$\text{CaCO}_3$	%	3,62	11,75	13,75	14,87	11,75	11,15
MgO	%	0,51	0,61	1,15	1,79	2,49	1,31
$\text{Na}_2\text{O}$	%	0,62	0,47	1,11	1,75	1,68	1,12
Pb	мг/кг	2,35	2,59	-6,76	-7,99	-4,40	-2,84
Zn	мг/кг	1,27	-2,86	-9,84	-2,34	-3,76	-3,51
Co	мг/кг	-3,27	-4,94	-5,01	-4,97	-6,53	-4,94
Ni	мг/кг	-3,87	-9,81	-12,40	-13,78	-10,88	-10,15
Cr	мг/кг	-4,05	-8,10	-8,48	-14,95	-21,34	-11,38
$\text{SiO}_2$	%	-2,27	-9,11	-10,75	-18,48	-24,08	-12,94
Cu	мг/кг	-7,17	-13,68	-15,77	-18,91	-15,99	-14,30
Rb	мг/кг	-5,20	-14,03	-17,91	-25,17	-20,20	-16,50
V	мг/кг	-6,95	-19,69	-20,50	-29,58	-25,91	-20,53
Ba	мг/кг	-9,96	-44,88	-120,2	79,85	-26,33	-24,31
Zr	мг/кг	-55,63	-49,48	-101,7	-122,6	-145,3	-94,93

Примечание: \* Нумерация образцов согласно табл. 1.

Для корректного сопоставления трансформации почвенного профиля в результате плантажа был выполнен отбор образцов в пяти слоях, которые по глубине соответствовали генетическим горизонтам, сформированным в целинной



почве на протяжении голоцена (табл. 3). Сравнивая сопоставимые по мощности профили почв, установлено, что плантажируемая почва отличается от целинной почвы большей степенью обогащения карбонатами кальция (на 20,8 отн. %) при сходном содержании органического углерода. В практике виноградарства хорошо известно благоприятное действие извести, объясняемое прямой и косвенной ролью кальция при образовании сахара, фиксации углекислоты и развитии ароматических веществ [1, С. 297].

Таблица 3 – Наиболее существенные различия между сопоставимыми слоями почвы постагрогенной и целинной

Элемент	Единица измерения	Номера сравниваемых слоев почв*					Средние по Δ, %**
		56–61	57–62	58–63	59–64	55–65	
CaO	%	4,22	11,23	12,84	18,04	21,76	66,48
MgO	%	0,23	0,61	1,30	1,27	2,49	44,68
Na <sub>2</sub> O	%	0,28	0,85	0,95	1,20	1,68	38,76
Sr	мг/кг	-26,43	26,54	36,10	101,72	223,50	29,05
CaCO <sub>3</sub>	%	3,00	9,25	10,50	11,00	11,75	25,04
Zn	мг/кг	-0,48	-4,79	-6,32	-8,64	-3,76	-7,09
Ba	мг/кг	-25,64	-54,40	-80,70	7,16	-26,33	-7,69
Cr	мг/кг	-7,62	-1,70	-6,73	-13,75	-21,34	-12,87
Pb	мг/кг	-2,58	-0,31	-3,67	-5,14	-4,40	-23,70
Ni	мг/кг	-3,47	-9,31	-12,12	-12,74	-10,88	-26,45
V	мг/кг	-6,90	-16,32	-20,60	-27,53	-25,91	-27,79
Rb	мг/кг	-4,47	-14,77	-15,67	-21,65	-20,20	-29,59
Zr	мг/кг	-48,05	-71,38	-91,77	-106,07	-145,30	-36,78
SiO <sub>2</sub>	%	-3,49	-9,38	-9,13	-15,88	-24,08	-37,59
Co	мг/кг	-2,48	-3,10	-7,16	-1,59	-6,53	-41,90
Cu	мг/кг	-6,59	-13,46	-17,23	-18,45	-15,99	-68,90

Примечание: \* Нумерация образцов согласно табл. 1. \*\* Δ – относительные (в %) отклонения значений показателей постагрогенной почвы по отношению к целинной почве.

При сравнении почв, которые испытали агрогенные изменения, с полнопрофильными (целинными) аналогами является возможность определить

В случае, если в современном этапе аграрного использования земель зафиксирован предшествующий этап (этапы) освоения, то контролируемый перечень микроэлементов может быть более развернутым [8, С. 34].

Замена зональной степной растительности на культурную, длительное пребывание почвы в междурядьях без развитого растительного покрова, результаты биологического выноса, плантажная обработка и «выгорание» гумуса определили такую сильную трансформацию почвенной системы, что, несмотря на действие почвосстанавливающих процессов, постагрогенная почва заметно отличается от целинного аналога (см. табл. 3) значительной потерей микроэлементов (Cu, Ni, Zn) и из числа полезных элементов – кремния (классификационное деление элементов по [2]).

В режиме ренатурации экосистемы в среднем (по сопоставимым слоям постагрогенной и целинной почвы) из числа дефицитных для залежи химических элементов произошло некоторое восстановление содержания в метровом слое Cu, Si, Ni, но дальнейшее снижение концентрации Zr, V, Cr.

Несущественные различия между целинной и древнеземледельческой почвами отмечены по гумусированности и таким химическим показателям, как величина pH, содержание титана, калия, мышьяка, а также фосфора (валовых и подвижных форм).

Кластерный анализ почвенных слоев по двум разрезам с двумя схемами отбора образцов (рис.) показал, что при рассмотрении постагрогенной почвы слои, которые формируют постагрогенный горизонт (0–36 см) и подпочвенный горизонт (63–99 см) характеризуются определенным сходством. А наибольшей самобытностью отличается горизонт 36–63 см, прежде всего, по менее активному проявлению (по сравнению с горизонтом-аналогом у целинной почвы (32,5–52 см)) процессов выноса легкорастворимых солей и катионов Ca, Na, Mg в почвенные растворы (показатели № 1–7 в табл. 4), меньшему содержанию питательных элементов растений (№ 11), микроэлементов (№ 14).

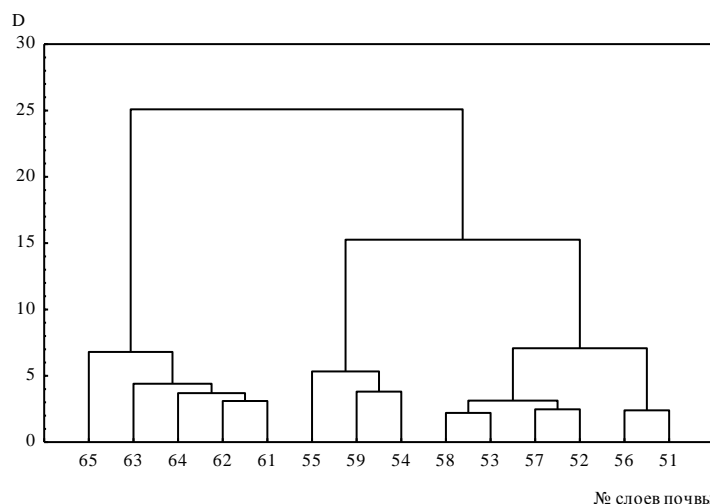


Рис. 1 – Дендрограмма кластерного анализа генетических горизонтов целинной почвы (61–65), постантичной залежи (51–55) и слоев-аналогов у залежи (56–59) по 25 химическим элементам. D – расстояние объединения

Таблица 4 – Наиболее информативные биогеохимические показатели трансформации целинной почвы при создании античного виноградника (по свойствам реликтового плантажированного горизонта)

№ п/п	Показатели	Плантаж, 36–63 см	Целина, 32–52 см	Δ, %
1	$K_n = (Na+K+Mg+Zn)/SiO_2$	3,49	2,52	72,29
2	$(K+Na)/Al$	0,71	0,50	69,54
3	$(Ca+Sr+Mg+Na)/Ti$	866,87	524,45	60,50
4	$Na/K$	2,99	1,68	56,19
5	$(Ca+Na+Mg+K)/Al$	6,28	3,17	50,53
6	$(Al+Ca+Na+K)/Zr$	0,26	0,12	44,50
7	$(Mg+Ca+Na+K)/(Si+Ti+Al+Fe)$	1,45	0,64	43,69
8	$Ca/Zr$	0,19	0,07	37,60
9	$(Mn+Fe+Ni+Cu+Zn)/Al$	14,45	17,18	-18,84
10	$Zr/Ti$	438,72	518,71	-18,23
11	$SQ = (B_1 \cdot B_2 \cdot \dots \cdot B_6)^{1/6}$ где $B_1 \dots B_6$ – Ni; Zn; Mn; Pb; Cu; Co	5,33	6,80	-27,63
12	$\Sigma(Cr, Cu, Pb, Co, Ni, V, Ba)$	571,92	761,05	-33,07
13	$Ba/Sr$	1,35	2,08	-54,01
14	Коэффициент накопления микроэлементов ( $K_s$ )	1,49	2,63	-76,54

Путем сравнения содержания микроэлементов в виноградном растении и в постагрогенной почве установлено, что в данных почвенных условиях дефицит таких микроэлементов, как Cu, Zn, Ni, V, обусловлен биологическим поглощением в период возделывания винограда.

Закономерности, которые установлены по данным табл. 3 и 4, обобщенно отражают существенное снижение потенциального плодородия почвы в результате агротурбаций, что наиболее отчетливо проявляется с глубины 30–40 см. При этом важно отметить, что влияние земледелия могло проявиться в почвах по-разному в различных климатических обстановках. По нашим данным, в гор. АВ постагрогенной почвы, где находятся более древние формы гумуса, по невысокой доле гуминовых кислот ( $C_{гк}$ ) в общей величине органического углерода (12–13%) диагностируются признаки более аридной обстановки в прошлом (такой период проявился в 250–320 гг. до н. э. [9, С. 132]).

#### Закключение

Агротехнические особенности формирования корнеобитаемого слоя при закладке виноградника в IV в. до н. э. сохранились в наиболее неизменном виде в слое от 32 до 102 см, который обобщенно (путем расчета среднегеометрического значения по 14 показателям) имеет на 20% более низкую оценку качества почвы по сравнению с целинным аналогом. Это позволяет по информативным биогеохимическим индикаторам агрогенеза проводить диагностику наличия и суммарной интенсивности земледельческих нагрузок в сельских округах античных поселений.

К реликтовым признакам агрогенной трансформации почвенной системы под влиянием многолетних насаждений в античный период можно отнести остаточную карбонатность, повышенную долю гуминов, более грубый гранулометрический состав, более низкий уровень качества почвы.

Трансформация почв под влиянием виноградного растения продолжалась и после прекращения ухода за виноградником (предположительно в конце 70-х – начале 60-х гг. III в. до н. э.). В режиме залежи ренатурация почв

проходила как при усиливающемся влиянии степной растительности, со временем все более близкой к сообществам коренного облика (разнотравно-ковыльно-типчаковой ассоциации), так и при снижающемся участии виноградных растений, которые при заброше насаждения вырождались постепенно (десятилетия в зависимости от возраста виноградных кустов к моменту прекращения ухода за ними).

Результаты изучения особенностей агротехнологии закладки многолетних насаждений и возможности выявления реликтовых признаков агрогенеза в почвах древнеземледельческих районов, используя возможности естественнонаучных методов и, прежде всего, генетического почвоведения, как это показано для округа одного из античных поселений Северо-Западного Крыма, указывают на перспективность развешивания геоархеологических исследований в других центрах античного мира.

#### Список литературы / References

1. Акимцев В. В. Почвы и качество вин / В. В. Акимцев // Почвоведение. – 1950. – № 5. – С. 296–302.
2. Битюцкий Н. П. Микроэлементы высших растений / Н. П. Битюцкий. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. гос. ун-та, 2011. – 368 с.
3. Винокуров Н. И. Природные условия развития виноградарства и виноделия в Северном Причерноморье / Н. И. Винокуров. – Симферополь–Керчь, 2004. – С. 62–89.
4. Китов М. В. Изменения площадей залежных земель на европейской территории России за период 1990-2013 гг. / М. В. Китов, А. Н. Цапков // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2015. – Т. 32. – № 15 (212). – С. 163–171.
5. Котляков В. М. Изменение природной среды России в XX веке / В. М. Котляков, Д. И. Люри. – М. 2012. – 404 с.
6. Кочкин М. А. Основы рационального использования почвенно-климатических условий в земледелии / М. А. Кочкин, В. И. Важов, В. Ф. Иванов и др. – М.: Колос, 1972. – 304 с.
7. Кутайсов В. А. Калос Лимен – крупнейший античный центр Тарханкутского полуострова / В. А. Кутайсов // Античные памятники Тарханкута. Альбом-каталог музейных экспонатов из фондов ГБУРК ИАМЗ «Калос Лимен». 2015. – С. 15–19.
8. Лисецкий Ф. Н. Оценка геохимической трансформации почв во времени / Ф. Н. Лисецкий, Р. Ш. Гаджиев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 3 (57). – Часть 3. – С. 31–35. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.055>
9. Лисецкий Ф. Н. Геоархеологические исследования исторических ландшафтов Крыма / Ф. Н. Лисецкий, О. А. Маринина, Ж. А. Буряк. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2017. – 432 с.
10. Люри Д. И. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв / Д. И. Люри, С. В. Горячкин, Н. А. Караваева и др. – М.: ГЕОС, 2010. – 416 с.
11. Приходько В. Е. Аркаим – укрепленное поселение эпохи бронзы степного Зауралья: почвенно-археологические исследования / Приходько В. Е., Иванов И. В., Зданович Д. Г. и др. ; род ред. А. Л. Александровского. – М.: ФГУП Издательский дом "Типография" Россельхозакадемии. 2014. – 264 с.
12. Смекалова Т. Н. Два новых античных виноградника в северо-западном Крыму / Т. Н. Смекалова, В. А. Кутайсов // Вестник древней истории. – 2014. – № 2. – С. 54–78.
13. Смекалова Т. Н. Новые данные о хоре Калос Лимена / Т. Н. Смекалова, В. А. Кутайсов, Р. С. Кецо // Проблемы истории, филологии, культуры. – 2015. – № 3. – С. 140–159.
14. Смекалова Т. Н. Археологический атлас Северо-Западного Крыма. Эпоха поздней бронзы. Ранний железный век. Античность / Т. Н. Смекалова, В. А. Кутайсов. – СПб.: Алтейя, 2017. – 448 с.
15. Bellin N. Abandonment of soil and water conservation structures in Mediterranean ecosystems. A case study in south east Spain / N. Bellin, B. Wesemael, A. Meerkerk et al. // Catena. – 2009. – Vol. 76. – P. 114–121.
16. Deng Lei. Effects of age and land-use changes on soil carbon and nitrogen sequestrations following cropland abandonment on the Loess Plateau, China / Deng Lei, Wang Guo-liang, Liu Guo-bin et al. // Ecological Engineering. – 2016. – Vol. 90. – P. 105–112. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.086>
17. Harden C. Interrelationships between abandonment and land degradation: a case from the Ecuadorian Andes / C. Harden // Mt. Res. Dev. – 1996. – Vol. 16. – P. 274–280.
18. Kalinin P. I., Alekseev A. O. Geochemical characterization of loess-soil complexes on the Terek-Kuma Plain and the Azov-Kuban' Lowland / P. I. Kalinin, A. O. Alekseev // Eurasian Soil Science. – 2011. Vol. 44. No 12. – P. 1315–1332.
19. Kalinina O. Self-restoration of post-agrogenic chernozems of Russia: Soil development, carbon stocks, and dynamics of carbon pools / O. Kalinina, S. E. Krause, S. V. Goryachkin et al. // Geoderma. – 2011. – Vol. 162. – No 1–2. – P. 196–206.
20. Lisetskii F. N. Autogenic succession of steppe vegetation in postantique landscapes / F. N. Lisetskii // Russian Journal of Ecology. – 1998. – Vol. 29. – No 4. – P. 217–219.
21. Lisetskii F. N. A new approach to dating the fallow lands in old-cultivated areas of the steppe zone / F. N. Lisetskii, O. A. Marinina, D. G. Jakuschenko // Research Journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. – 2014. – Vol. 5. – No 6. – P. 1325–1330.
22. Lisetskii F. N. Biogeochemical features of fallow lands in the steppe zone / F. N. Lisetskii, T. N. Smekalova, O. A. Marinina // Contemporary Problems of Ecology. – 2016. – Vol. 9. – No 3. – P. 366–375. <http://dx.doi.org/10.1134/S1995425516030094>
23. Meyfroidt P. Drivers, Constraints and Trade-Offs Associated with Recultivating Abandoned Cropland in Russia, Ukraine and Kazakhstan / P. Meyfroidt, F. Schierhorn, A. V., Prishchepov et al. // Global Environmental Change. – 2016. – Vol. 37. – P. 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.01.003>
24. Peco B. Effects of grazing abandonment on soil multifunctionality: The role of plant functional traits / B. Peco, E. Navarro, C. P. Carmona et al. // Agriculture Ecosystems & Environment. – 2017. – Vol. 249. – P. 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.08.013>

25. Ruecker G. Natural regeneration of degraded soils and site changes on abandoned agricultural terraces in Mediterranean Spain / G. Ruecker, P. Schad, M. M. Alcubilla et al. // *Land Degrad. Dev.* – 1998. – Vol. 19. – P. 488–501.

26. Sandor J. A. Ancient agricultural terraces and soils; Edited by B. Warkentin // *Footprints in the soil: People and ideas in soil history.* – Amsterdam: Elsevier, 2006. – P. 505–534.

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

1. Akimcev V. V. Pochvy i kachestvo vin [Soil and quality of wines] / V. V. Akimcev // *Pochvovedenie.* – 1950. – N 5. – P. 296–302. [in Russian]

2. Bityuckij N. P. Mikroehlementy vysshih rastenij [Microelements of higher plants] / N. P. Bityuckij. – SPb.: Izd-vo S.-Peterb. gos. un-ta, 2011. – 368 p. [in Russian]

3. Vinokurov N. I. Prirodnye usloviya razvitiya vinogradarstva i vinodeliya v Severnom Prichernomor'e [Natural conditions for the development of viticulture and winemaking in the Northern Black Sea Region] / N. I. Vinokurov. – Simferopol'–Kerch', 2004. – P. 62–89. [in Russian]

4. Kitov M. V. Izmeneniya ploshchadej zaleznyh zemel' na evropejskoj territorii Rossii za period 1990-2013 gg. [Assessment of the area of fallow land in the Belgorod region and other regions of European Russia for the period 1990–2013] / M. V. Kitov, A. N. Capkov // *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki* [Belgorod State University Scientific Bulletin: Natural sciences]. – 2015. – V. 32. – N 15 (212). – P. 163–171. [in Russian]

Kotlyakov V. M. Izmenenie prirodnoj sredy Rossii v XX veke [Changes in the natural environment of Russia in the XX century] / V. M. Kotlyakov, D. I. Lyuri. – M., 2012. – 404 p. [in Russian]

6. Kochkin M. A. Osnovy racional'nogo ispol'zovaniya pochvenno-klimaticheskikh uslovij v zemledelii [Foundations of rational use of soil-climatic conditions in agriculture] / M. A. Kochkin, V. I. Vazhov, V. F. Ivanov and others. – M.: Kolos, 1972. – 304 p. [in Russian]

7. Kutajsov V. A. Kalos Limen – krupnejshij antichnyj centr Tarhankutskogo poluostrova [Kalos Lymen – the largest ancient center of the Tarkhankut Peninsula] / V. A. Kutajsov // *Antichnye pamyatniki Tarhankuta. Al'bom-katalog muzejnyh ehksponatov iz fondov GBURK IAMZ «Kalos Limen».* 2015. – P. 15–19. [in Russian]

8. Liseckij F. N. Ocenka geohimicheskoy transformacii pochv vo vremeni [Evaluation of geochemical transformation of soils in time] / F. N. Liseckij, R. Sh. Gadzhiev // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* [International Scientific and Research Journal]. – 2017. – N 3 (57). – Chast' 3. – P. 31–35. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.055> [in Russian]

9. Liseckij F. N. Geoarheologicheskie issledovaniya istoricheskikh landshaftov Kryma [Geoarchaeological studies of the historical landscapes of the Crimea] / F. N. Liseckij, O. A. Marinina, Zh. A. Buryak. – Voronezh: Izdatel'skij dom VGU, 2017. – 432 p. [in Russian]

10. Lyuri D. I. Dinamika sel'skohozyajstvennyh zemel' Rossii v XX veke i postagrogennoe vosstanovlenie rastitel'nosti i pochv [Dynamics of agricultural lands in Russia in the twentieth century and the post-agrogenic restoration of vegetation and soils] / D. I. Lyuri, S. V. Goryachkin, N. A. Karavaeva and others. – M.: GEOS, 2010. – 416 p. [in Russian]

11. Prihod'ko V. E. Arkaim – ukreplennoe poselenie ehphoi bronzy stepnogo Zaural'ya: pochvenno-arheologicheskie issledovaniya [Arkaim - fortified settlement of the Bronze Age of the steppe Zauralye: soil-archaeological studies] / Prihod'ko V. E., Ivanov I. V., Zdanovich D. G. and others; edited by A. L. Aleksandrovskiy. – M.: FGUP Izdatel'skij dom "Tipografiya" Rossel'hozokademii. 2014. – 264 p. [in Russian]

12. Smekalova T. N. Dva novyh antichnyh vinogradnika v severo-zapadnom Krymu [Two New Antique Vineyards in the North-Western Crimea] / T. N. Smekalova, V. A. Kutajsov // *Vestnik drevnej istorii* [Bulletin of Ancient History]. – 2014. – N 2. – P. 54–78. [in Russian]

13. Smekalova T. N. Novye dannye o hore Kalos Limena [New data on the chora Kalos Lymen] / T. N. Smekalova, V. A. Kutajsov, R. S. Kecko // *Problemy istorii, filologii, kul'tury* [Problems of History, Philology, Culture]. – 2015. – N 3. – P. 140–159. [in Russian]

14. Smekalova T.N. Arheologicheskij atlas Severo-Zapadnogo Kryma. Epoha pozdnej bronzy. Rannij zheleznyj vek. Antichnost' [Archaeological atlas of the North-Western Crimea. The era of late bronze. Early Iron Age. Antiquity] / T.N. Smekalova, V.A. Kutajsov. – SPb.: Alteya, 2017. – 448 p. [in Russian]

15. Bellin N. Abandonment of soil and water conservation structures in Mediterranean ecosystems. A case study in south east Spain / N. Bellin, B. Wesemael, A. Meerkerk et al. // *Catena.* – 2009. – Vol. 76. – P. 114–121.

16. Deng Lei. Effects of age and land-use changes on soil carbon and nitrogen sequestrations following cropland abandonment on the Loess Plateau, China / Deng Lei, Wang Guo-liang, Liu Guo-bin et al. // *Ecological Engineering.* – 2016. – Vol. 90. – P. 105–112. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.086>

17. Harden C. Interrelationships between abandonment and land degradation: a case from the Ecuadorian Andes / C. Harden // *Mt. Res. Dev.* – 1996. – Vol. 16. – P. 274–280.

18. Kalinin P. I., Alekseev A. O. Geochemical characterization of loess-soil complexes on the Terek-Kuma Plain and the Azov-Kuban' Lowland / P. I. Kalinin, A. O. Alekseev // *Eurasian Soil Science.* – 2011. – Vol. 44. – N 12. – P. 1315–1332.

19. Kalinina O. Self-restoration of post-agrogenic chernozems of Russia: Soil development, carbon stocks, and dynamics of carbon pools / O. Kalinina, S. E. Krause, S. V. Goryachkin et al. // *Geoderma.* – 2011. – Vol. 162. – No 1–2. – P. 196–206.

20. Lisetskii F. N. Autogenic succession of steppe vegetation in postantique landscapes / F. N. Lisetskii // *Russian Journal of Ecology.* – 1998. – Vol. 29. – No 4. – P. 217–219.

21. Lisetskii F. N. A new approach to dating the fallow lands in old-cultivated areas of the steppe zone / F. N. Lisetskii, O. A. Marinina, D. G. Jakuschenko // *Research Journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences.* – 2014. – Vol. 5. – No 6. – P. 1325–1330.

22. Lisetskii F. N. Biogeochemical features of fallow lands in the steppe zone / F. N. Lisetskii, T. N. Smekalova, O. A. Marinina // *Contemporary Problems of Ecology.* – 2016. – Vol. 9. – No 3. – P. 366–375. <http://dx.doi.org/10.1134/S1995425516030094>

23. Meyfroidt P. Drivers, Constraints and Trade-Offs Associated with Recultivating Abandoned Cropland in Russia, Ukraine and Kazakhstan / P. Meyfroidt, F. Schierhorn, A. V., Prishchepov et al. // *Global Environmental Change*. – 2016. – Vol. 37. – P. 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.01.003>.
24. Peco B. Effects of grazing abandonment on soil multifunctionality: The role of plant functional traits / B. Peco, E. Navarro, C. P. Carmona et al. // *Agriculture Ecosystems & Environment*. – 2017. – Vol. 249. – P. 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.08.013>
25. Ruecker G. Natural regeneration of degraded soils and site changes on abandoned agricultural terraces in Mediterranean Spain / G. Ruecker, P. Schad, M. M. Alcubilla et al. // *Land Degrad. Dev.* – 1998. – Vol. 19. – P. 488–501.
26. Sandor J. A. Ancient agricultural terraces and soils ; edited by B. Warkentin // *Footprints in the soil: People and ideas in soil history*. – Amsterdam: Elsevier, 2006. – P. 505–534.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.012>Рабинович Г.Ю.<sup>1</sup>, Смирнова Ю.Д.<sup>2</sup><sup>1</sup>Доктор биологических наук, профессор,<sup>2</sup>Кандидат биологических наук,

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель»

**УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОПРЕПАРАТА ЖФБ****Аннотация**

Морковь – одна из распространенных овощных культур. Применение минеральных удобрений в сочетании с биосредствами обеспечивает рост её урожайности и получение качественной экологически безопасной продукции. Во ВНИИМЗ разработана ферментационно-экстракционная технология получения жидкофазного биопрепарата ЖФБ, характеризующегося наличием высокого титра различных групп микроорганизмов, физиологически активных веществ, метаболитов микроорганизмов и элементов питания. Действие ЖФБ основано на стимулировании процессов роста и развития растений. Приведены результаты исследований внесения биопрепарата ЖФБ на посевах моркови, выращиваемой на торфяной почве в среднем за 2015-16 гг. В опыте исследовались три концентрации рабочих растворов биопрепарата ЖФБ (1:100; 1:300; 1:500) и три нормы его внесения (300, 500 и 1000 л/га). Полученные данные показали, что использование биопрепарата ЖФБ при возделывании моркови на торфяной почве целесообразно. Предложена оптимальная норма внесения ЖФБ – 300 л/га в разбавлении 1:300. Прирост урожайности относительно контроля по общему весу составил 19,4%, по массе товарных корнеплодов 14,4%. Также отмечали снижение содержания нитратов и повышение сухого вещества в корнеплодах, что в целом свидетельствовало об улучшении качественных характеристик товарной продукции моркови.

**Ключевые слова:** морковь, биопрепарат ЖФБ, урожайность, нитраты, сухое вещество.

Rabinovich G.Yu.<sup>1</sup>, Smirnova Yu.D.<sup>2</sup><sup>1</sup>PhD in Biology, Professor,<sup>2</sup>PhD in Biology,

FSBSI All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands

**CARROT YIELD AND QUALITY WHEN APPLYING JFB BIOPREPARATION****Abstract**

Carrot is one of the most widespread vegetable crops. The application of mineral fertilizers in combination with bioagents ensures the increase of its yield and the production of qualitative environmentally safe products. The scientists of ARRIRL developed a fermentation extraction technology for obtaining a liquid phase biopreparation – JFB, characterized by the presence of a high titer of various groups of microorganisms, physiologically active substances, metabolites of microorganisms and nutrients. The effect of JFB is based on stimulating the growth and development of plants. The results of research on the introduction of the biopreparation JFB on carrot crops grown on peat soil on an average for 2015-16 are presented. Three concentrations of working solutions of the biopreparation JFB (1:100, 1:300, 1:500) and three application rates (300, 500 and 1000 l/ha) are studied in the experiment. The obtained data show that the use of the biopreparation JFB in the cultivation of carrots on peat soil is advisable. The optimal rate of application JFB is 300 l/ha in dilution 1:300. The increase in yields concerning control by the total reweight was 19.4%, by weight of commercial root crops 14.4%. Also, a decrease in nitrate content and an increase in dry matter in root crops are noted, which generally indicated an improvement in the quality characteristics of commercial carrot products.

**Keywords:** carrot, biopreparation JFB, yield, nitrates, dry matter.

В России площадь возделывания моркови столовой достигает 93-95 тыс. га, а валовой сбор составляет 1,5–1,7 млн. т. Доля моркови в общем объеме производства овощей в РФ составляет 11% от площади возделывания и 7% по валовому сбору урожая овощных культур [1]. По медицинским нормам потребности в моркови на одного человека составляют 17 кг в год, это около 9% от всего объема потребности в овощной продукции [2]. Морковь столовая в среднем содержит 1,1% азотистых веществ, до 10% сахара, также в ее состав входят минеральные вещества (содержание золы – 0,7%), необходимые для организма человека: калий, железо, фосфор, магний, кобальт, медь, йод, цинк, хром, никель, фтор и др. Кроме этого, морковь богата витаминами В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР и особенно провитамином А – каротином (до 25 мг%) [3, С. 577]. Актуальность увеличения производства моркови столовой не вызывает сомнения. Одним из путей увеличения урожайности данной культуры является совершенствование технологии её возделывания. Разработаны и повсеместно применяются различные технологические процессы и технологии возделывания моркови столовой, обеспечивающие достаточно высокую урожайность культуры, достигаемую чаще всего за счёт применения

высоких доз удобрений. В этой связи на первый план выходит новая важная проблема – экологическая. Поэтому для снижения доз вносимых минеральных удобрений при возделывании моркови столовой рекомендуется применение подкормок различными биопрепаратами, регуляторами роста, гуминовыми препаратами, что обеспечивает не только рост урожайности, но и получение достаточно качественной экологически безопасной продукции. Такие данные получены многочисленными отечественными исследователями.

Во ВНИИМЗ разработана ферментационно-экстракционная технология получения различных жидкофазных биосредств, в том числе жидкофазного биопрепарата ЖФБ для растениеводства и земледелия. Производство ЖФБ включает стадию ферментации торфо-навозной смеси с получением твердофазного продукта ферментации, затем его экстракцию солевым раствором с последующей фильтрацией [8]. Количество микроорганизмов (аммонифицирующих, амилаолитических, фосфатмобилизующих, аминокислотсинтезирующих и др.) в свежем биопрепарате достигает  $\times 10^9$  –  $\times 10^{12}$  КОЕ/мл, что позволяет отнести его к микробным биопрепаратам. В нем отсутствует патогенная микрофлора и паразиты. В составе ЖФБ содержание общего азота составляет 0,2-0,5 г/л, подвижных форм калия ( $K_2O$ ) и фосфора ( $P_2O_5$ ) – 9,5 и 10 г/л соответственно. Также, в его состав входят микроэлементы (медь, цинк, марганец, железо) и различные метаболиты микроорганизмов (сахара, ферменты, аминокислота триптофан) [9]. При непосредственном контакте с листовой поверхностью растений ЖФБ действует как стимулятор, усиливая естественные биохимические процессы, способствуя росту и развитию листовой поверхности и, тем самым, усилению фотосинтетических реакций, дополнительному усвоению питательных веществ и др. [10].

Применение ЖФБ в составе общих агротехнических мероприятий способствует повышению урожайности различных сельскохозяйственных культур, в частности, картофеля на 20-25 %, огурцов (тепличный грунт) и зерновых – на 15-20 %. При этом существенно улучшаются отдельные показатели качества продукции [11], [12].

Целью исследований являлось изучение влияния биопрепарата ЖФБ на урожайность и качество корнеплодов моркови столовой, определение наиболее оптимальных концентрации и нормы внесения.

Опыты проводили на моркови сорта Карини на торфяной почве в районе Яхромской поймы (Дмитровский р-н, Московская обл.) в 2015-2016 гг. Технология возделывания общепринятая для культуры. Агрохимическая характеристика опытного участка: pH 5,35,  $P_2O_5$  – 400-430 мг/кг,  $K_2O$  – 300-350 мг/кг, C – 38-41 %. Внесение основного удобрения  $P_{40}K_{60}$  осуществлялось под вспашку. Биопрепарат ЖФБ применялся в качестве внекорневой подкормки трижды за сезон, начиная с трех настоящих листьев, далее с периодичностью в три недели. В опытах исследовались три концентрации рабочих растворов биопрепарата ЖФБ (1:100; 1:300; 1:500) и три нормы его внесения (300, 500 и 1000 л/га). Опыты были заложены в трехкратной повторности, площадь делянки – 4,2 м<sup>2</sup>, учетной – 1,8 м<sup>2</sup>. Размещение делянок в опытах систематическое, со сдвигом на 2 и с выделением защитных полос. Контролем служили учетные делянки с фоном основного минерального удобрения.

Уборку моркови проводили вручную при полном созревании и формировании корнеплодов, сортируя на товарные и нетоварные. В корнеплодах моркови определяли: содержание нитратов – ионометрически, сухого вещества – методом высушивания до абсолютно сухой массы, повторность аналитических определений двукратная.

Полученные данные по урожаю моркови показали, что все испытываемые варианты способствовали увеличению продуктивности культуры относительно фонового варианта, но не всегда достоверно. Наибольший достоверный прирост урожайности моркови отмечали на вариантах с применением биопрепарата ЖФБ в разбавлении 1:300 (табл. 1). Среди данных вариантов максимальный рост массы корнеплодов наблюдали от нормы расхода рабочего раствора ЖФБ 300 л/га: прирост относительно контроля по общему весу составил 19,4%, по массе товарных корнеплодов – 14,4%, масса не товарных корнеплодов также была выше в данном варианте.

В вариантах с разбавлением ЖФБ 1:100 достоверный прирост как товарного, так и общего урожая отмечали только от нормы внесения 300 л/га, прибавка соответственно составила 8,3 и 7,1 %. В вариантах с разбавлением ЖФБ 1:500 достоверного прироста урожайности товарных корнеплодов не наблюдали, но в варианте с нормой внесения 300 л/га было отмечено увеличение общей урожайности моркови за счет нетоварной фракции. Надо отметить, что по каждой концентрации ЖФБ была обнаружена одна и та же тенденция: с увеличением нормы внесения препарата падала общая урожайность моркови.

Таблица 1 – Урожайность и качество моркови сорта Карини в опытах с применением биопрепарата ЖФБ (2015-2016 гг.)

Варианты опыта	Урожайность, т/га			Число тов. корн., шт./м <sup>2</sup>	Ср. масса 1 тов. корн., г	Сухое вещество, %	Нитраты, мг/кг
	товарная	общая					
			прибавка, %				
контроль – фон (Р <sub>40</sub> К <sub>60</sub> )	26,4	35,0	–	33,9	78	7,9	230
фон + ЖФБ (1:100) 300 л/га	28,6	37,5	7,1	34,8	82	8,7	189
фон + ЖФБ (1:100) 500 л/га	27,0	36,4	4,0	33,6	80	8,5	161
фон + ЖФБ (1:100) 1000 л/га	27,5	35,5	1,4	33,4	82	8,9	109
фон + ЖФБ (1:300) 300 л/га	30,2	41,8	19,4	35,7	85	8,7	181
фон + ЖФБ (1:300) 500 л/га	28,8	38,7	10,6	33,2	87	8,5	166
фон + ЖФБ (1:300) 1000 л/га	27,9	36,8	5,1	33,6	83	8,4	175
фон + ЖФБ (1:500) 300 л/га	27,4	37,8	8,0	35,4	77	8,5	199
фон + ЖФБ (1:500) 500 л/га	27,6	35,6	1,7	33,2	83	8,3	146
фон + ЖФБ (1:500) 1000 л/га	27,9	35,6	1,7	34,1	82	8,4	158
НСР <sub>0,5</sub>	1,61	1,65				0,23	10

Число товарных корнеплодов с 1 м<sup>2</sup> было наибольшим во всех трех разбавлениях ЖФБ с нормой внесения рабочего раствора 300 л/га, и было в среднем на 4% выше, чем в фоновом варианте. В остальных вариантах значимых изменений не отмечали (табл. 1).

При анализе данных по массе одного товарного корнеплода выделяются варианты с применением ЖФБ в разбавлении 1:300, здесь большая масса отмечена от нормы рабочего раствора препарата 500 л/га – 87 г, на варианте 300 л/га – 85 г (табл. 1). Следовательно, повышенная урожайность в лучшем варианте с биопрепаратом ЖФБ (разбавление 1:300 и норма внесения 300 л/га) получена за счет формирования большего количества корнеплодов повышенной массы.

ЖФБ во всех испытываемых вариациях способствовал снижению содержания нитратов в корнеплодах моркови по сравнению с контрольным вариантом в 1,2–2,1 раза (табл. 1). Не отмечалось явной зависимости содержания нитратов в корнеплодах от доз и концентраций ЖФБ, однако следует отметить, что применение биопрепарата в больших нормах маточного раствора способствовало более значительному их снижению. Так применение ЖФБ в самой большой дозе маточного раствора (разбавление 1:100 и доза 1000 л/га) снизило нитратонакопление в 2 раза. В варианте с максимальной урожайностью содержание NO<sub>3</sub> уменьшилось в 1,3 раза по сравнению с фоновым вариантом.

Опрыскивание посевов моркови биопрепаратом ЖФБ во всех исследуемых вариантах способствовало увеличению в корнеплодах сухого вещества (табл. 1). Его содержание в вариантах с применением ЖФБ в среднем составляло 8,5% против 7,9% в контроле.

Таким образом, основываясь на полученных данных можно заключить, что использование биопрепарата ЖФБ при возделывании моркови на торфяной почве целесообразно, оптимальная норма расхода рабочего раствора составляет 300 л/га (разбавление 1:300). Было отмечено снижение содержания нитратов и повышение сухого вещества в корнеплодах моркови под влиянием ЖФБ, свидетельствуя об улучшении качественных характеристик товарной продукции.

#### Список литературы / References

1. Удобрение моркови столовой [Электронный ресурс] / сайт Агроархив – сельскохозяйственные материалы. URL: <http://agro-archive.ru/sistema-udobreniya/963-udobrenie-morkovi-stolovoy.html> (дата обращения 26.02.2018).
2. Минздрав России. Приказ. Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания: [Утв. Мин. здравоохранения РФ 19 августа 2016 г. № 614]. – М., 2016. – 4 с.
3. Большая советская энциклопедия (в 30 томах). Т. 16. Мёзия - Моршанск / под общ. ред. А.М. Прохорова. – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1974. – 616 с.
4. Ахияров Б.Г. Урожайность и качество корнеплодов моркови в зависимости от применения регуляторов роста / Б.Г. Ахияров, Л.М. Ахиярова, Р.Р. Бикметов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 5 (55). – С. 61–63.
5. Лящева Л.В. Влияние Иммуноцитифита на урожайность и качество корнеплодов различных сортов и гибридов столовой моркови / Л.В. Лящева, А.С. Семенов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 2. – С. 44–50.
6. Коковкина С.В. Перспектива применения регуляторов роста на посевах моркови столовой / С.В. Коковкина // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. – 2016. – № 2 (14). – С. 44–49.
7. Малхасян А.Б. Применение регуляторов роста на различных сортах столовой моркови / А.Б. Малхасян, Л.И. Яловик, Н.А. Китаева. // Аграрная наука. – 2015. – № 2. – С. 14–15.
8. Рабинович Г.Ю. Способ получения жидкофазного биосредства для растениеводства и земледелия / Рабинович Г.Ю., Фомичева Н.В., Смирнова Ю.Д. / Патент РФ № 2365568, 2009.
9. Рабинович Г.Ю. Инновационная технология для решения проблем агроэкологии / Г.Ю. Рабинович, Ю.Д. Смирнова, Е.А. Васильева и др. // Региональная экология. – 2015. – № 6 (41). – С. 7–15.
10. Смирнова Ю.Д. Влияние биопрепарата ЖФБ на урожайность и качество сельскохозяйственных культур: дис. ... канд. биол. наук: 06.01.04: защищена 16.10.17: утв. 22.02.18 / Смирнова Юлия Дмитриевна. – М., 2017. – 166 с.
11. Рабинович Г.Ю. Применение новых биоудобрений и биопрепаратов при возделывании яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и картофеля (*Solanum tuberosum* L.) / Г.Ю. Рабинович, Н.Г. Ковалев, Ю.Д. Смирнова // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 50. – № 5. – С. 665–672. doi: 10.15389/agrobiology.2015.5.665rus
12. Рабинович Г.Ю. Эффективность применения биопрепаратов в растениеводстве / Рабинович Г.Ю., Смирнова Ю.Д. // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2017. – № 3 (32). – С. 25–30.

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

1. Udobrenie morkovi stolovoj [Fertilizer carrots canteen] [Electronic resource] / sajт Agroarhiv – sel'skhozajstvennye materialy [Site Agroarchive - agricultural materials]. URL: <http://agro-archive.ru/sistema-udobreniya/963-udobrenie-morkovi-stolovoy.html> (accessed 26.02.2018) [in Russian]
2. Minzdrav Rossii. Prikaz. Ob utverzhdenii Rekomendacij po racional'nym normam potreblenija pishhevyh produktov, otvechajushhih sovremennym trebovanijam zdorovogo pitaniya [The Ministry of health of Russia. Order. Approval of Recommendations for rational norms of food consumption that meet the modern requirements of healthy eating]: Approved by Ministerstvom of health of the Russian Federation of August 19, 2016 № 614. – М., 2016. – 4 p. [in Russian]
3. Bol'shaja sovetskaja jenciklopedija (v 30 tomah). T. 16. Mjozija - Morshansk. [Great Soviet encyclopedia (in 30 volumes). Vol. 16. Mezia-Morshansk] / edited by A.M. Prohorova. – 3rd edition. – М.: Sovetskaja jenciklopedija, 1974. – 616 p. [in Russian]
4. Ahijarov B.G. Urozhajnost' i kachestvo korneplodov morkovi v zavisimosti ot primenenija reguljatorov rosta [Yielding and quality of carrot root crops as dependent on the use of growth regulators] / B.G. Ahijarov, L.M. Ahijarova, R.R. Bikmetov // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [News of the Orenburg state agrarian University] – 2015. – № 5 (55). – P. 61–63. [in Russian]
5. Ljashheva L.V. Vlijanie Immunocitofita na urozhajnost' i kachestvo korneplodov razlichnyh sortov i gibridov stolovoj morkovi [Effect of Immunocytophyte on yield and quality of roots with different varieties and hybrids of garden carrot] / L.V.

Ljashheva, A.S. Semenov // *Sibirskij vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki* [Siberian Bulletin of agricultural science] – 2009. – № 2. – P. 44-50. [in Russian]

6. Kokovkina S.V. Perspektiva primeneniya reguljatorov rosta na posevah morkovi stolovoj [Outlook of application of growth regulators in crops of garden carrots] / S.V. Kokovkina // *Nauchno-prakticheskij zhurnal Permskij agrarnyj vestnik* [Scientific and practical journal Perm agrarian Bulletin] – 2016. – № 2 (14). – P. 44-49. [in Russian]

7. Malhasjan A.B. Primenenie reguljatorov rosta na razlichnyh sortah stolovoj morkovi [Comparative influence of growth regulators on various carrot varieties] / A.B. Malhasjan, L.I. Jalovik, N.A. Kitaeva // *Agrarnaja nauka* [Agrarian science] – 2015. – № 2. – P. 14-15. [in Russian]

8. Rabinovich G.Ju., Fomicheva N.V., Smirnova Ju.D. Sposob poluchenija zhidkofaznogo biosredstva dlja rastenievodstva i zemledelija [A method of producing liquid-phase biological means for plant growing and agriculture]. Patent RF, no. 2365568, 2009.

9. Rabinovich G.Ju. Innovacionnaja tehnologija dlja reshenija problem agrojekologii [An innovative technology to solve the problems of agroecology] / G.Ju. Rabinovich, Ju.D. Smirnova, E.A. Vasil'eva and others // *Regional'naja jekologija* [Regional ecology] – 2015. – № 6 (41). – P. 7-15. [in Russian]

10. Smirnova Ju.D. Vlijanie biopreparata ZhFB na urozhajnost' i kachestvo sel'skohozjajstvennyh kul'tur [Influence of LPB biological product on yield and quality of agricultural crops]: dis. ... of PhD in Biology: 06.01.04: defense of the thesis 16.10.17: approved 22.02.18 / Smirnova Yuliya Dmitrievna. – M., 2017. – 166 p. [in Russian]

11. Rabinovich G.Ju. Primenenie novyh bioudobrenij i biopreparatov pri vzdelyvanii jarovoj pshenicy (*Triticum aestivum* L.) i kartofelja (*Solanum tuberosum* L.) [Application of new biofertilizers and biological products in the cultivation of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and potato (*Solanum tuberosum* L.)] / G.Ju. Rabinovich, N.G. Kovalev, Ju.D. Smirnova // *Sel'skohozjajstvennaja biologija* [Agricultural biology] – 2015. – V. 50. – № 5. – P. 665-672. doi: 10.15389/agrobiology.2015.5.665rus [in Russian]

12. Rabinovich G.Ju. Jefferektivnost' primeneniya biopreparatov v rastenievodstve [Efficiency of biopreparations in crop production] / Rabinovich G.Ju., Smirnova Ju.D. // *Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa* [Theoretical and applied problems of agro-industrial complex]. – 2017. – № 3 (32). – P. 25-30. [in Russian]

---



DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.016>Соколова Л. М.<sup>1</sup>, Масловский С. А.<sup>2</sup>, Замятина М. Е.<sup>3</sup>, Карпова Н. А.<sup>4</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-6223-4767, Кандидат сельскохозяйственных наук,  
Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства - филиал ФГБНУ ФНЦО;<sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-9183-6564, Кандидат сельскохозяйственных наук,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0001-6756-4554, ассистент,<sup>4</sup>ORCID: 0000-0001-7961-0204, магистрант,<sup>2,3,4</sup>ФГБОУ ВО Российский Государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ СОРТОВ И ГИБРИДОВ МОРКОВИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ  
К БОЛЕЗНЯМ ПРИ ХРАНЕНИИ****Аннотация**

Устойчивость к болезням является одним из основополагающих факторов, определяющих лежкость овощной продукции, в частности моркови. Используя современные методы фитопатологических исследований можно провести сравнительную оценку сортов и гибридов моркови с целью рекомендации их внедрения в промышленное овощеводство и использования в дальнейшем селекционном процессе. Исследования, проводившиеся в течение 2010-2012 гг. на базе лаборатории селекции корнеплодных культур ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО с использованием почвенных инфекционных фонов, зараженных грибами родов *Alternaria* и *Fusarium* выявить устойчивость к поражению альтернариозом таких образцов, как Леандр, НИИОХ 336, Лосиноостровская 13, Витаминная 6, Иркут F<sub>1</sub>, Звезда F<sub>1</sub>, Найджел F<sub>1</sub>; фузариоз-Леандр, Лосиноостровская 13, Витаминная 6, Колорит F<sub>1</sub>, Звезда F<sub>1</sub>, Кантербюри F<sub>1</sub>, Найджел F<sub>1</sub>. Следует отметить, что образцы Леандр, Витаминная-6, Звезда F<sub>1</sub>, Найджел F<sub>1</sub> обладают комплексной устойчивостью к обоим вышеперечисленным болезням. Эту особенность сортов и гибридов моркови следует использовать в дальнейшей научно-исследовательской работе.

**Ключевые слова:** хранение и эффективная переработка сельскохозяйственной продукции, морковь, сорта, гибриды, хранение, альтернариоз, фузариоз, устойчивость.

Sokolova L. M.<sup>1</sup>, Maslovsky S. A.<sup>2</sup>, Zamyatina M. E.<sup>3</sup>, Karpova N. A.<sup>4</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-6223-4767, PhD in Agriculture,  
All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – a branch of the FSBEI of FNCU;<sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-9183-6564, PhD in Agriculture,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0001-6756-4554, Assistant,<sup>4</sup>ORCID: 0000-0001-7961-0204, Master of Science,<sup>2,3,4</sup>FSBEI of HE, RSAU, Moscow Timiryazev Agricultural Academy**COMPARATIVE EVALUATION OF MODERN SPECIES AND CARROT HYBRIDS ON STABILITY TO  
STORAGE DISEASES****Abstract**

Resistance to diseases is one of the basic factors that determine the durability of vegetable products, in particular, carrots. Using modern methods of phytopathological research, it is possible to make a comparative assessment of varieties and carrot hybrids for recommending their introduction into industrial vegetable growing and the use of the selection process in the future. Studies conducted during 2010-2012 on the basis of the Laboratory of Selection of Root Crops of VNIIO, a branch of FSBEI of FNCU with the use of soil infectious backgrounds infected with fungi of the genera *Alternaria* and *Fusarium* to identify resistance to alternaria lesions of such specimens as Leander, Niiokh 336, Losinoostrovskaya 13, Vitamin 6, Irkut F<sub>1</sub>, Zvezda F<sub>1</sub>, Nigel F<sub>1</sub>; Fusarium - Leander, Losinoostrovskaya 13, Vitamin 6, Color F<sub>1</sub>, Zvezda F<sub>1</sub>, Canterbury F<sub>1</sub>, Nigel F<sub>1</sub>. It should be noted that the samples of Leander, Vitamin-6, Zvezda F<sub>1</sub>, Nigel F<sub>1</sub> have complex resistance to both of the above diseases. This feature of varieties and carrot hybrids should be used in further research work.

**Keywords:** storage and effective processing of agricultural products, carrots, varieties, hybrids, storage, alternaria, fusariosis, resistance.

**М**орковь является одной из ведущих овощных культур открытого грунта. В РФ под ней занято более 92,61 тыс. га, что составляет более 11% площадей, занятых овощными культурами. Значительная площадь под этой культурой (4,59 тыс. га) приходится на Московскую область. По данным Росстата РФ валовой сбор моркови в 2016 г. составил 1847 тыс. т.

Значительная часть урожая моркови закладывается на длительное хранение для обеспечения населения этим видом продукции в течение всего года. Процесс хранения связан с определенными трудностями – необходимость создания и поддержания оптимальных микроклиматических параметров внешней среды, предотвращения потерь хранящейся продукции. Одной из существенных причин возникновения потерь является поражение хранящейся продукции грибными и бактериальными заболеваниями [1, С. 60].

Устойчивость корнеплодов моркови к микробиологической порче обуславливается комплексом факторов – сортовыми особенностями, условиями выращивания, в частности, применяемой системой удобрения [2, С.159], [3, С. 59-68], [4, С. 9], технологиями уборки и послеуборочной доработки и хранения продукции. Оценивая сохраняемость сортов и гибридов моркови [2, С. 178], [5, С. 50] были установлены различия между ними по устойчивости к таким болезням, как фомоз, серая гниль, белая парша, альтернариоз.

С целью совершенствования методики оценки устойчивости сортов и гибридов моркови к болезням в лаборатории селекции корнеплодных культур ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО были проведены исследования с использованием инфекционных фонов с инфицированием грибами родов *Альтернария* и *Фузариум*. В качестве контроля выступал естественный фон, сформировавшийся в условиях интенсивного овощекормового севооборота на аллювиальных

луговых почвах. Использование в работе именно этих возбудителей обосновывается тем, что поражение продукции ими происходит в поле, при выращивании, а при хранении происходит развитие болезней и вторичное перезаражение.

В качестве объектов исследований были взяты 19 сортов и гибридов моркови отечественной и зарубежной селекции.

Создание инфекционных фонов проводили по методике, разработанной и применяемой в отделе Селекции и семеноводства, лаборатории корнеплодных культур и луков путем внесения в почву зернового инокулюма, инфицированного соответствующим возбудителем [6, С. 20-26]. Этот метод характеризуется высокой надёжностью, обеспечивает чёткое проявление симптомов поражения, позволяет дифференцировать генотипы по устойчивости. Большим преимуществом данного метода является то, что он позволяет оценивать устойчивость большого числа образцов. За счет сохранения корнеплодов устойчивых образцов (генотипов), имеется возможность получения с них семян и их использования в дальнейшей селекционной работе. К некоторым недостаткам метода можно отнести его длительность и трудоемкость [7, С. 171].

Работу проводят на постоянном изолированном участке с легкими, хорошо дренируемыми почвами.

Готовить инокулюм для создания почвенного инфекционного фона начинают за 1 месяц до посева семян. Зерно овса насыпают в колбы, заливают водой в соотношении 1:1 и стерилизуют сухим паром в автоклаве под давлением 1 атмосфера в течение 1 часа. Приготовленную зерновую среду засевают чистой культуры грибов с использованием стандартных микробиологических методов. Колбы выдерживают 3 недели при температуре 20-25<sup>0</sup>С в термостате на протяжении этого времени с периодичностью 2 дня встряхивают для равномерного распределения инфекции. Через 2-3 недели, когда субстрат равномерно зарастет мицелием, его извлекают из колб и просушивают до полного высыхания при комнатной температуре в течение 2-3 суток (рис.1, 2).



Рис. 1 – *Alternaria radicina* на зерновой питательной среде (овес)



Рис. 2 – *Fusarium avenaceum* на зерновой питательной среде (овес)

Способ внесения инокулюма непосредственно в рядки в поверхностный слой почвы на глубину 5-7 см. После внесения инокулюма присыпают небольшим слоем почвы. Затем в подготовленные рядки, поверх присыпанного инокулюма, высевают семена моркови. На метровую делянку расходуется 30 - 40 г/м зернового инокулюма.

Для точной оценки на искусственном инфекционном фоне высевали восприимчивые и устойчивые контроли, расположение по участку инфекционного фона рендомизированно или равномерно через каждые 5 – 10 образцов [8, С. 61].

Возделывание моркови на опытных участках проводилась по общепринятой технологии. Уборка и закладка на опытное хранение осуществлялась в III декаде сентября, вручную поделаяночно. Для хранения отбирались здоровые стандартные корнеплоды без видимых признаков поражения болезнями. Корнеплоды размещали в ящиках с негерметичными полистиленовыми вкладышами.

Опытное хранение образцов моркови осуществляли в холодильных камерах при рекомендуемых параметрах – температура 0...1°C, относительная влажность воздуха составляла 90-95% (ГОСТ 28275-94).

Оценку пораженности корнеплодов болезнями проводили через 7 месяцев хранения в соответствии с общепринятыми методиками [9, С. 108-114], [10, С. 350-354].

Результаты учетов пораженности сортов и гибридов моркови после хранения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Поражаемость корнеплодов болезнями после хранения

Наименование образцов	Выход здоровых корнеплодов по инфекционным фонам, %					
	<i>Alternaria</i>		<i>Fusarium</i>		Контроль	
	2010 г.	2012 г.	2010 г.	2012 г.	2010 г.	2012 г.
1	2	3	4	5	6	7
Нюанс	100	0	80	100	100	60
Красавка	50	50	60	70	80	90
Стелла	60	80	50	70	95	85
Консервная	100	80	80	100	80	90
<b>Леандр</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
НИИОХ-336	<b>100</b>	<b>100</b>	90	80	<b>100</b>	<b>100</b>
Лосиноостровская 13	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	95	100
Королева осени	70	80	80	80	80	80
Амстердамская	70	0	60	85	80	80
Бессердцевинная	70	100	100	80	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Витаминная- 6</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Колорит F <sub>1</sub>	100	57	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Иркут F <sub>1</sub>	<b>100</b>	<b>100</b>	80	100	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Звезда F<sub>1</sub></b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Топаз F <sub>1</sub>	100	60	70	85	<b>100</b>	<b>100</b>
Кантербюри F <sub>1</sub>	100	0	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Кокубу сэно F <sub>1</sub>	80	100	70	70	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Найджел F<sub>1</sub></b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Каллисто F <sub>1</sub>	<b>100</b>	<b>100</b>	100	0	100	80

Проведенные исследования показали наличие достаточно большой вариабельности по годам исследований. Так, если в 2010 г. отмечалась достаточно высокая устойчивость всех сортов и гибридов к альтернариозу (выход здоровых корнеплодов с соответствующего инфекционного фона составлял от 50 до 100%), то в 2012 г. потери продукции от данного заболевания у сорта Нюанс, Амстердамская, гибрида Кантербюри F<sub>1</sub> достигали 100 %. Меньшая вредоносность была отмечена фузариума – по выход здоровых корнеплодов составлял от 50 до 100% в 2010 г. и от 70 до 100% в 2012 г. Исключение составлял гибрид Каллисто F<sub>1</sub>, у которого в 2012г отмечалось 100% -ная поражаемость данным заболеванием.

Корнеплоды, выращенные на безинфекционном фоне характеризовались достаточно низкой поражаемостью альтернариозом и фузариозом.

По результатам проведенных исследований были выделены устойчивые селекционные образцы моркови столовой, которые могут служить донорами устойчивости к грибным болезням pp. *Alternaria* и *Fusarium*.

Абсолютная устойчивость к поражению альтернариозом отмечалась по таким образцам, как Леандр, НИИОХ 336, Лосиноостровская 13, Витаминная 6, Иркут F<sub>1</sub>, Звезда F<sub>1</sub>, Найджел F<sub>1</sub>. В течение 2 лет наблюдений у этих сортов и гибридов потери от болезней не наблюдались.

Высокую устойчивость к поражению фузариозом проявили такие сорта и гибриды, как Леандр, Лосиноостровская 13, Витаминная 6, Колорит F<sub>1</sub>, Звезда F<sub>1</sub>, Кантербюри F<sub>1</sub>, Найджел F<sub>1</sub>.

Из всех изучавшихся сортообразцов абсолютную устойчивость к болезням имели следующие образцы: Леандр, Витаминная-6, Звезда F<sub>1</sub>, Найджел F<sub>1</sub>, поражение болезнями, у которых не отмечалось на всех трех фонах. Достаточно высокая устойчивость к заболеваниям также наблюдалась у гибрида Иркут F<sub>1</sub>, у которого в 2010 г. отмечалось незначительное поражение фомозом.

Данные образцы целесообразно использовать в качестве доноров устойчивости к данным заболеваниям при селекционной работе с культурой моркови.

**Список литературы / References**

- Ореховская М.В. К методике оценки и отбора на устойчивость к фомозу / М.В. Ореховская и др. // УП Всес. совещ. по иммунитету. Тезисы докладов. Новосибирск. 1981. 26 с.
- Борисов В.А. Качество и лежкость овощей / В.А. Борисов, С.С. Литвинов, А.В. Романова. М., 2003. 625 с.
- Ковылин В.М. Влияние различных систем удобрения на урожайность, качество и сохраняемость столовых корнеплодов в овощекормовом севообороте на аллювиальных луговых почвах / В.М. Ковылин, В.А. Борисов, А.В. Романова, С.А. Масловский. // Изв. ТСХА. 2005. Вып. 3. С. 59-68.
- Масловский С.А. Урожайность, качество и сохраняемость столовых корнеплодов при различных системах удобрений в овощекормовом севообороте на аллювиальных луговых почвах / Автореф. дис. канд.с.-х. наук. М., 2001. 22с.
- Борисов В.А. Технология хранения и реализации сортов и гибридов корнеплодных культур / В.А. Борисов, А.В. Романова, Е.В. Янченко, С.А. Масловский и др. // М.: 2010. 60 с.
- Соколова Л.М. Методы, контролирующие устойчивость на моркови столовой, и разработка схем селекционного процесса. / Л.М. Соколова. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. №5(151). С.20-26.
- Соколова Л.М. Создание исходного материала столовой моркови для селекции на устойчивость к alternaria radicina m.dr.et e, fusarium avenaceum link. ex er. : дисс...канд. с.-х наук : 06.01.05 : защищена 8.07 2010 г. / Л.М. Соколова. - Верей: ВНИИО 2010. 171 с.
- Леунов В.И. Методы ускоренной селекции моркови столовой на комплексную устойчивость к грибным болезням (Alternaria и Fusarium): Методические рекомендации / В.В. Леунов, А.Н. Ховрин, Т.А. Терешонкова, Л.М. Соколова и др. // М., 2011. 61 с.
- Дементьева М.И. Болезни плодов, овощей и картофеля при хранении / М.И. Дементьева, М.И. Выгонский. // М.: «Агропромиздат». 1988. 231 с.
- Хохряков М.К. Определитель болезней растений / М.К. Хохряков, Т.Л. Доброзракова, К.М. Степанов, М.Ф. Летова. С-Пб.: Изд-во «Лань», 2003. 592 с.

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

- Orehovskaya M.V. K metodike ocenki i otbora na ustojchivost' k fomozu [Methods of evaluation and selection for resistance to phomosis] / M.V. Orehovskaya i dr. // UP Vses. soveshch. po immunitetu. Tezisy dokladov. [All-soviet. the meeting on the immune system. Thesis of reports] Novosibirsk. 1981. 26 p. [in Russian]
- Borisov V.A. Kachestvo i lezhkost' ovoshchej [Quality and keeping quality of vegetables] / V.A. Borisov, S.S. Litvinov, A.V. Romanova. M., 2003. 625 p. [in Russian]
- Kovylin V.M. Vliyanie razlichnyh sistem udobreniya na urozhajnost', kachestvo i sohranyaemost' stolovyh korneplodov v ovoshchekormovom sevooborote na allyuvial'nyh lugovyh pochvah [The influence of different fertilization systems on yield, quality and persistence of table root crops in the vegetable and forage crop rotation on alluvial meadow soils] / V.M. Kovylin, V.A. Borisov, A.V. Romanova, S.A. Maslovskij. // Izv. TSKHA. [News of of Timiryazev Agricultural Academy] 2005. Vyp. 3. P. 59-68. [in Russian]
- Maslovskiy S.A. Urozhajnost', kachestvo i sohranyaemost' stolovyh korneplodov pri razlichnyh sistemah udobrenij v ovoshchekormovom sevooborote na allyuvial'nyh lugovyh pochvah [Yield, quality and persistence of table root crops under different fertilizer systems in vegetable-feed crop rotation on alluvial meadow soils] / S. A. Maslovskiy // Avtoref. dis. kand.s.-h. nauk [Autoabstract. the dissertation on competition of a scientific degree PhD in Agriculture]. M., 2001. 22 p. [in Russian]
- Borisov V.A. Tekhnologiya hraneniya i realizacii sortov i gibridov korneplodnyh kul'tur [Technology of storage and sale of varieties and hybrids of root crops] / V.A. Borisov, A.V. Romanova, E.V. Yanchenko, S.A. Maslovskiy i dr. // M.: 2010. 60 p. [in Russian]
- Sokolova L.M. Metody, kontroliruyushchie ustojchivost' na morkovi stolovoj, i razrabotka skhem selekcionnogo processa [Methods of controlling the stability of carrot and the development of schemes of selection process] / L.M. Sokolova Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Altai state agrarian University.]. 2017. №5(151). P.20-26. [in Russian]
- Sokolova L.M. Sozdanie iskhodnogo materiala stolovoj morkovi dlya selekcii na ustojchivost' k alternaria radicina m.dr.et e, fusarium avenaceum link. Ex er. : diss...kand. s.-h nauk : 06.01.05 : zashchishchena 8.07 2010 g. [Creation of the initial material of table carrots for selection for resistance to alternaria radicina m. dr. eye, fusarium avenaceum link. exer.] : dis ... PhD in Agrical: 06.01.05: defense of the thesis 8.07 2010 / L.M. Sokolova. - Vereya: VNIIO 2010. 171 p. [in Russian]
- Leunov V.I. Metody uskorennoj selekcii morkovi stolovoj na kompleksnuyu ustojchivost' k gribnym boleznyam (Alternaria i Fusarium): Metodicheskie rekomendacii [Methods of accelerated selection of table carrots for complex resistance to fungal diseases (Alternaria and Fusarium): Guidelines] / V.V. Leunov, A.N. Hovrin, T.A. Tereshonkova, L.M. Sokolova i dr. // M., 2011. 61 p. [in Russian]
- Dement'eva M.I. Bolezni plodov, ovoshchej i kartofelya pri hranenii [Diseases of fruits, vegetables and potatoes during storage] / M.I. Dement'eva, M.I. Vygonskij. // M.: «Агропромиздат». 1988. 231 p. [in Russian]
- Hohryakov M.K. Opredelitel' boleznej sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Manual of diseases of agricultural crops] / M.K. Hohryakov, T.L. Dobrozrakova, K.M. Stepanov, M.F. Letova // S.-Pb., : Izd-vo Lan'. 2003. 592 p. [in Russian]



**МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ / MEDICINE**DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.007>**Маркина Е.А.<sup>1</sup>, Ильченко Е.В.<sup>2</sup>, Кузичкин Д.С.<sup>3</sup>, Моруков И.Б.<sup>4</sup>**<sup>1</sup>Соискатель, м.н.с.,

ФГБУ науки Государственный научный центр РФ-Институт медико-биологических проблем РАН;

<sup>2</sup>Студентка,

ФГБОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава РФ;

<sup>3</sup>Кандидат биологических наук, ст.н.с.,<sup>4</sup>Соискатель, н.с.<sup>3,4</sup>ФГБУ науки Государственный научный центр РФ-Институт медико-биологических проблем РАН**ПОКАЗАТЕЛИ ХОЛЕСТЕРИНОВОГО ОБМЕНА У ИСПЫТАТЕЛЕЙ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ИЗОЛЯЦИИ В ГЕРМООБЪЕМЕ****Аннотация**

*У шести испытуемых обоего пола в динамике эксперимента с 17-суточной изоляцией в гермообъеме, моделирующей действие на организм ряда факторов космического полета, исследовали в сыворотке крови величины показателей холестерина обмена – концентрацию общего холестерина, холестерина липопротеидов высокой, низкой и очень низкой плотности, триглицеридов, а также индекса атерогенности. Установлено, что изменения значений показателей холестерина обмена происходили практически в пределах физиологической нормы и в большинстве случаев достоверно не отличались от фоновых уровней. Таким образом кратковременное воздействие факторов гермообъема не приводит к развитию сколько-нибудь значимых изменений холестерина обмена.*

**Ключевые слова:** космическая медицина, изоляция в гермообъеме, обмен холестерина.

**Markina E.A.<sup>1</sup>, Ichenko E.V.<sup>2</sup>, Kuzichkin D.S.<sup>3</sup>, Morukov I.B.<sup>4</sup>**<sup>1</sup>Postgraduate student, Junior researcher,

FSBI of Science, State Research Center of the Russian Federation-Institute for Biomedical Problems of RAS;

<sup>2</sup>Student,

FSBEI of HE, Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov of the Ministry of Health of the Russian Federation;

<sup>3</sup>PhD in Biology, Senior Researcher,<sup>4</sup>Postgraduate student, researcher,<sup>3,4</sup>FSBI of Science, State Research Center of the Russian Federation-Institute for Biomedical Problems of RAS,**CHOLESTEROL METABOLISM INDICATORS IN TESTS WITH SHORT-TERM INSULATION IN GERMOBEUM****Abstract**

*Six testers of both sexes studied the cholesterol metabolism indicators in the blood serum – the concentration of total cholesterol, high, low and very low density lipoprotein cholesterol, triglycerides, as well as an atherogenic index during the experiment with 17-day isolation in a hermetic volume, which models the effect of a number of space flight factors on an organism. It was found that the changes in the values of the cholesterol metabolism indices occurred practically within the limits of the physiological norm and in most cases did not differ significantly from the background levels. Thus, the short-term effect of the factors of the hermetic volume does not lead to the development of any significant changes in the cholesterol metabolism.*

**Keywords:** space medicine, isolation in the hermetic volume, cholesterol metabolism.

Долговременное пребывание человека в условиях орбитального космического полета сопровождается формированием измененного уровня гомеостаза, характеризующегося сдвигами различных звеньев метаболизма [1, С. 197]. В частности, отмечены изменения холестерина обмена, отражающие активацию атерогенетических процессов – прогрессивное накопление в крови атерогенных фракций холестерина и снижение содержания антиатерогенных [2, С. 252]. Концентрация в крови холестерина и его фракций коррелирует с заболеваемостью и смертностью от ишемической болезни сердца и других атеросклеротических осложнений [3, С. 7]. Сердечно-сосудистые заболевания являются ведущей причиной дисквалификации космонавтов и основной причиной их смерти [4, С. 61–62].

Нет сомнений, что метаболические реакции организма в остром периоде адаптации к невесомости во многом определяют дальнейшее состояние обмена веществ на протяжении длительной экспедиции. Тем не менее, наиболее ранние биохимические исследования, проводившиеся в рамках программы медицинского контроля на борту как орбитального комплекса “Мир”, так и Международной космической станции, относятся к концу первого месяца полетов [5, С. 415–416], [6, С. 231]. Таким образом, детальное изучение метаболических реакций организма человека в остром периоде реадaptации к условиям космического полета возможно пока только в наземных модельных экспериментах.

В ходе 120-суточной атиортостатической гипокинезии, модели, позволяющей с большой степенью достоверности воспроизвести физиологические эффекты действия невесомости [7, С. 12], уже на седьмые сутки воздействия у испытуемых обоего пола наблюдались неблагоприятные сдвиги в содержании холестерина и составе его фракций [4, С. 62].

Модель с изоляцией в гермообъеме позволяет воспроизвести большинство факторов космического полета за исключением невесомости и смоделировать основные этапы полета к Луне и Марсу [8, С. В78]. В экспериментах с длительной изоляцией продолжительностью от 105 до 240 суток обнаружено, что развивающаяся гиподинамия, влияние факторов гермообъема, таких как измененные газовый состав среды, давление, влажность, температура, вызывают сдвиги обмена веществ той же направленности, что и в реальном космическом полете [9, С. 32]. Особое

место среди них занимают изменения холестерина обмена со сдвигом в сторону преобладания атерогенных фракций липопротеидов.

У членов экипажа женского эксперимента с 8-суточной изоляцией в гермообъеме “Луна 2015”, имитировавшего облет Луны, обнаружены признаки изменений холестерина обмена [10, С. 34].

Таким образом, с учетом результатов проведенных ранее исследований, представляет интерес изучение особенностей холестерина обмена применительно к практике пилотируемых космических полетов на ранних этапах адаптации к их условиям. Целью данного исследования было изучение динамики показателей холестерина обмена у испытуемых-добровольцев в эксперименте с 17-суточной изоляцией в гермообъеме.

#### Материалы и методы

В динамике эксперимента с 17-суточной изоляцией в гермообъеме, проведенном на базе наземного экспериментального комплекса ГНЦ РФ ИМБП РАН, обследовали экипаж, состоящий шести человек обоего пола возрасте от 27 до 43 лет. Взятие венозной крови проводилось утром, натощак за 7 суток до начала эксперимента, на 7 и 14 сутки изоляции, а также на 2 и 7 сутки периода восстановления (ПВ).

В сыворотке крови определяли концентрацию общего холестерина, холестерина липопротеидов высокой плотности (ЛПВП) и триглицеридов с использованием стандартных коммерческих наборов производства фирмы “DiaSys”, ФРГ. Концентрацию холестерина липопротеидов низкой плотности (ЛПНП), холестерина липопротеидов очень низкой плотности (ЛПОНП), а также величину индекса атерогенности (ИА) рассчитывали по формулам [11, С. 514]. Измерения проводили на биохимическом анализаторе “Targa BT 3000”, Biotecnica Instruments, Италия.

Статистическую обработку полученных данных проводили методами вариационной статистики с применением пакета прикладных программ StatisticaforWindows (США) с помощью критерия Уилкоксона [12, С. 73, 116]. Результаты исследований представлены в виде медиан (Me) и квартилей (qr) [12, С. 118]. Медианы указывают на центральную тенденцию распределений признаков и соответствуют значению признака, разделяющему пополам распределение наблюдений на интервале значений признака. Интерквартильный отрезок – интервал значений, содержащий центральные 50% наблюдений. В связи с небольшим объемом выборки и широким диапазоном индивидуальных значений исследуемых показателей, помимо оценки достоверности различий с фоновыми величинами ( $p < 0,05$ ), дополнительно оценивали наличие тенденций к различиям ( $0,05 < p < 0,08$ ).

#### Результаты и обсуждение

Полученные данные представлены в Таблице 1.

Обращает на себя внимание тот факт, что значения медиан всех исследованных показателей находились внутри диапазона физиологической нормы, единой для мужчин и женщин (холестерин 2,8-5,2 ммоль/л; холестерин ЛПВП  $> 0,91$  ммоль/л; холестерин ЛПНП  $< 4,0$  ммоль/л; холестерин ЛПОНП 0,10-1,35 ммоль/л; триглицериды 0,55-2,30 ммоль/л; ИА 2,20-3,50 [13, С. 16, 30]). В единичных случаях (индекс атерогенности на 7 сутки изоляции, холестерин на 14 сутки изоляции, триглицериды на 7 сутки ПВ) величины параметров холестерина обмена незначительно выходили за границы референтных интервалов.

Таблица 1 – Значения показателей холестерина обмена в динамике эксперимента с 17-суточной изоляцией в гермообъеме (Me (qr), n=6)

Показатель	Сроки обследования, сутки				
	Фон	Изоляция		Восстановление	
	-7	7	14	+2	+7
Холестерин, ммоль/л	4,69 (4,17-4,73)	5,03 (4,32-5,34)/5/	5,32 (4,26-5,66)	4,85 (4,18-5,17)	4,88 (4,44-5,11)*
Холестерин ЛПВП, ммоль/л	1,34 (1,26-1,42)	1,38 (1,35-1,47)/5/	1,42 (1,02-1,58)	1,45 (1,24-1,52)#	1,47 (1,35-1,63)*
Холестерин ЛПНП, ммоль/л	2,98 (2,41-3,15)	3,15 (2,68-3,18)/5/	3,5 (2,8-3,82)	2,88 (2,57- 3,51)	3,02 (2,8-3,22)/5/
Холестерин ЛПОНП, ммоль/л	0,33 (0,27-0,38)	0,44 (0,38-0,48)*5/	0,43 (0,34- 0,48)	0,30 (0,21-0,64)	0,24 (0,23-0,54)
Триглицериды, ммоль/л	0,72 (0,58-0,84)	0,96 (0,83-1,05)*5/	0,94 (0,75- 1,06)	0,65 (0,47-1,40)	0,53 (0,51-1,18)
Индекс атерогенности	2,33 (2,15-2,73)	2,13 (2,05-2,42)/5/	3,07 (2,82-3,23)#	2,73 (2,38-2,86)	2,29 (2,19-2,48)/5/

Примечания: \* - достоверное различие с фоном,  $p < 0,05$ ; # - тенденция к различию с фоном,  $0,05 < p < 0,08$ ; В прямых скобках указано количество обследованных, отличающееся от стандартного; Me – медиана; qr – интерквартильный отрезок (q25-q75).

Значения концентраций холестерина в крови испытуемых на протяжении изоляции повышались, однако все изменения были недостоверными. На 7 сутки ПВ повышение холестерина стало достоверно отличаться от фонового уровня, однако это объясняется меньшим разбросом индивидуальных значений показателя внутри группы.

В ходе изоляции содержание холестерина ЛПВП сколько-нибудь заметно не отличалось от фонового, однако на вторые сутки периода восстановления стала проследиваться тенденция к его увеличению, а на седьмые – к

достоверному повышению. Принимая во внимание динамику уровня общего холестерина, можно полагать, что увеличение содержания антиатерогенной фракции является компенсаторным.

Уровень атерогенной фракции холестерина – холестерина ЛПНП достоверно не менялся во все сроки обследования, однако находился в общем тренде предыдущих двух показателей: повышение в ходе изоляции и снижение в периоде восстановления. Аналогичным образом изменялась концентрация двух других компонентов атерогенной фракции липидов –

холестерина ЛПОНП и триглицеридов, но на седьмые сутки изоляции повышение было достоверным. Равно как и в предыдущих случаях, в динамике ПВ отмечался тренд к снижению значений этих двух показателей.

Динамика индекса атерогенности, как интегрального показателя, отражает тенденции, наблюдавшиеся в ходе эксперимента. На 14 сутки изоляции величина ИА имела тенденцию к возрастанию, а в ПВ его значение понижалось вплоть до фонового уровня на 7 сутки.

Анализируя полученные данные, можно заключить, что при моделировании космического полета путем изоляции испытуемых в гермообъеме, кратковременное воздействие продолжительностью до 17 суток не приводит к развитию сколько-нибудь значимых изменений холестерина обмена. Для решения вопроса о характере метаболических реакций в острой стадии адаптации к условиям полета, по всей видимости, следует использовать модели, создающие перераспределение жидких сред организма и разгрузку антигравитационных мышц – “сухую” иммерсию [14, С. 625] и антиортостатическую гипокинегию [7, С. 12].

Работа проводилась на основании Программы фундаментальных исследований ГНЦ РФ-ИМБП РАН на 2013-2020 годы.

### Список литературы / Литература

1. Маркин А.А. Биохимический статус человека после космического полета // Моруков Б.В., Журавлева О.А. Международная космическая станция. Российский сегмент. Космическая биология и медицина. Воронеж: Научная книга, 2011. – Т. 2. – С. 197–208.
2. Markin A. The Dynamics of Blood Biochemical Parameters in Cosmonauts During Long-term Space Flights. / Markin A., Stroganova L., Balashov O. et al. // Acta Astronautica. – 1998. – Vol. 42. – Nos 1-8. – P. 247-253.
3. Комиссаренко И. А. Коррекция дислипидемии в практике терапевта: методическое руководство / И. А. Комиссаренко, С. В. Левченко. – Москва : Прима Принт, 2014. – 64 с.
4. Мухамедиева Л.Н. Особенности холестерина обмена у мужчин и женщин в условиях длительного моделированного космического полета (ретроспективное исследование) / Маркина Е.А., Журавлева О.А. и др. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 2. – Часть 2. – С. 61-64.
5. Маркин А.А. Метаболизм и система гемостаза / Журавлева О.А., Кузичкин Д.С. и др. // Космическая медицина и биология: сборник научных статей. Воронеж: Научная книга, 2013. – С. 414-423.
6. Ничипорук И.А. Исследование биохимических показателей в ходе длительных космических полетов на Международной космической станции / Моруков Б.В. Международная космическая станция. Российский сегмент. Космическая биология и медицина. Воронеж: Научная книга, 2011. – Т. 2. – С. 228-234.
7. Коваленко Е.А. Гипокинезия / Коваленко Е.А., Гуровский Н.Н. – Москва: Медицина, 1980. – 320 с.
8. Stuster J. Analogue prototypes for Lunar and Mars exploration // Aviation Space and Environmental Medicine. – 2005. – Vol. 76. – No 6, Suppl. – P. B78–83.
9. Маркин А.А. Гомеостатические реакции организма человека при воздействии условий 105-суточной изоляции / Журавлева О.А., Моруков Б.В. и др. // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2010. – Т. 44. – № 4. – С. 31-34.
10. Маркин А.А. Метаболические реакции участниц эксперимента с 8-суточной изоляцией в гермообъеме / Журавлева О.А., Кузичкин Д.С. и др. // Acta Naturae. – 2016. – Спецвыпуск, Т. 1. – С. 34.
11. Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике / Камышников В.С. — М.: МЕДпресс-информ, 2009. – 896 с.
12. О.Ю. Реброва. Статистический анализ медицинских данных. М.: Медиа сфера, 2006. – 312 с.
13. Heil W. Reference Ranges for Adults and Children. Pre-Analytical Considerations / Schucklies F., Zawta B. – Mannheim: Boehringer Mannheim, 1994. – 117 p.
14. Epstein M. Cardiovascular and renal effects of head-out water immersion in man // Circulation Research. – 1976. – Vol. 39 No 5. – P. 619–628.

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

1. Markin A.A. Biohimicheskij status cheloveka posle kosmicheskogo poleta [Biochemical status of humans after space flight] / Morukov B.V., Zhuravleva O.A. et al. // Mezhdunarodnaja kosmicheskaja stancija. Rossijskij segment. Kosmicheskaja biologija i medicina. Voronezh: Nauchnaja kniga [The international space station. The Russian segment. Space biology and medicine], 2011. – Vol. 2. – P. 197-208. [In Russian].
2. Markin A. The Dynamics of Blood Biochemical Parameters in Cosmonauts During Long-term Space Flights. / Markin A., Stroganova L., Balashov O. et al. // Acta Astronautica. – 1998. – Vol. 42. – Nos 1-8. – P. 247-253.
3. Komissarenko I. A. Korrekciya dislipidemii v praktike terapevta: metodicheskoe rukovodstvo [Correction of dyslipidemia in the practice of the therapist: a methodical guide] / Komissarenko I. A., Levchenko S.V. // Moscow: Prima Print, 2014. – 64 p.
4. Mukhamedieva L.N. Osobennosti holesterinovogo obmena u muzhchin i zhenshhin v usloviyah dlitel'nogo modelirovannogo kosmicheskogo poleta (retrospektivnoe issledovanie) [Features of cholesterol metabolism in men and women in long-term simulated space flight (retrospective study)] / Mukhamedieva L.N., Markina E.A., Zhuravleva O.A. et al. // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2018. – No 2, Part 2. – P. 61-64.
5. Markin A.A. Metabolizm i sistema gemostaza [Metabolism and hemostasis system] / Markin A.A., Zhuravleva O.A., Kuzichkin D.S. et al. // Kosmicheskaja medicina i biologija: sbornik nauchnyh statej. Voronezh: Nauchnaja kniga [Space medicine and biology: collection of scientific articles], 2011. – Vol. 2. – P. 414-423.

6. Nichiporuk I.A. Issledovanie biohimicheskikh pokazatelej v hode dlitel'nyh kosmicheskikh poletov na Mezhdunarodnoj kosmicheskoy stancii [The study of biochemical parameters during long-term space flights on the International space station] / Nichiporuk I.A., Morukov B.V. // Mezhdunarodnaja kosmicheskaja stancija. Rossijskij segment. Kosmicheskaja biologija i medicina. Voronezh: Nauchnaja kniga [The international space station. The Russian segment. Space biology and medicine], 2011.– Vol. 2.– P. 228-234.

7. Kovalenko E.A. Gipokinezija [Hypokinesia] / Kovalenko E.A., Gurovskij N.N. – Moskva: Medicina, 1980.–320 p. [In Russian].

8. Stuster J. Analogue prototypes for Lunar and Mars exploration // Aviation Space and Environmental Medicine.–2005.– Vol.76.– No 6, Suppl.– P. B78–83.

9. Markin A.A. Gomeostaticheskie reakcii organizma cheloveka pri vozdejstvii uslovij 105-sutochnoj izoljatsii [The homeostatic reactions of the human body when exposed to conditions of 105-day isolation] / Markin A.A., Zhuravleva O.A., Morukov B.V. et al. // Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina.–2010.–Vol. 44.– No 4.–P.31-34.

10. Markin A.A. Metabolicheskie reakcii uchastnic jeksperimenta s 8-sutochnoj izoljaciej v germetičeskoj kamere [Metabolic reactions of participants in the experiment with 8-day isolation in the hermetic chamber] / Markin A.A., Zhuravleva O.A., Kuzichkin D.S. et al. // Acta Naturae.–2016.–Special issue, Vol.1.–P. 34.

11. Kamyshnikov V.S. Spravochnik po kliniko-biohimicheskim issledovanijam i laboratornoj diagnostike [The Handbook on clinical and biochemical research and laboratory diagnosis] / Kamyshnikov V.S.– M.: MEDpress-inform, 2009.– 896 p. [In Russian].

12. Rebrova O.Ju. Statisticheskij analiz medicinskih dannyh [Statistical analysis of medical data].– Moskva: Media Sfera, 2006.–312 p.

13. Heil W. Reference Ranges for Adults and Children. Pre-Analytical Considerations / Schucklies F., Zawta B.– Mannheim: Boehringer Mannheim, 1994.– 117 p.

14. Epstein M. Cardiovascular and renal effects of head-out water immersion in man // Circulation Research.–1976.–Vol. 39 No 5.–P. 619–628.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.009>

Сорокина Ю.А.<sup>1</sup>, Мотина А.Н.<sup>2</sup>, Ловцова Л.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-8430-237X, Кандидат биологических наук,

<sup>2</sup>Студент 3 курса лечебного факультета,

<sup>3</sup>Доктор медицинских наук, доцент,

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, г. Нижний Новгород

## ВЛИЯНИЕ ДИЕТОТЕРАПИИ ПО ПЕВЗНЕРУ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ФАРМАКОТЕРАПИИ

### Аннотация

Статья включает в себя обзор данных по влиянию пищевых продуктов в соответствии с лечебными диетическими столами по Певзнеру на эффективность и безопасность назначаемой фармакотерапии. Изменение состава, режима питания, способов приготовления неизменно приводит к активизации оздоровительного эффекта лечения и облегчение процесса протекания болезни. Но, в свою очередь, измененный, в какой-то мере ограниченный рацион также способствует или противодействует назначенной фармакотерапии. Данный литературный обзор отражает потенциальные риски изменения ожидаемой эффективности фармакотерапии под влиянием диетотерапии по Певзнеру.

**Ключевые слова:** диетотерапия, столы по Певзнеру, лекарственные взаимодействия.

Sorokina Yu.A.<sup>1</sup>, Motina A.N.<sup>2</sup>, Lovtsova L.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-8430-237X, PhD in Biology,

<sup>2</sup>3<sup>rd</sup> year student of the Faculty of Medicine,

<sup>3</sup>MD, Associate professor,

<sup>1,2,3</sup>FSBEI of HE PIMU, Ministry of Health of Russia, Nizhny Novgorod

## INFLUENCE OF DIETOTHERAPY ON EFFECTIVENESS AND SAFETY OF PHARMACOTHERAPY

### Abstract

The article presents an overview of the data on the effect of food products by Pevzner therapeutic dietary tables on the efficiency and safety of prescribed pharmacotherapy. The change in the composition, diet, preparation methods invariably leads to activation of the healing effect of treatment and facilitating the course of the disease. But, in turn, a modified, to some extent, limited diet also contributes to or counteracts the prescribed pharmacotherapy. This literature review reflects the potential risks of changing the expected effectiveness of pharmacotherapy under the influence of Pevzner diet therapy.

**Keywords:** diet therapy, Pevzner tables, drug interactions.

Профессор Мануил Исаакович Певзнер (1872 – 1952 г.) внедрил лечебное питание в повседневную практику Оздоровительных и лечебных учреждений, диетических столовых учреждений и заводов. Благодаря правительственным постановлениям лечебное питание стало доступным для миллионов людей. В 1921 г. было организовано отделение по болезням органов пищеварения и диететике при курортной поликлинике Наркомздрава под руководством профессора и разработаны первые схемы для питания больных по роду заболеваний (8 диетических «столов») [1].



Диетическими мероприятиями направлены на устранение из питания определенных пищевых веществ или же на снятие нагрузки с больного органа, благодаря чему восполняются нарушенные функции. В отличие от сбалансированного рациона лечебная диета ограничивает тот или иной спектр продуктов, что сказывается на организме пациента как положительным образом, так и отрицательным – в виде неэффективности или усиленных побочных эффектов назначенных препаратов.

Механическое щажение достигается в основном путем измельчения пищи, а также соответствующим способом тепловой обработки — измельчение пищи в вареном виде (на пару или в воде). Химическое щажение достигается путем исключения или ограничения тех пищевых веществ, которые еще больше могут нарушить функции больного органа, а также за счет изменения способа кулинарной обработки. Термическое щажение — исключение из пищи очень холодной или очень горячей пищи [2], [3].

*Стол №1*, 1а и б подразумевает механическое, термическое, химическое щажение.

Применяется при начальной стадии острого гастрита, язвенной болезни, состоявшегося кровотечения и иных заболеваний, нуждающихся в щажении желудка. Шестиразовое дробное питание включает в меню молоко, яйца, ягоды и фрукты [1], [2], [3].

Данные продукты являются щелочной пищей, что способствует усилению выведения кислых лекарственных веществ и уменьшают их активность (производные салициловой кислоты, барбитураты, тетрациклины). Но в тоже время это усиливает эффект основных (щелочных) веществ. Большое количество молока и молочных продуктов может уменьшить гастропротекторные свойства препаратов висмута, антисекреторных препаратов – ингибиторов протонной помпы, которые используются при лечении язвенных поражений желудка. Также вероятно взаимодействие молочных продуктов с антимикробными препаратами, применяемыми для эрадикации *H. pylori*, что приводит к потере антибактериальной активности. Под влиянием желудочного сока казеиноген, содержащийся в молоке, превращается в казеинат кальция и образует с антибиотиками невсасывающийся комплекс. Также установлено, что молоком нельзя запивать пенициллины, цефалоспорины, фторхинолоны. Препараты, содержащие гидроксид алюминия, нарушают усвоение фосфора и могут стать причиной остеопении, поэтому при длительном приеме антацидов рекомендуется диета, богатая фосфатами (мясо, рыба, яйца).

Пассаж пищи через желудок зависит от температуры пищи. С повышением температуры пищевых масс скорость их эвакуации из желудка возрастает, следовательно, препараты, всасывающиеся в кишечнике будут действовать быстрее [4], [5].

*Стол № 2* – физиологически полноценная диета с умеренным механическим щажением и стимуляцией пищеварительных органов.

Назначается при хронических гастритах с пониженной кислотностью, колитах без обострений, энтеритах и хронических стадиях энтероколитов [1], [2], [3].

*Стол № 3* стимулирует перистальтику и включает большое количество пищевых волокон.

Применяется при заболеваниях кишечника хронического характера, которые сопровождаются атоническими запорами. В разрешенное меню входят все продукты, богатые клетчаткой, а также большое количество минеральных вод. Пища богатой клетчаткой связывает препараты наперстянки, что приводит к инактивации средства с узкой терапевтической широтой. Овсяные хлопья из-за содержащейся в них клетчатки блокируют усвоение лекарств. Высокий уровень клетчатки также может снижать сыровоточный уровень трициклических антидепрессантов. Кроме того, данные продукты уменьшают фармакологическую активность диклофенака, препаратов калия, парацетамола, сульфаниламидов, фенобарбитала, фуросемида, циметидина, фамотидина, теofilлина.

Щелочные минеральные воды вызывают разрушение оболочки, уменьшение всасывания лекарственных веществ, снижение их эффективности, однако, вызывают и усиление всасывания, уменьшение вероятности выпадения метаболитов сульфаниламидов в осадок и образования мочевых камней [4].

Следует отметить, что при нормализации пассажа изменяется и скорость всасывания лекарственных препаратов. А нормализация микрофлоры толстого кишечника скажется на эффективности препаратов, подвергающихся метаболизму под действием микроорганизмов – натрия пикосульфат, антрагликозиды, лактулоза [6], [12].

*Стол № 4* – механическое, термическое щажение, ослабление перистальтики.

Диета показана при заболеваниях кишечника, которые сопровождаются поносами: дизентерией, хроническим колитом и гастроэнтеритом в стадии обострения. Питание состоит из каш на воде и постных слизистых супов, парового мяса, белого хлеба, крепкого чая и кофе. Кофе может снизить эффект эритромицина и полусинтетических пенициллинов (оксациллин, ампициллин). Напитки, содержащие различные дубильные, вяжущие вещества вступают во взаимодействия с лекарствами и могут образовывать нерастворимые, не всасывающиеся комплексы. Продукты, содержащие танин и кофеин (кофе, чай) уменьшают скорости и степени всасывания препаратов парацетамола, ацетилсалициловой кислоты, циметидина, морфина, кодеина, атропина, галоперидола, оральных контрацептивов. Кофеин способен повышать проницаемость гематоэнцефалического барьера и потенцировать анальгетический эффект парацетамола и ацетилсалициловой кислоты, ускорять выведение из организма тех лекарственных средств, которые выделяются путем фильтрации в почечных канальцах (например, ампициллина) [4], [9], [10]. Продукты, содержащие фитин (орехи, пшеница) и дубильные вещества (чай, кофе), а также молочные продукты ограничивают всасывание препаратов железа, образуя с ними плохо растворимые соединения [13].

Однако аскорбиновая кислота, наоборот, способствует лучшему всасыванию железа из кишечника, что следует учитывать при терапии. А для того, чтобы обеспечить максимальное всасывание данных препаратов, их следует назначать после еды.

Снижение скорости продвижения содержимого кишечника увеличивает время экспозиции лекарственных средств в кишечнике, что приводит к повышению всасывания препарата из ЖКТ [4], [9], [10].

*Стол № 5* включает в себя химическое щажение, повышенное содержания белка.

Назначается при заболеваниях желчных путей и печени, хронических гастритах и колитах с возможными запорами. Целевое назначение стола – щажение функций печени, разгрузка холестерина и жирового обмена, активизация работы кишечника в его привычном режиме. Питание стола направлено на употребление овощных салатов, нежирных сортов мяса и рыбы, молочных продуктов [1], [2], [3].

Диета с повышенным содержанием белка ведет к увеличению общего уровня белка в плазме крови. При применении лекарств с высокой степенью связывания с белками плазмы (левотироксин натрия, тетрациклин, хинидин, теofilлин, кофеин) снижается концентрация свободного препарата и наблюдается снижение его терапевтической эффективности.

При рационе с присутствием мясной и растительной пищи, молоко рН мочи сдвигается в щелочную сторону и способствуют выведению лекарств — слабых кислот (салицилаты, барбитураты и др.) [4], [11].

*Стол № 6* – молочно-растительная, малобелковая диета.

Применяется при подагре и почечнокаменной болезни с образованием камней из солей мочевой кислоты. Меню больного должно содержать продукты, обделенные пуринами. Это овощи, фрукты, сахар, варенье, крупы, яйца, молоко [1], [2], [3].

Дефицит белка сопровождается снижением активности тканевых оксидаз, замедлением метаболизма, скорости выведения и удлинением периода действия препаратов (тетрациклина, левомицетина, рифампицина, фенобарбитала, морфина гидрохлорида). Большое количество молочных продуктов приводит к снижению усвоения препаратов железа [9], [10], [12], [13], пенициллина, бифосфонатов [4]. Диета с пониженным содержанием белка ведет к уменьшению общего уровня белка в плазме крови. При применении лекарств с высокой степенью связывания с белками плазмы (глюкокортикоиды, бета-адреноблокаторы, левотироксин натрия, тетрациклин) повышется концентрация свободного препарата и наблюдается повышение его терапевтической эффективности.

При рационе с присутствием растительной пищи рН мочи сдвигается в щелочную сторону и способствуют выведению лекарств — слабых кислот [4], [11].

*Стол № 7* ограничивает поваренную соль и объем жидкости.

Назначается при хронических и острых нефритах и предусматривает умеренное щажение функций почек. Во время лечения меню должно состоять из кефира, молока, нежирной рыбы, овощных супов, винегретов, несоленого сливочного масла, томатных соусов, белого хлеба и отвара шиповника [1], [2], [3]. Качество и количество жидкости важно для максимального проявления эффекта лекарственных препаратов. Известно, что количество жидкости существенно влияет на всасывание препарата. Из концентрированного раствора всасывание, как правило, происходит дольше, чем из разведенного. При приеме внутрь лекарств, имеющих кислый или щелочной характер, биодоступность разведенного раствора существенно выше, чем концентрированного (ацетилсалициловая кислота, фенобарбитал), а также лекарств, трудно растворяющихся в воде (эритромицин) [4], [11].

*Стол № 8* – низкокалорийная, с ограничением углеводов и соли.

Применяется при ожирениях различных степеней. В рацион стола должны входить нежирные сорта мяса или рыбы, овощные супы, фрукты и ягоды, капуста [1], [2], [3]. При таком рационе опорожнение желудка повышается при малокалорийной диете, диете с низким содержанием белка, лекарства быстрее поступают в кишечник [4], [5], [14], [15], [16].

Недостаток жиров ухудшает биодоступность липофильных препаратов (пероральные антикоагулянты, витамины), с другой стороны, к сповышению терапевтической эффективности ряда лекарств (противоглистных препаратов, фурадонина, сульфаниламидов) [4], [9], [10].

Зачастую избыточная масса тела может быть вызвана гипотиреозом, что требует фармакологической коррекции тиреоидными гормонами. Такие овощи из семейства крестоцветных, как белокочанная капуста, редька, содержат вещество прогватрин, оказывающее антигипотиреозное действие. Совместное употребление этих овощей может ослаблять действие гормональных препаратов щитовидной железы. Применение диеты, богатой капустой и брюссельской спаржей, значительно уменьшает период полураспада и концентрацию в плазме крови антипирина и увеличивается скорость его метаболизма [4], [6], [12]. Гиполипидемические препараты нарушают усвоение железа и фолата, поэтому больные, проходящие курс лечения, должны получать фолаты и железо в продуктах питания.

*Стол № 9* – низкоуглеводная диета.

Показан для больных сахарным диабетом с подбором точных доз инсулина. Цель - ограничить потребление углеводов, использовать пищу с низким гликемическим индексом, содержащие сложные углеводы [15]. Под запрет попадает виноград, изюм, бананы, варенье, сладкие соки и газированные напитки, содержащие сахар. Также нельзя злоупотреблять солеными и маринованными овощами, мясными и кулинарными продуктами высокой калорийности [12], [14]. Ограничение углеводной пищи ведет к увеличению фармакологической активности инсулина, сахароснижающих лекарственных средств, а также других препаратов, способных вызвать гипогликемию [7].

Известна способность продуктов растительного происхождения (капуста белокочанная и брюссельская, грейпфруты, лимоны, апельсины, лук, чеснок, грибы, шпинат, сельдерей, овес, черника, земляника, продукты содержащие инулин) снижать сахар крови за счет наличия в них пищевых волокон, которые стимулируют перистальтику кишечника, уменьшают всасывание холестерина и жирных кислот, адсорбируют в кишечнике часть белков, жиров и углеводов, а также и лекарственных препаратов, принятых ранее [4], [6], [11].

*Стол № 10* ограничивает содержание жиров, белков, углеводов, жидкости.

Применяется при заболеваниях сердечно-сосудистой системы с недостаточностью кровообращения. Меню включает в себя нежирную телятину, вареную рыбу, молоко, сливки, овощи, ягоды, отвар шиповника и фруктовые компоты. Запрещаются все продукты с высоким содержанием жира, соли, холестерина и веществ, возбуждающих нервную систему [1], [2], [3], [14].

Жирная пища необходима для усвоения жирорастворимых препаратов – антикоагулянтов, метронидазола, диазепама, витаминов А, Д, Е, К, таким образом, недостаток липидов скажется на доступности препаратов [4], [8], [9], [10].

Ограничение жидкости приводит к таким же взаимодействиям, как при столе №7.

Калина, черноплодная рябина, земляника, свекла содержат биологически активные вещества, способствующие расширению периферических сосудов и снижению артериального давления, поэтому способны потенцировать гипотензивный эффект назначенных гипотензивных препаратов и приводить к коллапсу [4], [8], [14].

*Стол № 11* – усиленное питание.

Рекомендуется при различных формах туберкулеза, а также при истощенном состоянии после травм и операций. Меню стола нацелено на повышение сопротивляемости организма к острым и хроническим инфекциям, укрепление иммунной системы. Из рациона исключаются все виды животных жиров, что приводит к ухудшению усвоения липофильных препаратов.

Белковое питание, употребление маринованных, кислых и соленых продуктов ухудшает всасывание изониазида (противотуберкулезный препарат), а безбелковое, наоборот, улучшает. Применение изониазида может вести к пеллагре — заболеванию, связанному с дефицитом никотиновой кислоты [1], [2], [3], [9], [10]. Богатая углеводами пища замедляет опорожнение желудка, что может привести к нарушению всасывания сульфаниламидов, цефалоспоринов и макролидов.

*Стол № 12* ограничивает потребление стимулирующих продуктов питания.

Применяется при заболеваниях центральной нервной системы функционального типа. Целевое назначение стола – седативное воздействие на нервную систему. Рацион больного состоит из нежирных молочных продуктов, бисквитной выпечки, мармелада, натуральных соков и морепродуктов. Запрещаются все продукты, обладающие тонизирующим действием: крепкие наваристые супы, сало, жирные жареные блюда, соленые сыры, крепкий чай и кофе [1], [2], [3], [17]. Зачастую в комплексной терапии применяются и противосудорожные препараты, при этом нарушается способность организма усваивать витамин D и фолаты, поэтому при лечении важно ввести в диету большое количество продуктов, богатых этими витаминами, например жирную рыбу, яйца, молочные продукты. Действие противосудорожных препаратов меняется на противоположное или ослабевает, если их сочетать с орехами, бобами, апельсинами, столовой зеленью [4], [6], [12].

*Стол № 13*

Рекомендуется при острых инфекционных заболеваниях. Частое и дробное питание состоит из супов, каш, макарон, яиц, кисломолочных продуктов малого процента жирности, киселей, фруктов и ягод в отварном или запеченном виде [1], [2], [3]. Влияние на принимаемые препараты соответствует аспектам, перечисленным ранее.

*Стол № 14* – полноценное питание с ограничением ошелачивающих и богатых кальцием продуктов.

Назначается при почечнокаменной болезни с отхождением камней из оксалатов, способствуя нормализации кислотно-щелочного баланса. Диета подразумевает употребление колбас, бульонов, макаронных изделий и различных круп, яиц, меда и отвара шиповника [1], [2], [3]. Сдвигание pH мочи в кислую сторону и препятствует выведению лекарств — слабых кислот [4], [5], [11].

Кислые фруктовые и овощные соки, рекомендуемые в могут нейтрализовать фармакологический эффект некоторых антибиотиков (эритромицина, ампициллина, циклосерина), усилить фармакологический эффект салицилатов, барбитуратов, нитрофуранов, замедлить всасывание ибупрофена, фуросемида [4], [16].

*Стол № 15*

Применяется при различных заболеваниях, не нуждающихся в особом отхождении от классических принципов правильного питания или после лечебной диеты на конечной стадии выздоровления. Разрешены все качественные продукты, предпочитаемые человеком. Режим стола сводится до трехразового приема пищи [1], [2], [3].

В рацион лечебно-диетических столов включены те продукты питания, которые во многих случаях дополнительно включают в рацион в качестве источников витаминов и минеральных веществ с целью укрепления общих сил организма и повышения иммунитета: овощи, фрукты, фруктовые соки, молочные продукты. Некоторые представители могут существенно изменять фармакокинетику и фармакодинамику препаратов. Так, например, брокколи, капуста, шпинат, репа, брюссельская капуста (индукторы CYP1A2) содержат много витамина К. При употреблении таких овощей снижается эффективность варфарина. А что чеснок и имбирь снижают агрегацию тромбоцитов, увеличивая фибринолитическую активность препаратов (усиление эффективности антикоагулянтов и антиагрегантов) [6].

Некоторые лекарства всасываются путем активного транспорта с помощью транспортных систем клеточных мембран. Так всасываются препараты, содержащие дофамин, препараты наперстянки, рибофлавин, аскорбиновая кислота, препараты железа. Если пища содержит компоненты, также всасывающиеся путем активного транспорта (мясной, растительный и молочный белок), то возникает конкуренция между элементами пищи и лекарством за один транспортный механизм. Следовательно, лекарства, всасывающиеся путем активного транспорта, следует принимать натощак или в часы, не связанные с приемом пищи.

Закключение. Каждый практикующий врач должен быть информирован об особенностях взаимодействия лекарственных препаратов различных групп с продуктами питания, что может позволить повысить фармакологический эффект препаратов и снизить риск развития побочных эффектов.

Назначая лекарственную терапию, врач должен обязательно оговаривать режим питания больного с целью снижения риска появления нежелательных взаимодействий.

Специалистам необходимо принимать во внимание особенности рекомендуемых диетических столов по Певзнеру, так как изменение рациона питания не только необходимо для достижения терапевтических целей, но также могут повлиять на фармакологический ответ при приеме назначаемых препаратов.

#### Список литературы / References

1. Гурвич М.М. Большая книга о питании для здоровья / М.М. Гурвич - М.: Эксмо, 2013. - 384 с.

2. Каганов Б.С. Книга: Лечебное питание при хронических заболеваниях / Б.С. Каганов, Х.Х. Шарфетдинов - М.: Эксмо, 2016.- 272 с
3. Диетология / Под ред. А. Ю. Барановского. . 4-изд. — СПб.: Питер, 2012. — 1024 с.: ил.
4. Деримедведь Л. В. Взаимодействие лекарств и эффективность фармакотерапии / Л. В. Деримедведь, И. М. Перцев, Е. В. Шуванова и др. — Х.: Изд-во «Мегаполис», 2002.— 784 с
5. Мухитдинова М.И. Влияние пищи на эффективность фармакотерапии / М.И. Мухитдинова, Б.А. Карабекова, Р.А. Азизова / Наука и образование: сохраняя прошлое, создаём будущее сборник статей IX Международной научно-практической конференции: в 3 частях. — 2017. — С. 194-198.
6. Кирилук А.А. Особенности влияния пищевых продуктов и их компонентов на фармакологическую активность лекарственных средств / А.А. Кирилук, Т.Л. Петрище // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. - 2017. - № 1.- С. 51-64.
7. Сорокина Ю. А. Гипогликемия и гипергликемия: потенциальные риски полипрагмазии при сахарном диабете 2-го типа в госпитальных условиях / Ю. А. Сорокина, О. В. Занозина, Л. В. Ловцова и др. // Медицинский совет. — 2018. - №4. — С. 112-115. doi: 10.21518/2079-701X-2018-4-112-115
8. Гиллинов М. Сердце. Справочник кардиопациента. / М Гиллинов, С Ниссен - Центр полиграф ISBN: 978–5–227–04640–6, 2013. — 560 с.
9. Регистр лекарственных средств России. РЛС-2016. Энциклопедия лекарств / под ред. Г.Л. Вышковского. - М.: РЛС-Медиа. — 2016. — 1395 с.
10. Машковский, М.Д. Лекарственные средства / М.Д. Машковский. - 16-е изд., перер., испр. и доп. — М.: ООО «Изд-во «Новая волна». —2015. — 1216 с.
11. Редькин Р. Пища для размышления: продукты и лекарства [Электронный ресурс] / Р.Редькин, Н. Орловецкая, О. Данькевич // Фармацевт Практик. — 2016. - №1. URL: <http://fp.com.ua/articles/pishha-dlya-razmyishleniya-produkty-i-lekarstva/> (дата обращения 26.02.2018)
12. Барановский А. Ю. Взаимодействие лекарств и пищи [Электронный ресурс] / А. Ю. Барановский // Практическая диетология. — 2014. -№1(9) - URL:<https://praktik-dietolog.ru/article/171.html> (дата обращения 28.02.2018)
13. Ловцова Л.В. Клинико-экономические и фармакологические аспекты применения лекарственных препаратов железа: монография / Л.В. Ловцова. — Н.Новгород: НГМА.- 2011. — 160 с.
14. Тарловская Е.И. Влияние образа жизни на эффективность и безопасность лекарственных препаратов в кардиологической практике: что должен учитывать врач? / Е.И. Тарловская, Н.А. Козиолова, А.И. Чесникова // Российский кардиологический журнал. — 2016. — № 1 (129) — С. 51-59.
15. Салиева З.Т. Функциональные продукты питания для больных сахарным диабетом / З.Т. Салиева, Н. Дуйшенбек // Знание. - 2016.- № 11-1 (40). - С. 21-25.
16. Филиппова О.В. Продукты растительного и животного происхождения в качестве модификаторов активности систем метаболизма лекарственных препаратов: фармакогенетический аспект / О.В. Филиппова, М.Н. Кобец, Ю.Н. Кобец и др. // Якутский медицинский журнал. — 2014. — № 4(48).— С. 60-62.
17. Тарасова Л.В. Психосоматический аспект оптимального лечебно-профилактического питания в комплексном санаторно-курортном лечении / Л.В. Тарасова, В.Н. Сергеев, В.И. Михайлов и др. // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. — 2012. — № 6. — С. 34-38.

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

1. Gurvich M.M. Bolshaya kniga o pitanii dlya zdorovya [A great book about nutrition for health] / M.M. Gurvich - M.: Eksmo, 2013. - 384 p. [in Russian]
2. Kaganov B.S. Kniga: Lechebnoe pitanie pri hronicheskikh zabolevaniyakh [Therapeutic nourishment for chronic diseases] / B.S. Kaganov, H.H. Sharafetdinov - M.: Eksmo, 2016. - 272 p. [in Russian]
3. Dietologiya. [Diabetology] / edited by. A. Yu. Baranovskogo. — 4<sup>th</sup> edition. - SPb.: Piter, 2012. — 1024 p.: il. [in Russian]
4. Derimedved L. V. Vzaimodejstvie lekarstv i effektivnost farmakoterapii [Drug Interaction and Pharmacotherapy Effectiveness] / L. V. Derimedved, I. M. Percev, E. V. Shuvanova and others — H.: Izd-vo «Megapolis», 2002.— 784 p. [in Russian]
5. Muhitdinova M.I. Vliyanie pishi na effektivnost farmakoterapii [Effect of food on the effectiveness of pharmacotherapy] / M.I. Muhitdinova, B.A. Karabekova, R.A. Azizova / Nauka i obrazovanie: sohranyaya proshloe, sozdayom budushee sbornik statej IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: v 3 chastyakh [Science and education: preserving the past, creating the future collection of articles of the IX International Scientific and Practical Conference: in 3 parts]. — 2017. — P. 194-198. [in Russian]
6. Kirilyuk A.A. Osobennosti vliyaniya pischevykh produktov i ih komponentov na farmakologicheskuyu aktivnost lekarstvennykh sredstv [Features of the influence of food products and their components on the pharmacological activity of drugs] / A.A. Kirilyuk, T.L. Petrishche // Sovremennye problemy zdavoohraneniya i medicinskoj statistiki [Modern problems of health and medical statistics]. - 2017. - № 1.- P. 51-64. [in Russian]
7. Sorokina Yu. A. Gipoglikemiya i giperglikemiya: potentsialnye riski polipragmazii pri saharanom diabete 2-go tipa v gosпитальных usloviyakh [Hypoglycemia and hyperglycemia: potential risks of polypragmasia in type 2 diabetes mellitus in hospital settings] / Yu. A. Sorokina, O. V. Zanozina, L. V. Lovcova and others // Medicinskij sovet [Medical Council]. — 2018. - №4. — P. 112-115. doi: 10.21518/2079-701X-2018-4-112-115. [in Russian]
8. Gillinov M. Serdce. Spravochnik kardiopacienta [A heart. Handbook of the cardiomyocyte] / M Gillinov, S Nissen - Centr poligraf ISBN: 978–5–227–04640–6, 2013. — 560 p. [in Russian]
9. Registr lekarstvennykh sredstv Rossii. RLS-2016. Enciklopediya lekarstv [Register of medicines in Russia. RLS-2016. Encyclopedia of medicines] / edited by G.L. Vyshkovskogo. - M.: RLS-Media. — 2016. — 1395 p. [in Russian]

10. Mashkovskij, M.D. Lekarstvennye sredstva [Drugs] / M.D. Mashkovskij. – 4<sup>th</sup> edition., perer., ispr. i dop. – M.: OOO «Izd-vo «Novaya volna». – 2015. – 1216 p. [in Russian]
11. Redkin R. Pisha dlya razmyshleniya: produkty i lekarstva [Food for Thought: Food and Drugs] [Electronic resource] / R.Redkin, N. Orloveckaya, O. Dankevich // Farmacevt Praktik [Pharmacist Practitioner] - №1. – 2016. - URL-<http://fp.com.ua/articles/pishha-dlya-razmyishleniya-produkty-i-lekarstva/> (accessed 26.02.2018). [in Russian]
12. Baranovskij A. Yu. Vzaimodejstvie lekarstv i pishi [Interaction of drugs and food] [Electronic resource] / A. Yu. Baranovskij // Prakticheskaya dietologiya [Practical Nutrition]. – 2014. - №1(9) - URL:<https://praktik-dietolog.ru/article/171.html> (accessed 28.02.2018). [in Russian]
13. Lovcova L.V. Kliniko-ekonomicheskie i farmakologicheskie aspekty primeneniya lekarstvennyh preparatov zheleza: monografiya [Clinico-pharmacological and economic aspects of application of medicinal iron preparations: monograph] / L.V. Lovcova. – N.Novgorod: NGMA.- 2011. – 160 p. [in Russian]
14. Tarlovskaya E.I. Vliyanie obraza zhizni na effektivnost i bezopasnost lekarstvennyh preparatov v kardiologicheskoy praktike: chto dolzhen uchityvat vrach? [The influence of lifestyle on the efficacy and safety of drugs in cardiology practice: that the doctor must take into account?] / E.I. Tarlovskaya, N.A. Koziolova, A.I. Chesnikova // Rossijskij kardiologicheskij zhurnal [Russian Cardiology Journal]. – 2016. – № 1 (129) – P. 51-59. [in Russian]
15. Salieva Z.T. Funkcionalnye produkty pitaniya dlya bolnyh saharnym diabetom [Functional food for patients with diabetes mellitus] / Z.T. Salieva, N. Dujshenbek // Znanie [Knowledge]. - 2016. - № 11-1 (40). - P. 21-25. [in Russian]
16. Filipcova O.V. Produkty rastitelnogo i zhivotnogo proishozhdeniya v kachestve modifikatorov aktivnosti sistem metabolizma lekarstvennyh preparatov: farmakogeneticheskij aspekt [Products of plant and animal origin as modifiers of metabolic activity of medicinal preparations systems: pharmacogenetic aspect] / O.V. Filipcova, M.N. Kobec, Yu.N. Kobec and others // Yakutskij medicinskij zhurnal [Yakut Medical Journal].– 2014. – № 4(48). – P. 60-62. [in Russian]
17. Tarasova L.V. Psihosomaticheskij aspekt optimalnogo lechenno-profilakticheskogo pitaniya v kompleksnom sanatorno-kurortnom lechenii [Psychosomatic aspect of optimal therapeutic and preventive nutrition in complex sanatorium-and-spa treatment] / L.V. Tarasova, V.N. Sergeev, V.I. Mihajlov and others // Vestnik nevrologii, psichiatrii i nejrohirurgii [Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery]. – 2012. – № 6. – P. 34-38. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.008>Федин А.В.<sup>1</sup>, Алексеева Н.С.<sup>2</sup>, Полякова В.С.<sup>3</sup><sup>1</sup>Доцент, кандидат медицинских наук,

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пенза;

<sup>1,2</sup>Государственное Бюджетное Учреждение Здравоохранения «Клиническая больница №6 имени Г.А. Захарьина», Пенза;

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Волгоград

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ХИРУРГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ МЕДИКАМЕНТОЗНОГО РИНИТА

### Аннотация

Цель исследования – сравнительная характеристика и оценка клинической эффективности хирургических методов лечения медикаментозного ринита. Алгоритм обследования включал оценку продолжительности и выраженности клинических симптомов в послеоперационном периоде, частоту послеоперационных осложнений и динамику эндоскопической картины. В исследовании участвовала группа пациентов (96 человек), страдающих медикаментозным ринитом. В зависимости от метода оперативного лечения пациенты были разделены на 2 группы: I группе выполнялась подслизистая радиоволновая вазотомия нижних носовых раковин аппаратом Surgitron (ООО «Элман-РУС», Россия), II группе – подслизистая силовая вазотомия нижних носовых раковин с помощью шейверной системы «Элепс» (Россия) в сочетании с парциальной резекцией задних концов и латеропексией раковины. Выраженность и продолжительность клинических симптомов (назальная обструкция, послеоперационная ринорея, отек слизистой, образование корок), частота послеоперационных кровотечений при проведенной подслизистой силовой вазотомии была значительно меньше, чем при подслизистой радиоволновой вазотомии нижних носовых раковин. Таким образом, подслизистая силовая вазотомия является наиболее эффективным и щадящим методом хирургического лечения медикаментозного ринита.

**Ключевые слова:** медикаментозный ринит, силовая вазотомия, радиоволновая вазотомия.

Fedin A.V.<sup>1</sup>, Alekseeva N.S.<sup>2</sup>, Poyarkova V.S.<sup>3</sup><sup>1</sup>Associate professor, MD,

Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of supplementary vocational education "Russian Medical Academy of continuous professional training" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Penza;

<sup>1,2</sup>State Budgetary Institution of Health Care "Hospital № 6 named after G.A. Zakharyin, Penza,;

<sup>3</sup>Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Volgograd

## COMPARATIVE EVALUATION OF SURGICAL TREATMENT METHODS OF RHINITIS MEDICAMENTOSA

### Abstract

The goal of this study is to compare and evaluate the clinical efficiency of surgical methods for the treatment of rhinitis medicamentosa. The examination algorithm included the evaluation of the duration and severity of clinical symptoms in the postoperative period, the frequency of postoperative complications, and the dynamics of the endoscopic view. The study involved a group of patients (96 people) suffering from rhinitis medicamentosa. Depending on the surgical treatment method, the patients were divided into 2 groups: the 1<sup>st</sup> group was treated by the submucosal radio wave vasotomy of the inferior nasal concha by the Surgitron device (OOO Elman-RUS, Russia), and the second group was treated by submucosal power vasotomy of the inferior nasal concha with the help of the Aleps shaker system (Russia) in combination with partial resection of the posterior ends and laterotomia of the shell. The severity and duration of clinical symptoms (nasal obstruction, postoperative rhinorrhea, mucosal edema, crust formation), the frequency of postoperative bleeding with submucous force submaxillary vasotomy were significantly less than with submucous radio wave vasotomy of the inferior nasal concha. Thus, submucosal power vasotomy is the most effective and sparing method of surgical treatment of medicamentous rhinitis.

**Keywords:** rhinitis medicamentosa, power vasotomy, radio wave vasotomy.

Медикаментозный ринит (МР) в настоящее время является одной из главных причин нарушения носового дыхания. Данное заболевание составляет 1% от всей ЛОР-патологии и до 12,5% от общего числа больных с заболеваниями носа и околоносовых пазух [3], [2]. По данным Р.М.Турсунова, пациенты с медикаментозным ринитом составили 2,5% от всех больных, обратившихся за амбулаторной оториноларингологической помощью [8]. На сегодняшний день различают две основные формы медикаментозного ринита: собственно медикаментозный ринит (лат., rhinitis medicamentosa) и лекарственно-ассоциированный ринит (англ., drug-induced rhinitis). Первая форма развивается на фоне длительного приема (больше 10-15 дней) топических деконгестантов. Основным механизмом развития данной формы заболевания является синдром «рикошета». Считается, что α-адреномиметики при длительном и частом использовании угнетают эндогенную местную продукцию норадреналина, а также снижают восприимчивость α-адренорецепторов гладкой мускулатуры сосудов полости носа к эндогенному норадреналину и экзогенным сосудосуживающим средствам. В результате этого длительная вазоконстрикция приводит к возникновению вторичной вазодилатации после отмены препарата. Лекарственно-ассоциированный медикаментозный ринит развивается при продолжительном системном приеме лекарственных препаратов, непосредственно или косвенно влияющих на состояние сосудистого тонуса и/или вегетативной нервной системы. К данным препаратам относятся: антигипертензивные препараты (иАПФ, блокаторы β-адренорецепторов, резерпин, клонидин), ингибиторы фосфодиэстеразы V типа, гормональные препараты, анальгетики (НПВС), психотропные препараты, кокаин.

На сегодняшний день лечение МР является максимально сложной задачей, т.к. самостоятельная регенерация слизистой оболочки является продолжительным процессом, а попытки отказа от использования сосудосуживающих

препаратов не приводят к желаемому результату. Пациентам, не отвечающим на фармакотерапию, показано хирургическое вмешательство на нижних носовых раковинах, целью которого является уменьшение жалоб при сохранении функции. К основным хирургическим методам лечения МР относятся: поверхностная электрокаустика, внутрираковинная коагуляция, коблация («контролируемая абляция»), хемокаустика, конхотомия (турбинэктомия), латерализация, ультразвуковая дезинтеграция, подслизистая резекция кости нижней носовой раковины, турбинопластика, лазерная хирургия, шейверная конхотомия.

Цель проведенного исследования – сравнительная характеристика и оценка клинической эффективности хирургических методов лечения медикаментозного ринита.

#### Материалы и методы

В период с апреля 2017 по декабрь 2017г под наблюдением находилось 96 пациентов с медикаментозным ринитом. Все пациенты были подразделены на 2 группы: в I группу были включены 45 человек ( среди них женщин- 20, мужчин- 25 ) в возрасте от 18 до 65 лет ( средний возраст =  $36,24 \pm 7,2$  лет), во II группу вошел 51 пациент, из которых мужчин- 32, женщин 19 в возрасте от 18 до 65 лет ( средний возраст =  $31,94 \pm 5,8$  лет). По данным показателям статистически значимых различий между группами не выявлено.

Критериями включения пациентов в исследование являлись: жалобы на нарушение носового дыхания, наличие психологической зависимости от топических деконгестантов сроком более 3 месяцев. Критерии исключения: клинически значимое искривление перегородки носа, повышенный уровень общего Ig E сыворотки крови, эозинофилия назального секрета более 10%. Всем пациентам предварительно был проведен курс лечения ингаляционными кортикостероидами ( мометазон фураат 400 мкг в сутки в течение 30 дней), в результате которого выраженного клинического улучшения достигнуто не было. Распределение пациентов на группы было случайным (рандомизированным). В исследовании использовалась последовательная рандомизация.

I группе пациентов выполнялась подслизистая радиоволновая вазотомия нижних носовых раковин аппаратом Surgitron (ООО«Элман-РУС», Россия). Суть метода заключается в том, что во время операции эффект подслизистой диатермии достигается коагуляцией венозных синусов внутри раковины, что приводит к подслизистому фиброзу. Данный метод является одним из самых востребованным среди врачей из-за простоты выполнения и редких осложнений.

Пациентам II группы выполнялась подслизистая силовая вазотомия нижних носовых раковин с помощью шейверной системы «Элепс» (Россия) в сочетании с парциальной резекцией задних концов и латероплексией раковины.

Всем пациентам в послеоперационном периоде проводилось обследование, включающее в себя оценку тяжести субъективной симптоматики при помощи визуальной аналоговой шкалы (ВАШ) и эндоскопическую риноскопию на 7, 14 сутки после хирургического вмешательства. Ведение послеоперационного периода в обеих группах сводилось к носовому душу и инструментальному туалету полости носа для удаления корок и слизистых бляшек.

Статистическая обработка данных проведена с помощью программы Statistica 6.0.

#### Результаты

Основные параметры, характеризующие течение послеоперационного периода в исследуемых группах, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Течение послеоперационного периода у больных с МР

Группы	Дни лечения	Отек слизистой оболочки нижних носовых раковин	Послеоперационная ринорея	Послеоперационные кровотечения	ВАШ, см ( Me [LQ-UQ])
<b>I</b> ( n=45)		n	n	n	
	7	25	31	6	6,19 [4.5-7.5]
	14	14	11		4.12[2.5-5.5]
<b>II</b> (n=51)	7	26	7*	4	5.12[3.5-6.5]*
	14	4*	0*		3.1[1.5-4.5]*

Примечание: \*Статистически значимые различия между I и II группами больных ( $p < 0,05$ ).

Как видно из данных Таблицы 1, тяжесть симптомов заболевания на 7 и 14 дни, по данным ВАШ, снижалась быстрее у пациентов II группы, которым выполнялась шейверная вазотомия (Mann-Whitney test,  $p = 0,022$  и  $0,008$  соответственно).

Анализ динамики эндоскопической картины показал статистически достоверное уменьшение частоты клинических симптомов во II группе по сравнению с I группой пациентов. Так, и в I и во II группах в послеоперационном периоде развивался отек нижних носовых раковин, интенсивность и продолжительность которого определялась видом оперативного вмешательства. В первом случае данный симптом сохранялся на весь период стационарного лечения (на 14 день его отмечает 14 пациентов из 45), сопровождался обильным образованием корочек и развитием участков некроза слизистой оболочки, во второй группе отек слизистой был не таким интенсивным и менее продолжительным (на 14 день его отмечали 4 опрошиваемых из 51) (Mann-Whitney test,  $p = 0,0456$  ). Сравнение показателей таких послеоперационных осложнений, как кровотечения, не обнаружило достоверных различий в исследуемых группах ( в I группе данные симптомы отмечали 6 человек из 45, во II группе 4 из 51 пациентов ). Анализируя продолжительность послеоперационной

ринореи, нами были выявлены статистически значимые различия между группами: у пациентов II группы, она была менее продолжительной (на 14 день все опрошиваемые отмечали ее полное отсутствие), чем у пациентов I группы (на 14 день ее отмечали 11 из 45 человек) (Mann-Whitney test,  $p = 0,0037$ ).

Анализ полученных в итоге проведенного исследования результатов позволил сделать следующие **выводы**:

1. Подслизистая силовая вазотомия нижних носовых раковин-безопасный и эффективный метод лечения медикаментозного ринита;
2. Проведение подслизистой силовой вазотомии нижних носовых раковин сопровождается ранним восстановлением функции носового дыхания и меньшей выраженностью послеоперационной ринореи по сравнению с подслизистой радиоволновой вазотомией нижних носовых раковин.

#### Список литературы / References

1. Арефьева Н. А. Регенерация слизистой оболочки носа после эндоназальных операций / Н.А. Арефьева, Т.М. Янборисов, Ф.А. Кильсенбаева // Материалы Российской конференции оториноларингологов. – Москва.- 2002. -С. 205-206
2. Аскарлова А.С. Характеристика проявлений медикаментозного ринита, его лечение с применением глицерина и аурикулорефлексотерапии: автореф. дисс. ... канд. мед. наук: 14.00.04 / А.С. Аскарлова.- Астана, 2004.- 30с.
3. Егоров, В.Н. Опыт лечения медикаментозного ринита / В.Н. Егоров // Российская ринология. - 2001. - № 2. - С. 51-52.
4. Кунельская Н.Л. Медикаментозный ринит / Н.Л. Кунельская, Г.Ю. Царапкин, М.Е. Артемьев, Е.В. Горовая // Российский Медицинский Журнал.- 2013. - №11. - С. 558
5. Лопатин А.С. Ринит: руководство для врачей / А.С. Лопатин - М.: Литтерра, 2010.- 424 с.
6. Пискунов Г.З. Клиническая ринология / Г.З. Пискунов С.З. Пискунов - М.: Миклош, 2002. - 390 с.
7. Пискунов С.З. Морфологические и функциональные особенности слизистой оболочки носа и околоносовых пазух. Принципы щадящей эндоназальной хирургии: Учебное пособие для врачей / С.З. Пискунов, Г.З. Пискунов. – М.: Медицина. 1991. – 48 с.
8. Турсунов Р.М. Экспериментальные и клинические исследования к патогенезу и лечению медикаментозного вазомоторного насморка, обусловленного деконгестантами: автореферат дис. ... канд. мед. наук: 14.03.03, 14.01.03 / Турсунов Руслан Магомедович - Бишкек, 2012.- 29 с.
9. Федин А.В. Послеоперационный период в ринологии: Учебное пособие для врачей / А.В. Федин, Н.К. Починина - Пенза, 2017 г.- С 7-10.
10. Федин А.В. Реабилитация пациентов после функциональных эндоскопических эндоназальных вмешательств. / А.В. Федин, Н.К. Починина, М.И. Дулатова, В.Г. Недоваров // Материалы межрегиональной научно- практической конференции с международным участием ГОУ ДПО «Пензенский институт усовершенствования врачей Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию» «Актуальные проблемы анестезиологии, реаниматологии и скорой медицинской помощи: диагностика, интенсивная терапия и реабилитация». - Пенза. - 2011 г.- С. 216-218.

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

1. Arefeva N. A. Regeneraciya slizistoj obolochki nosa posle jendonazal'nyh operacij [Regeneration of the nasal mucosa after endonasal operations] / N.A. Arefeva, T.M. Janborisov, F.A. Kil'senbaeva // Proceedings of the Russian Conference of Otorhinolaryngologists –Moskva.- 2002. -P. 205-206 [ in Russian]
2. Askarova A.S. Harakteristika projavlenij medikamentoznogo rinita, ego lechenie s primeneniem gliderinina i aurikulorefleksoterapii [Characteristic manifestations of drug rhinitis, its treatment with the use of glyderinin and auriculoreflexotherapy]: the author's abstract. diss. ... of candidate of Medical Sciences. Sciences: 14.00.04/ A.S. Askarova.- Astana, 2004.- 30 P. [ in Russian]
3. Egorov V.N. Opyt lechenija medikamentoznogo rinita [Experience of treatment of medicamentous rhinitis] / V.N. Egorov // Rossijskaja rinologija [Russian Rhinology]. - 2001. - № 2. - P. 51-52. [ in Russian]
4. Kunel'skaja N.L. Medikamentoznyj rinit [Medicinal rhinitis] / N.L. Kunel'skaja, G.Ju. Carapkin, M.E. Artem'ev and others // Rossijskij Medicinskij Zhurnal [Russian Medical Journal].- 2013. - №11. - P. 558 [ in Russian]
5. Lopatin A.S. Rinit: rukovodstvo dlja vrachej [Rhinitis: a guide for doctors] / A.S. Lopatin - M.: Litterra, 2010.- 424 p. [ in Russian]
6. Piskunov G.Z. Klinicheskaja rinologija [Clinical Rhinology] / G.Z. Piskunov, S.Z. Piskunov - M.: Miklosh, 2002. - 390 p. [ in Russian]
7. Piskunov S.Z. Morfologicheskie i funkcional'nye osobennosti slizistoj obolochki nosa i okolonosovyh pazuh. Principy shhadjashhej jendonazal'noj hirurgii: Uchebnoe posobie dlja vrachej [Morphological and functional features of the nasal mucosa and paranasal sinuses. Principles of sparing endonasal surgery: A manual for physicians] / S.Z. Piskunov, G.Z. Piskunov. – M.: Medicina. 1991. – 48 p. [ in Russian]
8. Tursunov R.M. Jeksperimental'nye i klinicheskie issledovanija k patogenezu i lecheniju medikamentoznogo vazomotorного nasmorka, obuslovlennogo dekongestantami [Experimental and clinical studies to the pathogenesis and treatment of drug-induced vasomotor runny caused by decongestants]: Abstract of the thesis. ... of candidate of Medical Sciences. Sciences: 14.03.03, 14.01.03 / Tursunov Ruslan Magomedovich - Bishkek, 2012.- 29 p. [ in Russian]
9. Fedin A.V. Posleoperacionnyj period v rinologii [Postoperative period in rhinology: A manual for physicians] / A.V. Fedin, N.K. Pochinina - Penza, 2017 g.- P. 7-10. [ in Russian]
10. Fedin A.V. Reabilitacija pacientov posle funkcional'nyh jendoskopicheskij jendonazal'nyh vmeshatel'stv [Rehabilitation of patients after functional endoscopic endonasal interventions]. / A.V. Fedin, N.K. Pochinina, M.I. Dulatova and others // Materials of the interregional scientific and practical conference with international participation SEI DPO "Penza Institute for Advanced Training of Physicians of the Federal Agency for Public Health and Social Development" "Actual problems of anesthesiology, resuscitation and emergency medical care: diagnostics, intensive care and rehabilitation" - Penza. - 2011 g.- P. 216-218. [ in Russian]



DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.006>Юдинцева А.О.<sup>1</sup>, Мильчаков Д.Е.<sup>2</sup><sup>1</sup>Студент 3 курса лечебного факультета<sup>2</sup>Доцент кафедры патологической анатомии,

Кировский государственный медицинский университет, профессор РАЕ

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРОФИЛАКТИКИ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ****Аннотация**

Данная статья посвящена изучению вопроса рациональности первичной профилактики рака молочной железы (РМЖ) - серьёзного заболевания, которое является современной проблемой огромного количества женщин во всем мире. Описанные данные методов исследования отображают минимальную стоимость необходимого первоначального обследования пациенток на предмет обнаружения патологии РМЖ. На основе анализа результатов, полученных исходя из настоящих цен на оказываемые медицинские услуги в Кировском областном клиническом онкологическом диспансере, выявлена экономическая целесообразность профилактических мероприятий.

**Ключевые слова:** рак молочной железы, профилактика, маммография, мастэктомия.

Yudintseva A.O.<sup>1</sup>, Milchakov D.E.<sup>2</sup><sup>1</sup>Third year student of the Faculty of Medicine,<sup>2</sup>Associate professor of the Department of Pathological Anatomy,

Kirov State Medical University, Professor of RANH

**ECONOMIC FEASIBILITY OF BREAST CANCER PREVENTION****Abstract**

This paper is devoted to the study of the feasibility of primary prevention of breast cancer, a serious disease, which is a modern problem of a huge number of women all over the world. The described information on the research methods reflects the minimum cost of the necessary initial examination of patients required to detect a breast cancer pathology. Based on the analysis of the results obtained on real prices for medical services provided in the Kirov Regional Clinical Oncology Dispensary, the economic feasibility of preventive measures was revealed.

**Keywords:** breast cancer, prevention, mammography, mastectomy.

**Введение**

Как и многие заболевания, опухоли человека известны с давних времен. Онкология имеет свое прошлое, настоящее и будущее. Несмотря на то, что злокачественные опухоли известны с древних времен, онкология является молодой наукой – ей не более 100 лет, а полноценное развитие ее началось лишь в XX веке.

Рак молочной железы (РМЖ) - одно из наиболее распространенных злокачественных новообразований у женщин. Заболеваемость РМЖ неуклонно растет и является одной из главных причин высокой смертности женщин среднего возраста в экономически развитых и развивающихся странах. Данное онкологическое заболевание поражает девушек и женщин в возрасте от 13 до 90 лет и является вторым по частоте после рака легких в популяции в целом.

Несмотря на постоянное развитие медицины и то, что определить рак молочной железы можно даже на ранней стадии, количество пациентов, которым назначают лечение операбельным путем, все еще достаточно велико. При еще большей запущенности заболевания и несвоевременной диагностике возможен летальный исход. Именно поэтому каждому нужно знать первые признаки рака груди и внимательно следить за состоянием своего здоровья. Наиболее распространенными клиническими проявлениями являются уплотнение молочной железы, наличие неровностей при пальпации, боли различного характера, выделения из соска, экзема, эрозия, втяжение соска или определенной площади кожи, увеличение аксиллярных лимфатических узлов. Чтобы исключить связь симптомов с данным заболеванием следует своевременно осуществлять диагностические и профилактические исследования.

**Актуальность**

По данным Международного агентства по изучению рака [6] на 2012 первичная заболеваемость женщин раком молочной железы в мире составила 1671149 случаев, в странах Европы 494076, в Российской Федерации 57502. Эти значения подтверждают высокую распространенность заболевания. К тому же, заболеваемость РМЖ возрастает на 2% в год, охватывая все страны мира. Географические расхождения в показателях заболеваемости РМЖ объясняется воздействием различных факторов риска, которым подвергаются женщины. Известно, что к ним относятся гормональные факторы, увеличение массы тела, чрезмерное употребление алкоголя, длительное курение, отягощенная наследственность, доброкачественные опухоли. Но важнейшей причиной высокой летальности при онкопатологии является несвоевременная диагностика. Внимание врачей часто направлено на предшествующие заболевания, и симптомы онкологии принимаются за их проявления. К сожалению, подавляющее большинство заболевших женщин находится в репродуктивном возрасте, который является влияющим критерием в распространенности заболевания, и, естественно, смертность среди данной категории пациентов может повлиять на рождаемость и демографическую ситуацию. Поэтому немаловажным вопросом в системе здравоохранения является защита здоровья женщин.

**Цели**

- 1) Выяснить наиболее эффективные и доступные меры профилактики рака молочной железы.
- 2) Обосновать экономическую целесообразность профилактики данного заболевания.

**Задачи**

- 1) Изучить профилактические и диагностические мероприятия при РМЖ. 2) Ознакомиться с ценами на медицинские услуги в Кировском областном клиническом онкологическом диспансере. 3) Определить приблизительную стоимость диагностики и лечения РМЖ в Кировском областном клиническом онкологическом диспансере.

### Материалы и методы исследования

В настоящее время существует ряд профилактических и диагностических исследований, оперативных вмешательств, с помощью которых возможно выявлять и лечить данное заболевание. Как правило, хирургическому лечению подвергаются лица с узловой формой мастопатии, которая не поддается консервативному лечению и имеет ряд симптомов, исключающих их наблюдение в динамике. Это требует определенных материальных затрат.

Существует достаточное количество методов выявления, но наиболее доступными и не инвазивными являются маммография и самообследование молочных желез. Маммография на протяжении многих лет оправдывает свою эффективность, ведь примерно 40% злокачественных новообразований диагностируются лишь данным методом. Данное исследование показано всем женщинам, достигших 40-летнего возраста, и его необходимо проходить ежегодно. Оно не требует специальной подготовки, кроме сроков проведения относительно менструального цикла, и значительных материальных затрат. Самостоятельное обследование молочных желез доступно каждой женщине. Многие, обеспокоенные состоянием молочных желез, начинают подозревать у себя различные заболевания, что повышает вероятность обращения к специалисту при наличии определенных симптомов, о которых упомянуто выше.

Материалом для настоящего исследования послужили расценки, на оказываемые медицинские услуги в Кировском областном клиническом онкологическом диспансере, применяемые на территории Кировской области (Таблица 1, Таблица 2):

Таблица 1 – Стоимость услуг профилактического и диагностического характера в Кировском областном клиническом онкологическом диспансере

Услуга	Стоимость, руб.
Приём (консультация, осмотр) врача-онколога первичный	320
Приём (консультация, осмотр) врача-онколога повторный	320
УЗИ молочных желез	600
Прицельная рентгенография молочных желез (в 2 проекциях)	300
Маммография	640
Биопсия молочной железы чрескожная	180
Цитологическое исследование препарата тканей молочной железы	200
Цитологическое исследование отделяемого из соска молочной железы	390

Таблица 2 – Стоимость операционного лечения в Кировском областном клиническом онкологическом диспансере

Операция (+ анестезиологическое пособие)	Стоимость, руб.
Биопсия лимфатического узла	5100
Резекция молочной железы (с местной анестезией)	2600
Резекция молочной железы	5100
Резекция молочной железы радикальная с региональной лимфаденэктомией	9200
Резекция молочной железы радикальная с региональной лимфаденэктомией и одномоментной алломаммопластикой (без стоимости имплантов)	10500
Резекция молочной железы субтотальная с маммопластикой и эндопротезированием (без стоимости имплантов)	10600
Мастэктомия радикальная по Маддену	9200
Маммопластика (двусторонняя)	13400
Маммопластика (односторонняя)	8300

### Результаты исследования

Исходя из настоящих цен на предоставляемые услуги, удалось определить, что стоимость медицинского обследования женщины для установления диагноза в Кировском областном клиническом онкологическом диспансере составляет 2260 рублей (осмотры первичный и вторичный, УЗИ молочных желез, маммография, биопсия молочной железы чрескожная, цитологическое исследование).

Однако полученная оценка не является окончательной. От результатов произведенного исследования и степени запущенности онкологического процесса зависит дальнейшее лечение. К уже имеющейся стоимости диагностических мероприятий стоит прибавить стоимость оперативных вмешательств, а именно от 5100 (резекция) до 13400 рублей (резекция и маммопластика) при поражении одной молочной железы. Соответственно, при течении заболевания, захватывающем обе молочные железы, максимальная цена хирургического лечения увеличивается приблизительно до 31800 рублей (радикальная резекция обеих молочных желез с лимфаденэктомией и двусторонняя маммопластика).

Данная сумма отражает материальный исход пренебрежительного отношения к состоянию своего здоровья. Не следует забывать о возможных послеоперационных осложнениях, риск возникновения которых увеличивается прямо пропорционально развитию новообразования.

Следует отметить, что несмотря на направленность лечения на устранение причин и минимизацию клинических проявлений заболевания, не стоит пренебрегать психоэмоциональным состоянием пациентов. Индивидуальный подход, создание благоприятного психоэмоционального климата и организация психологической поддержки положительно повлияют на самочувствие пациента, что будет способствовать дальнейшему выздоровлению.

### Выводы

В результате проведенного исследования установлено, что заболеваемость раком молочной железы увеличивается, несмотря на разработку и использование современных технологий диагностики и лечения. Из этого

следует что нужно повышать уровень осведомленности населения о причинах, течении, в частности клинических проявлениях, и возможных необратимых последствиях заболевания.

Экономически эффективным является предупреждение развития, а именно профилактические и диагностические мероприятия, РМЖ на ранних стадиях. Именно материальная сторона вопроса часто является «барьером» на пути пациента к улучшению своего состояния здоровья.

Желание пациента быть здоровым и его внимательное отношение к своему самочувствию играют существенную роль в заболеваемости и выборе путей лечения болезни.

#### Список литературы / References

1. Кетова Е. М. Динамика заболеваемости раком женской половой сферы в некоторых федеральных округах ПФО / Е. М. Кетова, Д. Е. Мильчаков // Научный диалог: Вопросы медицины. – 2016. – С. 7-10.
2. Иващенко В. Н. Заболеваемость и смертность раком молочной железы на примере Кировского, Ульяновского, Пензенского федеральных центров ПФО / В. Н. Иващенко, А. К. Шаматава, Д. Е. Мильчаков // Интернаука. – 2017. – №. 9-1. – С. 62-67.
3. Накопия В. В. Профилактическая мастэктомия как один из надежных способов борьбы с раком молочной железы / В. В. Накопия, Ю. В. Пинегина, Д. Е. Мильчаков // International research journal. – 2016. – С. 64.
4. Рожкова Н. И. Своевременное лечение диффузных гиперплазий-профилактика рака молочной железы / Н.И. Рожкова, И.И. Бурдина, С.Б. Запирова и др. // Онкогинекология. – 2016. – №. 1. – С. 4-11.
5. Филиппов И. Г. Профилактика и раннее выявление женской онкологии // Евразийское Научное Объединение. – 2017. – Т. 1. – №. 4. – С. 102-104.
6. Estimated age-standardized rates (World) of incident cases, breast cancer, worldwide in 2012 [Электронный ресурс] URL: <http://gco.iarc.fr/today/online-analysis-map> (дата обращения 11.10.2017)
7. Рак молочной железы: профилактика и борьба [Электронный ресурс] URL: <http://www.who.int/topics/cancer/breastcancer/ru/index3.html> (дата обращения 18.12.2017)
8. Ранняя диагностика рака спасает жизни и сокращает расходы на лечение [Электронный ресурс] URL: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2017/early-cancer-costs/ru> (дата обращения 18.12.2017)
9. Даценко В. С. Комплексное лечение рака молочной железы // Вopr. онкол. – 1979. – Т. 4. – С. 54-58.
10. Викманис У. Э. Лечение первично распространенного рака молочной железы // Дисс. к. м. н. М. – 1975.

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

1. Ketova E. M. Dinamika zaboлеваemosti rakom zhenskoy polovoy sfery v nekotoryh federal'nyh okrugah PFO [Dynamics of cancer cases of a female genital in some federal Districts of Volga federal district] / E. M. Ketova, D. E. Mil'chakov // Nauchnyj dialog: Voprosy mediciny [Scientific dialogue: Medicine questions] – 2016. – P. 7-10. [in Russian]
2. Ivashhenko V. N. Zabolevaemost' i smertnost' rakom molochnoj zhelezy na primere Kirovskogo, Ul'janovskogo, Penzenskogo federal'nyh centrov PFO [Incidence and mortality of the breast cancer on the example of the Kirov, Ulyanovsk, Penza federal centers of volga federal district] / V. N. Ivashhenko, A. K. Shamatava, D. E. Mil'chakov // Internauka [Internauka] – 2017. – №. 9-1. – P. 62-67. [in Russian]
3. Nakopija V.V. Profilakticheskaja mastektomija kak odin iz nadezhnyh sposobov bor'by s rakom molochnoj zhelezy [Preventive mastectomy as one of reliable ways of fight against a breast cancer] / V. V. Nakopija, Yu. V. Pinegina, D. E. Mil'chakov // International research journal. – 2016. – P. 64.[in Russian]
4. Rozhkova N. I. Svoevremennoe lechenie diffuznyh giperplazij-profilaktika raka molochnoj zhelezy [Timely treatment diffusion giperplazy-prevention of a breast cancer] / N. I. Rozhkova, I. I. Burdina, S. B. Zapirova and others // Onkoginekologija [Oncogynecology]. – 2016. – №. 1. – P. 4-11. [in Russian]
5. Filippov I. G. Profilaktika i rannee vyjavlenie zhenskoy onkologii [Prevention and early identification of female oncology] // Evrazijskoe Nauchnoe Obединenie [Euroasian Scientific Association] – 2017. – Т. 1. – №. 4. – P. 102-104. [in Russian]
6. Estimated age-standardized rates (World) of incident cases, breast cancer, worldwide in 2012 [Electronic resource] URL: <http://gco.iarc.fr/today/online-analysis-map> (accessed: 11.10.2017)
7. Rak molochnoj zhelezy: profilaktika i bor'ba [Breast cancer: prevention and fight] [Electronic resource] URL: <http://www.who.int/topics/cancer/breastcancer/ru/index3.html> (accessed 18.12.2017) [in Russian]
8. Rannjaja diagnostika raka spasaet zhizni i sokrashhaet rashody na lechenie [Early diagnosis of cancer saves lives and cuts down expenses on treatment] [Electronic resource] URL: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2017/early-cancer-costs/ru/> (accessed: 18.12.2017) [in Russian]
9. Dacenko V.S. Kompleksnoe lechenie raka molochnoj zhelezy [Complex cancer therapy of a mammary gland] // Vopr. onkologii [oncology questions] – 1979, N 4.–P. 54–57 [in Russian]
10. Vikmanis U.J. Lechenie pervichno rasprostranjonnoogo raka molochnoj zhelezy [Treatment of initially widespread breast cancer] : abstract diss. PhDs in Medicine/ Vikmanis U.J –M., 1975.[in Russian]

## ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.033>Головин В.А.<sup>1</sup>, Ильин А.Б.<sup>2</sup>, Алиев А.Д.<sup>3</sup><sup>1</sup> Доктор технических наук,<sup>2</sup> Кандидат технических наук,<sup>3</sup> Кандидат физико-математических наук,<sup>1,2,3</sup> ФГБУН Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук (ИФХЭ РАН)**ДИФфуЗИЯ ФОСФОНОВЫХ ИНГИБИТОРОВ НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ В ЭПОКСИДНЫХ МАТРИЦАХ****Аннотация**

Изучен перенос растворов фосфорсодержащих ингибиторов накипеобразования в эпоксидных покрытиях. Показано, что диффузионные профили распределения фосфоновых кислот имеют обрывный вид фронта характерный для минеральных и органических кислот. Скорости проникновения  $\lambda$  фосфоновых кислот сопоставимы со значениями характерными для неорганических кислот, в частности, фосфорной. При диффузии фосфоновых кислот в эпоксидные матрицы, обладающие ионообменными свойствами, соотношение кислота/вода во внутреннем растворе в полимере выше, чем во внешнем растворе диффузанта.

**Ключевые слова:** Накипь, солеотложения, антинакипное покрытие, ингибитор накипеобразования, ингибитор солеотложения, фосфоновая кислота, диффузионный профиль.

Golovin V.A.<sup>1</sup>, Il'in A.B.<sup>2</sup>, Aliev A.D.<sup>3</sup><sup>1</sup> PhD in Engineering,<sup>2</sup> PhD in Engineering,<sup>3</sup> PhD in Physics and Mathematics,

FSBEI Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the Russian Academy of Sciences (IPCE RAS)

**DIFFUSION OF PHOSPHONIC INHIBITORS FOR SCALE FORMATION IN EPOXY MATRIXES****Abstract**

The transfer of solutions of phosphorus-containing scale forming inhibitors in epoxy coatings was studied. It is shown that the diffusion distribution profiles of phosphonic acids have a discontinuous front view characteristic of a mineral and organic acids. The penetration rates of  $\lambda$  phosphonic acids are comparable to that characteristic of inorganic acids, in particular, phosphoric acids. The acid/water ratio in the internal solution in the polymer is higher than in the external solution of the diffusant at the diffusion of phosphonic acids into epoxy matrices having ion-exchange properties.

**Keywords:** scale, scaling, antiscaling coating, scaling inhibitor, scale formation inhibitor, phosphonic acid, diffusion profile.

**В**ысокоэффективные ингибиторы накипеобразования, такие как, фосфоновые кислоты [1, С. 28-31] наиболее перспективны для введения в состав полимерных антинакипных покрытий.

Практическим способом использования таких активных ингибиторов солеотложений является их введение в рецептуру покрытий в виде микроскопических капсул с полимерной оболочкой [2] и нанесение ингибированных антинакипных покрытий на поверхность теплообмена [3].

Такой приём позволяет на стадии отверждения исключить взаимодействие реакционно-способных групп полимерной основы и ингибитора; устранить негативное влияния ингибитора на отверждение матрицы и на адгезию покрытия к подложке.

Только с момента начала десорбции ингибитора из микрокапсул [4, С. 42-47] фронтом проникающего диффузанта и, в первую очередь воды, начинается реализации антинакипного действия ингибиторов. Процесс диффузии ингибитора к поверхности покрытия протекает через полимерную основу, которая для эпоксидных покрытий холодного отверждения, как правило, является отверждаемой аминами.

В литературе представлены систематические исследования массопереноса кислот в эпоксидных матрицах [5], [6], но для большинства фосфорсодержащих ингибиторов солеотложения количественные данные отсутствуют.

Важно отметить, что, остаточные функциональные группы, в первую очередь аминогруппы, придают сшитым эпоксидным смолам ионообменные свойства. Этими физико-химическими особенностями обусловлены фундаментальные различия в селективной сорбции воды и кислоты из диффундирующего раствора. В этой связи предполагаемое изменение состава внутреннего раствора диффузанта рассматриваемого класса, в части соотношения вода-кислота представляют несомненный теоретический и практический интерес.

**Цель работы**

Целью настоящей работы являлось изучение диффузии растворов фосфорсодержащих ингибиторов солеотложения в эпоксидных аминотвержденных матрицах и покрытиях.

**Объекты и методы**

Объектами исследования являлись как модельные эпоксидные аминотвержденные системы, так и промышленные эпоксидные антинакипные материалы:

1. модельный эпоксидный состав: эпоксидная смола ЭД-20 100 м.ч., бутадиенакрилонитрильный каучук СКН-26-1А 5 м.ч.; диэтилентриамин ДЭТА 10 м.ч.; финишное отверждение 6 часов при 96 С.

2. состав ЭСМФ: эпоксидная смола ЭД-20 100 м.ч., бутадиенакрилонитрильный каучук СКН-26-1А 5 м.ч.; м-фенилендиамин 13,5 м.ч.; финишное отверждение 2 часа при 120 С.

3. химически стойкое эпоксидное покрытие РОКОР-793-ТРИО (ТУ 2257-002-11490792-08); финишное отверждение 6 часов при 96 С.

В качестве ингибиторов накипи исследовались ОЭДФК (оксиэтилендифосфоновая кислота CAS № 2809-21-4), НТФ (нитрилотриметилфосфоновая кислота CAS № 6419-19-8).

Сорбция и диффузия компонентов растворов в эпоксидной матрице оценивалась по концентрационным профилям распределения маркерных элементов, в первую очередь фосфора, которые регистрировались с помощью метода локального рентгеноспектрального анализа ЛРСА [7, С. 212-219]. Использовался электронный микроскоп JSM-U3 с рентгеновским спектрометром с энергетической дисперсией и приставкой для цифрового сканирования GETAC; компьютерная программа GETAC выполняет ZAF коррекцию для безэталонного расчёта содержания элементов. Гравиметрические исследования выполнялись на аналитических весах Pioneer PA214.

#### Результаты и их обсуждение

Характерные диффузионные профили для фосфоновых кислот приведены на рисунках №№ 1-3. Стрелкой показано направление диффузии. Значения скоростей проникновения  $\lambda$ , мкм/час<sup>0.5</sup> представлены в таблице № 1.

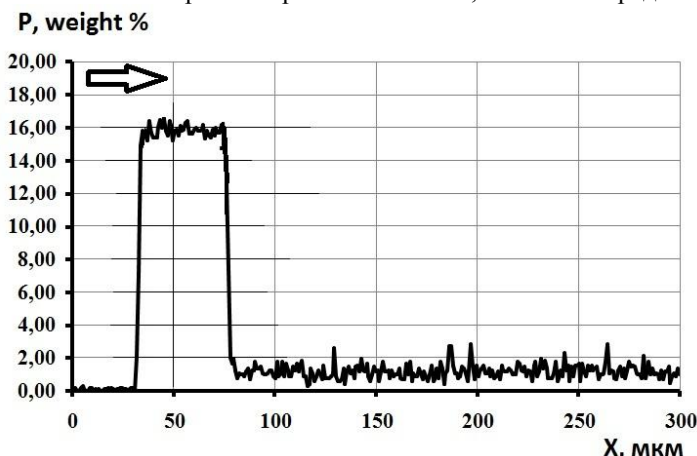


Рис. 1 – Концентрационный профиль фосфора при диффузии 46,8% раствора НТФ в течение 6 часов при 96 С в модельный эпоксидный состав

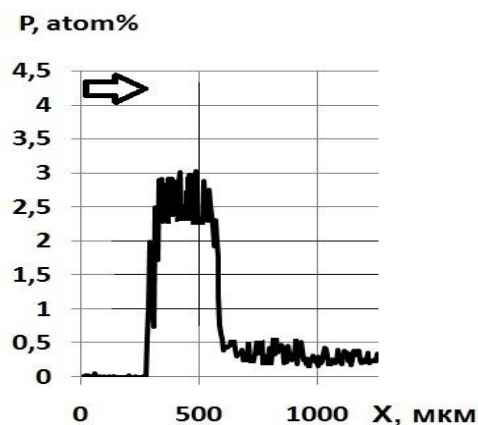


Рис. 2 – Концентрационный профиль фосфора при диффузии 46,8% раствора НТФ в течение 168 часов при 96 С в покрытие РОКОР-793-ТРИО

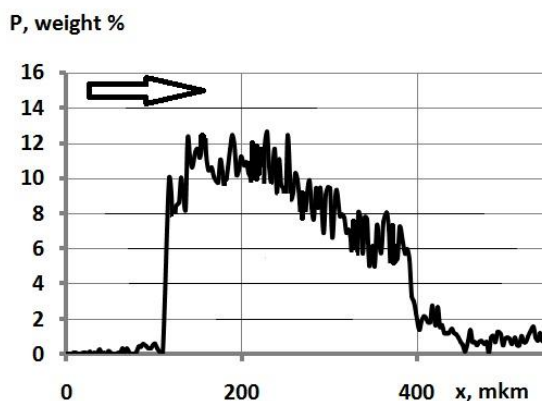


Рис. 3 – Концентрационный профиль фосфора при диффузии 1% раствора ОЭДФК в течение 168 час при 96 С в покрытие РОКОР-793-ТРИО

Наблюдаемые диффузионные профили фосфоновых кислот носят обрывный характер типичный для проникновения кислот в эпоксидные материалы аминного отверждения [5]5, [66] и сопоставимы с литературными данными [8], [12].

Оценку скорости диффузии по времени проникновения диффузионного фронта обычно выполняют по величине скорости движения фронта кислоты  $\lambda = X/t^{0.5}$ , где X - глубина проникновения фронта за время t. Для исследованных

систем, в сравнении с литературными данными для минеральных и органических кислот, значения  $\lambda$  сведены в таблицу № 1.

Таблица 1 – Скорости  $\lambda$  проникновения кислот в аминоотверждаемые эпоксидные составы

№	Среда	Полимер	T, C	$\lambda$ , мкм/час <sup>0,5</sup>	Литературный источник
1	46,8 % НТФ	ЭД-модель	96	27	Настоящая статья
	46,8 % НТФ	РОКОР-793-ТРИО	96	27	
2	1 % ОЭДФК	РОКОР-793-ТРИО	96	22	
	20 % ОЭДФК	ЭД-модель	96	68	
	60 % ОЭДФК	ЭД-модель	96	>110	
	60 % ОЭДФК	РОКОР-5095	96	>34	
	Аддукт ФМК*	ЭД-модель	50	0,5	
3	80 % H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	ЭД-модель	70	32	[5]5, [66]
4	70 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	ЭД-модель	70	10	
5	14 % HCl	ЭД-модель	96	10	
6	20 % HCl	ЭД-модель	96	15	
7	25 % HCl	ЭД-модель	96	21	
8	30 % HCl	ЭД-модель	96	27	
9	10 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Bisphenol F	17 ... 30	7,5	[8, С. 307-3128]
	10 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Novolac	17 ... 30	0,4	[9, С. 89]
	10 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	EP-AM	80	159	
	10 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	EP	60	57 ... 67	[10, С. 5]
	10 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	EP	80	105 ... 122	[11, С. 364-369]
	100 % HCOOH	ЭСМФ	70	196	[566]
	100% CH <sub>3</sub> COOH	ЭСМФ	70	150	
	100% CH <sub>3</sub> COOH	ЭСМФ	20	75	
	0,5 моль/л хлоруксусной кислоты	EP	50	63 ... 74	[12, С. 4]

Примечание: \*Аддукт фосфорномолибденовой кислоты с диметилбензиламином, насыщенный раствор.

Как видно, проникновение фосфоновых кислот (НТФ и ОЭДФК) сопоставимо с проникновением их аналога, фосфорной кислоты, которая, как известно [5], [6] проявляет свойства летучей кислоты при высоких концентрациях (> 60 %) и температурах (>70 C).

Оценка значения эффективного коэффициента диффузии D по известному [75] уравнению  $D = X^2/(\pi \cdot t)$ , в частности, для раствора 46,8% НТФ при 96 C в покрытие РОКОР-793-ТРИО, характеризуется величиной  $D = 6,2 \cdot 10^{-6}$  см<sup>2</sup>/сек.

Для сравнения, для гидрофильных полимеров, например, поливинилового спирта, диффузия фосфорной кислоты в полимер характеризуется  $D = 1,2 \cdot 10^{-6}$  см<sup>2</sup>/сек (для водного раствора в тех же условиях  $D = 16,1 \cdot 10^{-6}$  см<sup>2</sup>/сек) [13, С. 801-805]. Значение коэффициента диффузии фосфорной кислоты в растворе, а не в полимере, например, при 25 C и концентрации 0,36 моль/л составляет  $D = 0,9 \cdot 10^{-6}$  см<sup>2</sup>/сек [14, С. 176]. В то же время коэффициент самодиффузии воды при 25 C много больше и составляет  $D = 2,7 \cdot 10^{-5}$  см<sup>2</sup>/сек [15].

Из этого сравнения коэффициентов диффузии фосфоновых и фосфорной кислот и воды показывает, что как и для других кислот, диффузионный перенос может идти с опережающим проникновением воды.

Поток ингибитора через слой покрытия на поверхность покрытия определяется как скоростью проникновения среды, или коэффициентом диффузии, так и растворимостью ингибитора в полимерной основе и соотношения вода/электролит во внутреннем растворе ингибитора распределённого в полимерной матрице.

Определения растворимости при распределении электролита в двух контактирующих несмешиваемых фазах, а именно, воде и полимере в состоянии сорбционного равновесия для реальных условий и реальных низкопроницаемых защитных материалов может занимать слишком длительное время.

Эффективным методом оценки растворимости и состава внутреннего раствора для низкопроницаемых систем может быть установленная ранее закономерность [5, 6] для систем со ступенчатым диффузионным профилем характеризующая наличием линейной зависимости суммарного привеса воды и кислоты от относительной глубины проникновения фронта кислоты.

$$\Delta M/M_0 = C_v + (C_{эл} - C_v) \cdot (2X / L)$$

где:

$\Delta M/M_0$  - относительный привес соответствующий глубине проникновения фронта X;

$C_v$  - равновесная растворимость воды в полимере;

$C_{эл}$  - искомая полная растворимость водного раствора электролита в полимере;

X - средняя глубина проникновения фронта электролита;

L - толщина образца.

Результаты расчета растворимости для состава ЭД-модель и химически стойкого покрытия РОКОР-793-ТРИО приведены в Таблице 2.

Таблица 2 – Укрепление внутреннего раствора фосфоновых кислот в полимере по сравнению с внешним раствором  $C_{\text{внутр}}/C_{\text{внешн}}$  при кратковременной и стационарной экспозиции

№	Концентрация во внешнем растворе	Эпоксидный состав	Температура, С	Время экспозиции, час	Концентрация во внутреннем растворе, %	Укрепление внутреннего раствора НТФ по сравнению с внешним раствором $C_{\text{внутр}}/C_{\text{внешн}}$ раз
1	1,0 % НТФ	ЭД-модель	96	2160	25,9	25,9
2	46,8 % НТФ	ЭД-модель	96	6	55,2	1,2
3	46,8 % НТФ	РОКОР-793-ТРИО	96	168	71,2	1,5
4	1,0 % ОЭДФК	РОКОР-793-ТРИО	96	168	30,7	30,7
5	10,0 % ОЭДФК	РОКОР-793-ТРИО	96	168	35,3	3,5
6	20,0 % ОЭДФК	РОКОР-793-ТРИО	96	168	39,1	2,0

Состав внутреннего раствора и НТФ, и ОЭДФК существенно отличается от состава внутреннего раствора. Как видно из полученных данных, соотношение кислота/вода во внутреннем растворе больше, чем во внешнем, то есть также наблюдается укрепление внутреннего раствора по сравнению с внешним раствором, что наиболее выражено для растворов малых концентраций.

Таким образом, и для ОЭДФК, и для НТФ при проникновении раствора внутрь эпоксидной матрицы происходит изменение соотношения кислота/вода.

#### Выводы

1. При исследовании диффузии фосфоновых ингибиторов накипи и солеотложения в аминотвержденные эпоксиды на начальной стадии обнаружены обрывные/ступенчатые профили, ранее наблюдавшиеся для широкого круга минеральных и органических кислот.
2. Скорости проникновения  $\lambda$  фосфоновых кислот сопоставимы со значениями характерными для ряда кислот.
3. При диффузии фосфоновых кислот в эпоксидные матрицы аминного отверждения происходит укрепление внутренних растворов, при этом соотношение кислота/вода во внутреннем растворе выше, чем во внешнем растворе диффузанта.

#### Список литературы / References

1. Журавлев В.А. Влияние фосфонатов на образование кристаллических и аморфных фаз карбоната кальция в водных растворах / Журавлев В.А., Чаусов Ф.Ф., Савинский С.С. // Журнал «С.О.К.». – 2006. – № 7. – С. 28-31
2. Пат. 2358036 Российская Федерация, МПК С 23 F 11/00, С 09 D 5/08. Способ защиты от коррозии металлических поверхностей ингибированными полимерными композициями и микрокапсулы с ингибитором коррозии / Головин В. А., Ильин А. Б., Кузнец В. Т. и др., заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное объединение РОКОР" – № 2007148024/02; заявл. 25.12.2007; опубл. 10.06.2009, Бюл. № 16.
3. Пат. 2 186 633 Российская Федерация, МПК В 05 С 7/06. Способ защиты от коррозии и отложений накипи и восстановления трубообменного оборудования и устройство для осуществления этого способа / Головин В. А., Кузнец В. Т., Кублицкий К.В. и др., заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное объединение РОКОР" – № 2001121975/12; заявл. 07.08.2001; опубл. 10.08.2002 Бюл. № 22.
4. Головин В.А. ЕIS исследование ингибированных полимерных Zn-наполненных грунтовок в модели морской воды / Головин В.А., Добрян С.А. // Коррозия: материалы, защита, – 2016. – № 6. – С. 42-47
5. Ильин А.Б. Разработка многослойных полимерных покрытий с регулируемой проницаемостью коррозионных сред : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.01 : защищена 18.06.1991 : утв. 01.09.1991 / Ильин Александр Борисович. – М., – 1991. – 105 С.
6. Головин В.А. Процессы массопереноса высокоагрессивных сред в реактопластах и многослойных полимерных противокоррозионных покрытий : дис. ... докт. техн. наук : 05.17.14 защищена 11.06.1996 : утв. 26.02.1997 / Головин Владимир Анатольевич. – М., – 1996. – 359 С.
7. Малкин А.Я. Диффузия и вязкость полимеров. Методы измерения / Малкин А.Я., Чалых А.Е. – М.: Химия, 1979. С. 212-219.
8. Nazemi M. K. Evaluation of acid diffusion behavior of amine-cured epoxy coatings by accelerated permeation testing method and prediction of their service life / M. K. Nazemi, M. Valix // Progress in Organic Coatings. – 2016. – Vol. 97. – P. 307-312. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2016.04.025
9. Pajarito B. Anisotropic acid penetration in triangular bar reinforced epoxy composite / B. Pajarito, M. Kubouchi, S. Aoki // The 19th International Conference on Composite Materials. London, United Kingdom, – January 19-20, 2017 – P. 8
10. Keyoonwong W. Corrosion Behavior of Three Nanoclay Dispersion Methods of Epoxy / Organoclay Nanocomposites / W. Keyoonwong, Y. Guo, M. Kubouchi and others // International Journal of Corrosion. – Volume 2012, – Article ID 924283, – P. 5 DOI: 10.1155/2012/924283
11. Abacha N. Performance of epoxy-nanocomposite under corrosive environment / N. Abacha, M. Kubouchi, K. Tsuda and others// eXPRESS Polymer Letters – 2007. – Vol. 1. – № 6. – P. 364-369. DOI 10.3144/expresspolymlett.2007.51

12. Gotou T. Detection of environmental acid penetrated in FRP using optical fiber / T. Gotou, N. Katagiri, T. Sakai and others // 16th International Conference on Composite Materials. ICCM-2014, Dubai, UAE, – January 30-31, 2014. – P. 4
  13. Иорданский А. Л. Исследование диффузии водных растворов кислот в пленке из поливинилового спирта / Иорданский А. Л., Моисеев Ю. В., Маркин В. С. и др. // Высокомолекулярные соединения. – 1972. – XIV A, – № 4, – С. 801-805.
  14. Батраков В.В. Коррозия конструкционных материалов. Газы и неорганические кислоты. Кн. 2. Неорганические кислоты / Батраков В.В. и др. // Metallurgy, – М.: –1990. – С. 176
  15. Зацепина Г.Н. Свойства и структура воды / Зацепина Г.Н. // Изд-во "МГУ", – М.: –1974. – 168 С.
- Список литературы на английском языке / References in English**
1. Zhuravlev V.A. Vliyanie fosfonatov na obrazovanie kristallicheskih i amorfnyh faz karbonata kal'cija v vodnyh rastvorah [Influence of phosphonates on the formation of crystalline and amorphous phases of calcium carbonate in aqueous solutions] / Zhuravlev V.A., Chausov F.F., Savinskij S.S. // Zhurnal «S.O.K.» [Magazine «S.O.K. »], – 2006. – № 7. – P. 28-31 [in Russian]
  2. Pat. 2 358 036 Russian Federation, MPK C 23 F 11/00, C 09 D 5/08. Sposob zashchity ot korrozii metallicheskih poverhnostej ingibirovannyimi polimernymi kompozitsijami i mikrokapsuly s ingibitorom korrozii [The method of corrosion protection of metal surfaces with inhibited polymer compositions and microcapsules with a corrosion inhibitor] / Golovin V. A., Ilin A. B., Kuznec V. T., and others, the applicant and the patent holder of Limited Liability Company "Scientific and Production Association ROCOR" – № 2007148024/02; appl. 25.12.2007; publ. 10.06.2009, Bul. № 16. [in Russian]
  3. Pat. 2 186 633 Russian Federation, MPK B 05 C 7/06. Sposob zashchity ot korrozii i otlozhenij nakipi i vosstanovleniya trubok teploobmennogo oborudovaniya i ustrojstvo dlja osushhestvleniya jetogo sposoba [A method for protecting against corrosion and deposits of scale and repair of tubes of heat exchange equipment and an apparatus for carrying out this method] / Golovin V. A., Kuznec V. T., Kublickij K.V. and others, the applicant and the patent holder of Limited Liability Company "Scientific and Production Association ROCOR" – № 2001121975/12; appl. 07.08.2001; publ. 10.08.2002 Bul. № 22. [in Russian]
  4. Golovin V.A. EIS issledovanie ingibirovannykh polimernykh Zn-napolnennykh gruntovok v modeli morskoy vody. [EIS study of inhibited polymer Zn-filled primers in a sea water model] / Golovin V.A., Dobrijan S.A. // Korrozija: materialy, zashchita [Corrosion: materials, protection], – 2016, – № 6, – P. 42-47. [in Russian]
  5. Ilin A.B. Razrabotka mnogoslojnykh polimernykh pokrytij s reguliruemoj pronicaemost'ju korrozionnykh sred [Working out of multilayered polymeric coverings with adjustable permeability of corrosive medium]: dis. ... of PhD in Technical Sciences : 05.02.01 : defense of the thesis 22.01.02 : approved 15.07.02 / Ilin Alexander Borisovich. – М., 1991. 105 P. [in Russian]
  6. Golovin V.A. Processy massoperenosa vysokoagressivnykh sred v reaktoplastah i mnogoslojnykh polimernykh protivokorrozionnykh pokrytij [Mass transfer processes of highly aggressive media in thermosets and multilayered polymeric anticorrosive coatings]: dis. ... of PhD in Technical Sciences : 05.17.14 defense of the thesis 11.06.1996 : approved. 26.02.1997 / Golovin Vladimir Anatol'evich. – М., – 1996. –359 P.
  7. Malkin A.Ja. Diffuzija i vjazkost' polimerov. Metody izmerenija [Diffusion and viscosity of polymers. Methods of measurement.] / Malkin A.Ja., Chalyh A.E. // – М.: Chemistry, – 1979. – P. 212-219. [in Russian]
  8. Nazemi M. K. Evaluation of acid diffusion behavior of amine-cured epoxy coatings by accelerated permeation testing method and prediction of their service life / M. K. Nazemi, M. Valix // Progress in Organic Coatings. – 2016. – Vol. 97. – P. 307-312. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2016.04.025
  9. Pajarito B. Anisotropic acid penetration in triangular bar reinforced epoxy composite / B. Pajarito, M. Kubouchi, S. Aoki // The 19th International Conference on Composite Materials. London, United Kingdom, – January 19-20, 2017 – P. 8
  10. Keyoonwong W. Corrosion Behavior of Three Nanoclay Dispersion Methods of Epoxy / Organoclay Nanocomposites / W. Keyoonwong, Y. Guo, M. Kubouchi and others // International Journal of Corrosion. – Volume 2012, – Article ID 924283, – P. 5 DOI: 10.1155/2012/924283
  11. Abacha N. Performance of epoxy-nanocomposite under corrosive environment / N. Abacha, M. Kubouchi, K. Tsuda and others // eXPRESS Polymer Letters – 2007. – Vol. 1. – № 6. – P. 364-369. DOI 10.3144/expresspolymlett.2007.51
  12. Gotou T. Detection of environmental acid penetrated in FRP using optical fiber / T. Gotou, N. Katagiri, T. Sakai and others // 16th International Conference on Composite Materials. ICCM-2014, Dubai, UAE, – January 30-31, 2014. – P. 4
  13. Jordanskiy A.L. Issledovanie diffuzii vodnykh rastvorov kislot v plenke iz polivinilovogo spirta [Investigation of the diffusion of aqueous acid solutions in a film of polyvinyl alcohol] / Jordanskiy A.L., Moiseev Yu.V., Markin V.S. and others // Vysokomolekuljarnye soedineniya [High-molecular compounds]. – 1972. – XIV A, – No. 4, – P. 801-805. [in Russian]
  14. Batrakov V.V. Korrozija konstrukcionnykh materialov. Gazy i neorganicheskie kisloty. Kн. 2. Neorganicheskie kisloty. [Corrosion of structural materials. Gases and inorganic acids. Book 2. Inorganic acids.] / Batrakov V.V. // – М.: Metallurgy, – 1990, – P. 176 [in Russian]
  15. Zacepina G.N. Svoystva i struktura vody [Properties and structure of water] / Zacepina G.N. // MSU publishing house – М., – 1974. – 168 P. [in Russian]



**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING****DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.022>****Бодренко А.И.**ORCID: 0000-0002-4618-3784, Кандидат физико-математических наук, Доцент,  
Волгоград, Россия**НОВАЯ БЕСПРОВОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, НЕ ОХВАЧЕННАЯ СУЩЕСТВУЮЩИМИ IEEE  
СТАНДАРТАМИ 2017 ГОДА****Аннотация**

*Беспроводная компьютерная сеть нового типа представлена в этой статье. Эта беспроводная сеть для передачи данных использует видимый свет и не использует модуляцию оптических источников света, таких как светодиоды и т.д. Таким образом, представленная беспроводная сеть существенно отличается от беспроводных сетей, охваченных существующими IEEE стандартами 2017 года и их новыми редакциями, разрабатываемыми в настоящее время, для технологий передачи данных посредством видимого света (VLC), технологии Li-Fi и технологий передачи данных посредством оптических видео камер (OCC). Эта новая беспроводная технология может быть использована для беспроводных коммуникационных сетей следующего поколения, таких как 5G сети.*

**Ключевые слова:** беспроводная сеть, оптические коммуникации, IEEE 802.15.7, VLC, OCC.

**Bodrenko A.I.**ORCID: 0000-0002-4618-3784, PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor,  
Volgograd, Russia**NEW WIRELESS TECHNOLOGY NOT COVERED BY THE EXISTING IEEE STANDARDS OF 2017****Abstract**

*A new type of wireless computer network is presented in this article. This wireless network, for data transmission, uses visible light, and does not use intensity modulation of optical sources, such as light-emitting diodes and etc. Thus represented wireless network differs substantially from wireless networks covered by the existing IEEE standards of 2017, and its ongoing revisions, for visible-light communication (VLC) technologies, Li-Fi technology and optical camera communication (OCC) technologies. This new wireless technology can be used for the next generation of wireless communication networks such as 5G networks.*

**Keywords:** wireless network, optical communications, IEEE 802.15.7, VLC, OCC.

**Introduction**

The definition of “wireless” introduced by the Alliance for Telecommunications Industry Solutions (ATIS). This definition specifies that wireless is “descriptive of a network or terminal that uses electromagnetic waves (including RF, infrared, laser, visible light and acoustic energy) rather than wire conductors for telecommunications” [1].

VLC, Li-Fi and OCC technologies, for data transmission, use visible light, and transmit data by intensity modulating optical sources, and, at the receiver, the signal is detected by a photodiode or video camera. Standard IEEE 802.15.7-2011 [2] establishes VLC technology, and specifies the use of VLC technology for wireless personal area networks (WPAN). The ongoing IEEE 802.15.7 revisions, including VLC, Li-Fi and OCC technologies, are considered in [3, P. 4574–4594].

One of the main demerits of VLC, Li-Fi and OCC technologies, is that sometimes these technologies do not to produce reliable signal detection because of the presence of external light sources such as sunlight. This demerit can be reduced by using special equipment such as optical and color filters.

A new type of wireless computer network is established in [4]. This wireless network, for data transmission, uses visible light, and does not use intensity modulation of optical sources, and, at the receiver, the signal is detected by a video camera. Therefore this new wireless technology is not covered by the existing IEEE standards of 2017, and its ongoing revisions, for VLC, Li-Fi and OCC technologies. At the same time this new technology is wireless according to the ATIS's definition of “wireless”, because video camera, used to receive signal, is capable of receiving only visible light.

**Features of new wireless technology**

Consider the main principles of this wireless technology including simplex wireless data communications as well as duplex wireless data communications. Proposed technology uses visible light to carry information, and can be used for free-space optical communications.

The idea is to use vibration generator instead of optical sources for data transmission. The definition of “vibration generator” is formulated in [5], and it specifies that: “vibration generator is any device for applying a controlled motion to the mounting surface of a transducer”. Vibration generator has a contact surface, and creates controlled mechanical motions of this contact surface. There is a great variety of vibration generators used as a vibrating alert in communications devices, and usually almost every mobile phone includes a vibration generator and a video camera. Usually, a vibration generator built-in a mobile phone can generate a vibration with frequency of about 180 Hz. Vibration generators used in medical ultrasonography can generate a vibration with frequency of about 18 MHz. Vibration generators used in acoustic microscopy can generate a vibration with frequency of up to 4 GHz.

Network node equipment of each node of this network comprises a computer with connected video camera and vibration generator. The video camera is used as a receiver, and the vibration generator is used as a transmitter. The computer confers the ability to control the operations of the connected vibration generator via the transmission of vibration generator's operating modes to this vibration generator. Each vibration generator confers the ability to create controlled mechanical motions of its contact surface, in accordance with the received set of vibration generator's operating modes. Proposed wireless technology, as well as OCC, uses a video camera that comprises a two-dimensional array of photodiodes (PD) to detect visible light. And PD communications support the required 5G data rate level using the advanced techniques [3, P. 4574–4594].

Proposed wireless technology [4], for detecting signals, can use the same equipment as uses OCC technology, including a rolling shutter camera based OCC systems. Therefore the network architecture of this new wireless technology is very similar to the network architectures of VLC, Li-Fi and OCC networks. Thus, proposed wireless technology supporting the required 5G data rate level, can be used for 5G wireless networks.

#### **Simplex wireless data communications within new wireless technology**

At first, consider simplex wireless communication with a point-to-point data communication technique. Transmission of electronic messages from one node to another node of this computer network is produced over the wireless communication channel (through simplex wireless communication), designed for the transmission of electronic messages from the source computer to the receiving computer.

Each wireless communication channel of this computer network transmits data as follows. Initially, the video camera, connected to the receiving computer, is set up to receive images of the contact surface of the vibration generator, connected to the source computer. Then an electronic message, which is transmitted, is encoded in the form of a finite sequence of vibration generator's operating modes, using a code satisfying the unique decoding condition. Then, controlled mechanical motions of the contact surface of the vibration generator are created, in accordance with the finite sequence of vibration generator's operating modes, representing transmitting electronic message.

Then the receiving computer gets the images of the contact surface of the vibration generator, receiving by the video camera. Then, from these images, using computer vision algorithms (such as algorithms of motion analysis and object tracking) implemented in software such as the Open Source Computer Vision Library (OpenCV) [6], the receiving computer obtains the finite sequence of vibration generator's operating modes. Then this finite sequence is decoded, and the transmitted electronic message is obtained.

#### **Duplex wireless data communications within new wireless technology**

Since video camera and vibration generator work independently then duplex wireless communication with point-to-point data communication technique, works by using two simplex wireless communications. Initially, the video camera, connected to the first computer, is set up to receive images of the contact surface of the vibration generator, connected to the second computer. And the video camera, connected to the second computer, is set up to receive images of the contact surface of the vibration generator, connected to the first computer. Then data transmission from the first computer to the second computer, and from the second computer to the first computer can be implemented independently by using two different simplex wireless communications. Thus, duplex wireless communication, with bi-directional point-to-point communication, is implemented.

#### **Conclusion**

Proposed wireless technology can also implement a bi-directional multiuser communication, such as point-to-multipoint communication, and can be used for communications devices [7], UAVs [8], though there exist alternative approaches [9], [10]. New wireless technology provides full user mobility, and, like OCC technology can be used for 5G wireless networks. There is the great potential of proposed wireless technology in implementing the next generation of wireless communication networks such as 5G networks.

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

1. ATIS Telecom Glossary [Electronic resource] – URL: <http://www.atis.org/glossary/definition.aspx?id=231> (accessed 04.03.2018)
2. IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks — Part 15.7: Short-Range Wireless Optical Communication Using Visible Light, IEEE Standard 802.15.7-2011 [Electronic resource] – URL: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.15.7-2011.html> (accessed 04.03.2018)
3. Nguyen T. Current status and performance analysis of Optical Camera Communication technologies for 5G networks / T. Nguyen, A. Islam, T. Hossan and others// IEEE Access. – 2017. – Vol. 5. – P. 4574–4594. doi: 10.1109/ACCESS.2017.2681110
4. Bodrenko A.I. Way of organizing wireless network [Electronic resource] / A.I. Bodrenko // Patent application RU2016123581A. – 2017. – URL: <https://patents.google.com/patent/RU2016123581A/en> (accessed: 04.03.2018)
5. ISO 16063-1:1998, Methods for the calibration of vibration and shock transducers – Part 1: Basic concepts [Electronic resource]. – URL: <https://www.iso.org/standard/25043.html> (accessed: 04.03.2018)
6. Open Source Computer Vision Library [Electronic resource]. – URL: <http://opencv.org> (accessed: 04.03.2018)
7. Bodrenko A.I. An apparatus for receiving a warning signal marksman using their individual small arms fire, and comprising a control handle butt [Electronic resource] / A.I. Bodrenko // Patent RU165421U1. – 2016. – URL: <https://patents.google.com/patent/RU165421U1/en> (accessed: 04.03.2018)
8. Bodrenko A.I. Device intended for landing an unmanned helicopter type aircraft on a flat vertical surface [Electronic resource] / A.I. Bodrenko // Patent RU160508U1. – 2016. – URL: <https://patents.google.com/patent/RU160508U1/en> (accessed: 04.03.2018)
9. Bodrenko A.I. A method of establishing a wireless network in a biological tissue [Electronic resource] / A.I. Bodrenko // Patent application RU2015108012A. – 2016. – URL: <https://patents.google.com/patent/RU2015108012A/en> (accessed: 04.03.2018)
10. Bodrenko A.I. A method of establishing a wireless network in a chemical system [Electronic resource] / A.I. Bodrenko // Patent application RU2015113357A. – 2016. – URL: <https://patents.google.com/patent/RU2015113357A/en> (accessed: 04.03.2018)

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.023>

Вдовичев А.А.

ORCID: 0000-0001-8979-8845, магистрант,

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

**ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ, ОБРАЗУЮЩИХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ВЕЕРНЫЕ СТРУИ, В ОФИСНОМ ПОМЕЩЕНИИ***Аннотация*

*В статье рассматриваются вопросы обеспечения оптимальных микроклиматических условий системой кондиционирования воздуха в офисных помещениях, раздача приточного воздуха горизонтальными полными веерными струями, и факторы, воздействующие на организацию воздухообмена по схеме «сверху-вверх». Выполнен анализ основных параметров, влияющих на реализацию расчетной схемы циркуляции воздуха, а также рассмотрен вариант применения воздуховыпускных устройств, образующих полные веерные настилающиеся на потолок струи.*

**Ключевые слова:** воздухораспределитель, циркуляция воздуха, горизонтальные настилающиеся полные веерные струи, параметры микроклимата, критерий Архимеда.

Vdovichev A.A.

ORCID: 0000-0001-8979-8845, graduate student,

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

**APPLICATION OF AIR DISTRIBUTORS, FORMING HORIZONTAL RADIAL AIR JETS, IN OFFICE ROOMS***Abstract*

*The article considers the issues of ensuring optimal microclimatic conditions in the air conditioning system in office premises, distribution of fresh air by horizontal full fan jets, and factors affecting the organization of air exchange in the "top-up" scheme. The analysis of the main parameters influencing the implementation of the design scheme of air circulation has been carried out. Also, an option of using the air exhaust devices forming the full fan laying on the ceiling of the jet is considered.*

**Keywords:** air distributor, air circulation, horizontal laid full-jet streams, microclimate parameters, Archimedes criterion.

Одной из современных актуальных проблем в области кондиционирования воздуха офисных помещений общественных и административных зданий является обеспечение оптимальных параметров микроклимата в обслуживаемой зоне. Неправильный расчет систем воздухораспределения может привести к превышению значений скорости приточного воздуха, избыточной температуры на границе с обслуживаемой зоной, изменению траектории приточных струй и принятой схемы организации воздухообмена. В связи с этим необходимо уделять большое внимание выбору способа воздуходачи, конструкции и размещению воздуховыпускных устройств, а также определению начальных параметров подаваемого в помещение воздуха [1, С. 28].

Существующие нормативные документы, как в России, так и в странах Европы и США, главной задачей ставят: обеспечение параметров микроклимата и качества воздуха в пределах оптимальных норм (всех или отдельных параметров) [2, С. 30], поддержание заданных температуры и влажности [3, С. 10]. В иностранных стандартах немаловажным является акцентирование внимания на энергетическую эффективность системы при реализации требуемого воздухообмена и уменьшение основных источников вредностей [4, с. 15–18], [5, С. 32], а также на оценку величины расхода подаваемого воздуха и сведение к минимуму неблагоприятных воздействий на здоровье человека [6, С. 6–14]. В настоящее время существует огромное количество схем организации воздухообмена, типов воздухораспределителей, конструктивных решений, отвечающих данным требованиям. К ним можно отнести: напольные воздухораспределители, подающие воздух по схеме «снизу-вверх» [7], щелевые потолочные воздуховыпускные устройства, формирующие вертикальные быстро затухающие струи [8], охлаждающие балки [9], приточные решетки типа АМН, АДН, АЛН или АВН, осуществляющие подачу горизонтальных струй, настилающихся на потолок [10, С. 28–29]. В последнее время стало популярным использование в офисах перфорированных воздухораспределителей систем вытесняющей вентиляции DV (Displacement ventilation), позволяющих значительно уменьшить затраты на обработку приточного воздуха и обеспечить более высокое качество микроклимата помещения [11], [12].

Однако зачастую применение данных способов раздачи приточного воздуха расходится с существующими архитектурно-планировочными условиями офисов, отсутствием высоких потолков помещений, трассировкой воздуховодов и требованиями, предусмотренными техническим заданием на проектирование. В тех случаях, когда способ воздуходачи реализуется по схеме «сверху-вверх» потолочными диффузорами, образующими полные веерные струи, важным становится задача правильного подбора воздуховыпускных устройств, которые будут обеспечивать соответствие параметров струи в контрольной точке требованиям норм.

При изучении данного вопроса были исследованы воздухораспределители кампании «Арктос» следующих типов: ДПУ-М, ДПУ-К, ДКВ, АГН-1 и 4АПН (см. рис. 1) [13, С. 79–103], [14]. Число применяемых диффузоров для каждого варианта было одинаковым и равнялось 9, также как и площадь, перпендикулярная потоку и приходящаяся на один воздухораспределитель ( $A_p = 6,12 \text{ м}^2$ ). В качестве офисного помещения рассматривался операционный зал здания технической поддержки банковского отделения площадью  $F = 113 \text{ м}^2$  и высотой  $h_{\text{ном}} = 3,8 \text{ м}$ . Как видно, отличительная особенность объекта – довольно значительная площадь помещения и низкое расположение подвесных потолков (порядка 3 м), что исключает возможность применения диффузоров, формирующих конические сходящиеся или неполные веерные струи [15, С. 129].

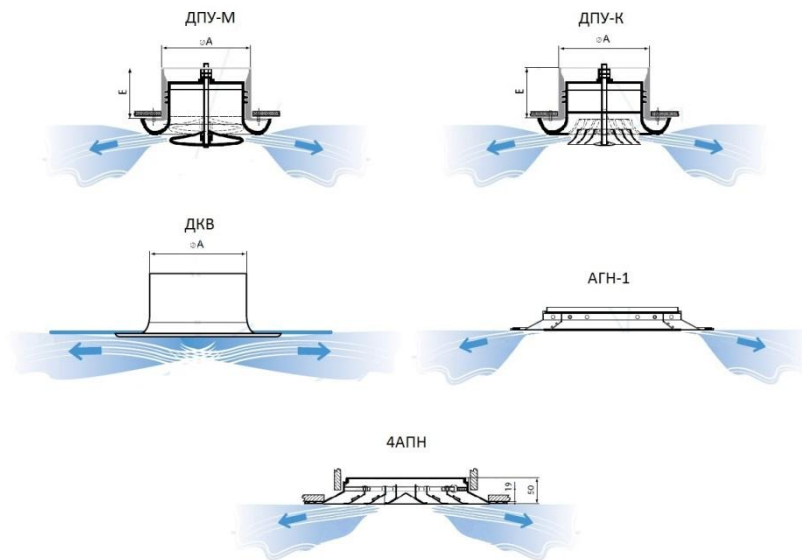


Рис. 1 – Конструктивные схемы диффузоров, формирующие горизонтальные веерные струи

В настоящее время принято считать, что основными вредностями в помещениях общественных или административных зданий являются продукты жизнедеятельности человека, в первую очередь диоксид углерода [16]. Однако если говорить об офисах, то при определении расчетных воздухообменов результирующим фактором является наличие в кабинетах значительных источников теплопоступлений (персональные компьютеры, мониторы, принтеры и другая электронно-вычислительная техника, искусственное освещение, солнечная радиация), которые оказывают значительное воздействие на реализацию заданной схемы циркуляции воздуха. Ассимиляция избытков явной  $Q_{изб.я}$  и полной теплоты  $Q_{изб.п}$ , а также влагоизбытков  $G_{вл}$  требует, как правило, гораздо большего расхода подаваемого воздуха, чем удаление углекислого газа  $G_{CO_2}$  [17, С. 20–23], что, в конечном итоге, влияет на подбор типоразмера диффузоров.

Анализ воздуховыпускных устройств и проверка правильной организации воздухообмена на обеспечение допустимых параметров на границе с обслуживаемой зоной состоял в том, чтобы оценить полученные в ходе расчетов величины скорости воздуха на оси струи на входе в обслуживаемую зону,  $w_x$ , и избыточной температуры,  $\Delta t_x$ , сопоставив их с нормируемыми значениями  $w_x^{дон}$  и  $\Delta t_{оз}^{доп}$  [15, С. 118–119], [18, С. 21–22], [19, С. 59–63]. Кроме того, следовало определить относительные расстояния до места отрыва струи,  $\bar{x}_{отр}$ , и проверить полученные значения критерия Архимеда,  $Ar_x$ , в верхнем граничном сечении обслуживаемой зоны на соответствие предельным значениям (см. рис. 2).

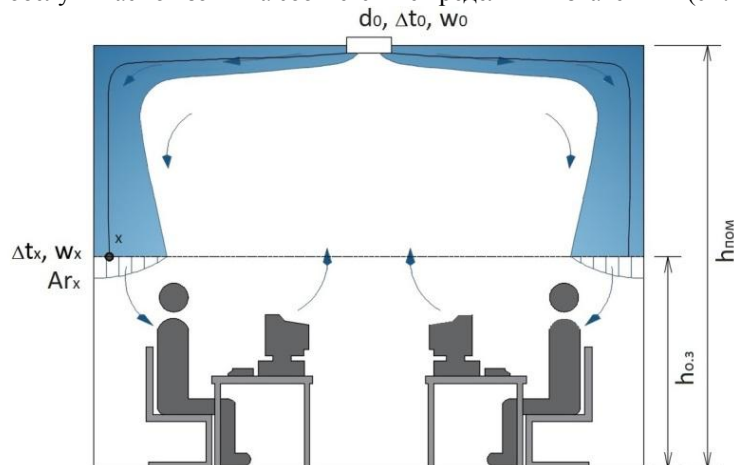


Рис. 2 – Исследуемая расчетная точка на границе обслуживаемой зоны

Применение системы кондиционирования в офисах предполагает подачу неизотермических струй с температурой, ниже температуры внутреннего воздуха  $t_{пр} < t_v$ . По причине этого определение текущего значения Архимеда является одной из важнейших задач, поскольку он учитывает влияние гравитационных сил на развитие, дальнобойность и изменение траектории настилающейся на потолок приточной струи [20, С. 112–118]. Для рассматриваемых диффузоров, формирующих веерные струи, предельное значение критерия Архимеда составляет 0,2 [21].

Основными характеристиками воздухораспределителей, существенно влияющими на получение исследуемых параметров, являются кинематический коэффициент  $m$  и температурный коэффициент  $n$ , которые описывают соответственно темп изменения осевых скоростей и избыточных температур на основном участке струи [1, С. 71]. Для диффузоров, в том числе для устройств ДПУ-М, ДПУ-К, ДКВ, АГН-1 и 4АПН, они учитывают такие параметры, как угол расширения струи  $tg_{\alpha_{0,5v}}$ , коэффициент местного сопротивления  $\xi$ , турбулентное число Прандтля  $\sigma_m$  и т.д. [1, С. 69–71] и варьируются в следующих пределах:  $m = 0,8 \div 7,6$  и  $n = 0,7 \div 6,5$  [21].

Как показали результаты вычислений, диффузоры 4АПН обладают наилучшими значениями показателей скорости и разности температур на оси струи по сравнению с аналогичными устройствами ДПУ-М, ДПУ-К, ДКВ и АГН-1.

Величины осевой скорости  $w_x$  при значении коэффициента отклонения (стеснения)  $K_c = 0,75$  [13, С. 198], а также избыточной температуры не превышают допустимых значений. Кроме того, несмотря на то, что текущий Архимед превысил критическое значение для полных веерных струй  $A_{rx} = 0,2$ , его превышение в сравнении с другими воздухораспределителями незначительно, а отрыв воздуха происходит на расстоянии 3,05 м, что превышает общее расстояние от пола до потолка помещения (см. табл. 1).

В ходе вычислений была выявлена зависимость между кинематическими, температурными коэффициентами диффузоров и начальными расчетными критериями Архимеда на выходе из приточного отверстия. При подаче воздуха с начальной скоростью,  $w_0$ , приблизительно равной 2,3 м/с и площадью приточного отверстия  $F_0$  размером  $0,045 \div 0,046 \text{ м}^2$  текущий Архимед будет тем ближе к критической величине 0,2, чем ближе коэффициенты  $m$  и  $n$  будут к значениям  $2,0 \div 2,7$  и  $0,9 \div 2,3$  соответственно. То есть при использовании диффузоров типа ДПУ-К, ДКВ и 4АПН. При этом осевая скорость на входе в обслуживаемую зону будет превышена только в случае использования воздухораспределителя ДКВ, что приведет к неудовлетворительным условиям микроклимата и неприятным ощущениям сквозняка.

Таблица 1 – Параметры приточной струи рассматриваемых диффузоров, влияющие на обеспечение заданной циркуляции воздуха

Воздухораспределитель	Форма приточной струи	Значение текущего критерия Архимеда в верхней границе о.з., $A_{rx}$	Значение коэффициента стеснения, $K_c$	Ссылка на документ	Скорость воздуха на оси струи в верхней границе о.з., $w_x$ , м/с	Перепад температур на оси струи в верхней границе о.з., $\Delta t_x$ , °C	Расстояние до места отрыва, $x_{отр}$ , м
ДПУ-М	полная веерная горизонтальная струя	0,69	0,75	[13]	0,108	0,219	1,88
			0,85	[15]	0,122	0,194	
ДПУ-К		0,57	0,75	[13]	0,135	0,282	2
			0,85	[15]	0,153	0,249	
ДКВ		0,2	0,75	[13]	0,360	0,720	3,34
			0,85	[15]	0,413	0,636	
АГН-1		0,3	0,75	[13]	0,490	1,890	2,73
			0,85	[15]	0,555	1,667	
4АПН		0,24	0,75	[13]	0,290	0,590	3,05
			0,85	[15]	0,340	0,520	

Параметры воздушной среды при применении воздуховыпускных устройств типа АГН-1 не соответствуют нормируемым значениям. Текущий критерий Архимеда в верхней границе обслуживаемой зоны превысил критическое значение для настилающихся на потолок веерных струй:  $A_{rx} = 0,3 > 0,2$ . Помимо этого, определенные осевые скорости и избыточные температуры на верхней границе рабочей зоны гораздо больше допустимых значений ( $w_x = 0,55 \text{ м/с}$ ,  $\Delta t_x = 1,67^\circ\text{C}$ ). В итоге диффузоры АГН-1 не могут использоваться в помещениях офисов высотой в 3 м и ниже, так как не обеспечивают реализацию заданной циркуляции воздуха.

Таким образом, в тех случаях, когда в офисных помещениях с низкими потолками организация воздухообмена осуществляется системой кондиционирования по схеме «сверху-вверх» настилающимися на потолок веерными струями, наиболее рациональным станет применение воздухораспределителей 4АПН, позволяющих правильно реализовать необходимое распределение воздуха и обеспечить поддержание нормируемых параметров воздушной среды.

Условные обозначения:

$A_p$  – площадь помещения, перпендикулярная потоку воздуха, приходящаяся на один воздухораспределитель,  $\text{м}^2$ .

$w_x$  – скорость воздуха на оси струи в верхней границе обслуживаемой зоны,  $\text{м/с}$ ;

$\Delta t_x$  – перепад температур воздуха на оси струи в верхней границе обслуживаемой зоны,  $^\circ\text{C}$ ;

$x_{отр}$  – расстояние до места отрыва струи, м;

$A_{rx}$  – текущий критерий Архимеда в рассматриваемом сечении;

$t_{пр}$  – температура приточного воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_v$  – температура внутреннего воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;

$w_0$  – начальная скорость приточного воздуха,  $\text{м/с}$ ;

$F_0$  – площадь приточного отверстия диффузора,  $\text{м}^2$ .

$m$  – коэффициент темпа падения скорости на оси струи;

$n$  – коэффициент выравнивания температуры в струе;

$K_c$  – коэффициент стеснения;

$\text{tg}_{\alpha_{0,5v}}$  – угол расширения струи;

$\xi$  – коэффициент местного сопротивления;

$\sigma_m$  – величина, характеризующая отношение коэффициентов турбулентного переноса теплоты и импульса (турбулентное число Прандтля).

## Список литературы / References

1. Гримитлин М. И. Распределение воздуха в помещениях. Изд. 3-е, доп. и исп. / М. И. Гримитлин. – СПб.: АВОК Северо-Запад, 2004. – 319 с.
2. СП 60.13330.2016. Актуализированная редакция СНиП 41–01–2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – Введ. 2017–06–17. – М.: Минстрой России, 2016. – 95 с.
3. ГОСТ Р EN 13779–2007. Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования. – Введ. 2008–10–01. – М.: Стандартнформ, 2008. – 49 с.
4. EN 15251:2012 (DIN EN 15251:2012). Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics, 2012. – 60 p.
5. EN 15251 Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. – Brussels. – 2007. – 62 p.
6. ASHRAE Standard 62-1999, Ventilation For Acceptable Indoor Air Quality, 1999. – 121 p.
7. Бородин А. Воздухораспределяющие устройства. Выбираем правильно [Электронный ресурс] / А. Бородин // Журнал С.О.К.: Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2006. – №2. – URL: c-o-k.ru/articles/vozduhoraspredelayushchie-ustroystva-vybiraem-pravil-no (дата обращения: 19.03.2018).
8. Воздухораспределение в помещениях: классификация систем [Электронный ресурс]. Журнал «АВОК». – 2009. – № 3. – URL: abok.ru/for\_spec/articles.php?nid=4280 (дата обращения: 19.03.2018).
9. Новые активные охлаждающие балки от Fläkt Woods [Электронный ресурс]. Журнал «АВОК». – 2015. – №4. – URL: meskazan.ru/files/publications/2017/avok-2015-4-18.pdf (дата обращения: 19.03.2018).
10. Таурит В. Р. Вентиляция в гражданских зданиях. Учебное пособие / В. Р. Таурит, В. Ф. Васильев. – СПб: АНТТ-Принт, 2008. – 147 с.
11. Особенности различных схем организации воздухообмена [Электронный ресурс]. Журнал «Аква-терм». – 2008. – №06. – URL: teplo.ck.ua/otoplenie\_review188.html (дата обращения: 19.03.2018).
12. Antonio Briganti. Системы воздухораспределения. Новейшие принципы [Электронный ресурс] / Antonio Briganti // Журнал «АВОК». – 2018. – №1. – URL: meskazan.ru/files/publications/2018/avok-2018-1-78-88.pdf (дата обращения: 19.03.2018).
13. Воздухораспределители компании «Арктос». Указания по расчету и практическому применению. – СПб: ОАО Печатный двор им. А.М. Горького. 2008. – 215 с.
14. Диффузоры ДКК, ДКФ, ДКП, ДКВ и др. Технические характеристики. «Арктос» [Электронный ресурс]. – URL: arktos.nt-rt.ru/images/manuals/d.pdf (дата обращения: 19.03.2018).
15. Баркалов Б. В. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 частях. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 2 / Б. В. Баркалов, Н. Н. Павлов, С. С. Амирджанов и др.; под ред. Н.Н. Павлова, Ю.И. Шиллера. – М.: Стройиздат, 1992. – 410 с.
16. Наумов А. Л. CO<sub>2</sub>: Критерий эффективности систем вентиляции / А. Л. Наумов, Д. В. Капко // Журнал «АВОК». – 2015. – №1. – URL: abok.ru/for\_spec/articles.php?nid=6024 (дата обращения: 19.03.2018).
17. Максимов Г. А. Отопление и вентиляция. Часть II. Вентиляция / Г. А. Максимов. – М.: Стройиздат, 4-я типография им. Евг. Соколовой, 1949. – 258 с.
18. Дударев, А. А. Микроклиматический комфорт и воздухораспределение: несколько шагов навстречу / А. А. Дударев, А. Г. Сотников // Инженерные системы. АВОК – Северо – Запад. – 2013. – №1. – С. 16–23.
19. Трубицына Г. Н. Вентиляция: учебное пособие. М-во образования и науки Российской Федерации. Магнитогорский гос. технический ун-т / Г. Н. Трубицына. – Магнитогорск: МГТУ, 2014. – 124 с.
20. Богословский В. Н. Отопление и вентиляция. В 2-х частях. Часть II. Вентиляция / В. Н. Богословский. – М.: Стройиздат, 1976. – 439 с.
21. Воздухораспределители компании «Арктос». Каталог продукции. Указания по расчету и применению воздухораспределителей [Электронный ресурс]. 2017. – URL: arktoscomfort.ru/wp-content/Kat/air/katalog/2017/11.pdf

## Список литературы на английском языке / References in English

1. Grimitlin M. I. Raspredelenie vozduha v pomeshhenijah. Izd. 3-e, dop. i isp. [Distribution of air in the premises. Ed. 3rd, add. and corr.] / M. I. Grimitlin. – SPb.: AVOK Severo-Zapad, 2004. – 319 p. [in Russian]
2. SP 60.13330.2016. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 41–01–2003. Otoplenie, ventilacija i kondicionirovanie [Updated version of SNiP 41-01-2003. Heating, ventilation and air conditioning]. – Vved. 2017–06–17. – M.: Minstroj Rossii, 2016. – 95 p. [in Russian]
3. GOST R EN 13779–2007. Ventilacija v nezhilyh zdaniyah. Tehniche-skie trebovanija k sistemam ventiljacii i kondicionirovanija [Ventilation for non-residential buildings. Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems]. – Vved. 2008–10–01. – M.: Standartnform, 2008. – 49 p. [in Russian]
4. EN 15251:2012 (DIN EN 15251:2012). Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics, 2012. – 60 p.
5. EN 15251 Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. – Brussels. – 2007. – 62 p.
6. ASHRAE Standard 62-1999, Ventilation For Acceptable Indoor Air Quality, 1999. – 121 p.
7. Borodkin A. Vozduhoraspredelayushhie ustrojstva. Vybraem pra-vil'no [Air-distributing devices. We choose correctly] [Electronic resource] / A. Borodkin // ZHurnal S.O.K.: San tehnika, Otoplenie, Kondicionirovanie. – 2006. – №2. – URL: c-o-k.ru/articles/vozduhoraspredelayushchie-ustroystva-vybiraem-pravil-no (accessed: 19.03.2018). [in Russian]
8. Vozduhoraspredelenie v pomeshhenijah: klassifikacija system [Air distribution in rooms: classification of systems] [Electronic resource]. ZHurnal «AVOK». – 2009. – №3. – URL: abok.ru/for\_spec/articles.php?nid=4280 (accessed: 19.03.2018). [in Russian]

9. Novye aktivnye ohlazhdajushchie balki ot Fläkt Woods [New Active Cooling Beams from Fläkt Woods] [Electronic resource]. Zhurnal «AVOK». – 2015. – №4. – URL: [meskazan.ru/files/publications/2017/avok-2015-4-18.pdf](http://meskazan.ru/files/publications/2017/avok-2015-4-18.pdf) (accessed: 19.03.2018). [in Russian]
10. Taurit V. R. Ventiljacija v grazhdanskih zdanijah. Uchebnoe posobie [Ventilation in civil buildings. Textbook] / V. R. Taurit, V. F. Vasil'ev. – SPb: ANTT-Print, 2008. – 147 p. [in Russian]
11. Osobennosti razlichnyh shem organizacii vozduhoobmena [Features of various schemes of air exchange] [Electronic resource]. Zhurnal «Akva-term». – 2008. – №06. – URL: [teplo.ck.ua/otoplenie\\_review188.html](http://teplo.ck.ua/otoplenie_review188.html) (accessed: 19.03.2018). [in Russian]
12. Antonio Briganti. Sistemy vozduhoraspredelenija. Novejšie principy [Air distribution systems. Newest principles] [Electronic resource] / Antonio Briganti // Zhurnal «AVOK». – 2018. – №1. – URL: [meskazan.ru/files/publications/2018/avok-2018-1-78-88.pdf](http://meskazan.ru/files/publications/2018/avok-2018-1-78-88.pdf) (accessed: 19.03.2018). [in Russian]
13. Vozduhoraspredeliteli kompanii «Arktos». Ukazaniya po raschetu i prakticheskomu primeneniju [Air distributors of the company "Arktos". Guidelines for calculation and practical application]. – SPb: OAO Pechatnyj dvor im. A.M. Gor'kogo. 2008. – 215 p. [in Russian]
14. Diffuzory DKK, DKF, DKP, DKV i dr. Tehniceskie harakteri-stiki. «Arktos» [Diffusers DKK, DKF, DKT, DKV and other. Technical characteristics. "Arctos"] [Electronic resource]. – URL: [arktos.nt-rt.ru/images/manuals/d.pdf](http://arktos.nt-rt.ru/images/manuals/d.pdf) (accessed: 19.03.2018). [in Russian]
15. Barkalov B. V. Vnutrennie sanitarno-tehniceskie ustrojstva. V 3 chastjah. CHast' 3. Ventiljacija i kondicionirovanie vozduha. Kniga 2 [Internal sanitary equipment. In 3 parts. Part 3. Ventilation and air conditioning. Book 2] / B. V. Barkalov, N. N. Pavlov, S. S. Amirdzhanov i dr.; pod red. N.N. Pavlova, JU.I. SHillera. – M.: Strojizdat, 1992. – 410 p. [in Russian]
16. Naumov A. L. SO<sub>2</sub>: Kriterij `effektivnosti sistem ventiljatsii [CO<sub>2</sub>: Criterion of efficiency of ventilation systems] [Electronic resource] / A. L. Naumov, D. V. Kapko // Zhurnal «AVOK». – 2015. – №1. – URL: [abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=6024](http://abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6024) (accessed: 19.03.2018). [in Russian]
17. Maksimov G. A. Otoplenie i ventiljacija. CHast' II. Ventiljacija [Heating and ventilation. Part II. Ventilation] / G. A. Maksimov. – M.: Strojizdat, 4-ja tipografija im. Evg. Sokolovoj, 1949. – 258 p. [in Russian]
18. Dudarev, A. A. Mikroklimaticheskij komfort i vozduhoraspredelenie: neskol'ko shagov navstrechu [Microclimatic comfort and air distribution: a few steps to meet] / A. A. Dudarev, A. G. Sotnikov // Inzhe-nernye sistemy. AVOK – Severo – Zapad. – 2013. – №1. – S. 16–23. [in Russian]
19. Trubicyna G. N. Ventiljacija: uchebnoe posobie. M-vo obrazovanija i nauki Rossijskoj Federacii. Magnitogorskij gos. tehničeskij un-t [Ventilation: a study guide. Ministry of Education and Science of the Russian Federation. Magnitogorsk State. Technical University] / G. N. Trubicyna. – Magnitogorsk: MGTU, 2014. – 124 p. [in Russian]
20. Bogoslovskij V. N. Otoplenie i ventiljacija. V 2-h chastjah. CHast' II. Ventiljacija [Heating and ventilation. In 2 parts. Part II. Ventilation] / V. N. Bogoslovskij. – M.: Strojizdat, 1976. – 439 p. [in Russian]
21. Vozduhoraspredeliteli kompanii «Arktos». Katalog produkcii. Ukazaniya po raschetu i primeneniju vozduhoraspredelitelej [Air distributors of the company "Arktos". Product Catalog. Guidelines for the calculation and use of air distributors] [Electronic resource]. 2017. – URL: [arktoscomfort.ru/wp-content/Kat/air/katalog/2017/11.pdf](http://arktoscomfort.ru/wp-content/Kat/air/katalog/2017/11.pdf) (accessed: 19.03.2018). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.026>Вержбовский Г.Б.<sup>1</sup>, Сухомлинов А.С.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-8412-2675, Доктор технических наук,<sup>2</sup>Магистрант,<sup>1,2</sup>Академия строительства и архитектуры Донского государственного технического университета, г. Ростов-на-Дону**ОСОБЕННОСТИ ШАРНИРНЫХ ОПОРНЫХ УЗЛОВ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ****Аннотация**

Рассмотрены отечественный и зарубежный варианты опорных узлов большепролетных конструкций в виде балансирных шарниров. Выполнены их аналитические и численные расчеты. Показано, что решение контактных задач в рассматриваемом случае приводит к несколько заниженным результатам по сравнению с данными численного эксперимента над твердотельной моделью. Делается вывод о том, что теория, рассматривающая давление штампа на упругую полуплоскость или пространство, не соответствует реальной конструкции опоры. Отмечены преимущества зарубежного варианта балансира, конструкция которого наиболее близка к идеальному шарниру расчетной схемы.

**Ключевые слова:** балансир, цапфа, контактная задача, твердотельная модель.

Verzhbovskiy G.B.<sup>1</sup>, Sukhomlinov A.S.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-8412-2675, PhD in Engineering,<sup>2</sup>Master's degree student,<sup>1,2</sup>Academy of Construction and Architecture of Rostov State Technical University of Civil Engineering, Rostov-on-Don**FEATURES OF SWIVEL SUPPORT NODES OF LONG SPAN STRUCTURES****Abstract**

The domestic and foreign options of support assemblies of large span structures in the form of swivel hinges are considered. Their analytical and numerical calculations are performed. It is shown that the solution of the contact problems in the case under consideration leads to a little lower result compared with data of the numerical experiment on the solid model. It is concluded that a theory, considering the pressure of a stamp on an elastic half-plane or space does not correspond to the actual construction of the support. The advantages of the foreign version of the rocker, the construction of which is the closest to the ideal hinge of the design scheme, are noted.

**Keywords:** balance arm, trunnion, contact problem, solid model.

При расчете соединений элементов строительных конструкций, как правило, вводится ряд допущений, упрощающих оценку напряженно-деформированного состояния узла и сводящихся к представлению последнего в виде идеального шарнира или жесткой заделки [1]. Для обычных зданий и сооружений подобный подход вполне оправдан, поскольку не оказывает серьезного влияния на конечный результат. Однако в связи с тем, что в последнее время у нас в стране все большее распространение получают большепролетные конструкции, упрощения узловых соединений могут привести к серьезным проблемам. Одним из возможных решений указанной проблемы может стать конструирование соединений, близких к идеальным узлам расчетных схем.

Опорные части конструкций являются наиболее ответственными, поскольку на них приходится вся нагрузка от вышележащих элементов здания, а также технологические и природно-климатические воздействия. Рассмотрим в настоящей статье в качестве примера шарнирную опору большепролетных арок или рам, выполненных из стали. В учебной литературе по металлическим конструкциям [2] приводятся три возможных варианта узлов – пятниковый, плиточный и балансирный. Наиболее близким к реальному шарниру следует считать именно балансирный. За рубежом два первых варианта из перечисленных выше узлов практически не применяются, а что касается последнего, то его конструкция несколько отличается от российской.

Отечественный вариант шарнира (см. рис. 1), состоит из верхнего и нижнего балансира, в гнезда которых укладывают плотно пригнанную цилиндрическую цапфу. Опорную часть большепролетной конструкции прикрепляют к верхнему балансиру через плиту и притягивают болтами к балансиру. С учетом допускаемого давления на фундамент нижний балансир обычно имеет большую площадь опирания, чем верхний. Для восприятия отрицательных опорных реакций от действия ветра легкие и высокие конструкции крепятся к опорам анкерными болтами.

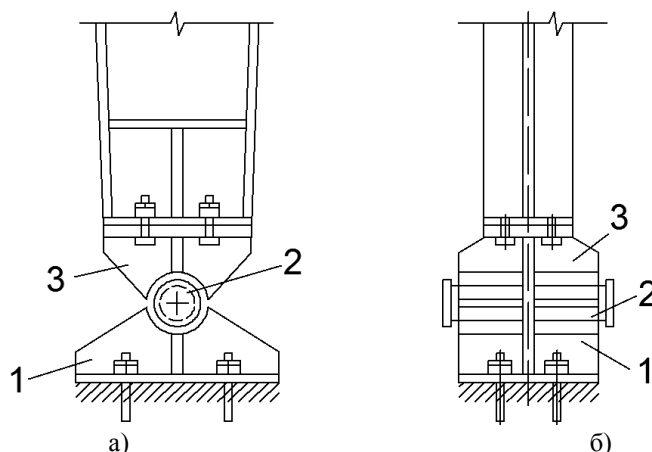


Рис. 1 – Конструктивная схема балансирного шарнира вид спереди а) и сбоку б):

1 – плита; 2 – цапфа; 3 – балансир



Принцип работы узла заключается в том, что вертикальная составляющая сосредоточенной силы от верхнего балансира 3 передается на цапфу 2, которая в свою очередь передает нагрузку на нижний балансир 3.

В случае равенства диаметров цапфы и выемки нижнего балансира нагрузка от цапфы распределяется по выемке на всю ее длину, в результате чего возникают нормальные напряжения от границ выемки до вертикальной оси, проходящей через центр тяжести цапфы, что иллюстрируется пунктирной линией (см. рис. 2). На практике оказывается, что для обеспечения возможности поворота конструкции на опоре указанные выше диаметры не совпадают, поэтому зона касания становится меньше, а максимальное напряжение возрастает (сплошная линия на рисунке 2).

Аналитическое определение максимальной величины, а также ширины зоны распределения эпюры давления можно отыскать по приближенной методике, изложенной в [3], [4]. Воспользуемся полученными в указанном источнике решениями и запишем выражения для полуширины полосы контакта  $b$  и величины наибольшего давления между соприкасающимися телами  $p_0$  соответственно:

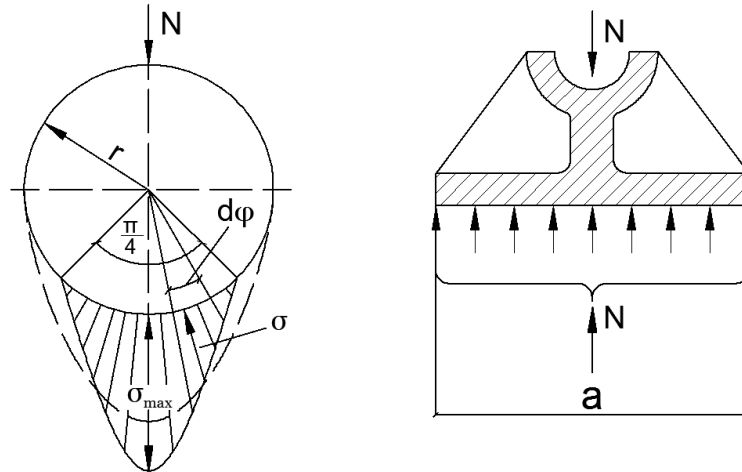


Рис. 2 – Расчетная схема балансирного шарнира

$$b = 15,22 \sqrt{\frac{q}{E} \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}; p_0 = 0,418 \sqrt{qE \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}} \quad (1)$$

При выводе (1) принято, что оба тела выполнены из одного и того же материала, с модулем упругости  $E$  и коэффициентом Пуассона  $\nu=0,3$ , что соответствует стали, из которой обычно и выполняют детали балансирного шарнира.  $q$  – это погонная нагрузка на единицу длины цилиндра.

Преобразуем выражения (1). Для этого подставим вместо обозначения модуля упругости  $E$  его конкретное значение и введем величину  $r = |R_1 / R_2| \geq 1$ . В реальных балансирных шарнирах радиусы цапфы и выемки балансира отличаются на весьма небольшую, но все-таки отличную от нуля величину, поэтому можно утверждать, что  $1,001 \leq r \leq 1,01$ , тогда (1) приводится к окончательному виду:

$$b = 0,106 \sqrt{q R_2 \cdot \gamma}; p_0 = 59,994 \sqrt{\frac{q R_2}{\gamma}}, \quad (2)$$

где  $\gamma = \frac{r}{r-1}$  числовые значения  $\gamma$  при разных величинах  $r$  приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Числовые значения  $\gamma$  при разных величинах  $r$

$r$	1,001	1,002	1,003	1,004	1,005	1,006	1,007	1,008	1,009	1,01
$\gamma$	1001	501	334	251	201	168	144	126	112	101

Рассмотрим в качестве примера балансирный шарнир, диаметр цапфы которого составляет  $d = 10$  см, при ее длине  $l = 10$  см, радиус выемки балансира на 0,1 мм больше радиуса цапфы – 5,05 см, а погонная нагрузка  $q = 1$  кН/см. При таких исходных данных имеем:  $r = 1,01$ ,  $\gamma = 1,01$ ,  $b = 2,4$  см,  $p_0 = 13,35$  кН/см<sup>2</sup>. Если учесть, что  $b$  – это полуширина площадки контакта, то оказывается, что длина дуги, по которой распределено давление от цапфы, составляет 4,8 см, что соответствует центральному углу, равному  $55^\circ$ . Полученное значение неплохо согласуется с показанным на рисунке 2 центральным углом  $45^\circ$ , однако в связи с очевидной приближенностью результата требует проверки.

Рассмотрим теперь шарнирные узлы другой конструкции, широко применяемые за рубежом (см. рис. 3). Их отличительной особенностью является то, что гнездо для размещения цапфы в балансирах представляет собой не дугобразную выемку, а кольцо. Конструкция соединения при этом оказывается несколько более материалоемкой, однако она, по сути, и является тем самым неподвижным шарниром, который принимается проектировщиками в расчетных схемах большепролетных сооружений.

Аналитический расчет подобных контактных задач достаточно подробно изложен в литературе по машиностроению, например, [5-8]. Речь идет о задаче о внутреннем контакте при неограниченном охватывающем теле. Внутренний контакт рассматривается как вдавливание круговой цапфы в тело с круглой полостью, которое после приложения нагрузки касается цапфы по сравнительно большому участку [5].



Рис. 3 – Шарнирная опора моста

Выражение, описывающее распределение давления в данном случае, возможно представить в виде (3):

$$p(\varphi) = a_1 \cos(0,5\pi\varphi / \varphi_0) + a_2 \cos(1,5\pi\varphi / \varphi_0). \quad (3)$$

Коэффициенты  $a_1$ ,  $a_2$  и предельный угол эпюры давления  $\varphi_0$  можно определить по графикам, приведенным в [5].

В условиях рассмотренного выше примера получим

$$\varphi_0 = 64^\circ, a_1 = 8 \cdot 10^5 \cdot \varepsilon / r = 160 \text{ МПа},$$

$$a_2 = -7,7 \cdot 10^4 \cdot \varepsilon / r = -15,4 \text{ МПа} \text{ и } p_0 = 14,46 \text{ кН/см}^2.$$

Последнее значение оказывается близким к найденному по (2). Тем не менее, поскольку теоретические выкладки являются приближенными, был выполнен численный эксперимент над твердотельными моделями узлов. Для этой цели использовались возможности программного комплекса SolidWorks [9, 10].

На рисунке 4 показаны нижний балансир и половина цапфы модели отечественного узла.

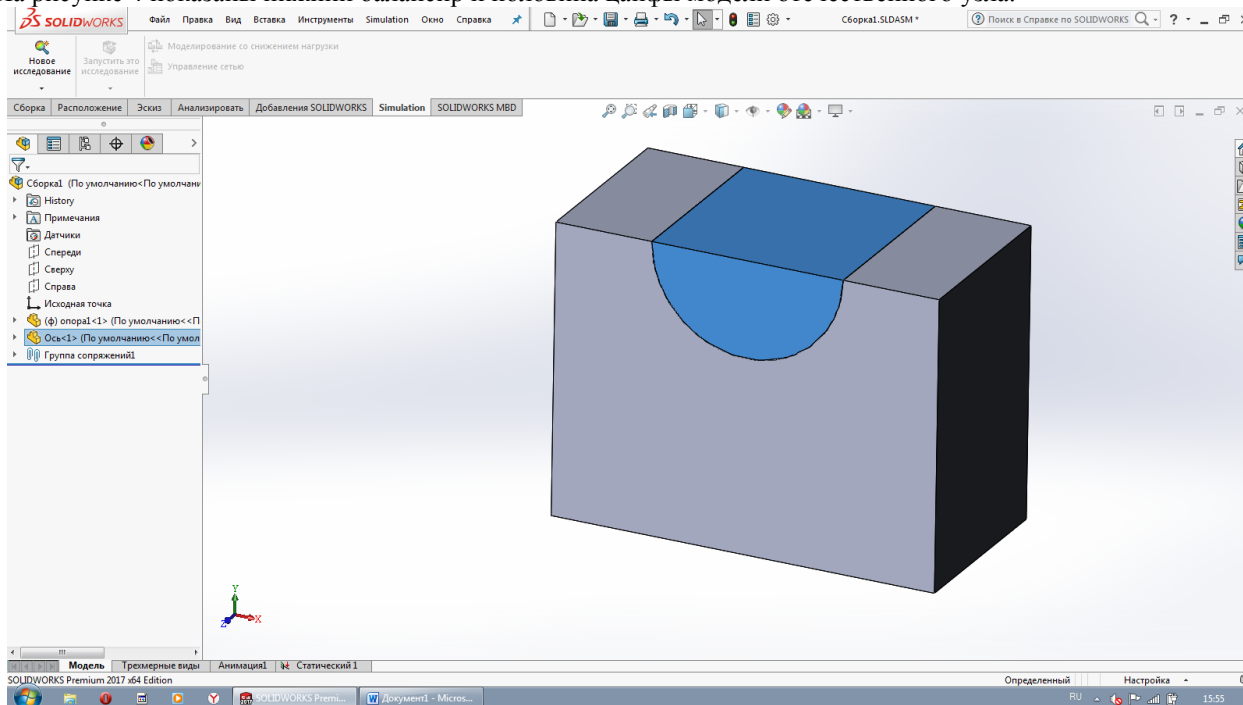


Рис. 4 – Модель отечественного балансирного шарнира

Как видно из указанного рисунка центральный угол раскрытия выемки балансира составляет  $180^\circ$ . В реальных строительных конструкциях для обеспечения возможности поворота отдельных элементов узла друг относительно друга угол раскрытия должен быть менее  $180^\circ$ , поэтому рассматривались три варианта балансирного шарнира с различными углами раскрытия выемки. Для удобства корректировки нижнего балансира от него «отрезалась» верхняя часть, что обеспечивало уменьшение угла раскрытия. Общий вид балансира с обрезанной частью и обозначениями

основных размеров показан на рисунке 5. Очевидно, что величина центрального угла раскрытия выемки при таких условиях может быть определена по формуле

$$\alpha = 180 - 2 \arctg(2a/D). \quad (4)$$

В рассмотренных случаях при  $a = 15$  и  $30$  мм имеем  $\alpha = 163^\circ$  и  $147^\circ$  соответственно.

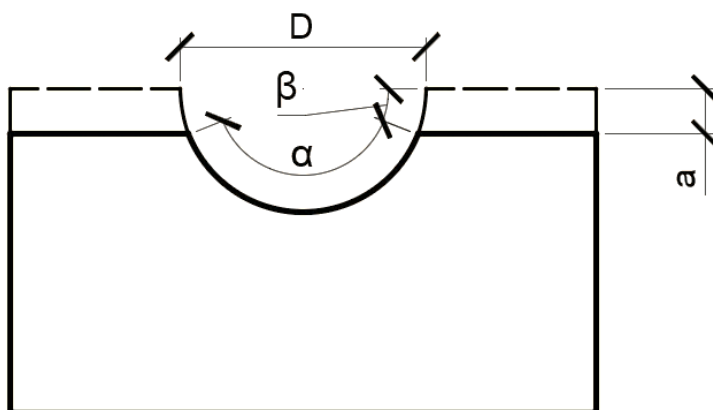


Рис. 5 – К определению величины угла раскрытия выемки

В результате статического расчета трех вариантов узла получены схемы распределения напряжений в нижнем балансира. Для угла раскрытия  $180^\circ$  эпюра давления (см. рис. 6) несколько отличается от полученной выше в результате аналитического расчета аналогичного узла. Тем не менее, из указанного рисунка видно, что давление гасится внутри балансира и не выходит на его границы.

Величина максимального давления для балансира с углом раскрытия  $180^\circ$  оказывается равным  $20,61 \text{ кН/см}^2$ , что несколько больше аналитических значений.

Совершенно иная ситуация возникает при меньших величинах угла раскрытия выемки (см. рис. 7). Здесь имеет место концентрация напряжений в местах начала выемки, что может привести к недопустимым деформациям балансира в реальных строительных конструкциях.

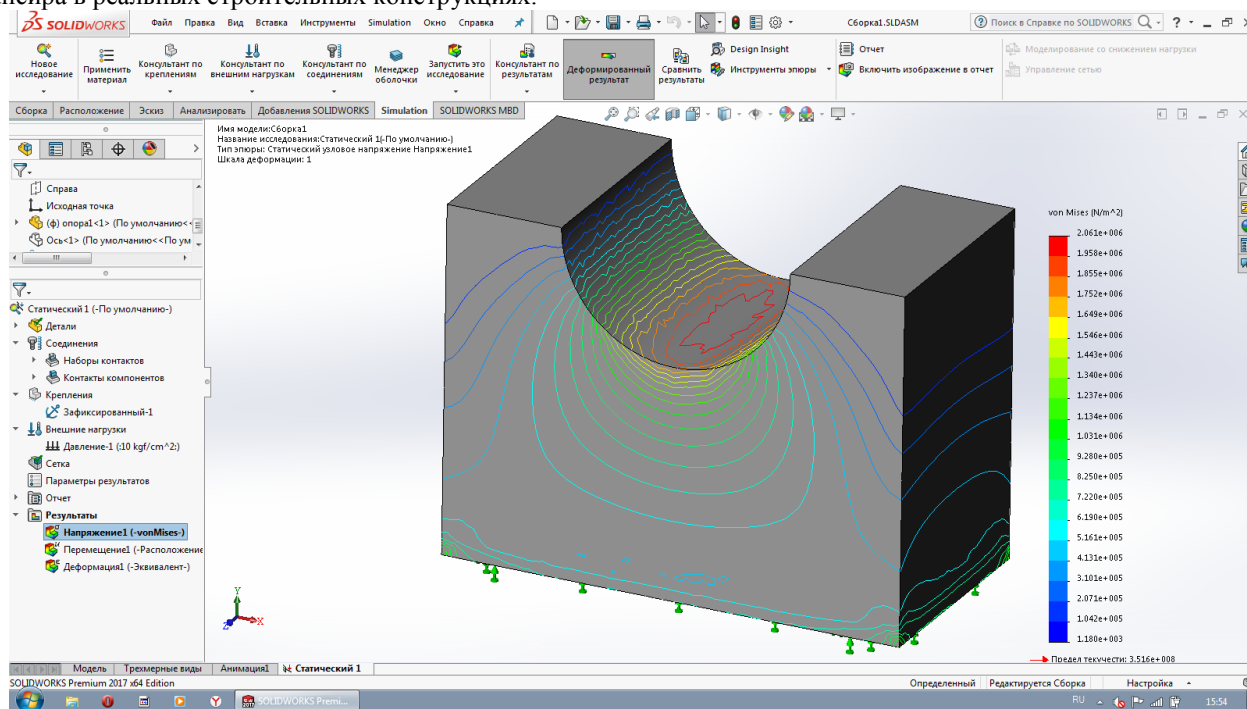


Рис. 6 – Эпюра давления для балансира с раскрытием гнезда  $180^\circ$

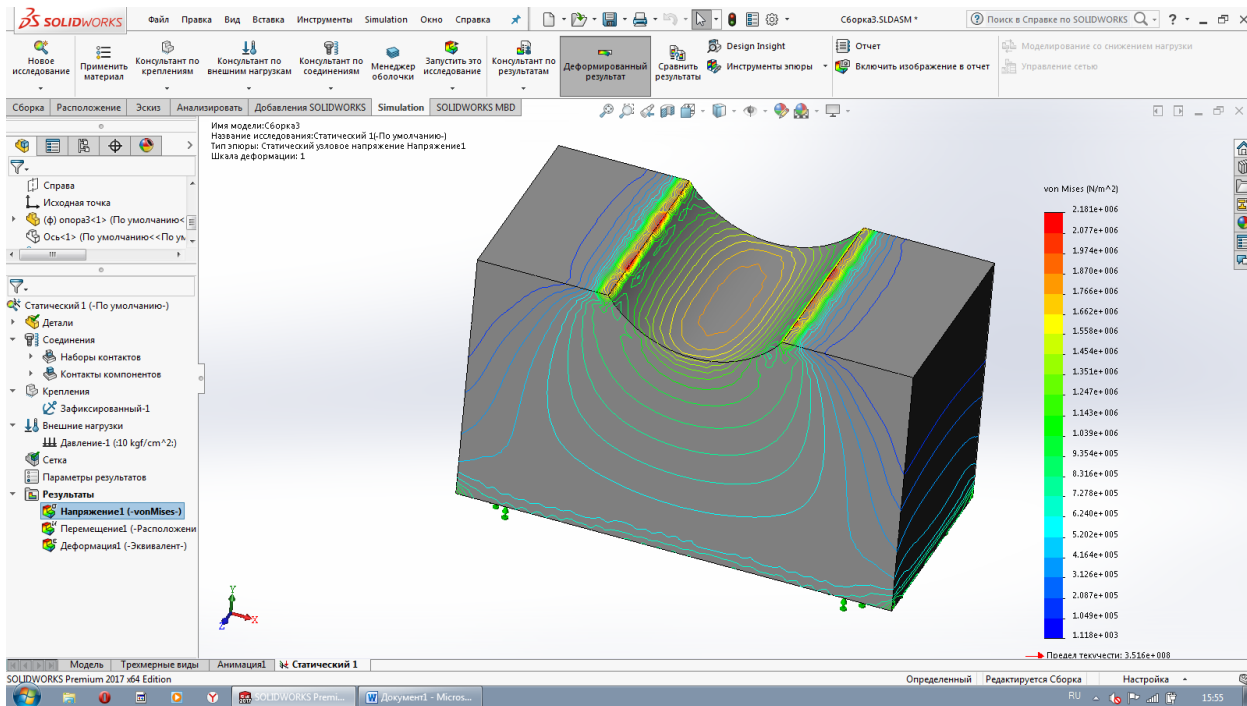


Рис. 7 – Эпюра давления для балансира с раскрытием гнезда 147°

Таким образом, «русский» вариант конструкции балансира шарнира обладает не только чисто конструктивными недостатками, но и оказывается неудачным с позиций статики. Появление концентраторов напряжений может привести к возникновению нештатных ситуаций.

Что касается формы эпюры давления, то она отличается от полученной аналитическим путем. Частично отличие можно объяснить тем, что в аналитическом решении рассматривается давление штампа на упругую полуплоскость, бесконечно продолжающуюся в направлении ниже выемки, а в реальных строительных конструкциях размер балансира является ограниченным. Факт несовпадения форм эпюр требует более глубокого дополнительного изучения и в рамках настоящего исследования не рассматривается.

При рассмотрении зарубежного варианта узла получен результат (см. рис. 8).

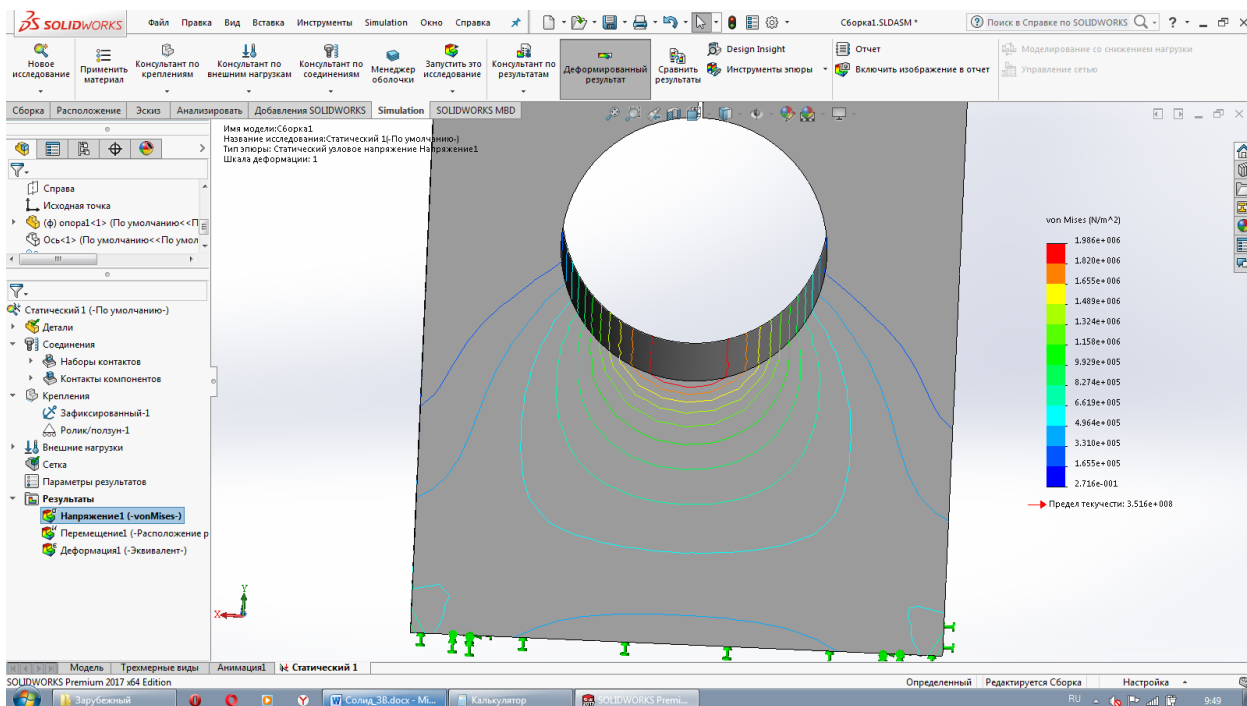


Рис. 8 – Распределение напряжений в охватывающем теле

Величина максимального напряжения оказалась равной  $19,86 \text{ кН/см}^2$ .

Полученные в настоящем разделе аналитические и численные результаты для наглядности сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты аналитического и численного расчета

Вариант решения	Аналитические результаты		Численные результаты	
	Контактная задача, решение по [4]	Контактная задача, решение по [5]	Российский вариант узла	Зарубежный вариант узла
Максимальное давление $p_0$ , кН/см <sup>2</sup>	13,35	14,46	20,61	19,86

Как видно из этой таблицы приближенные аналитические решения дают несколько заниженный результат. Также необходимо учитывать тот факт, что конструкция охватывающих цапфу балансиров имеет свои особенности и не может считаться телом бесконечных размеров.

#### Список литературы / References

1. Штаерман И. Я. Контактная задача теории упругости / И. Я. Штаерман. – М.: Гостехтеориздат, 1949. – 272 с.
2. Кудишин Ю. И. Металлические конструкции / Ю. И. Кудишин, Е. И. Беленя. – 13-е изд. – М.: Академия, 2011. – 688 с.
3. Сухарев И. П. Прочность шарнирных узлов машин / И. П. Сухарев. – М.: Машиностроение, 1977. – 168 с.
4. Пановко Я. Г. Прочность, устойчивость, колебания. В 3 т. Т.2. / Я. Г. Пановко, И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1968. – 383-393 с.
5. Александров В. М. Контактные задачи в машиностроении / В. М. Александров, Б. Л. Ромалис. – М.: Машиностроение, 1986. – 29-31 с.
6. Александров В. М. Контактные задачи для тел с тонкими покрытиями и прослойками / В. М. Александров, С. М. Мхитарян. – М.: Наука, 1983. – 488 с.
7. Попов Г. Я. Концентрация упругих напряжений возле штампов, разрезов тонких включений и подкреплений / Г. Я. Попов. – М.: Наука, 1982. – 344 с.
8. Теплый М. И. Контактные задачи для областей с круговыми границами / М. И. Теплый. – Львов: Вища школа, 1983. – 176 с.
9. Bethune J.D. Engineering Design and Graphics with SolidWorks 2016 – Peachpit Press, 2016. — 784 p.
10. Planchard D. Official Certified SolidWorks Professional (CSWP) Certification Guide with Video Instruction: SolidWorks 2012-2014 - SDC Publications, 2014. – 192 p.

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

1. Shtaerman I. Ya. Kontaktnaya zadacha teorii uprugosti [The Contact Problem of the Theory of Elasticity] / I. Ya. Shtaerman. – М.: Gostechteorizdat, 1949. – 272 p. [in Russian]
2. Kudishin YU. I. Metallicheskiye konstruksii [Metal constructions] / YU. I. Kudishin, Ye. I. Belenya. – 13nd edition. – М.: Akademiya, 2011. – 688 p. [in Russian]
3. Sukharev I. P. Prochnost' sharnirnykh uzlov mashin [Strength of the hinge units of machines] / I. P. Sukharev. - М.: Mashinostroyeniye, 1977. – 168 p. [in Russian]
4. Panovko Y.A. G. Prochnost', ustoychivost', kolebaniya [Strength, stability, vibrations]. V 3 t. T.2. / YA. G. Panovko, I. A. Birger. – М.: Mashinostroyeniye, 1968. – 383-393 p. [in Russian]
5. Aleksandrov V. M. Kontaktnyye zadachi v mashinostroyenii [Contact tasks in engineering] / V. M. Aleksandrov, B. L. Romalis. - М.: Mashinostroyeniye, 1986. - 29-31 p. [in Russian]
6. Aleksandrov V. M. Kontaktnyye zadachi dlya tel s tonkimi pokrytiyami i prosloykami [Contact problems for bodies with thin coatings and interlayers] / V. M. Aleksandrov, S. M. Mkhitaryan. – М.: Nauka, 1983. – 488 p. [in Russian]
7. Popov G. Ya. Kotsentratsiya uprugikh napryazheniy vozle shtampov, raz-rezov tonkikh vklyucheniye i podkrepleniye [Concentration of elastic stresses near stamps, incisions of thin inclusions and reinforcements] / G. Ya. Popov. – М.: Nauka, 1982. – 344 p. [in Russian]
8. Teply M. I. Kontaktnyye zadachi dlya oblastey s krugovymi granitsami [Contact problems for domains with circular boundaries] / M. I. Teply. - Lviv: Vishcha shchola, 1983. – 176 p. [in Russian]
9. Bethune J.D. Engineering Design and Graphics with SolidWorks 2016 – Peachpit Press, 2016. — 784 p.
10. Planchard D. Official Certified SolidWorks Professional (CSWP) Certification Guide with Video Instruction: SolidWorks 2012-2014 - SDC Publications, 2014. – 192 p.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.025>

Гузенков В.Н.

Кандидат технических наук, Доктор педагогических наук,  
ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет)»

**СКОРОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБ НА ТРУБОЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫХ АГРЕГАТАХ****Аннотация**

Описан технологический процесс производства прямошовных труб из высоколегированных сталей и сплавов на трубоэлектросварочных агрегатах аргонодуговой сварки труб. Выведена формула расчета допустимой скорости производства труб на трубоэлектросварочных агрегатах с двухвалковой схемой опорно-сварочного узла. Правомерность полученной зависимости подтверждается экспериментальными данными. Разработана рациональная конструкция опорно-сварочного узла. Промышленные испытания опорно-сварочного узла такой конструкции на «ТЭСА АДС 10-60» показали возможность усовершенствования технологии изготовления на повышенных скоростях труб из высоколегированных сталей и сплавов в соответствии с расчетами по указанной методике.

**Ключевые слова:** прямошовные трубы, трубоэлектросварочный агрегат, опорно-сварочный узел, скорость производства труб.

Guznenkov V.N.

PhD in Engineering, PhD in Pedagogy,  
FSBEI of HE Bauman Moscow State Technical University (National Research University)

**PIPE PRODUCTION RATE AT PIPELINE-WELDING UNITS****Abstract**

The technological process for the production of longitudinally welded pipes of high-alloy steels and alloys at pipe-welding welding units of argon-arc pipes welding is described. A formula is derived for calculating the permissible rate of pipe production at pipe-electric welding machines with a two-roll scheme of a support-welding unit. The validity of the obtained dependence is confirmed by experimental data. The rational design of the support-welding unit is proposed. Industrial tests of a support and welding unit of this design on "TESA ADS 10-60" showed the possibility of improving the production technology at higher rates of pipes production of high-alloy steels and alloys in accordance with calculations carried out by this method.

**Keywords:** longitudinally welded pipes, pipe-electric welding machine, support-welding unit, pipe production rate.

Прямошовные трубы из высоколегированных сталей и сплавов изготавливают на трубоэлектросварочных агрегатах аргонодуговой сварки труб (ТЭСА АДС). Технологический процесс производства труб включает формовку трубной заготовки из полосы или ленты, сварку кромок, калибровку трубы и порезку ее на мерные длины. Трубоэлектросварочный агрегат состоит из следующего оборудования [1]:

- стыкосварочная машина – предназначена для сварки заднего конца рулона ленты с передним концом нового рулона;

- накопитель ленты – обеспечивает безостановочную работу агрегата;
- формовочная группа клетей – осуществляет формовку трубной заготовки;
- опорно-сварочный узел предназначен для сварки кромок;
- калибровочная группа клетей – обеспечивает геометрическую точность готовой трубы;
- летучие ножницы или пилы осуществляют порезку готовых труб на мерные длины.

Значительный вклад в развитие технологии производства прямошовных электросварных труб внесли Российские ученые: А.П. Коликов и Ю.Ф. Шевакин (трубосварочное оборудование) [2], [3]; А.Г. Колесников и О.В. Соколова (технология и оборудование трубного производства) [4], [5]; А.П. Молчанов и В.И. Пунин (конструкции опорно-сварочных узлов) [6], [7]. Однако, увеличение производительности ТЭСА АДС, сдерживается недостаточной изученностью напряженно-деформированного состояния трубной заготовки в калибре валков опорно-сварочного узла и при выходе из него [8], [9]. Так при увеличении скорости, металл сварного шва не успевает полностью закристаллизоваться до выхода из зоны влияния валков опорно-сварочного узла, а действие тангенциальных растягивающих напряжений упругого пружинения в кромках трубной заготовки приводит к образованию горячих трещин – нарушению сплошности сварного шва. Трещины являются недопустимым дефектом, т.к. являются возможной причиной разрыва сварного шва, хрупкого усталостного или коррозионного разрушения трубы [10].

Для определения напряженно-деформированного состояния трубной заготовки принимаем следующие допущения при установившемся процессе формовки (трубная заготовка находится одновременно во всех клетях трубоэлектросварочного агрегата):

- влияние переднего и заднего концов полосы на очаг деформации не существенно;
- влиянием натяжения при формовке пренебрегаем;
- нейтральная поверхность изгиба геометрически совпадает с срединной поверхностью (рассматривается формовка труб с относительным радиусом кривизны больше 5);
- влияние сил трения не существенно, так как упругая деформация полосы протекает вне области контакта с валками;
- продольный изгиб ленты отсутствует.

На опытном ТЭСА АДС «20-76» исследовались деформации в процессе формовки трубных заготовок. Исследованию подвергались трубные заготовки из стали 08Х18Н10Т. После пропуска полосы через все настроенные клетки формовочного стана, разводились валки, и заготовка с характерным видом всего очага деформации извлекалась из формовочного стана. Были вырезаны участки заготовок с различными степенями деформации, соответствующие каждой клетке. При этом замерялись радиусы формовки, расстояния между кромками, углы и радиусы упругой деформации (пружинения), определялись деформации изгиба. Проводились механические испытания продольных

образцов, вырезанных из трубной заготовки для определения изменения твердости и предела прочности материала заготовки в процессе ее деформации. Полученные данные использовались для определения модуля упругости.

Анализ напряженно-деформированного состояния трубной заготовки при выходе из калибра валков опорно-сварочного узла показал, что существует зона, в которой действие сжимающих напряжений на заготовку со стороны валков количественно превышает напряжения разгрузки.

Таким образом, условие, при котором возможна сварка труб без разрывов сварного шва выражается следующим неравенством:

$$|\sigma_{\dot{\alpha}\delta}| \geq |\sigma_{\delta}| - |\sigma_{\bar{n}}|,$$

где:

$\sigma_{\dot{\alpha}\delta}$  – текущий предел прочности металла сварного шва по мере его кристаллизации;

$\sigma_{\delta}$  – напряжения разгрузки трубной заготовки;

$\sigma_{\bar{n}}$  – сжимающие напряжения в трубной заготовке от воздействия валков опорно-сварочного узла.

Температурный интервал, в котором невозможно появление горячих трещин, можно определить на основе сравнительного анализа экспериментальных данных для исследуемой стали. Принимая, что после сварки расплавленный металл сварного шва охлаждается главным образом за счет излучения, из условия

$$|\sigma_{\dot{\alpha}\delta}| > |\sigma_{\delta}|$$

с учетом закона Стефана-Больцмана, определяется время, необходимое для того, чтобы металл сварного шва достаточно застыл.

Длина зоны преобладающего действия сжимающих напряжений в кромках трубной заготовки над растягивающими (зона стабильной кристаллизации сварного шва) зависит, в первую очередь от конструкции опорно-сварочного узла.

Скорость производства труб на ТЭСА АДС с двухвалковой схемой опорно-сварочного узла может быть рассчитана по формуле [11]:

$$V = \frac{6 \times 10^{-6} \times \sigma_{0,02} \times l \times B \times K \times C}{c \times \gamma \times S \left( \frac{1}{T^3} - \frac{1}{T_f^3} \right)},$$

где:

$\sigma_{0,02}$  – предел упругости материала трубной заготовки;

$l$  – длина зоны контакта трубной заготовки со сварочными валками;

$B$  – коэффициент, учитывающий смещение равнодействующей эпюры нормальных напряжений при движении трубной заготовки;

$C$  – коэффициент теплового излучения металла сварного шва;

$c$  – средняя теплоемкость металла сварного шва;

$\gamma$  – плотность металла участка сварного шва;

$S$  – толщина полосы (толщина стенки трубной заготовки);

$T$  – температура, ниже которой при данных условиях не возникают горячие трещины;

$T_f$  – температура плавления металла трубной заготовки;

$K$  – коэффициент формы:

$$K = \frac{1}{2} \times \frac{R+r}{R-r} \times \ln \frac{R}{r} - 1$$

где,  $R$  и  $r$  – соответственно наружный и внутренний радиусы трубной заготовки.

Правомерность полученной формулы подтверждается экспериментальными данными, полученными на трубозлектросварочных агрегатах аргонодуговой сварки труб «ТЭСА АДС 20-76», «ТЭСА АДС 8-25», «ТЭСА АДС 10-60» при производстве прямошовных труб из стали марок 08X18H10T, 06X28МДТ и ХН78Т.

Полученную зависимость возможно использовать при определении допустимых скоростей производства прямошовных труб различного сортамента из высоколегированных и других марок сталей и сплавов аргонодуговой, плазменной, лазерной, многоэлектродной и другими способами сварки.

Анализ результатов проведенных исследований показывает, что для интенсификации процесса производства труб необходимо усовершенствование калибровки валков трубоформовочного стана и создание рациональной конструкции опорно-сварочного узла, т.е. необходимо снизить напряжения разгрузки трубной заготовки и увеличить зону сжимающих напряжений в калибре опорно-сварочного узла.

Для удлинения зоны стабильной кристаллизации сварного шва необходимо, во-первых, увеличить катающий диаметр валков опорно-сварочного узла, во-вторых, установить дополнительные (поддерживающие) валки. Условием правильного расположения дополнительных валков является требование, чтобы суммарные сжимающие напряжения от воздействия рабочего инструмента были не меньше растягивающих во всей зоне стабильной кристаллизации сварного шва, т.е. должно сохраняться условие  $|\sigma_{\bar{n}}| \geq |\sigma_{\delta}|$  на участке между сварочными и дополнительными валками.

В результате работы разработана рациональная конструкция опорно-сварочного узла (рис. 1), включающая три пары вертикальных валков и, установленные между ними два горизонтальных валка [12]. Первая пара валков



обеспечивает обжатие трубной заготовки перед сваркой, вторая – сварочный калибр, третья пара – поддерживающие валки – обеспечивает удлиненную зону стабильной кристаллизации сварного шва.

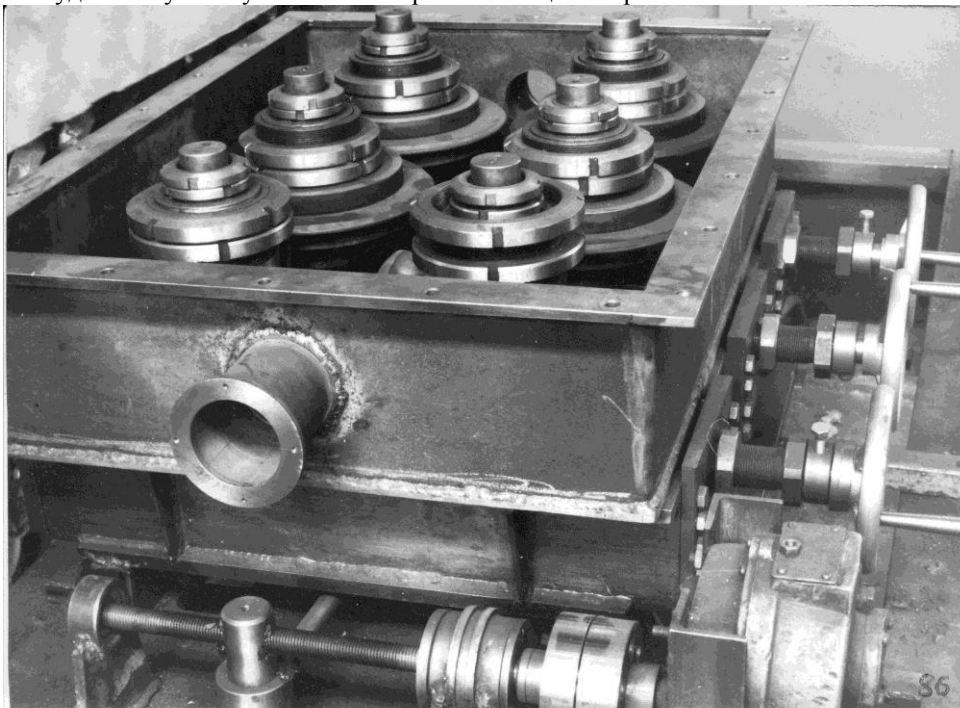


Рис. 1 – Внешний вид опорно-сварочного узла ТЭСА АДС

Промышленные испытания опорно-сварочного узла такой конструкции на «ТЭСА АДС 10-60» показали возможность усовершенствования технологии изготовления на повышенных скоростях труб из высоколегированных сталей и сплавов в соответствии с расчетами по указанной методике.

#### Список литературы / References

1. Коликов А. П. Развитие производства стальных труб / А. П. Коликов, Л. А. Кондратов // *Металлург.* – 2008. – № 2. – С. 11-16.
2. Shinkin V. N., Kolikov A. P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe. *Steel in Translation.* 2011. T. 41. № 1. С. 61-66.
3. Шевакин Ю. Ф. Производство труб / Ю. Ф. Шевакин, А. П. Коликов, Ю. Н. Райков. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005. – 568 с.
4. Колесников А. Г. Технологическое оборудование прокатного производства / А. Г. Колесников, Р. А. Яковлев, А. А. Мальцев. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 158 с.
5. Соколова О. В. Анализ калибровки валкового инструмента при непрерывной валковой формовке труб / О. В. Соколова, А. Е. Лепестов, Д. Н. Новокшенов // *Производство проката.* – 2016. – № 5. – С. 25-27.
6. Guzenkov V. N., Krichevskij E. M., Lamin A. B., Molchanov A. P., Poklonov G. G. Effect of strip steel spring-back on electric-weld tube quality. *Steel in Translation.* 1994. № 3. С. 53-54.
7. Патент 2028846 РФ, МКИ В 21 С 37/08. Трубосварочный стан / Молчанов А. П., Бобылев Ю. Н., Кричевский Е. М., Ламин А. Б., Гузенков В. Н., Пунин В. И., Жулидов Н. В., Поклонов Г. Г., Мотырев А. В., Васин А. А., Морозов Н. Ф., Зеленов В. В., Киселев А. А. – № 5056448/08; Заявл. 27.07.92; Оpubл. 20.02.95, Бюл. № 5. – 3 с.
8. Poklonov G. G., Guzenkov V. N., Krichevskij E. M. Improvement of roll pass design in tube-welding machin. *Steel in Translation.* 1995. № 7. С. 51-52.
9. Guzenkov V. N., Dozortsev Y. K., Krichevskij E. M., Lamin A. B., Molchanov A. P., Poklonov G. G. Improvement of argon arc tube welding. *Steel in Translation.* 1994. № 5. С. 60-62.
10. Шинкин В. Н. Критерий разрушения труб большого диаметра при несплавлении сварного соединения и внутреннем давлении / В. Н. Шинкин, А. П. Коликов, В. И. Мокроусов // *Производство проката.* – 2012. – № 2. – С. 14-16.
11. Гузенков В. Н. Определение скорости производства прямошовных труб из высоколегированных сталей / В. Н. Гузенков // *Альманах современной науки и образования.* – 2017. – № 3 (117). – С. 27-29.
12. Патент 2041753 РФ, МКИ В 21 С 37/08 // В 23 К 101:06. Способ изготовления сварных труб / Молчанов А. П., Бобылев Ю. Н., Кричевский Е. М., Мотырев А. В., Ламин А. Б., Львов В. Н., Васин А. А., Гузенков В. Н., Поклонов Г. Г. – № 5043850/08; Заявл. 22.04.92; Оpubл. 20.08.95, Бюл. № 18. – 3 с.

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

1. Kolikov A. P. Razvitie proizvodstva stal'nyh trub [Development of steel pipe production]/ A. P. Kolikov, L. A. Kondratov // *Metallurg [Metallurgist].* – 2008. – № 2. – P. 11-16. [in Russian]
2. Shinkin V. N., Kolikov A. P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe. *Steel in Translation.* 2011. T. 41. № 1. P. 61-66.
3. Shevakin Ju. F. Proizvodstvo trub [Pipe production] / Ju. F. Shevakin, A. P. Kolikov, Ju. N. Rajkov. – М.: Intermet Inzhiniring, 2005. – 568 p. [in Russian]



4. Kolesnikov A. G. Tehnologicheskoe oborudovanie prokatnogo proizvodstva [Technological equipment of rolling production] / A. G. Kolesnikov, R. A. Jakovlev, A. A. Mal'cev. – M.: Izd-vo MGTU im. N. Je. Baumana, 2014. – 158 p. [in Russian]
5. Sokolova O. V. Analiz kalibrovki valkovogo instrumenta pri nepreryvnoj valkovoj formovke trub [Analysis of the calibration of the roller tool with continuous roll forming of pipes] / O. V. Sokolova, A. E. Lepestov, D. N. Novokshonov // Proizvodstvo prokata [Manufacture of rolled metal products]. – 2016. – № 5. – P. 25-27. [in Russian]
6. Guznenkov V. N., Krichevskij E. M., Lamin A. B., Molchanov A. P., Poklonov G. G. Effect of strip steel spring-back on electric-weld tube quality. Steel in Translation. 1994. № 3. P. 53-54.
7. Patent 2028846 RF, MKI V 21 S 37/08. Trubosvarochnyj stan [Pipe welding state] / Molchanov A. P., Bobylev Ju. N., Krichevskij E. M. and others. – № 5056448/08; appl. 27/07/92; publ. 20/02/95, Bul. № 5. – 3 p.
8. Poklonov G. G., Guznenkov V. N., Krichevskij E. M. Improvement of roll pass design in tube-welding machin. Steel in Translation. 1995. № 7. P. 51-52.
9. Guznenkov V. N., Dozortsev Y. K., Krichevskij E. M., Lamin A. B., Molchanov A. P., Poklonov G. G. Improvement of argon arc tube welding. Steel in Translation. 1994. № 5. P. 60-62.
10. Shinkin V. N. Kriterij razrushenija trub bol'shogo diametra pri nesplavlenii svarnogo soedinenija i vnutrennem davlenii [The criterion for the destruction of large-diameter pipes during the non-melting of welded joints and internal pressure] / V. N. Shinkin, A. P. Kolikov, V. I. Mokrousov // Proizvodstvo prokata [Manufacture of rolled metal products]. – 2012. – № 2. – P. 14-16. [in Russian]
11. Guznenkov V.N. Opredelenie skorosti proizvodstva prjamoshovnyh trub iz vysokolegirovannyh stalej [Determination of the speed of production of single-seam pipes from high-alloy steels] / V. N. Guznenkov // Al'manah sovremennoj nauki i obrazovanija [Almanac of modern science and education]. – 2017. – № 3 (117). – P. 27-29. [in Russian]
12. Patent 2041753 RF, MKI V 21 S 37/08 // V 23 K 101:06. Sposob izgotovlenija svarnyh trub [Welded pipe manufacturing method] / Molchanov A. P., Bobylev Ju. N., Krichevskij E. M. and others. – № 5043850/08; appl. 22.04.92; publ. 20.08.95, Bul. № 18. – 3 p.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.019>

Зинкин С.В.

Кандидат технических наук,

Пензенский государственный университет в г. Пензе

## ЕМКОСТНЫЕ ДАТЧИКИ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОХРАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

### Аннотация

Приведены сравнения принципов преобразования для измерения различных физических величин, которые в силу технологических и технических факторов обеспечивают наилучшее соотношение между чувствительностью к измеряемой величине и устойчивостью к влияющим факторам. Аргументировано, что для емкостных датчиков физических величин свойственны непременно высокая термоустойчивость, неизменность метрологических характеристик во времени, отсутствие шумов и самонагрева. Емкостные датчики рациональных конструкций исключительно просты.

**Ключевые слова:** емкостной датчик давления, охранная система, мониторинг, прогнозирование, универсальность.

Zinkin S.V.

PhD in Engineering,

Penza State University in Penza

## CAPACITANCE PRESSURE SENSORS FOR SECURITY, MONITORING AND FORECASTING SYSTEMS

### Abstract

The comparison of the conversion principles for measuring of various physical quantities is carried out, which, due to technological and technical factors, provides the best correlation between sensitivity to measured value and resistance to influential factors. It is proved that certainly high thermal stability, stationarity of metrological characteristics, the absence of noise and self-heating are typical for capacitive sensors of physical quantities. Capacitive sensors for rational constructions are exceptionally simple.

**Keywords:** capacitance pressure sensor, security system, monitoring, forecasting, universality.

Для осуществления антитеррористической и правоохранительной деятельности на промышленных предприятиях, режимных объектах применяются локальные и комплексные системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, ликвидации последствий экологических и техногенных катастроф, использующие различные датчики [1, С. 9], [2, С. 18].

Качество работ систем измерений, контроля, управления различного назначения в значительной степени определяется уровнем точностных и эксплуатационных характеристик первичных преобразователей (датчиков) [3, С. 23].

В настоящее время для измерения различных физических величин возможно использование самых разнообразных (около 400) физических явлений и соответствующих им принципов преобразования.

Большие сложности практической реализации датчиков на многих принципах связаны с их чувствительностью не только к измеряемой величине, но и к параметрам окружающей среды, не подлежащим измерению с их помощью. По этой причине в настоящее время наиболее широко используется только 15-30 принципов преобразования, которые в силу технологических и технических факторов обеспечивают наилучшее соотношение между чувствительностью к измеряемой величине и устойчивостью к влияющим факторам [10, С. 111, 121, 134].

При этом наибольшему числу предъявляемых практикой требований отвечают датчики емкостного принципа действия (см. табл.1, 2).

Таблица 1 – Универсальность принципов преобразования

<div>Функция влияния</div> <div>Принцип действия</div>	Давление	Усилие	Положение (в пространстве без механической связи)	Перемещение	Скорость (линейная)	Ускорение	Вибрация	Близость (без механической связи)	Температура	Анализ состава и раздела сред	Обороты	Нетрадиционные физические величины						
												Деформация (статико-динамическая)	Координаты точки (без механической связи)	Угловая скорость	Пространственные углы	Углы скольжения, атаки	Влажность	Магнитные датчикиперемещения
Емкостный	++	++	+	++	–	++	+	++	+	+	–	+	+	–	–	–	+	–
Пьезоэлектрический	+	+	–	–	–	++	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Дифференциально-трансформаторный	+	+	+	++	+	+	++	+	–	–	–	–	+	–	–	–	–	+
Тензорезистивный	++	++	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	+	–
Терморезистивный	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Эффект Холла	–	–	+	++	+	–	–	++	–	–	++	–	+	–	–	–	–	+
Пьезорезистивный	++	++	–	–	–	++	++	–	–	+	–	+	–	–	–	–	+	+
Волоконнооптический	+	+	+	++	+	++	++	++	+	+	+	+	+	+	–	–	+	+
Магниторезистивный	–	–	+	++	–	–	–	++	–	–	+	–	+	–	–	–	–	+
Поверхностно-акустические волны	+	+	–	–	–	+	+	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–
Индукционный	–	–	–	–	++	–	+	–	–	–	++	–	–	+	–	–	–	–
Пьезорезонансный	++	++	–	–	–	++	–	–	+	–	–	–	–	+	–	–	+	–

Примечания: «+» используется, «++» использование предпочтительное, «–» использование нецелесообразное [10, С. 121, 134, 145, 155].

Для емкостных датчиков физических величин свойственны непременно высокая термоустойчивость, неизменность метрологических характеристик во времени, отсутствие шумов и самонагрева. Емкостные датчики рациональных конструкций исключительно просты.

Емкостные датчики могут использоваться для преобразования статико-динамического давлений жидких и газообразных средств в системах измерений, контроля и управления различного назначения, в том числе и специальной технике.

Тонкопленочные дифференциальные емкостные датчики актуальны и позволяют решить проблемы измерения давления в широком диапазоне внешних воздействующих факторов при испытаниях изделий специального назначения нового поколения, работающих на криогенных и агрессивных средах.

Поставленные требования предписывают определенные лимитирования на конструкцию, параметры и методы расчета датчика.

Условия работоспособности датчика при влиянии вибраций обуславливает конструирование датчика с высокой собственной частотой, лежащей за пределами частотного диапазона вибраций, а также меры, обеспечивающие механическую прочность и неизменность показаний датчика. Это относится и к линейным перегрузкам.

Таблица 2 – Основные направления создания датчиковой аппаратуры

Применение перспективных методов преобразований физических величин	Применение специальных конструкций и материалов	Использование высокоэффективных измерительных цепей (ИЦ)
Емкостные мембранные	Кремний, керамика, прецизионные сплавы	Автокомпенсационные ИЦ, автоматические мостовые ИЦ с экстремальным или фазочувствительным детектором, алгоритмические
Тензорезистивные	Прецизионные сплавы	Мостовые неуравновешиваемые ИЦ (в том числе с выходом по постоянному току с коррекцией температурной погрешности), алгоритмические ИЦ (микропроцессорные преобразователи)
Пьезорезистивные	Кремний, КНС, карбид кремния	Неуравновешиваемые ИЦ (в том числе с автоматической коррекцией температуры), алгоритмические ИЦ (микропроцессорные преобразователи)
Волоконно-оптические	Оптические волокна, оптическое стекло, эливарные сплавы, керамика	Мостовые уравновешиваемые и неуравновешиваемые ИЦ, генераторные ИЦ
Индуктивные	Прецизионные сплавы	Индуктивно-трансформаторные ИЦ
Пьезорезонансные	Кварц, керамика	Генераторные ИЦ

Работа под влиянием высокой влажности, агрессивных газов или жидкостей предопределяет конструкцию датчика с герметичным коррозионноустойчивым корпусом, подбор соответствующих материалов и покрытий.

При влиянии на датчик температур, изменяющихся в широком диапазоне (-196...+250 °C), возникает трансформация геометрических размеров и упругих свойств механических элементов. В итоге варьируется чувствительность датчика к измеряемой величине, образуется погрешность преобразования. Исключение влияния температуры на преобразование осуществляется повышением чувствительности к измеряемой величине и снижением чувствительности к дестабилизирующему моменту, каким является температура, использованием дифференциальных преобразователей, или введением в измерительную цепь дополнительных термокомпенсирующих элементов. В емкостных датчиках для уменьшения влияния температуры на преобразование исключается из тракта преобразования влияние температуры на начальный выходной сигнал и на чувствительность датчика [4, С. 189], [5, С. 129].

Очень существенным требованием является требование работоспособности датчика при термоударе. Работоспособность предопределяет выбор методов и средств уменьшения влияния на показания датчика быстроизменяющейся температуры, измеряемой и окружающей среды. По среднетехническим требованиям основная погрешность датчика не превышает 0,1 %. Она зависит от спектра факторов, которые действуют на физические свойства и параметры отдельных ячеек цепи преобразования измеряемой величины [6, С. 201], [7, С. 311].

Эффективными мерами уменьшения дополнительных погрешностей являются: использование дифференциальных преобразователей, лимитирование рабочего диапазона, нахождение соответствующего материала упругого элемента, конструкции чувствительного элемента, технологии их изготовления.

Частотный диапазон преобразования 0..200 Гц характерен для большинства емкостных датчиков давления.

Напряжение питания 27 В, постоянного тока, и выходной сигнал 0...6 В датчика – стандартные. Выходной сигнал датчика используется для дальнейшей обработки в автоматизированных системах управления.

Масса датчика, определяемая, предъявляемым к диапазону измерений, условиям работы и стандартными посадочными размерами, минимальна [8, С. 78], [9, С. 15].

Таким образом, емкостные датчики давления, благодаря их простой конструкции, могут применяться в различных областях производства и деятельности человека:

- управление технологическим процессом (регулировка натяжения конвейера и т.п.);
- система регулировки в разных промышленных производствах (подсчет произведенного товара, контроль наполнения упаковки и т.д.);
- периметровые охранные системы.

#### Список литературы / References

1. ГОСТ Р 53704-2009. Системы безопасности комплексные и интегрированные. Общие технические требования
2. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Общие требования
3. РД 78.36.003-2002. Инженерно-техническая укрепленность. Технические средства охраны. Требования и нормы проектирования по защите объектов от преступных посягательств
4. Фрайден, Дж. Современные датчики. Справочник. Перевод с английского Ю.А. Заболотной под редакцией Е.Л. Свинцова. – М.: Техносфера, 2005. – 588 с.
5. Афонский А.А. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике / Афонский А.А., Дьяконов В.П. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 688 с.

6. Синилов В.Г. Системы охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации: учебник для нач. проф. образования / В.Г.Синилов / 6-е издание. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 512 с.
7. Барсуков В.С. Современные технологии безопасности / Барсуков В.С., Водолазкий В.В. – М.: Нолидж, 2000. – 495 с.
8. Магауенов Р.Г. Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения / Учебник для ВУЗов / – М.: Телеком, 2004. – 367 с.
9. Назаров В.И., Рыженко В.И. Охранные и пожарные системы сигнализации. – М.: Оникс, 2007. – 33 с.
10. Мартяшин А.И. Преобразователи электрических параметров для системы контроля и измерения / Мартяшин А.И., Шахов Э.К., Шляндин В.М. – М.: Энергия, 1976. – 391 с.

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

1. GOST R 53704-2009. Sistemy bezopasnosti kompleksnye i integrirovannye. Obshie tehicheskie trebovaniya [Integrated and integrated security systems. General technical requirements]. [in Russian]
2. GOST R 53778-2010. Zdaniya i sooruzeniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tehnicheskogo sostoyaniya. Obshie trebovaniya [Buildings and structures. Rules of inspection and monitoring of technical condition. General requirements]. [in Russian]
3. RD 78.36.003-2002. Inzenerno-tehnicheskaya ukreplennost. Tehnicheskie sredstva ohrany. Trebovaniya i normy proektirovaniya po zashite obektov ot prestupnyh posyagatelstv [Engineering and technical strengthening. Technical means of protection. Requirements and design standards for the protection of objects from criminal attacks]. [in Russian]
4. Fraden J. Sovremennye datchiki. Spravoshnik. [Modern sensors. Handbook]. Perevod s angliskogo U.A. Zabolotnoi pog redakciei E.L. Svincova [Translation from English U.A. Zabolotnaya under the editorship E.L. Svincova]. – М.: Tehnosfera, 2005. – 588 p. [in Russian]
5. Afonskii A.A. Elektronnye izmereniya v nanotekhnologiyah i mikroelektronike [Electronic measurement in nanotechnology and microelectronics] / Afonskii A.A., Dyakonov V.P. – М.: DMK Press, 2011. – 688 p. [in Russian]
6. Sinilov V.G. Sistemy ohrannoi, pozarnoi i ohranno-pozarnoi signalizacii: uchebnyk dlya nachalnogo professionalnogo obrazovaniya [Security systems, fire and burglar and fire alarm: textbook for primary vocational education] / Sinilov V.G. / 6-e izdanie [6th edition]. – М.: Izdatelskii centr «Akademiya», 2011. – 512 p. [in Russian]
7. Barsukov V.S. Современные технологии безопасности [Modern security technologies] / Barsukov V.S., Vodolazkii V.V. – М.: Nolidz, 2000. – 495 p. [in Russian]
8. Magauenov R.G. Sistemy ohrannoi signalizacii: osnovy teorii i principy postroeniya [Security alarm system: fundamentals of theory and principles of construction] / Uchebnyk dlya VUZov [Textbook for high schools]. – М.: Telekom, 2004. – 367 p. [in Russian]
9. Nazarov V.I., Ryzenko V.I. Ohrannye i pozarnye sistemy signalizacii [Security and fire alarm systems]. – М.: Oniks, 2007. – 33 p. [in Russian]
10. Martyashin A.I. Preobrazovateli elektricheskikh parametrov dlya sistemy kontrolya i izmereniya [Converters of electric parameters for monitoring and measurement] / Martyashin A.I., Shahov E.K., Shlyandin V.M. – М.: Energiya, 1976. – 391 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.021>Макаров С.М.<sup>1</sup>, Губарев А.М.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-1313-7810, Магистрант,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-7032-3671, Магистрант,<sup>1,2</sup>Санкт-Петербургский государственный экономический университет, г. Санкт-Петербург**INSIGHTS-AS-A-SERVICE КАК СОВРЕМЕННОЕ ОБЛАЧНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ БИЗНЕСА****Аннотация**

Рассмотрена облачная модель обслуживания Insights-as-a-Service как способ аутсорсинга ИТ для бизнеса, её отличия от других видов облачных решений, описаны основные компоненты данного сервиса, а также общий алгоритм его работы. Применение Insights-as-a-Service решений позволяет предприятиям получать идеи и конкретные планы действий для достижения поставленных ими бизнес-целей достаточно быстро и без существенных капиталовложений в собственную инфраструктуру ИТ. Также представлены тенденции рынка Insights-as-a-Service решений, прогнозы на будущее предметной области и ключевые участники рынка данных сервисов.

**Ключевые слова:** облачные технологии, облачные сервисы, аутсорсинг ИТ, insights-as-a-service.

Makarov S.M.<sup>1</sup>, Gubarev A.M.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-1313-7810, Master's degree student,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-7032-3671,<sup>1,2</sup>Master's degree student, St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg**INSIGHTS-AS-A-SERVICE AS A MODERN CLOUD SOLUTION FOR BUSINESS****Abstract**

The cloud-based service model of Insights-as-a-Service as a way of IT outsourcing for business, its differences from other types of cloud solutions, describes the main components of this service, as well as the general algorithm of its operation. The use of Insights-as-a-Service solutions allows enterprises to receive ideas and specific action plans to achieve their business goals quickly and without significant investment in their own IT infrastructure. Also, the market trends of Insights-as-a-Service solutions, forecasts for the future of the subject area and key market participants of these services are presented.

**Keywords:** cloud technologies, cloud services, IT outsourcing, insights-as-a-service.

Облачные технологии уже давно перестали быть просто дешёвыми хранилищами или серверами – теперь это возможность реализовывать свои идеи быстро и качественно, используя широкий спектр сервисов, предоставляемых облачными провайдерами. Согласно прогнозу Forrester [8] в 2018 году более 50% глобальных предприятий будут использовать по крайней мере одну публичную облачную платформу, чтобы управлять цифровыми преобразованиями и взаимодействовать с клиентами. Таким образом, облачные вычисления уже стали обязательной технологией для предприятий, задумавших трансформации [2, С. 34-38].

Облачные технологии сделали практически бессмысленным построение различных инфраструктур с нуля, поскольку это требует больших временных, трудовых и денежных затрат, в то время как использование облачных решений позволяет при малых единовременных вложениях достичь высокой гибкости и почти мгновенной доступности сервисов, а эксплуатационные издержки будут зависеть от интенсивности пользования соответствующими сервисами, исключая простои оборудования. Исключение составляют только предприятия, уже инвестировавшие значительные суммы в соответствующие области, или организации с высокими требованиями к безопасности, что ставит запрет на аутсорсинг ИТ. Следовательно, облачные сервисы предоставляют большие возможности малому и среднему бизнесу и малому инвестиционному предпринимательству (стартапам), которые не всегда способны на значительные капиталовложения в ИТ, а также требуют быстрой реализации своих решений.

Для облачных вычислений существует огромное число моделей обслуживания [1, С. 13-15]: Anything-as-a-Service («что угодно как услуга») например, PaaS (Platform-as-a-Service – «платформа как услуга»). В числе топ трендов аналитики на 2018 год от SAP [10] предсказывается широкое развитие так называемого Insights-as-a-Service (можно перевести как «идеи как сервис»).

Insights-as-a-Service представляет собой облачный сервис, который даёт предприятиям идеи, а также предоставляет конкретные шаги и последовательности действий по использованию этих идей для достижения бизнес-целей организации. В [3] этот сервис определяется как «ориентированные на действия аналитические облачные приложения и решения, работающие с большими данными». Ориентированность на действия и идеи отличает Insights-as-a-Service от других видов облачных решений (например, SaaS), которые позволяют пользователям выполнять анализ и создавать отчёты, но не связывают идеи с конкретными действиями или планами действий.

Для создания идей могут быть использованы различные виды данных [5], начиная от данных компании, хранимых ею в собственных базах данных, и об использовании, фиксируемых во время использования приложений компании, до синдицированных данных. Синдицированные данные (данные третьих лиц и сторонних компаний) могут быть интегрированы в данные самого предприятия для создания богатых информацией наборов данных, и в настоящее время эту практику используют практически все крупнейшие предприятия. Ещё в прогнозах IDC [9] на 2015 год была приведена информация, что 70% больших компаний покупали сторонние данные, а к 2019 году к этому придут абсолютно все крупные компании.

Устойчивой классификации Insights-as-a-Service решений не принято, но выделяют [3] два типа сервисов в зависимости от данных, с которыми они работают: с данными, управляемыми SaaS приложениями или системами ERP, HCM, CRM и т.д. (например, решение от Host Analytics), и данными, генерируемыми SaaS приложениями (например, решение от Jbara).

Классическое Insights-as-a-Service решение состоит из 5 базовых компонентов [3], которые представлены на рис. 1.

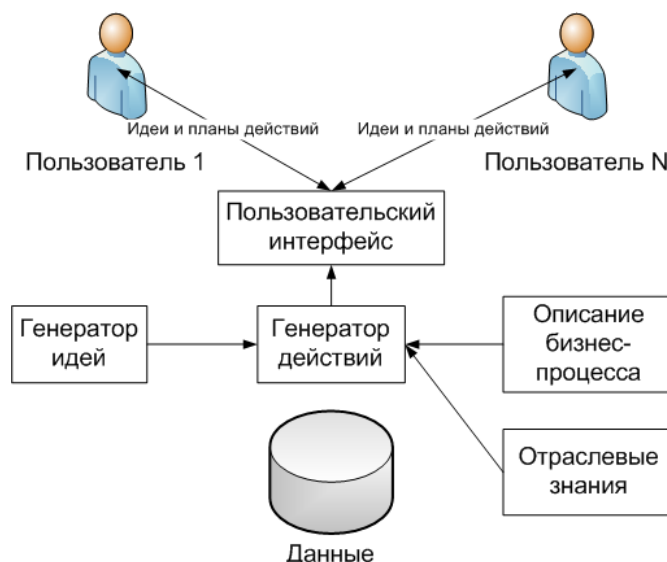


Рис. 1 – Компоненты Insights-as-a-Service

Генератор идей включает в себя одну или несколько моделей (прогнозирование, кластеризация, определение отклонений, оптимизация и т.д.) в зависимости от поставленной задачи. Аналитические модели могут быть как созданы внутри текущего приложения, так и импортированы из других.

Подробное описание бизнес-процесса, автоматизированное каким-либо решением SaaS, требуется для аналитики, а детальность и правильность описания бизнес-процесса напрямую влияет на достоверность результатов анализа.

Отраслевые знания необходимы для приложений, которые автоматизируют специфические отраслевые бизнес-процессы (например, логистика для особых видов промышленности (нефтяной, химической и т.д.) или складской учёт для скоропортящихся товаров).

Генератор действий – это компонент, генерирующий действия, которые пользователь может предпринять на базе идей, полученных в результате анализа данных.

Пользовательский интерфейс в решениях Insights-as-a-Service является очень важным компонентом, поскольку вся информация должна подаваться в понятной для бизнес-пользователя форме. 9Lenses, Host Analytics, Jbara и другие компании определили, какие из предоставленных идей должны быть представлены в интерфейсе графически, а какие в описательной форме. Также интерфейс должен давать возможность анализа «что-если», чтобы пользователь мог изучить влияние различных действий на конкретных примерах.

Общий алгоритм работы решения Insights-as-a-Service состоит из следующих шагов [5]:

1. Сервис собирает данные из различных источников (в случае необходимости могут быть вовлечены специалисты по предметной области в зависимости от стадии бизнес-процесса).

2. Провайдеры сервиса, помимо используемого отраслевого стандартного процесса, также используют большинство лучших практик соответствующей отрасли.

3. Данные, идеи, аналитика и лучшие практики используются для создания эффективных планов действий для соответствующих отраслей. Планы описаны предельно подробно, чтобы максимально помочь компаниям достичь своих бизнес-целей.

4. Генератор действий, являющийся ключевым компонентом решений Insights-as-a-Service, используется для создания плана действий, которые компания должна предпринять для достижения своих бизнес-целей.

5. Результаты анализа предоставляются через предлагаемый многими Insights-as-a-Service решениями пользовательский интерфейс для бизнес-пользователей, которым нужен интерфейс для просмотра данных и аналитики и получения выводов и планов действий, не требующий никаких специфических знаний или навыков.

Что касается тенденций на рынке облачных аналитических решений, то по прогнозам Research and Markets [7] рынок Insights-as-a-Service решений, составивший в 2016 году 1,16 миллиарда долларов США, в 2023 году составит 5,08 миллиарда долларов, продемонстрировав среднегодовой темп роста (с учётом сложного процента – CAGR) равный 23,5%. Несмотря на то, что Insights-as-a-Service начали активно упоминаться (в том числе, IBM) ещё в 2014 году [4, 6], только сейчас этот сервис стал признаваться необходимым расширением для аналитических приложений, и по прогнозам Forrester [8] в 2018 году до 80% компаний будут хотя бы частично использовать решения Insights-as-a-Service. Ключевыми участниками рынка Insights-as-a-Service являются Accenture Plc, Capgemini, Deloitte Touche Tohmatsu Limited, Dell, Microsoft Corporation, Good Data, Zephyr Health, Smartfocus, IBM Corporation, Tata Consultancy Services и Infosys.

Таким образом, текущие темпы увеличения разнообразия и количества данных, а также тренды на рынках аналитики подталкивают организации к более обширному использованию решений, которые основываются на глубоком анализе данных. Это неизбежно приведёт к увеличению использования решений Insights-as-a-Service, что позволит им стать настолько же широко применяемыми, как SaaS приложения.

#### Список литературы / References

1. Cloud Computing: Methodology, Systems, and Applications / L. Wang, R. Ranjan, J. Chen and others – CRC Press, 2011. – 844 p.
2. Transforming Enterprise Cloud Services / W. Y Chang, H. Abu-Amara, Jessica Feng Sanford – Springer Science & Business Media, 2010. – 428 p.

3. Big Data and Insight as a Service [Electronic resource] // URL: <http://sandhill.com/article/big-data-and-insight-as-a-service/> (accessed 27.02.2018).
4. Healthcare Insights as a Service [Electronic resource] // URL: <https://www.ibm.com/blogs/insights-on-business/healthcare/healthcare-insights-as-a-service/> (accessed 27.02.2018).
5. How 'Insights-as-a-service' is growing based on big data [Electronic resource] // URL: <https://www.kdnuggets.com/2015/12/insights-as-a-service-big-data.html> (accessed 27.02.2018).
6. Insight as a Service [Electronic resource] // URL: <https://corporate-innovation.co/2014/04/05/insight-as-a-service/> (accessed: 27.02.2018).
7. Global Insights as a Service Market Insights, Opportunity Analysis, Market Shares and Forecast, 2017 - 2023 [Electronic resource] // URL: [https://www.researchandmarkets.com/research/sqzdw/global\\_insights](https://www.researchandmarkets.com/research/sqzdw/global_insights) (accessed: 27.02.2018).
8. Predictions 2018: Cloud Computing Accelerates Enterprise Transformation Everywhere [Electronic resource] // URL: <https://go.forrester.com/blogs/predictions-2018-cloud-computing-accelerates-enterprise-transformation-everywhere/> (accessed: 27.02.2018).
9. The Next Frontier In Analytics? Insight-As-A-Service [Electronic resource] // URL: <https://www.forbes.com/sites/ibm/2015/09/10/the-next-frontier-in-analytics-insight-as-a-service/> (accessed: 27.02.2018).
10. Top 10 Trends for Analytics in 2018 [Electronic resource] // URL: <http://blog-sap.com/analytics/2017/12/18/top-10-trends-for-analytics-in-2018/> (accessed: 27.02.2018).

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.018>

Наймушина О. Э.

ORCID: 0000-0002-2139-6150, Кандидат педагогических наук,

Технологический институт Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

**ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕТА КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

*Аннотация*

*Рассмотрена необходимость учета информационных ресурсов (программного и аппаратного обеспечения) на предприятиях с учетом требований нормативно-правовых актов. Затронуты проблемы ошибок и потери рабочего времени IT-специалиста и пользователя при ручной инвентаризации автоматизированного рабочего места. Дан краткий обзор наиболее часто используемых программ, выдающих сводную информацию о техническом состоянии оборудования, конфигурации рабочих станций, наличии запасных комплектующих. Рассмотрен случай, когда нецелесообразно использовать вышеприведенные программы. Дан листинг фрагмента кода для получения данных о материнской плате компьютера. Приведена рекомендация по выбору способа автоматизированного учета информационных ресурсов.*

**Ключевые слова:** инвентаризация, учет информационных ресурсов, программа, автоматизация рабочего места.

Naymushina O.E.

ORCID: 0000-0002-2139-6150, PhD in Pedagogy,

Technological Institute of the National Research Nuclear University "MEPhI"

**ORGANIZATION OF COMPUTER ENGINEERING AND SOFTWARE ACCOUNTING**

*Abstract*

*The need to take into account the information resources (software and hardware) at enterprises considering the requirements of regulatory, legal acts is studied. The problems of errors and loss of working time of IT specialist and users are handled when manual inventory auditing of the workstation is handled. A brief overview of the most frequently used programs that provide summary information on the technical condition of equipment, the configuration of workstations, the availability of spare parts is given. The case when it is inappropriate to use the above programs is considered. A code snippet is listed for obtaining data about the computer motherboard. The recommendation on the method of automated accounting of information resources is given.*

**Keywords:** inventory, accounting of information resources, program, workplace automation.

Автоматизация рабочего места в любой сфере человеческой деятельности приводит к уменьшению трудозатрат и повышению производительности. Если же в профессиональной деятельности специалиста, работающего за компьютером, используется некоторый повторяющийся набор действий, то ставится вопрос об автоматизации – применении программы, в которую пользователь вводит исходные данные, а после нажатия на кнопку получает результат – рассчитанные значения, тестирование программы, модель фигуры, шаблон документа и т.д. [1], [2]. Но еще более продуктивно использование программ, в которых нужные отчеты генерируются автоматически. К ним относятся, например, программы по учету компьютерной техники и программного обеспечения.

В нормативно-правовых актах предъявляется требование к организации учета. Так, в п. 2 ст. 19 Федерального закона «О персональных данных» говорится о необходимости учета машинных носителей персональных данных [3]. Как правило, такой учет проводится периодически во время инвентаризации [4].

Инвентаризация, как правило, охватывает обе сферы информационных ресурсов – программное и аппаратное обеспечение. Если рассматривать крупное предприятие с существующей внутри него локальной сетью, то можно отметить, что и для инвентаризации, и для определения компонентов и установленного программного обеспечения компьютера определенного пользователя при решении локальных организационных и технических задач специалисту IT-отдела обычно необходимо согласовать с пользователем время, в которое он сможет подойти и снять нужные



характеристики автоматизированного рабочего места. При этом выполнение текущей работы прекращается, что приводит к потере рабочего времени обеих взаимодействующих сторон.

Как правило, при учете оборудования и программного обеспечения (ПО) специалисты информационных технологий периодически проверяют список всего оборудования и сверяют полученную информацию с результатами последней проведенной инвентаризации; результаты этой оценки отражаются в бухгалтерском учете и могут быть связаны с возмещением материального ущерба [5]. Операции анализа и сбора данных, которые производятся вручную при регистрации оборудования и программ, приводят к ошибкам из-за того, что влияет человеческий фактор, а это сказывается на результатах инвентаризации [6].

Рассмотренных выше недостатков ручной инвентаризации можно избежать, если использовать программы, позволяющие практически сразу получить информацию о технических характеристиках оборудования и установленного на нем программного обеспечения, узнать о наличии к ним запасных комплектующих в виде некоторой сводной таблицы. Такие программы существуют, и далее приводится их краткий обзор.

Программа «IT Invent» позволяет проводить инвентаризацию компьютеров в сети online путем сканирования через интерфейсы WMI и SNMP [7]. Программное обеспечение компьютеров может быть получено в ручном и в автоматическом режимах при сканировании сети. Удобством программы является работа с единой базой; права доступа разграничены. Кроме того, производится учет ремонтов и профилактических обслуживаний оборудования и компьютеров, а также расходных материалов и комплектующих запчастей. Присутствует отображение адресов объектов на онлайн-карте. Эту программу в ее бесплатной версии (ограничение – 200 учетных единиц) используют, как правило, небольшие организации.

С помощью ПО «Учет ИТ-имущества» («система Инфраменеджер») производится сбор, структурирование и актуализация данных о конфигурациях, местоположении, использовании и перемещении ИТ-ресурсов [8]. Удобствами работы с этой программой является настройка автоматической периодической инвентаризации с оповещениями об обнаруженных расхождениях с последним состоянием инвентаризации, а также формирование необходимых списков оборудования и программного обеспечения для модернизации по заданному параметру (например, количество используемых компьютеров с определенным объемом памяти). Позволяет вести отдельный список оборудования, находящегося в ремонте. Для ознакомления с функционалом предлагается демоверсия.

В программе «Учет компьютеров» предоставляется возможность закреплять объекты инвентаризации за определенными сотрудниками, при этом вышеуказанные сотрудники, в свою очередь, закрепляются за определенными отделами [9]. С помощью этой программы фиксируются произведенные ремонты и профилактические работы, можно выявить факты замен расходных материалов, а также ознакомиться с установленным программным обеспечением. Как и в рассмотренных выше программах, присутствует возможность регистрации программного обеспечения.

Программа «10-Страйк: Инвентаризация Компьютеров» рекомендуется разработчиками для проведения инвентаризации компьютеров, связанных локальной сетью [10]. Она позволяет просматривать и фиксировать конфигурации удаленных компьютеров, учитывать аппаратное и программное обеспечение. Особенности этой программы являются возможности мониторинга программ, установленных на компьютер, и их лицензий, а также температуры жестких дисков, осуществляемого по сети. Для апробации предлагается 30-дневная тестовая версия.

Итак, на сегодняшний день предлагается большой набор подобных программ, которые и используются в большинстве организаций.

Однако использование вышеприведенных программ для ряда организаций не всегда является целесообразным. Некоторые предприятия, имеющие определенную специфику, предпочитают сами разрабатывать приложения по учету информационных ресурсов с учетом их особенностей работы (как правило, это связано с требованиями безопасности передачи данных). В этом случае разработчики предпочитают, как правило, создавать такие программы на языках C/C++, так как на них написаны ядра большинства операционных систем (UNIX, Windows, большая часть ядра Linux и macOS X).

Основной задачей при разработке таких программ является получение сведений о комплектующих компьютера и установленного программного обеспечения по запросу, производимому с сервера, а затем передача полученных результатов в определенном формате. Приведенный ниже листинг фрагмента кода получает данные о материнской плате – основном аппаратном компоненте, на котором реализована магистраль обмена информацией.

Листинг.

```
//...
boolopenResult3 = reg5->OpenKey("HARDWARE\\DESCRIPTION\\System\\BIOS\\",0);
if (openResult3){
Label1->Caption = "Комплектующие ПК";
}
tmpStr = reg5->ReadString("BaseBoardProduct");
strLstOut->Add("<name>"+reg5->ReadString("BaseBoardProduct") + "</name>");
StrLst7->Add(("Системная плата: ") + tmpStr);
//...
```

Аналогично можно получить информацию о других комплектующих и установленном программном обеспечении. Получение же сведений о географической позиции компьютера организуется или локально, или с помощью получения по сети имени компьютера или его адреса.

Если требования к учету ИТ-техники стандартные, оптимальным решением является приобретение готового программного обеспечения; при этом анализируются его возможности и необходимость наличия таких опций, как определение географической позиции, необходимость учета профилактических работ и замены расходных материалов.

Если же организация предъявляет особые требования к конфиденциальности информации, формату сохранения результирующих данных или имеют место другие причины, задача учета техники и программного обеспечения решается путем разработки собственных программ.

#### Список литературы / References

1. Наймушина О. Э. Тестирование программ с учетом граничных условий и некорректности входных данных / О. Э. Наймушина // Международный научно-исследовательский журнал. Часть 4. – 2014. – № 3(22). – С. 32-34.
2. Наймушина О. Э. Особенность разработки приложений для машиностроительной отрасли / О. Э. Наймушина, И.Н. Наймушин // Международный научно-исследовательский журнал. Часть 2. – 2016. – № 4(46). – С. 135-138.
3. Федеральный закон от 27.07.2006 N 152-ФЗ (ред. от 22.02.2017) "О персональных данных".
4. Бухарова Д.Х. Инвентаризация материальных ценностей [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.Х. Бухарова. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2013. — 76 с. — 978-5-7996-1026-5. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/66154.html>
5. Клокова А.В. Материальная ответственность работника. Юридическое оформление и бухгалтерский учет [Электронный ресурс] : профессиональные рекомендации / А.В. Клокова. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2008. — 72 с. — 2227-8397. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/1009.html>
6. Уткина С.А. Типичные ошибки в бухгалтерском учете и отчетности. Выявление и исправление [Электронный ресурс] : практическое пособие / С.А. Уткина. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2008. — 138 с. — 2227-8397. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/1062.html>
7. YuKoSoft. Учет компьютеров, оборудования и IT инфраструктуры [Электронный ресурс] / YuKoSoft. – URL: <http://it-invent.ru/?yclid=3000745576648150117> (дата обращения: 30.10.2017).
8. ИнфраМенеджер. Учет IT-имущества [Электронный ресурс] / ИнфраМенеджер – URL: <http://www.inframanager.ru/functionality/itam/> (дата обращения 30.10.2017).
9. ПростойСофт. Программы для дома и офиса. Программа "Учет компьютеров" [Электронный ресурс] / ПростойСофт – URL: <http://www.prostoysoft.ru/CompCount.htm> (дата обращения 30.10.2017).
10. «10-Страйк: Инвентаризация Компьютеров» - Программа для учета ПК в сети предприятия [Электронный ресурс] / 10-Strike Software – URL: <http://www.10-strike.com/rus/networkinventoryexplorer/> (дата обращения 30.10.2017).

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

1. Naymushina O.E. Testirovanie program s uchetom granichnykh usloviy i nekorrektnosti vhodnykh dannykh [Program testing subject to the boundary conditions and invalid input] O.E. Naymushina // Medzdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. Chast 4 [International Research Journal. Part 4]. – 2014. – № 3(22). – P. 32-34. [in Russian]
2. Naymushina O.E. Osobennost razrabotki prilodzeniy dlya mashinostroitel'noy otrasly [Feature of application development for the engineering industry] / O.E. Naymushina, I.N. Naymushin // Medzdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. Chast 2 [International Research Journal. Part 2]. – 2016. – № 4(46). – P. 135-138. [in Russian]
3. Federalnyy zakon ot 27.07.2006 N 152-FZ (ed. of 22.02.2017) "O personalnykh dannykh" [Federal law of 27.07.2006 N 152-FZ (ed. of 22.02.2017) "On personal data"]. [in Russian]
4. Buharova D.H. Inventarizatsiya materialnykh tsennostey [Inventory of material assets] [Electronic resource] : textbook / D.H. Buharova — Electron. text data. — Ekaterinburg: Uralskiy federalnyy universitet [Ekaterinburg: Ural Federal University], 2013. — 76 p. — 978-5-7996-1026-5. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/66154.html>. [in Russian]
5. Klokova A.V. Materialnaya otvetstvennost rabotnika. Yuridicheskoe oformlenie i buhgalterskiy uchets [Employee material liability. Legal registration and accounting] [Electronic resource] : professional advice / A.V. Klokova— Electron. text data. — Saratov: IPR Media, 2008. — 72 p. — 2227-8397. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/1009.html>. [in Russian]
6. Utkina C.A. Tipichnye oshibki v buhgalterskom uchete i otchetnosti. Vyyavlenie i ispravlenie [Typical mistakes in accounting and reporting. Identify and fix] [Electronic resource] : practical guide / C.A. Utkina — Electron. text data. — Saratov: IPR Media, 2008. — 138 p. — 2227-8397. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/1062.html>. [in Russian]
7. YuKoSoft. Uchet kompyuterov, oborudovaniya i IT infrastruktury [Computers, hardware and IT infrastructure records] [Electronic resource] / YuKoSoft. – URL: <http://it-invent.ru/?yclid=3000745576648150117> (accessed: 30.10.2017). [in Russian]
8. InfraManager. Uchet IT-imutchestva [IT-asset property] [Electronic resource] / InfraManager. – URL: <http://www.inframanager.ru/functionality/itam/> (accessed 30.10.2017) [in Russian]
9. ProstoySoft. Programmy dlya doma i ofisa. Programma "Uchet kompyuterov" [Home and office programs. The program "Accounting computers"] [Electronic resource] / ProstoySoft. – URL: <http://www.prostoysoft.ru/CompCount.htm> (accessed 30.10.2017) [in Russian]
10. "10-Strike: Inventarizatsiya kompyuterov" – Programma dlya ucheta PK v seti predpriyatiya ["10-Strike: Computer inventory" – a tool to track the PC in the enterprise network] [Electronic resource] / 10-Strike Software. – URL: <http://www.10-strike.com/rus/networkinventoryexplorer/> (accessed: 30.10.2017) [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.020>

Симолян Р. А.

ORCID: 0000-0002-6105-2897, Аспирант,

Институт проблем информатики и автоматизации

**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РАСПОЗНАННЫХ ОБЪЕКТОВ НА КАРТАХ ПО КООРДИНАТАМ****Аннотация**

Обнаружение объекта применяется для поиска таких реальных объектов, как лица, велосипеды и здания в изображениях и видео. Алгоритмы обнаружения объектов также выполняются для различения объектов по категориям. Они востребованы в таких областях как поиск изображений, безопасность, видеонаблюдение, автоматическая система парковки автомобилей и т.д. Существует множество способов обнаружения объектов. При видеонаблюдении на местности с разных видеокамер каждая видеокамера обнаруживает свой объект, который рассматривается как отдельная единица. Таким образом, цельное изображение пространства не получается, и оно остается неизвестным. Но есть задачи, для решения которых необходимо видеть целостную картину, рассматривая взаимосвязанность объектов, обнаруженных разными видеокамерами.

Возникает необходимость объединить все объекты, обнаруженные разными видеокамерами в одной системе, определить координаты объектов и их положение в отношении друг друга, анализировать и проводить вычисления в объединенной системе.

В данной статье описаны выбранный метод для решения данной задачи и ее программное осуществление.

Целью программы является демонстрация объединенных объектов (мониторинг) на одной платформе (например, топологическая карта [6]), а также сохранение в дальнейшем траектории и истории передвижения объектов в предыдущие дни для их изучения и анализа. Предусмотрена также синхронная демонстрация обнаруженных с помощью видеокамер объектов на картографической платформе [4][5], т.е. мониторинг прямого эфира.

**Ключевые слова:** визуализация объектов на картах, картографический инструмент для визуализации объектов, распознавание объектов при видеонаблюдении, приложение с открытым исходным кодом для рисования объектов, создание макета.

Simonyan R.A.

ORCID: 0000-0002-6105-2897, Postgraduate Student,

Institute for Informatics and Automation Problems

**VISUALIZATION OF OBJECTS, RECOGNIZED ON MAPS IN COORDINATES****Abstract**

Object detection is used to search for real objects such as faces, bikes, and buildings in images and video. Algorithms for object detection are also performed to distinguish objects by category. They are in demand in such areas as image search, security, video surveillance, automatic parking system for cars, etc. There are many ways to detect objects. At video surveillance on the terrain from different video cameras, each video camera detects its object, which is treated as a separate unit. Thus, an integral image of space is not obtained, and it remains unknown. But there are tasks for the solution of which it is necessary to see the whole picture, considering the interconnectedness of objects detected by different video cameras.

There is a need to combine all objects detected by different cameras in one system, determine the coordinates of objects and their position concerning each other, analyze and perform calculations in the integrated system.

This article describes the chosen method for solving this problem and its software implementation. The program is aimed to demonstrate the combined objects (monitoring) on one platform (for example, the topological map [6]), and also to save the trajectory and the history of the movement of objects in previous days for their study and analysis. There is also a synchronous demonstration of the objects detected on the cartographic platform using camcorders [4] [5], i.e., monitoring live broadcast.

**Keywords:** visualization of objects on maps, a cartographic tool for visualization of objects, recognition of objects for video surveillance, application with open source for drawing objects, creating a layout.

Сначала опишем методы, которые необходимо разработать для достижения цели.

Ниже представим функции(методы) для решения задачи.

1. Отображение объектов по координатам на одной топологической платформе.
2. Осуществление мониторинга прямого эфира.
3. Сохранение расположения объектов на карте в виде проекта.
4. Загрузка ранее сохраненных проектов.
5. Проведение изменений в проекте (перемещать объекты, стереть, добавить новый, увеличить и т.д.).

Для осуществления всех указанных пунктов в объединенной системе разработан и создан инструмент программного обеспечения с открытым исходным кодом. Благодаря открытому исходному коду пользователь может с легкостью редактировать программный инструмент (например, добавить функциональный блок и т.п.). Систему можно использовать при решении разных топологических задач (картография, топологический дизайн микросхем). Что касается пунктов 1 и 2, то следует подчеркнуть, что в первую очередь система должна иметь экран и средство отображения объекта на экране.

Изучены сфера обнаружения объектов с помощью видеонаблюдения [1], [2], [3], общей картографии [4], а также средства разработки картографического редактора (в том числе языки описания Java Script, HTML, и CSS) [6], [7], [8], [9], [10].

Как уже было отмечено, система должна иметь экран для отображения объектов, кнопки для управления действиями на экране, а также возможности сохранения и загрузки созданного проекта.

**Структура и возможности системы**

Система состоит из трех частей – внутреннего представления, собрания функций, внешнего вида (рис. 1).

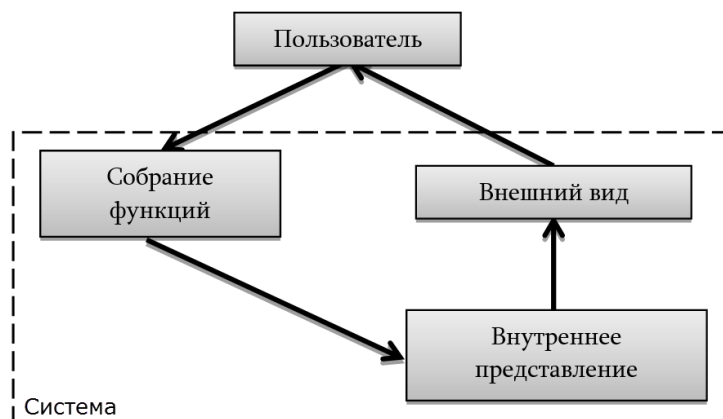


Рис. 1 – Общая структура системы

Система работает следующим образом. Пользователь видит “Внешний вид” системы, потом для выполнения действий обращается к “Собранию функций”. Последний, в свою очередь, устанавливает связь с “Внутренним представлением”, который после осуществления действий отображает результат во “Внешнем виде”. “Внутреннее представление” и “Собрание функций” являются кодом общей программы.

Действия осуществляются кнопками, экран показывает процесс всех действий и их результаты.

В программном инструменте разработаны команды. Каждая команда представлена отдельным алгоритмом.

Первичной командой является - начертить/добавить объект по координатам.

Для введения изменений в проекте разработаны многочисленные команды, например, добавить дополнительные объекты с целью их рассмотрения, вычисления и анализа по отношению к присутствующему объекту. В число дополнительных команд входят следующие: добавить новый объект, перемещать, растянуть, копировать, стереть, выбрать, перевернуть, добавить текст, вставить точки или сетку, изменить межточечное расстояние, начертить линейку, стереть все с экрана.

Для добавления дополнительных объектов на экране в системе имеются стандартные образцы объектов, которые можно добавить или вывести в программном инструменте.

Рассмотрим функцию отображения объектов на экране.

Команда добавления объекта работает следующим образом: после выбора объекта в момент, когда его начинают чертить (на экране новый объект еще не отображается), в коде фиксируются следующие параметры объекта – координаты  $x$ ,  $y$ , ширина, длина и цвет. С помощью этих параметров формируется объект, который регистрируется в том массиве, где уже хранятся объекты, начерченные на экране (рис. 2).

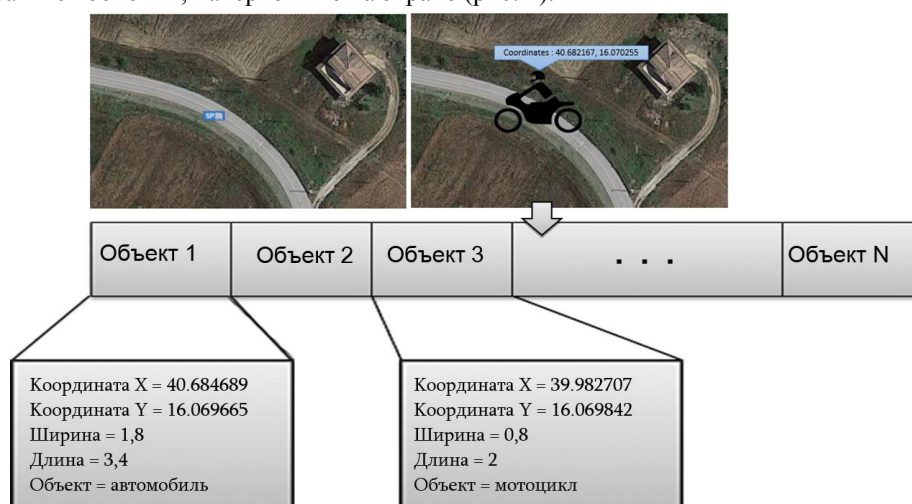


Рис. 2 – Программное представление добавления объекта на экране

Моментально происходит следующее действие: объекты стираются с экрана, и функция добавления объектов по циклу считывает все элементы массива и чертит на экране.

Так как система позволяет пользователю производить действия с объектами, обсудим некоторые из них.

Среди основных команд имеются такие, как перемещение и копирование объекта.

Разработанный алгоритм для перемещения объекта следующий: выбирается объект, пока мышка находится в нажатом состоянии, а курсор - в движении, объект стирается с экрана, и начерчивается новый объект по координатам курсора (рис. 3).

Это происходит непрерывно, с очень малыми интервалами (примерно 20 м/с), пока курсор находится в движении. Величина этого временного периода произвольная, но должна быть очень маленькой, чтобы отсутствие объекта не было замечено. В результате объект перемещается на экране (рис. 4).

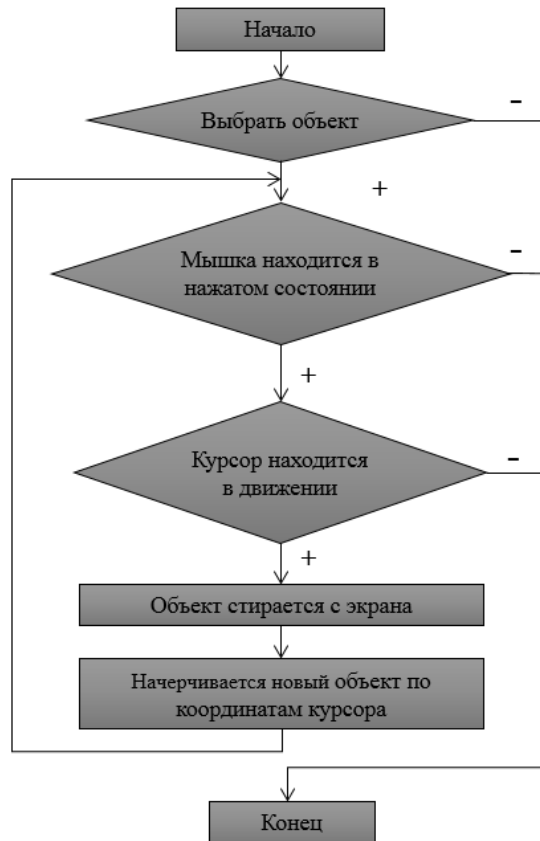


Рис. 3 – Блок-схема перемещения объекта

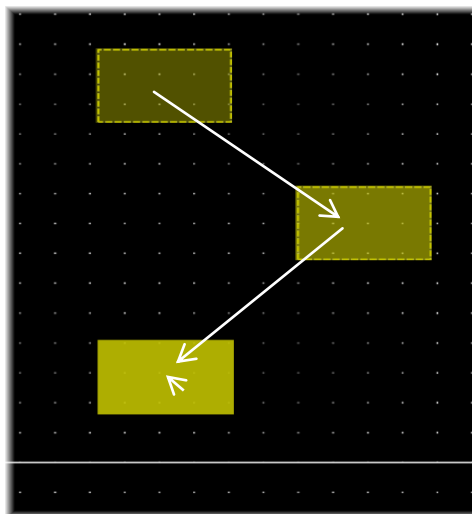


Рис. 4 – Перемещение объекта на экране

При копировании объекта создается копия выбранного объекта (с помощью функции добавления), которая ничем не отличается от предыдущей. При вызове функции копирования функция перемещения тоже активизируется, с помощью которой можно перемещать копию. На примере, приведенном на рис. 5, скопированный объект переместился из положения курсора 1 в положение курсора 2.

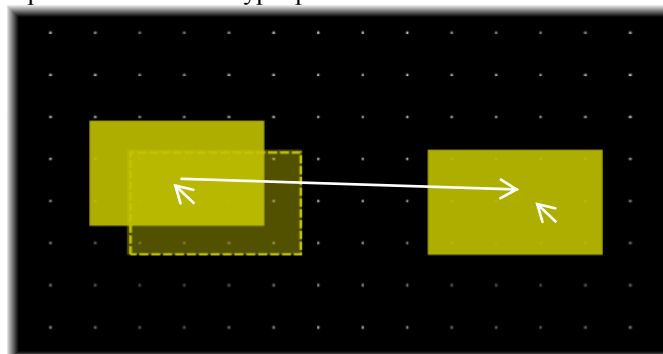


Рис. 5 – Скопированный объект и его перемещение.



### Структура интерфейса программного инструмента

В структуре имеются кнопки и экран (рис. 6). На экране размещается карта. Экран отображает объекты по координатам. С помощью кнопок на экране добавляются новые объекты и осуществляются действия с этими объектами. Экран показывает все действия и их результаты.

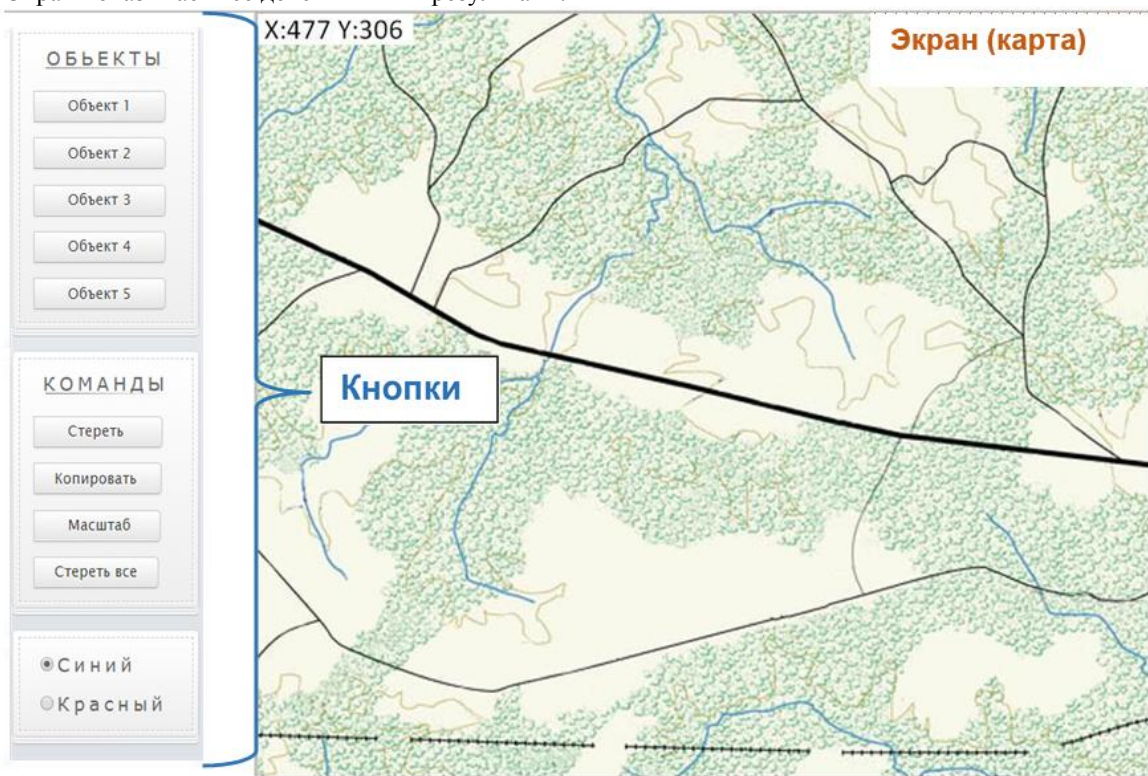


Рис. 6 – Структура интерфейса

Редактор предусмотрен для осуществления картографических работ в разных целях. Рассмотрим некоторые виды работ:

- картография географической местности (рис. 7);
- картография города (рис. 8 и рис. 9);
- картография местности завода или другой территории особого назначения (рис. 10);
- анимационная картография (рис. 11);
- пример общей картографии (рис. 12).

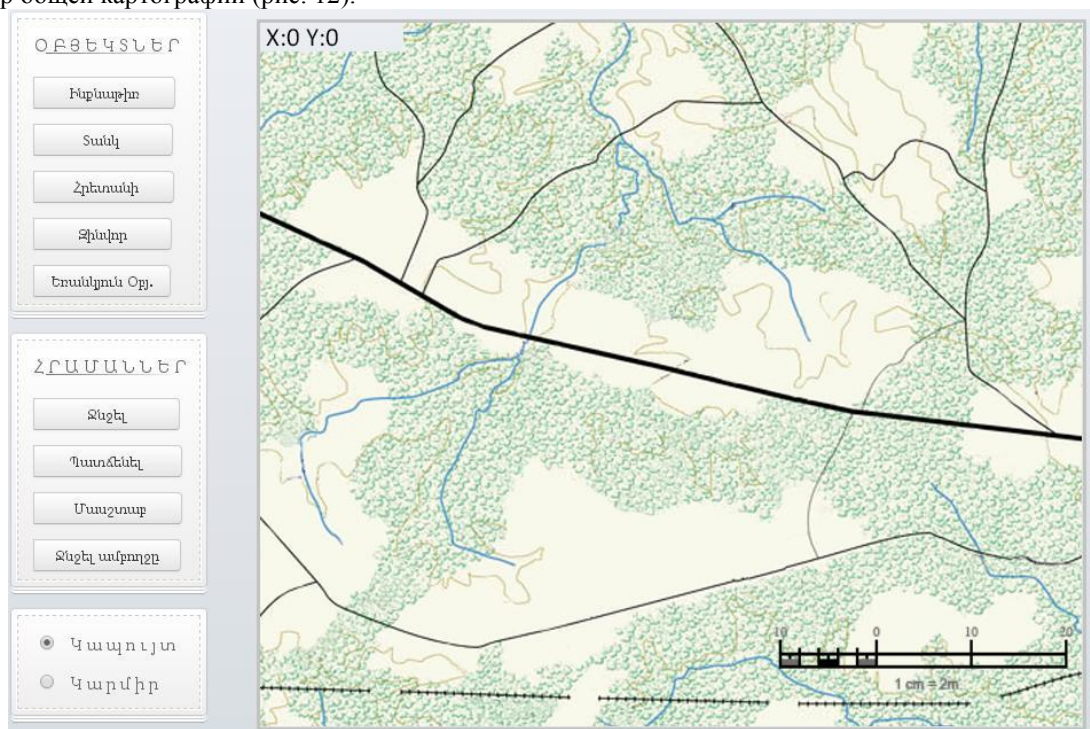


Рис. 7 – Картография географической местности



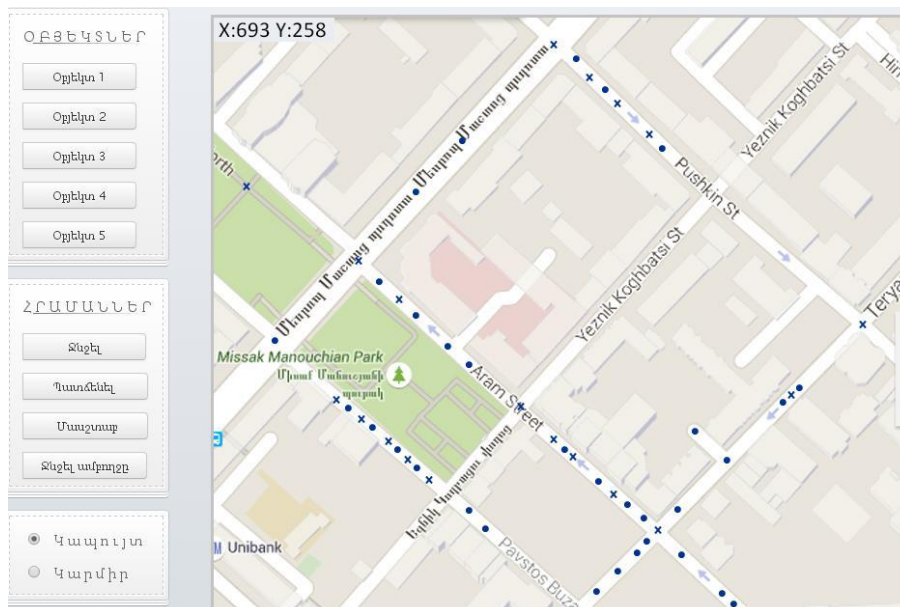


Рис. 8 – Картография города

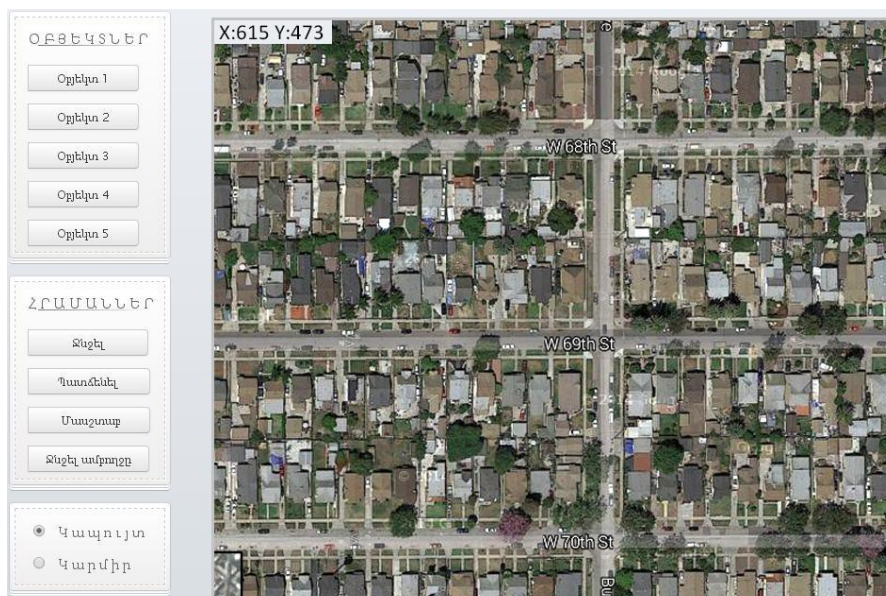


Рис. 9 – Пример картографии города

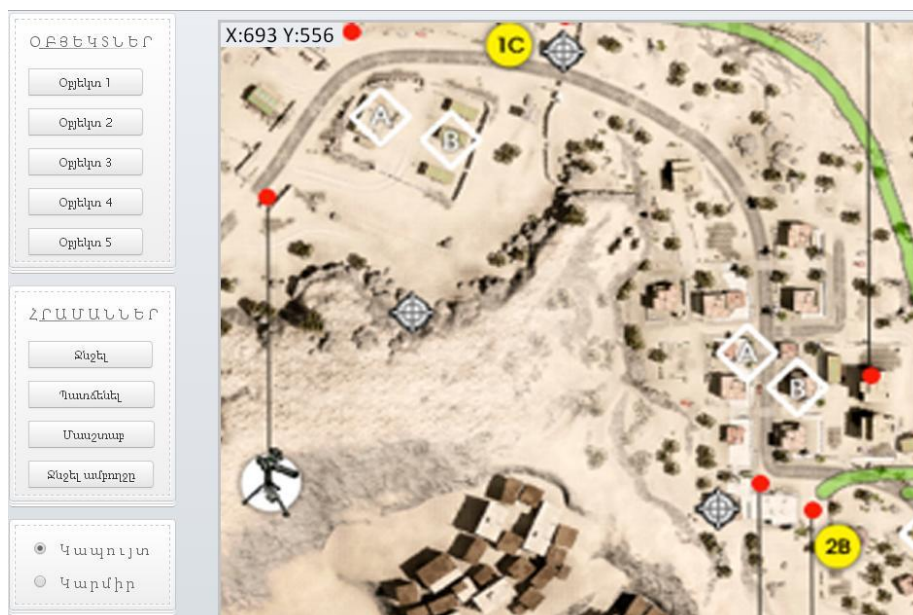


Рис. 10 – Пример картографии местности завода или территории особого назначения



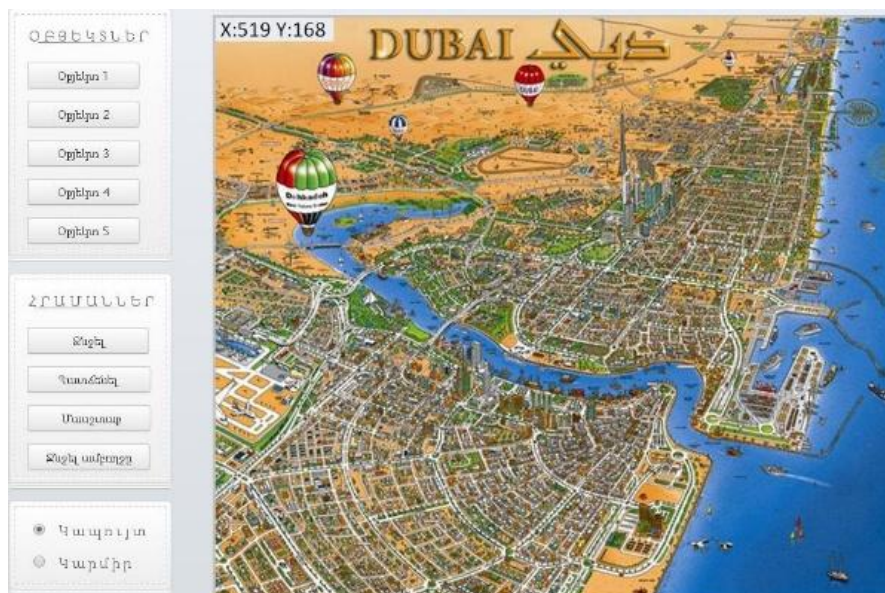


Рис. 11 – Анимационная картография

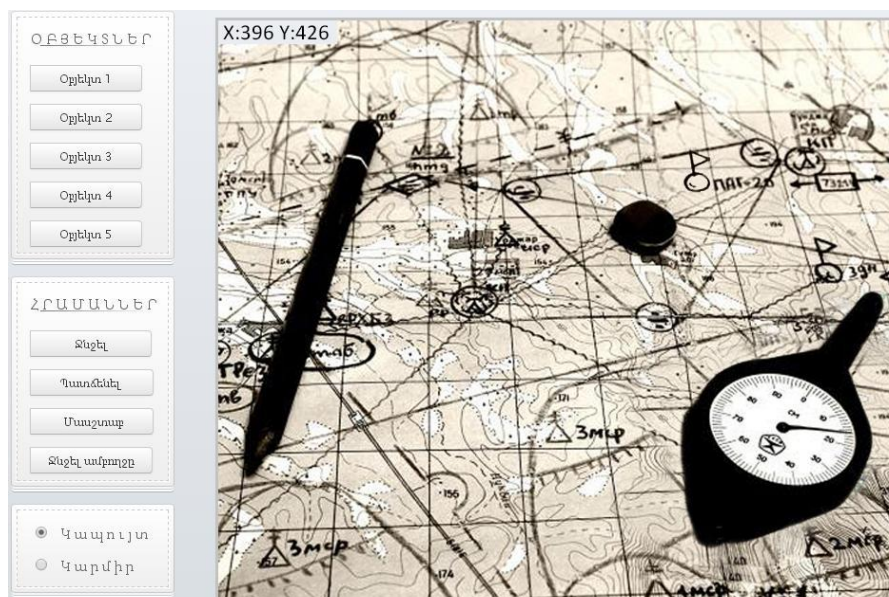


Рис. 12 – Пример общей картографии

### Сохранение и загрузка проекта

В программном инструменте разработана функция для сохранения и загрузки. Для программного осуществления была использованы база данных MS SQL и язык программирования Python. Для сохранения проекта необходимо ввести наименование проекта, далее информация графических моделей путем частого опроса нажатием кнопки “Сохранить” отправляется к серверу, где и вводится в базу данных. Создана возможность загрузки уже сохраненного проекта из базы данных. Эта функция также осуществляется путем частого опроса, после чего из базы данных забирается вся информация проекта и отправляется назад клиенту, где и отображается на экране через браузер. Разработан промежуточный этап, позволяющий пользователю при загрузке, до показа проекта на экране, увидеть проект в текстовом формате, изменить его, а потом загрузить на экран.

### Заключение

Таким образом, разработан метод, позволяющий объединить обнаруженные всеми видекамерами объекты в одну систему, т.е. отобразить объекты в одной топологической платформе – карте по координатам, осуществить мониторинг прямого эфира, сохранить положение объектов на карте в виде проекта, загрузить ранее сохраненные проекты и ввести изменения в проекте (перемещать объекты, стереть, добавить новый, увеличить и т.д.).

Разработанный программный инструмент является программный инструмент с открытым исходным кодом. Благодаря этому его можно легко изменить.

Система может служить для решения разных топологических задач (картография, топологический дизайн микросхем).

### Список литературы / References

1. Simonyan R. A. Hidden and Unknown Object Detection in Video // International Journal of New Technology and Research (IJNTR). – 2016. – Vol. 2. – № 11. – P. 22–25.
2. Simonyan R. A. Detection and ignorance method of false targets during object detection / D. A. Simonyan // Computer Science and Information Technologies (CSIT) Conference. – 2017. – P. 372-375



3. Collins R. Introduction to the special section on video surveillance / A. Lipton, T. Kanade // IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell. – 2000. – Vol. 22. – № 8. – P. 745–746.
4. Muukkonen P. Biomass Estimation Over a Large Area Based on Standwise Forest Inventory Data and ASTER and MODIS Satellite Data: A Possibility to Verify Carbon Inventories / J. Heiskanen // Remote Sensing of Environment. – Vol. 107. – № 4. – P. 617–624.
5. Bohmand H. D. V. Remote Sensing Verification by Aerial Surveys and Ground Truth Campaigns 1997 and 1998 in Central Kalimantan, Indonesia-Peat Swamp Forest, Mega-Rice-Project and Fires / F. Siegert // Workshop on Tropical Forest and Remote Sensing. – 1999.
6. Phuon D. Field Observation Using Flying Platforms for Remote Sensing Education / Nogami, M. Kusanagi // Asian Conference of Remote Sensing. – 2002.
7. Cosentino V. A Systematic Mapping Study of Software Development With GitHub / Cánovas Izquierdo J. L., Cabot J. // J. IEEE Open Access. – 2017. – Vol. 5. – P. 7173–7192.
8. Fett D. An Expressive Model for the Web Infrastructure: Definition and Application to the Browser ID SSO System / Küsters R., Schmitz G. // J. IEEE Symposium on Security and Privacy. – 2014
9. Babovic Z. B. Web Performance Evaluation for Internet of Things Applications / Protic J., Milutinovic V. // J. IEEE Open Access. – 2016. – Vol. 4. – P. 6974–6992.
10. Ofuonye E. Resolving JavaScript Vulnerabilities in the Browser Runtime / Miller J. // 2008 19th International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE). – 2008

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.024>

Чернецова Е.А.<sup>1</sup>, Шишкин А.Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-5805-3111, Кандидат технических наук, доцент,

<sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-1992-5663, Кандидат технических наук, доцент,

<sup>1,2</sup>Российский Государственный Гидрометеорологический Университет

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖЕСТКОГО И МЯГКОГО АЛГОРИТМА ВИТЕРБИ В ПРОГРАММЕ ДЛЯ ДЕКОДИРОВАНИЯ ТЕКСТОВОГО СООБЩЕНИЯ

*Аннотация*

*Представлена программная модель декодирования текстового сообщения, полученного по каналу с аддитивным гауссовским шумом. Для передачи сигнала используется многопозиционная фазовая манипуляция, число позиций может быть задано пользователем. Для защиты от ошибок используется сверточный код, параметры которого могут быть заданы пользователем. При декодировании используется мягкий и жесткий алгоритм Витерби. Наглядность представления выходных данных – исходного текстового сообщения и декодированных сообщений – позволяет использовать данную программу в учебном процессе при изучении темы сверточного кодирования.*

**Ключевые слова:** программная модель, кодер, декодер, алгоритм, многофазная манипуляция.

Chernetsova E.A.<sup>1</sup>, Shishkin A.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-5805-3111, PhD in Engineering, Associate professor,

<sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-1992-5663, PhD in Engineering, Associate professor,

<sup>1,2</sup>Russian State Hydrometeorological University

#### USING HARD AND SOFT VITERBY ALGORITHM IN PROGRAM FOR TEXT MESSAGE DECODING

*Abstract*

*A software model for decoding a text message received via a channel with additive Gaussian noise is presented. A multi-position phase shift keying is used for signal transmission; the number of positions can be set by the user. To protect against errors, a convolutional code is used, the parameters of which can be set by the user. Soft and hard Viterbi algorithm is used at decoding. The obviousness of the output data, the source text message, and decoded messages allows using this program in the learning process when studying the subject of convolutional coding.*

**Keywords:** software model, encoder, decoder, algorithm, multiphase keying.

При изучении принципов построения телекоммуникационных систем в рамках дисциплины «Системы и сети передачи информации» [1], студенты часто испытывают трудности с пониманием алгоритма работы мягкого и жесткого декодирования Витерби. Поэтому была поставлена цель создать программную модель, которая могла бы наглядно продемонстрировать обучающимся разницу в приеме информации, передаваемой по каналу с аддитивным белым гауссовским шумом в незакодированном и закодированном виде, и продемонстрировать результат декодирования текстового сообщения с использованием жесткого и мягкого алгоритма Витерби. Широкое распространение алгоритма Витерби заключается в том, что сложность декодера Витерби не является функцией количества символов в последовательности кодовых слов [2].

В программной реализации используется многофазная манипуляция. Данный вид модуляции был выбран потому, что он может быть использован в каналах связи, имеющих достаточно ограниченный частотный ресурс, но к которым предъявляются высокие требования по качеству передачи информации [3]. Согласно [4], к основным показателям, характеризующим тот или иной модуляционный формат, следует отнести помехоустойчивость и спектральную эффективность, под которой понимают полосу частот, необходимую для передачи сигналов с требуемой скоростью и достоверностью.

В общем случае, данные показатели тесно взаимосвязаны между собой. Это приводит к тому, что улучшение одного из них невозможно без снижения качества другого. Между тем, переход на цифровые системы передачи

информации во многом предопределил типы используемых модуляционных форматов, к которым, в первую очередь, следует отнести различные виды манипуляций, как наиболее полно соответствующих дискретной природе передаваемой битовой информации.

Однако, возможности широко известных форматов манипуляции фактически исчерпаны, а их дальнейшая модернизация не позволяет получить существенного выигрыша. В связи с этим, в последнее время наметилась тенденция на переход к формированию сигналов в базисах, отличных от гармонических [5], [6]. В частности, вейвлет-базисы, базисы сплайн-характеров и др. Однако такой подход предполагает полную замену приемо-передающего оборудования, что сложно осуществить в существующих реалиях. Между тем, по мнению зарубежных специалистов [7], [8], традиционные виды модуляции еще до конца не исчерпали свои возможности. Повышению скорости передачи информации в канале способствует увеличение позиционности модуляционного формата, однако при этом возрастает битовая ошибка. В настоящее время компромиссным решением для систем передачи информации по радиоканалу является использование модуляционных форматов на основе ФМн-2 и ФМн-4 [7]. В разработанной программе число позиций модуляции можно задавать.

Модели систем, представленные в пакете Матлаб Simulink для реализации жесткого и мягкого декодирования по алгоритму Витерби [9] разработаны для исходных данных, представляющих собой поток битов.

Модель декодера Витерби для детектирования двоичного фазоманипулированного сигнала, представленная в [10], также разработана для исходных данных, представляющих собой поток битов, и реализует только алгоритм жесткого декодирования Витерби.

По сравнению с рассмотренными моделями систем, реализующими жесткое и мягкое декодирование по алгоритму Витерби [9], [10], разработанная программа в пакете Матлаб предназначена для исходных данных, представленных в виде текстового сообщения, и позволяет студентам ознакомиться с программным кодом, реализующим все преобразования сообщения от текстового вида до сигнала в фазовой или квадратурной фазовой манипуляции. Студенты также получают представление о формировании алгоритма кода Грея, когда двоичные символы отличаются только одной битовой позицией. В этом случае при появлении ошибки в  $M$ -арном символе высока вероятность того, что ошибочным является только один из  $k$  прибывших битов [11]. Несмотря на то, что в версиях Матлаб, появившихся после 2006 года, предусмотрена реализация алгоритма кода Грея в виде одной команды, предлагаемая программа позволяет студентам не только посмотреть график получившегося сигнального созвездия, но и реализовать алгоритм кода Грея «пошагово», тем самым закрепив их знания об алгоритме его формирования.

Для реализации декодирования Витерби в программной модели используется тот факт, что данный алгоритм используется в двоичном входном канале с жестким или мягким 3-х битовым квантованным выходом. Длина кодового ограничения варьируется от 3 до 9, причем степень кодирования кода редко оказывается меньше  $1/3$ , и память путей составляет несколько длин кодового ограничения. [12]. В алгоритме декодирования Витерби все пути по решетке кода пошагово сравниваются с принятой из канала связи кодовой последовательностью и отбрасываются те из них, которые точно будут находиться на большем расстоянии, чем другие. Таким образом, главным недостатком данного алгоритма становится необходимость анализа всех путей, выходящих из рассматриваемого узла кодовой решетки. Этот недостаток легко преодолевается благодаря большому вычислительным возможностям современных компьютеров. А благодаря тому, что сложность декодера Витерби не является функцией количества символов в последовательности кодовых слов, он находит широкое применение в современных цифровых системах связи. Алгоритм декодирования Витерби также хорошо использовать в тех случаях, когда шум в канале связи стационарен и легко моделируется.

В жесткой схеме декодирования по алгоритму Витерби используется расстояние Хэмминга, определяемое как количество элементов, которыми различаются два кодовых слова.

Основное различие между мягким и жестким декодированием по алгоритму Витерби состоит в том, что в мягкой схеме не используется метрика расстояния Хэмминга, поскольку она имеет ограниченное разрешение. Метрикой расстояний, которая имеет нужное разрешение, в данном случае выступает евклидово кодовое расстояние, поэтому, чтобы облегчить ее применение в программной модели соответствующим образом преобразуются двоичные числа из единиц и нулей в восьмеричные числа от 0 до 7. Выигрыш в значении битового отношения сигнал/шум при использовании «мягкого» решения составляет  $E_b/N_0 \approx 2$  дБ (рис.1) [13].

Алгоритм программы состоит из следующей последовательности действий:

1. Ввод текстовой строки сообщения.
2. Преобразование текста в ASCII –код.
3. Преобразование символов ASCII –кода в бинарные символы.
4. Формирование из бинарных символов последовательности бит для подачи на вход кодера.
5. Кодирование бинарной последовательности кодом Грея
6. Кодирование бинарной последовательности сверточным кодом для защиты от ошибок
7. Применение фазовой манипуляции к закодированной и незакодированной последовательности битов.

Возможность выбора параметров манипуляции.

8. Моделирование прохождения закодированной и незакодированной последовательности битов через канал с гауссовым шумом. Возможность выбора отношения сигнал/шум в канале связи.

9. Демодуляция закодированной и некодированной последовательности бит

10. Декодирование закодированной последовательности бит с использованием жесткого и мягкого алгоритма Витерби.

11. Расчет квадрата евклидова расстояния между исходным текстовым сообщением и принятыми сообщениями: не подвергавшимся кодированию; декодированному по жесткому алгоритму Витерби и декодированному по мягкому алгоритму Витерби. Определение асимптотической эффективности кодирования.

Результат работы программной модели при значении битового отношения сигнал/шум  $E_b/N_0 = 4,5$  дБ представлен на рисунке 2. Как можно видеть, сообщение, декодированное с помощью «мягкого» алгоритма полностью совпадает

с исходным, тогда как в принятом некодированном сообщении и в сообщении, декодированном с помощью «жесткой» схемы, есть ошибки.

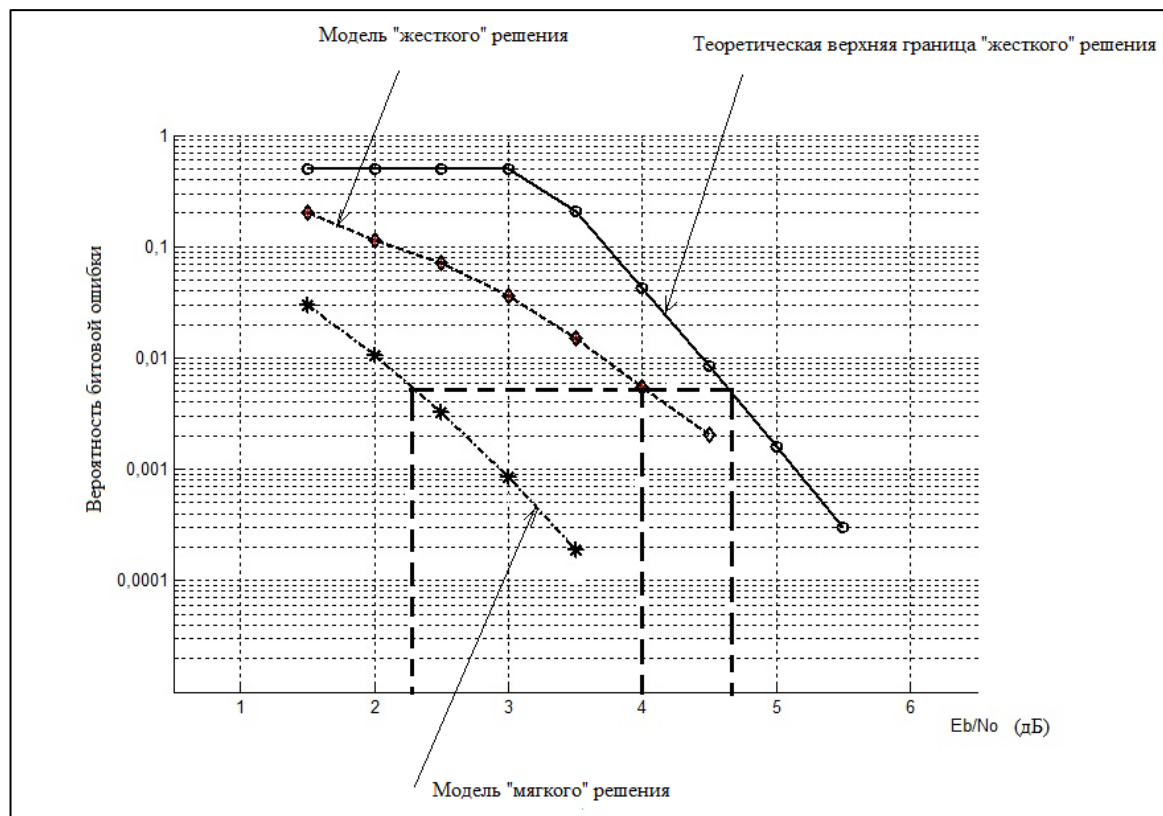


Рис. 1 – Графики зависимости вероятности битовой ошибки от битового отношения сигнал/шум

Асимптотическая эффективность кодирования в программе определяется по формуле:

$$G(\text{дБ}) = 20 \cdot \lg \frac{d_f^2}{d_{\text{эт}}^2} (1)$$

где  $d_f$  и  $d_{\text{эт}}$  – евклидов просвет кодированной системы и некодированной эталонной системы.

*Исходное сообщение:*

При «мягком» решении количество ошибок, выявленных декодером, будет меньше, чем при «жестком» решении.

*Полученное сообщение без использования кодирования:*

М «<ягк>\$зшми 2олчещтко шиок, выявленнщс дкопепм, будет неньше, чем(и «жзАткп»`рееий.

*Полученное сообщение при коррекции ошибок кодером (7, [133 171]) при жесткой схеме принятия решения:*

При гком» решении кичество ошибок, выявленных декодером, будет меньше\$ чем при «жестком» решении.

*Полученное сообщение при коррекции ошибок кодером (7, [133 171]) при мягкой схеме принятия решения:*

При «мягком» решении количество ошибок, выявленных декодером, будет меньше, чем при «жестком» решении.

Асимптотическая эффективность алгоритма жесткого декодирования (в дБ) 5.1291

Асимптотическая эффективность алгоритма мягкого декодирования (в дБ) 6.9058

Рис. 2 – Результат работы программной модели декодирования текстового сообщения при значении битового отношения сигнал/шум  $E_b/N_0=4,5$  дБ с использованием жесткого и мягкого алгоритма Витерби

В программе метрика  $d_{\text{эт}}$  представляет собой количество битовых ошибок между принятым некодированным и исходным сообщением, а метрика  $d_f$  представляет собой количество битовых ошибок между принятым кодированным и исходным сообщением, которые вычисляются с помощью команды Матлаб `biterr`.

Студенты должны написать сами код для реализации данной модели, используя знания, умения и навыки, полученные ими при прохождении практики «Программирование и цифровая обработка сигналов в пакете Матлаб».

Разработанная программа оставляет студентам простор для творчества, поскольку к данной программной модели студентам предлагается самостоятельно написать программу графического интерфейса пользователя.

Таким образом, рассмотренная программа позволяет студентам применить на практике знания, полученные при изучении темы помехоустойчивого кодирования, изучаемой в рамках дисциплины «Системы и сети передачи информации».

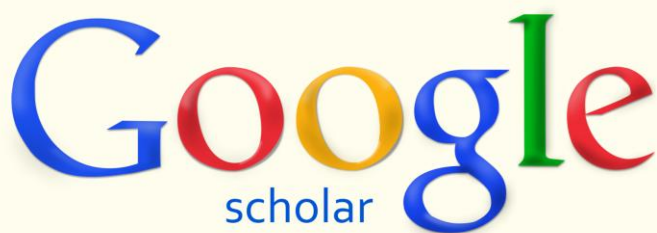
#### Список литературы / References

1. Белов Е.Б. Сборник примерных программ учебных дисциплин по направлению подготовки (специальности) 090302 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» (квалификация (степень) «специалист»)/ Е.Б. Белов – М.: МГУПИ, 2011. – 220 с.
2. Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы: Справочник / под. ред. Ю. Б. Зубарева. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 126 с.
3. Дворников С.В. Спектрально эффективные сигналы с непрерывной фазой/ С.В.Дворников, С.С.Дворников, С.С. Манаенко и др. // Вестник воронежского государственного технического университета. – 2016. – Т. 12. – № 2. – С. 87–93
4. Федосеев В.Е. Методика и результаты анализа потенциальной помехоустойчивости приема цифрового сигнала на фоне манипулированной структурной помехи/ В.Е.Федосеев, М.С. Иванов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – Т. 6. – № 11. – С. 108–111
5. Дворников С.В. Помехоустойчивость фазоманипулированных сигналов на основе вейвлетов Гаусса/ С.В.Дворников, С.С.Манаенко// Вестник Воронежского государственного технического университета. –2015. – Т. 11. – № 3. – С. 123–125.
6. Дворников С.В. Синтез манипулированных сигналов на основе вейвлет–функций/ С.В.Дворников, С.С.Дворников, А.М. Спирин // Информационные технологии. – 2013. – № 12. – С. 52–55
7. L. Hong and K. C. Ho. Classification of BPSK and QPSK signals with unknown signal level using the Bayes technique. in Proc. IEEE ISCAS, 2003, pp. IV.1–IV.4.
8. P. Panagiotou, A. Anastasopoulos, and A. Polydoros. Likelihood ratio tests for modulation classification. in Proc. IEEE MILCOM, 2000, pp. 670 – 674.
9. ViterbiDecoder [Электронный ресурс] – URL: [www.mathworks.com/help/comm/ref/viterbidecoder.html](http://www.mathworks.com/help/comm/ref/viterbidecoder.html) (дата обращения: 23.02.2018)
10. Варкасов Р.С. Разработка наглядной математической модели декодера Витерби для детектирования двоичного фазоманипулированного сигнала/ Р.С.Варкасов, И.М. Лернер //Научный Альманах. –2015. – № 8 (10). – С.749–751
11. Чернецова Е.А. «Системы и сети передачи информации» . Часть 1. Телекоммуникационные сети/ Е.А.Чернецова – СПб.: Изд-во РГТМУ. –2013. – 156 с.
12. Склар Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение/ Б.Склар. – М.: Вильямс. – 2016. – 1104 с.
13. LLR vs. HardDecisionDemodulation [Электронный ресурс] –URL: [www.mathworks.com/help/comm/examples/llr-vs-hard-decision-demodulation.html](http://www.mathworks.com/help/comm/examples/llr-vs-hard-decision-demodulation.html) (дата обращения: 23.02.2018)

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

1. Belov E.B. Sbornik primernykh programm uchebnykh distsiplin po napravleniyu podgotovki (spetsial'nosti) 090302 «Informatsionnaya bezopasnost' telekommunikatsionnykh sistem» (kvalifikatsiya (stepen') «spetsialist») [Collection of sample programs of educational disciplines in the field of training (specialty) 090302 "Information Security of Telecommunication Systems" (qualification (degree) "specialist")] / E.B. Belov – Moscow: MGUPI, 2011. – 220 p. [in Russian]
2. Pomekhoustoychivoye kodirovaniye. Metody i algoritmy: Spravochnik [Noise immunity coding. Methods and algorithms: Reference book] / under. Ed. Yu. B. Zubarev. – M.: Goryachaya liniya –Telecom, 2004. – 126 p. [in Russian]
3. Dvornikov S.V. Spektral'no effektivnyye signaly s nepreryvnoy fazoy [Spectrally effective signals with a continuous phase] / S.V. Dvornikov, S.S. Dvornikov, S.S. Mananaenko and others // Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Voronezh State Technical University]. – 2016. – T. 12. – No. 2. – P. 87–93 [in Russian]
4. Fedoseev V.E. Metodika i rezul'taty analiza potentsial'noy pomekhoustoychivosti priyema tsifrovogo signala na fone manipulirovannoy strukturnoy pomekhi [The technique and results of the analysis of the potential noise immunity of receiving a digital signal against the background of manipulated structural interference] / V.E. Fedoseev, M.S. Ivanov // Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Voronezh State Technical University]. – 2010. – T. 6. – No. 11. – P. 108–111 [in Russian]
5. Dvornikov S.V. Pomekhoustoychivost' fazomanipulirovannykh signalov na osnove veyvletov Gaussa [Noise immunity of phase-manipulated signals based on Gauss wavelets] / S.V. Dvornikov, S.S. Mananaenko // Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of Voronezh State Technical University]. –2015. – T. 11. – No. 3. – P. 123–125 [in Russian]
6. Dvornikov S.V. Sintez manipulirovannykh signalov na osnove veyvlet–funktsiy [Synthesis of manipulated signals based on wavelet functions] / S.V. Dvornikov, S.S. Dvornikov, A.M. Spirin // Informatsionnyye tekhnologii [Information technology]. – 2013. – No. 12. – P. 52–55 [in Russian]
7. L. Hong and K. C. Ho. Classification of BPSK and QPSK signals with unknown signal level using the Bayes technique. in Proc. IEEE ISCAS, 2003, pp. IV.1–IV.4.
8. P. Panagiotou, A. Anastasopoulos, and A. Polydoros. Likelihood ratio tests for modulation classification. in Proc. IEEE MILCOM, 2000, pp. 670– 674
9. ViterbiDecoder [Electronic resource] – URL: [www.mathworks.com/help/comm/ref/viterbidecoder.html](http://www.mathworks.com/help/comm/ref/viterbidecoder.html) (accessed: 23.02.2018)

10. Varkasov R.S. Razrabotka naglyadnoy matematicheskoy modeli dekodera Viterbi dlya detektirovaniya dvoichnogo fazomanipulirovannogo signala [Development of a visual mathematical model of the Viterbi decoder for detecting a binary phase-shift signal] / R.S.Varkasov, I.M. Lerner // Nauchnyy Al'manakh [Scientific Almanac]. –2015. – No. 8 (10). – P.749–751 [in Russian]
11. Chernetsova E.A. Sistemy i seti peredachi informatsii». Chast' 1. Telekommunikatsionnyye seti [Information transfer systems and networks. Part 1. Telecommunication networks] / E.A. Chernetsova – SPb .: Izd-vo RGGMU [Publishing house of RSHU]. –2013. – 156 p. [in Russian]
12. Sklar B. Digital Communications. Fundamentals and Applications./ B.Sklar. – M .: Williams. – 2016. – 1104 p. [in Russian]
13. LLR vs. HardDecisionDemodulation – URL: [www.mathworks.com/help/comm/examples/llr-vs-hard-decision-demodulation.html](http://www.mathworks.com/help/comm/examples/llr-vs-hard-decision-demodulation.html) (accessed: 02.22.2018)



*Международный научно-исследовательский журнал включен в базу научного цитирования **Google Scholar**.*

***Google Scholar** – поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин. Наличие статей в **Google Scholar** увеличивает возможность цитируемости, не только в России, но и за рубежом.*

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.029>Асанов А.А.<sup>1</sup>, Чоюбеков С. М.<sup>2</sup><sup>1</sup>Доктор физико-математических наук,  
Кыргызско-Турецкий университет «Манас»;<sup>2</sup>Старший преподаватель,  
Ошский государственный университет, Республика КыргызстанРЕШЕНИЕ НЕКЛАССИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВОЛЬТЕРРА I РОДА С  
ВЫРОЖДЕННЫМ НЕЛИНЕЙНЫМ ЯДРОМ

## Аннотация

Интегральные уравнения относятся к разделу математики. Важным из приложений является то, что к ним приводится большое число задач из самых разных разделов физики, техники и других наук. В связи с этим в последние годы теория интегральных уравнений бурно развивается благодаря трудам многих исследователей.

Однако уравнения с двумя переменными пределами интегрирования, которые называют неклассическими, мало изучены. Это, наверно, объясняется трудностями в построении резольвенты и в составлении соотношения для нее, т.к. еще не получено аналитическое представление в общем виде за исключением некоторых модельных случаев.

**Ключевые слова:** интегральное уравнение, формула Дирихле, малый параметр, двойные интегралы.

Asanov A.A.<sup>1</sup>, Choyubekov S.M.<sup>2</sup><sup>1</sup>PhD in Physics and Mathematics,  
Kyrgyz-Turkey Manas University;<sup>2</sup>Senior Lecturer,  
Osh State University, Kyrgyz RepublicSOLUTION OF NONCLASSICAL INTEGRAL VOLTERRA EQUATIONS OF FIRST KIND WITH DEGENERATE  
NONLINEAR KERNEL

## Abstract

Integral equations relate to the branch of mathematics, the important thing of which is that a large number of problems a wide range of sections of physics, engineering, and other sciences are reduced to them. Because of this, in recent years the theory of integral equations has been developing rapidly due to the work of many researchers.

However, equations with two variable limits of integration, which are called non-classical, have been little studied.

This is probably due to the difficulties in constructing of resolvent and in constructing a correlation for it since the analytical representation in general form has not yet been obtained except for some model cases.

**Keywords:** integral equation, Dirichlet formula, small parameter, double integrals.

Интегральные уравнения относятся к разделу математики, важным из приложений является то, что к ним приводится большое число задач из самых разных разделов физики, техники и других наук. В связи с этим в последние годы теория интегральных уравнений бурно развивается благодаря трудам многих исследователей [1], [10].

Однако уравнения с двумя переменными пределами интегрирования, которые называют неклассическими мало изучены. Это, наверно, объясняется трудностями в построении резольвенты и в составлении соотношения для нее, т.к. еще не получено аналитическое представление в общем виде за исключением некоторых модельных случаев.

В данной работе в предположении, что  $\alpha(t_0) = t_0$ , следуя по методу, предложенному М. Иманалиевыми, А. Асановым [8], устанавливаются достаточные условия регуляризации решения неклассического интегрального уравнения Вольтерра I рода.

Рассмотрим

$$\int_{\alpha(t)}^t K(t, s, u(s)) ds = f(t); t \in [t_0; T] \quad (1)$$

где  $\alpha(t) \in C[t_0, t]; \alpha(t_0) = t_0; \alpha(t) \leq t, f(t)$  и  $K(t, s, u(s))$  – заданные функции на отрезке  $[t_0, t]$  и в области  $G = \{(t, s): t_0 \leq t \leq T, \alpha(t) \leq s \leq t\}; \tau \leq t, \alpha(\tau) \leq \alpha(t), u(t)$  – искомая функция на отрезке  $[t_0, t]$ .

Пусть

$$K(t, s, u(s)) = K_0(t, s)u(s) + K_1(s, u(s)) \quad (2)$$

Тогда уравнение (1) можно представить в виде:

$$\int_{\alpha(t)}^t K_0(t, s)u(s) ds + \int_{\alpha(t)}^t K_1(s, u(s)) ds = f(t); t \in [t_0; T] \quad (3)$$

Наряду с уравнением (3) рассмотрим:

$$\varepsilon v(t, \varepsilon) + \int_{\alpha(t)}^t K_0(t, s)v(s, \varepsilon) ds + \int_{\alpha(t)}^t K_1(s, v(s, \varepsilon)) ds = f(t) + \varepsilon u(t_0); t \in [t_0; T] \quad (4)$$

$0 < \varepsilon < 1$  – некоторый малый параметр.

Его решение будем искать в виде

$$v(t, \varepsilon) = u(t) + \xi(t, \varepsilon); \quad (5)$$

где  $u(t)$  – решение уравнения (3), а  $\xi(t, \varepsilon)$  – неизвестная функция

Подставляя (4) из (3) получим

$$\varepsilon \xi(t, \varepsilon) + \int_{\alpha(t)}^t K_0(t, s)\xi(s, \varepsilon) ds = - \int_{\alpha(t)}^t [K_1(s, u(s) + \xi(s, \varepsilon)) - K_1(s, u(s))] ds - \varepsilon [u(t) - u(t_0)]; t \in [t_0; T] \quad (6)$$

В результате несложных преобразований последнее сведем к виду

$$\xi(t, \varepsilon) + \frac{1}{\varepsilon} \int_{t_0}^t K_0(s, s) \xi(s, \varepsilon) ds = -\frac{1}{\varepsilon} \int_{\alpha(t)}^t [K_0(t, s) - K_0(s, s)] \xi(s, \varepsilon) ds + \\ + \frac{1}{\varepsilon} \int_{t_0}^{\alpha(t)} K_0(s, s) \xi(s, \varepsilon) ds - \frac{1}{\varepsilon} \int_{\alpha(t)}^t [K_1(s, u(s) + \xi(s, \varepsilon)) - K_1(s, u(s))] ds [u(t) - u(t_0)]; t \in [t_0; T] \quad (7)$$

Используя резольвенту  $R(t, s, \varepsilon) = -\frac{1}{\varepsilon} K_0(s, s) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau}$  ядра  $-\frac{1}{\varepsilon} K_0(s, s)$  и считая правую часть известным, решение (7) можно представить в следующем виде

$$\xi(t, \varepsilon) = -\frac{1}{\varepsilon} \int_{\alpha(t)}^t [K_0(t, s) - K_0(s, s)] \xi(s, \varepsilon) ds + \frac{1}{\varepsilon} \int_{t_0}^{\alpha(t)} K_0(s, s) \xi(s, \varepsilon) ds - \\ - \frac{1}{\varepsilon} \int_{\alpha(t)}^t [K_1(s, u(s) + \xi(s, \varepsilon)) - K_1(s, u(s))] ds [u(t) - u(t_0)] - \\ - \frac{1}{\varepsilon^2} \int_{t_0}^t \int_{\alpha(s)}^s K_0(s, s) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} [K_0(s, \tau) - K_0(t, \tau)] \xi(\tau, \varepsilon) d\tau ds + \\ + \frac{1}{\varepsilon^2} \int_{t_0}^t \int_{\alpha(s)}^s K_0(s, s) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} [K_0(t, \tau) - K_0(\tau, \tau)] \xi(\tau, \varepsilon) d\tau ds - \\ - \frac{1}{\varepsilon^2} \int_{t_0}^t \int_{t_0}^{\alpha(s)} K_0(s, s) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} K_0(\tau, \tau) \xi(\tau, \varepsilon) d\tau ds + \\ + \frac{1}{\varepsilon^2} \int_{t_0}^t \int_{\alpha(s)}^s K_0(s, s) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} [K_1(\tau, u(\tau) + \xi(\tau, \varepsilon)) - K_1(\tau, u(\tau))] d\tau ds + \\ + \frac{1}{\varepsilon} \int_{t_0}^t K_0(s, s) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} [u(s) - u(t_0)] ds; \quad t \in [t_0; T] \quad (8)$$

Вычислим двойные интегралы, при этом воспользуемся формулой Дирихле и будем иметь ввиду, что  $d_s \left( -\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau \right) = \frac{1}{\varepsilon} K(s, s) d, \alpha(t) \leq t$

Тогда из (6) получится

$$\xi(t, \varepsilon) = \int_{t_0}^{\alpha(t)} H_0(t, \tau, \varepsilon) \xi(\tau, \varepsilon) d\tau + \int_{t_0}^{\alpha(t)} H_1(t, \tau, \varepsilon) \xi(\tau, \varepsilon) d\tau + \\ + \int_{\alpha(t)}^t H_2(t, \tau, \varepsilon) \xi(\tau, \varepsilon) d\tau + \int_{t_0}^{\alpha(t)} N_0(\tau, u(\tau), \xi(\tau, \varepsilon)) d\tau + U(t, \varepsilon); \quad t \in [t_0; T] \quad (9)$$

где

$$H_0(t, \tau, \varepsilon) = \frac{1}{\varepsilon} K_0(\alpha^{-1}(\tau), \tau) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_{\alpha^{-1}(\tau)}^t K_0(s, s) ds} \quad (10)$$

$$H_1(t, \tau, \varepsilon) = -\frac{1}{\varepsilon} e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_{\tau}^t K_0(s, s) ds} [K_0(t, \tau) - K_0(\tau, \tau)] - \\ - \frac{1}{\varepsilon^2} \int_{\tau}^{\alpha^{-1}(\tau)} K_0(s, s) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} [K_0(t, \tau) - K_0(s, \tau)] ds + \\ + \frac{1}{\varepsilon^2} \int_{\tau}^{\alpha^{-1}(\tau)} K_0(s, s) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} [K_0(t, \tau) - K_0(\tau, \tau)] ds + \quad (11)$$

$$H_2(t, \tau, \varepsilon) = -\frac{1}{\varepsilon} e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_{\tau}^t K_0(s, s) ds} [K_0(t, \tau) - K_0(\tau, \tau)] - \\ - \frac{1}{\varepsilon^2} \int_{\tau}^t K_0(s, s) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} [K_0(t, \tau) - K_0(s, \tau)] ds; \quad (12)$$

$$N_0(\tau, u(\tau), \xi(\tau, \varepsilon), \varepsilon) = \\ = \frac{1}{\varepsilon} e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_{\alpha^{-1}(\tau)}^t K_0(s, s) ds} [K_1(\tau, u(\tau) + \xi(\tau, \varepsilon)) - K_1(\tau, u(\tau))]; \quad (13)$$

$$U(t, \varepsilon) = -[u(t) - u(t_0)] e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_{t_0}^t K_0(s, s) ds} - \\ - \frac{1}{\varepsilon} \int_{t_0}^t K_0(s, s) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} [u(t) - u(s)] ds; \quad (14)$$

Потребуем выполнения следующих условий:

1<sup>0</sup>  $\alpha(t) \in C^1[t_0, T]$ ,  $\alpha'(t) > 0$  при почти всех  $t \in [t_0; T]$

2<sup>0</sup> При фиксированном  $t \in [t_0; T]$ ,  $K(t, s) \in L[\alpha(t); T]$  и  $K(t, t) \geq m > 0$  при всех  $t \in [t_0; T]$

3<sup>0</sup>  $\forall t; \tau (t > \tau)$  при всех  $(t, s)$  и  $(\tau, s) \in G$ ,  $|K_0(t, \tau) - K_0(s, \tau)| \leq L_0 |t - s|$ ,  $0 < L_0 - const$

4<sup>0</sup> при всех  $(\tau, u_1)$  и  $(\tau, u_2) \in [t_0; T] \times R$ ,  $|K_1(\tau, u_2) - K_1(\tau, u_1)| \leq L_1(\tau) |u_2 - u_1|$ ,  $L_1(\tau) \in C[t_0; T]$ ,  $K_1(t, 0) \equiv 0$  при  $t \in [t_0; T]$

Обозначим  $C^\gamma[t_0; T]$  ( $0 < \gamma \leq 1$ ) – пространство Гольдера, т.е. функция  $u(t)$  определенная в  $[t_0; T]$  удовлетворяет условию

$$|u(t) - u(\tau)| \leq C |t - \tau|^\gamma \quad (15)$$

Здесь  $C < 0$  – некоторая постоянная, зависящая от  $u(t)$ , но не от  $t$  и  $\tau$ . Ещё установлено, что  $u(t)$  является банаховым пространством с нормой

$$\|u(t)\| = \sup_{t \in [t_0, T]} |u(t)| + \sup_{t \in [t_0, T]} \frac{|u(t) - u(\tau)|}{|\varphi(t) - \varphi(\tau)|^\gamma}; \quad (16)$$

Далее установим справедливость следующих утверждений:

#### Лемма 1

Если выполняются условия 1<sup>0</sup> – 2<sup>0</sup>. Тогда для функции  $H_0(t, \varepsilon, \tau)$ , определенной по формуле (8), имеет место

$$\int_{t_0}^{\alpha(t)} |H_0(t, \tau, \varepsilon)| d\tau \leq \gamma_0 > 0; t \in [t_0; T] \quad (13)$$

$$\gamma_0 = \sup_{\tau \in [\alpha\{t\}, T]} \frac{K_0(\alpha(\tau), \alpha(\tau))}{|K_0(\tau, \tau)|} \alpha'(\tau). \quad (17)$$

Доказательство:

$$\begin{aligned} \int_{t_0}^{\alpha(t)} |H_0(t, \tau, \varepsilon)| d\tau &\leq \int_{t_0}^{\alpha(t)} \frac{1}{\varepsilon} K_0(\tau, \tau) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_{\alpha^{-1}(\tau)}^t K_0(s, s) ds} d\tau = \left| \begin{array}{l} v = \alpha^{-1}(\tau) \\ \tau = \alpha(v) \\ d\tau = \alpha'(v) dv \end{array} \right| = \\ &= \frac{1}{\varepsilon} \int_{t_0}^t K_0(\alpha(v), \alpha(v)) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_v^t K_0(s, s) ds} \alpha'(v) dv = \\ &= \frac{1}{\varepsilon} \int_{t_0}^t \frac{K_0(\alpha(v), \alpha(v)) \alpha'(v)}{K_0(v, v)} K_0(v, v) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_v^t K_0(s, s) ds} dv \leq \\ &\leq \gamma_0 \int_{t_0}^t \frac{1}{\varepsilon} K_0(v, v) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_v^t K_0(s, s) ds} dv \leq \gamma_0 e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_v^t K_0(s, s) ds} \Big|_{t=t_0}^{v=t} = \gamma_0. \end{aligned}$$

Доказано.

## Лемма 2

Пусть  $H_1(t, \tau, \varepsilon)$  и  $H_2(t, \tau, \varepsilon)$  определены по формулам (9), (10) соответственно. Кроме того, выполняются условия  $1^0 - 3^0$ . Тогда справедливы оценки:

$$1) |H_1(t, \tau, \varepsilon)| \leq \frac{L}{m} (2e^{-1} + 1); \quad (t, \tau) \in G_1 = \{(t, \tau): t_0 \leq t \leq T, t_0 \leq \tau \leq \alpha(t)\}; \quad (18)$$

$$2) |H_2(t, \tau, \varepsilon)| \leq \frac{L}{m}; \quad (t, \tau) \in G_2 = \{(t, \tau): t_0 \leq t \leq T, \alpha(t) \leq \tau \leq t\}. \quad (19)$$

Доказательство

Имея ввиду  $d_s \left( -\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau \right) = \frac{1}{\varepsilon} K(s, s)$  и воспользовавшись формулой интегрирования по частям, получаем соответствующие оценки.

$$\begin{aligned} |H_1(t, \tau, \varepsilon)| &\leq \frac{L_0(t-\tau)}{\varepsilon} e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_\tau^t K_0(s, s) ds} + \int_\tau^{\alpha^{-1}(\tau)} \frac{L_0(t-s)}{\varepsilon^2} K_0(s, s) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} ds \leq \\ &\leq \frac{L_0(t-\tau)}{\varepsilon} e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_\tau^t K_0(s, s) ds} + \frac{L_0}{\varepsilon} (t - \alpha^{-1}(\tau)) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_{\alpha^{-1}(\tau)}^t K_0(ss) d\tau} - \\ &\quad - \frac{L_0(t-\tau)}{\varepsilon} e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_\tau^t K_0(s, s) ds} + \int_\tau^{\alpha^{-1}(\tau)} \frac{L_0}{\varepsilon} e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} ds \leq \\ &\leq \frac{L_0}{\varepsilon} (t - \alpha^{-1}(\tau)) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_{\alpha^{-1}(\tau)}^t K_0(ss) d\tau} + \frac{L_0}{\varepsilon} \int_\tau^{\alpha^{-1}(\tau)} e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} ds \leq \\ &\leq \frac{2L_0(t-\tau)}{m} \sup_{q>0} (qe^{-q}) + \int_\tau^{\alpha^{-1}(\tau)} \frac{L_0}{\varepsilon} e^{-\frac{m}{\varepsilon}(t-s)} ds \leq \frac{L_0}{m} (2e^{-1} + 1); (t, \tau) \in G_1. \\ q &= -\frac{1}{\varepsilon} \int_{\alpha^{-1}(\tau)}^t K_0(s, s) d\tau; m = \sup_{q>0} q \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} |H_2(t, \tau, \varepsilon)| &\leq \frac{L_0(t-\tau)}{\varepsilon} e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_\tau^t K_0(s, s) ds} + \frac{1}{\varepsilon^2} \int_\tau^t L_0(t-\tau) K_0(s, s) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} ds \leq \\ &\leq \frac{L_0(t-\tau)}{\varepsilon} e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_\tau^t K_0(s, s) ds} + \frac{L_0(t-s)}{\varepsilon} e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} \Big|_{s=\tau}^{s=t} + \frac{L_0}{\varepsilon} \int_\tau^t e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} ds \leq \\ &= \frac{L_0}{\varepsilon} \int_\tau^t e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} ds \leq \frac{L_0}{m}; (t, \tau) \in G_2. \end{aligned}$$

## Лемма 3

Пусть выполняются условия  $1^0, 2^0$  и  $4^0$  функция  $N_0(\tau, u(\tau), \xi(\tau, \varepsilon), \varepsilon)$  определена соответственно формулой (11). Тогда имеют место следующие неравенства

$$\left| \int_{t_0}^{\alpha(t)} N_0(\tau, u(\tau), \xi(\tau, \varepsilon), \varepsilon) d\tau \right| \leq \gamma_1, \quad (18)$$

$$\gamma_1 = \sup_{t \in [t_0, T]} \frac{L_1(\alpha(v)) \alpha'(v)}{K_0(v, v)}. \quad (19)$$

Доказательство

Если переходить к оценке в (11) соответственно с учетом условий леммы, заметив  $\sup(\eta e^{-\eta}) = 1$ , получаем требуемые оценки.

$$\begin{aligned} \left| \int_{t_0}^{\alpha(t)} N_0(\tau, u(\tau), \xi(\tau, \varepsilon), \varepsilon) d\tau \right| &\leq \int_{t_0}^{\alpha(t)} \frac{1}{\varepsilon} e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_{\alpha^{-1}(\tau)}^t K_0(s, s) ds} \times \\ &\times |K_1(\tau, u(\tau) + \xi(\tau, \varepsilon)) - K_1(\tau, u(\tau))| \leq \int_{t_0}^{\alpha(t)} \frac{1}{\varepsilon} e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_{\alpha^{-1}(\tau)}^t K_0(s, s) ds} \times \\ &\times L_1(\tau) |\xi(\tau, \varepsilon)| d\tau \leq \int_{t_0}^t \frac{1}{\varepsilon} e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_v^t K_0(s, s) ds} L_1(\tau) |\xi(\tau, \varepsilon)| \alpha'(v) dv \leq \\ &\leq \|\xi(\tau, \varepsilon)\|_C \int_{t_0}^t \frac{1}{\varepsilon} e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_v^t K_0(s, s) ds} K_0(v, v) \frac{L_1(\alpha(v)) \alpha'(v)}{K_0(v, v)} dv \leq \gamma_1 \end{aligned}$$

## Лемма 4

Пусть  $U(t, \varepsilon) = -\frac{1}{\varepsilon} [u(t) - u(t_0)] e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_{t_0}^t K_0(s, s) ds} - \frac{1}{\varepsilon} \int_{t_0}^t K_0(s, s) e^{-\frac{1}{\varepsilon} \int_s^t K_0(\tau, \tau) d\tau} [u(t) - u(s)] ds; \quad \varepsilon > 0$



Тогда 1). Если  $u(t) \in C[t_0; T]$ ,  $K_0(t, t) \in L_1[t_0; T]$ , при почти всех  $K_0(t, t) > 0$ ,  $t \in [t_0; T]$  и  $\varphi(t) = \int_{t_0}^t K_0(s, s) ds$ ,  $t \in [t_0; T]$ , то на  $[t_0; T]$  справедлива оценка

$$\|U(t, \varepsilon)\| \leq 3\|u(t)\|_C e^{\frac{1}{\varepsilon^{1-\beta}}} + \omega_u(\varepsilon^\beta) = C_0(\varepsilon); \quad 0 < \beta < 1 \quad (20)$$

$\omega_u(\delta) = \sup|u(\varphi^{-1}(x)) - u(\varphi^{-1}(v))|$ ;  $\varphi^{-1}(x)$  – обратная функция функции  $\varphi(t)$ ;

2) Если  $u(t) \in C_\varphi^\gamma[t_0; T]$ ,  $0 < \gamma \leq 1$ ,  $K(t, t) \in L_1[t_0; T]$ ,  $K(t, t) \geq 0$  при  $t \in [t_0; T]$ ;  $\varphi(t) = \int_{t_0}^t K(s, s) ds$ ; то  $\|U(t, \varepsilon)\| \leq M_0 C_1 \varepsilon^\gamma$

где  $M_0 = \sup \frac{|u(t)-u(s)|}{|\varphi(t)-\varphi(s)|^\gamma}$ ;  $C_1 = \gamma \int_0^\infty e^{-\tau} \tau^{\gamma-1} d\tau$ ;

Итак, сформулируем основные результаты:

### Теорема 1

Пусть выполняются условия  $1^0 - 4^0$  и  $(\gamma_0 + \gamma_1)b_0 < 1$ , где

$$\gamma_0 = \sup_{\tau \in [\alpha\{t\}, T]} \frac{K_0(\alpha(\tau), \alpha(\tau))\alpha'(\tau)}{|K_0(\tau, \tau)|}, \quad \gamma_1 = \sup_{t \in [t_0, T]} \frac{L_1(\alpha(v))\alpha'(v)}{K_0(v, v)}$$

и  $b_0 = \exp \left[ \frac{L}{m} (2e^{-1} + 1)(T - t_0) \right]$ . Тогда

1) если уравнение (1) имеет решение  $u(t) \in C[t_0; T]$ , то решение  $v(t, \varepsilon)$  уравнения (3) при  $\varepsilon \rightarrow 0$  сходится по норме  $C[t_0; T]$  к решению  $u(t)$  и справедлива оценка

$$\|v(t, \varepsilon) - u(t)\| \leq \frac{b_0}{1 - (\gamma_0 + \gamma_1)b_0} 2[\|u(t)\|_C e^{\frac{m}{\varepsilon^{1-\beta}}} + \omega_u(\varepsilon^\beta)]; \quad (21)$$

где  $\omega_u(\varepsilon^\beta) = \sup_{|t-s| < \delta} |u(t) - u(s)|$ ;

2) если уравнение (1) имеет решение  $u(t) \in C^\gamma[t_0; T]$ ,  $0 < \gamma \leq 1$ , то решение  $v(t, \varepsilon)$  уравнения (3) при  $\varepsilon \rightarrow 0$  сходится по норме  $C[t_0; T]$  к решению  $u(t)$ . При этом справедлива оценка

$$\|v(t, \varepsilon) - u(t)\| \leq \frac{b_0}{1 - (\gamma_0 + \gamma_1)b_0} c_0 c_\gamma \varepsilon^\gamma, \quad (22)$$

где  $c_0 = \gamma \int_0^\infty e^{-m\tau} \tau^{\gamma-1} d\tau$ ;  $c_\gamma = \sup_{(t,s) \in [t_0, T]} \frac{|u(t)-u(s)|}{|t-s|^\gamma}$ .

### Доказательство

В силу лемм 1-4 из уравнения (7) имеем

$$|\xi(t, \varepsilon)| \leq (\gamma_0 + \gamma_1) \|\xi(\tau, \varepsilon)\|_C + \int_{t_0}^{\alpha(t)} \frac{L}{m} (2e^{-1} + 1) |\xi(\tau, \varepsilon)| d\tau + \int_{\alpha(t)}^t \frac{L}{m} |\xi(\tau, \varepsilon)| d\tau + |U(t, \varepsilon)|; \quad t \in [t_0; T]. \quad (23)$$

Отсюда имеем

$$\begin{aligned} |\xi(\tau, \varepsilon)| &\leq \frac{L}{m} (2e^{-1} + 1) \int_{t_0}^t |\xi(\tau, \varepsilon)| d\tau + (\gamma_0 + \gamma_1) \|\xi(\tau, \varepsilon)\|_C + \|U(t, \varepsilon)\|_C \\ \|\xi(\tau, \varepsilon)\|_C &\leq e^{\frac{L}{m}(2e^{-1}+1)(T-t_0)} (\gamma_0 + \gamma_1) \|\xi(\tau, \varepsilon)\|_C + e^{\frac{L}{m}(2e^{-1}+1)(T-t_0)} \|U(t, \varepsilon)\|_C \\ \|\xi(\tau, \varepsilon)\|_C &\leq \frac{b_0}{1 - (\gamma_0 + \gamma_1)b_0} \|U(t, \varepsilon)\|_C; \quad t \in [t_0; T] \end{aligned}$$

Теорема 1 доказана.

### Список литературы / References

1. Чоюбеков С.М. Регуляризация решения неклассического интегрального уравнения с условиями Липшица / Чоюбеков С.М. // Молодой ученый. - Казань. - № 8 (112) – 2016 - с. 34-37
2. Чоюбеков С.М. Об одном классе неклассического интегрального уравнения Вольтерра I рода / Чоюбеков С.М., Бекешов Т.О., Асанов А. // Вестник № 3 Ошского государственного университета - Ош - 2014 - с. 83-88
3. Чоюбеков С.М. О решение неклассического интегрального уравнения I рода в пространстве непрерывных функции / Асанов А., Бекешов Т.О., Чоюбеков С.М. // Вестник № 3, Ошского государственного университета – Ош – 2012 - с. 48-54
4. Асанов А. Регуляризация и единственность решения неклассического интегрального уравнения с условиями Липшица / Асанов А., Бекешов Т.О., Чоюбеков С.М. // Вестник спец. вып. КНУ имени Ж. Баласагына – Бишкек – 2011 - с. 108-111
5. Бекешов Т.О. Единственность решения интегрального уравнения Вольтерра первого рода с двумя независимыми переменными / Асанов А., Бекешов Т.О. // Материалы Междунар. Конф. «Актуальные проблемы математики и математические моделирования экологических систем», октябрь, 1996 – Алматы.
6. Апарцин А.С. Неклассические уравнения Вольтерра I рода: Теория и численные методы / Апарцин А.С. // Новосибирск: Наука, Сибирское отделение – 1999 - 193 с.
7. Апарцин А.С. Применения интегральных уравнений Вольтерра для моделирования стратегий технического перевооружения электроэнергетики / Апарцин А.С., Караулова И.В., Маркова Е.В. и др. // Электричество, 2005 - № 10 - С. 69-75
8. Асанов А. О решениях систем нелинейных двумерных интегральных уравнений Вольтера первого рода / Иманалиев М.И., Асанов А. // ДАН 1991 - Т. 317. № 1. - С. 32-35
9. Иманалиев М.И. Регуляризация, единственность и существование решения для интегральных уравнений Вольтерра I- рода / Иманалиев М.И., Асанов А. // Исс. по инт-дифф. Урав-м – Фрунзе: Илим 1988, - Вып.21 - С.3-38
10. Лаврентьев М.М. Некорректные задачи математической физики и анализа / Лаврентьев М.М., Романов В.Г., Шишатский С.Р. // М: Наука, 1980.

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

1. Choyubekov S.M. Regularizatsiya resheniya neklassicheskogo integral'nogo uravneniya s usloviyami Lipshitsa [Regularization of Solution of Nonclassical Integral Equation under Lipschitz Conditions] / Choyubekov S.M. // Molodoj ucheniy [Young Scientist]. – Kazan - No. 8 (112) – 2016 - pp. 34-37 [in Russian]
2. Choyubekov S.M. Ob odnom klasse neklassicheskogo integral'nogo uravneniya Vol'terra I roda [On Class of Nonclassical Integral Volterra Equation of First Kind] / Choyubekov S.M., Bekeshov T.O., Asanov A. // Bulletin No. 3 of Osh State University. Osh, 2014, pp. 83-88 [in Russian]
3. Choyubekov S.M. O resheniye neklassicheskogo integral'nogo uravneniya I roda v prostranstve nepreryvnykh funktsii. [On solution of Nonclassical Integral Equation of First Kind in Space of Continuous Functions] / Asanov A., Bekeshov T.O., Choyubekov S.M. // Bulletin No. 3, Osh State University, Osh, 2012, pp. 48-54 [in Russian]
4. Asanov A. Regularizatsiya i yedinstvennost' resheniya neklassicheskogo integral'nogo uravneniya s usloviyami Lipshitsa [Regularization and Uniqueness of Solution of Nonclassical Integral Equation under Lipschitz Conditions] / Asanov A., Bekeshov T.O., Choyubekov S.M. // Bulletin, special issue of KNU named after J. Balasagyn. Bishkek, 2011, pp. 108-111 [in Russian]
5. Bekeshov T.O. Yedinstvennost' resheniya integral'nogo uravneniya Vol'terra pervogo roda s dvumya nezavisimymi peremennymi [Uniqueness of Solution of Volterra Integral Equation of First Kind with Two Independent Variables] / Asanov A., Bekeshov T.O. // Materials of Intern. Conf. "Topical problems of mathematics and mathematical modeling of ecological systems" – Almaty, 1996 [in Russian]
6. Apartsin A.S. Neklassicheskiye uravneniya Vol'terra I roda: Teoriya i chislennyye metody [Nonclassical Volterra Equations of First Kind: Theory and Numerical Methods] / Apartsin A.S. // Novosibirsk: Science, Siberian Branch, 1999.-193 p [in Russian]
7. Apartsin A.S. Primeneniya integral'nykh uravneniy Vol'terra dlya modelirovaniya strategiy tekhnicheskogo perevooruzheniya elektroenergetiki [Applications of Integral Volterra Equations for Modeling Strategies for Technical Re-equipment of Electric Power Industry] / Apartsin A.S., Karaulova I.V., Markova E.V. and others // Electricity, 2005, - No. 10 – P. 69-75 [in Russian]
8. Asanov A. O resheniyakh sistem nelineynykh dvumernykh integral'nykh uravneniy Vol'tera pervogo roda [On solutions of systems of nonlinear two-dimensional Voltaire integral equations of the first kind] / Imanaliev M.I., Asanov A. // DAN 1991. 317. No. 1. P. 32-35 [in Russian]
9. Imanaliev M.I. Regularizatsiya, yedinstvennost' i sushchestvovaniye resheniya dlya integral'nykh uravneniy Vol'terra I- roda [Regularization, Uniqueness and Existence of Solution for Volterra Integral Equations of First Kind] / Imanaliev M.I., Asanov A. // Iss. by int.-diff. Urav-m – Frunze: Ilim 1988. – Is.21 – P.3-38 [in Russian]
10. Lavrentyev M.M. Nekorrektnyye zadachi matematicheskoy fiziki i analiza [Inadequate Problems of Mathematical Physics and Analysis] / Lavrent'ev M.M., Romanov V.G., Shishatskii S.R. // M: Science, 1980 [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.030>Гербер А.Д.<sup>1</sup>, Гербер Е.А.<sup>2</sup><sup>1</sup>Кандидат физико-математических наук,

Тюменское высшее военное инженерное командное училище имени маршала инженерных войск А.И. Прошлякова;

<sup>2</sup>Кандидат физико-математических наук,

ОАО Тьюбоскан

**ОБ АНАЛОГЕ ПОСТОЯННОЙ ЭЙЛЕРА-МАСКЕРОНИ И ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ****Аннотация**

Работа посвящена описанию закономерностей аппроксимации частичной суммы обобщенного гармонического числового ряда. Ряды этого типа достаточно часто используются в теории чисел, в описании физических закономерностей и в вычислительной математике. В работе предложен вариант аналитической оценки частичной суммы обобщенного гармонического ряда форме Эйлера. То есть, частичная сумма равна значению интеграла от обобщенного члена ряда для последнего учтенного слагаемого, плюс постоянная, плюс бесконечно-малая функция.

**Ключевые слова:** Обобщенный гармонический ряд, постоянная Эйлера-Маскерони, гармонические числа, обобщенные гармонические числа, аналог постоянной Эйлера.

Gerber A.D.<sup>1</sup>, Gerber E.A.<sup>2</sup><sup>1</sup>PhD in Physics and Mathematics,

Tyumen Higher Military Engineering Command School named after Marshal A.I. Proshlyakov;

<sup>2</sup>PhD in Physics and Mathematics,

OJSC Tuboskan

**ON ANALOGUE OF EULER-MASCHERONI CONSTANT AND REGULARITIES OF ITS CHANGE****Abstract**

The paper is devoted to the description of approximation regularities of the partial sum of the generalized harmonic number series. Series of this type are often used in number theory, in the description of physical laws and computational mathematics. An option of the analytical estimation of the partial sum of the generalized harmonic series in the Eulerian form is proposed. That is, the partial sum is equal to the value of the general term integral of the series for the last counted term, plus a constant, plus an infinitesimal function.

**Keywords:** Generalized harmonic series, Euler-Mascheroni constant, harmonic numbers, generalized harmonic numbers, an analog of the Euler constant.

Наличие условной сходимости числового знакопеременного ряда, построенного на основе обобщенного гармонического ряда, определяет свойство, связанное с зависимостью его суммы от порядка суммирования. При вычислении предела частичной суммы такого ряда, состоящего из положительных и отрицательных слагаемых, возникает необходимость в использовании аналитической оценки отрезков расходящегося ряда [1, С. 33], [2, С. 17], [3, С. 319]. Актуальность поставленной задачи определяется так же тем, что ряды именно этого типа широко используются в различных областях математики и физики [4, С. 4], [5, С. 303].

В работе будет построена аналитическая оценка для частичных сумм обобщенного гармонического ряда:

$$\zeta(s) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^s} \quad (1)$$

Ряд (1) при  $s > 1$  принято называть дзета-функцией Римана. Настольной книгой для изучения свойств этой функции можно считать монографию Титчмарша Е. [6, С. 9], изданную еще в 1959 году. Известно, что при  $s = 1$ , частичная сумма для (1) называется гармоническим числом. Его аналитическую оценку обычно, следуя Эйлеру, записывают в следующей форме [3, С. 319], [5, С. 303], [7, С. 4]:

$$H_n = \sum_{k=1}^n \frac{1}{k} = \ln n + \gamma + \alpha(n) \quad (2)$$

где  $H_n$  – гармоническое число,  $\gamma = 0.557 \dots$  – постоянная Эйлера-Маскерони,  $\alpha(n)$  – бесконечно малая функция. Отметим, что бесконечно малая функция, например, согласно [7, С. 4], имеет вид:

$$\alpha(n) = \frac{1}{2n} + \frac{1}{12n^2} + \frac{1}{120n^4} + \frac{1}{256n^6} \approx \frac{1}{2n} \quad (3)$$

Перепишав формулу (2) по-другому, из сравнения площадей криволинейной трапеции и ступенчатой фигуры, оценим эту разность как сумму треугольников с основанием в единицу и высотой, равной разности значений функции в целочисленных точках, то есть, справедлива запись:

$$\sum_{k=1}^n \frac{1}{k} - \ln(n) \approx \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{n-1} \left( \frac{1}{k} - \frac{1}{k+1} \right) \cdot 1 = \frac{1}{2} - \frac{1}{2n} \quad (4)$$

Первое слагаемое в (4) получается близким по значению к постоянной Эйлера-Маскерони, а второе повторяет, основное по порядку малости, слагаемое остатка из [7, С. 4]. При рассмотрении обобщенного гармонического ряда (1) с показателем степени  $s < 1$  используется понятие обобщенного гармонического числа  $H_{ns}$ , которое, следуя Грэхему Р. [5, С. 308], будем называть гармоническим числом  $s$ -го порядка. Предположим, далее, что разность между гармоническим числом  $s$ -го порядка и выражением для интеграла от общего члена ряда будет также стремиться к постоянной, похожей на постоянную Эйлера-Маскерони, то есть справедлива запись:

$$H_{ns} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{k^s} = \frac{n^{1-s}-1}{1-s} + \gamma_s + \alpha(n) \quad (5)$$

где  $\gamma_s$  – аналог постоянной Эйлера-Маскерони, зависящий от значения показателя степени знаменателя  $s$ ,  $\alpha(n)$  – бесконечно малая величина.

Анализ структуры остатка в той же форме, что и выше (4), дает оценку этой разности в следующем виде:

$$\sum_{k=1}^n \frac{1}{k^s} - \frac{n^{-s+1}-1}{-s+1} \approx \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{n-1} \left( \frac{1}{k^s} - \frac{1}{(k+1)^s} \right) \cdot 1 = \frac{1}{2} - \frac{1}{2n^s} \quad (6)$$

То есть, для любых показателей степени знаменателя не равных единице, возможно существование постоянной, по структуре схожей с постоянной Эйлера-Маскерони, при этом главная часть бесконечно малой величины начинается со слагаемого, равному последнему учтенному слагаемому с коэффициентом примерно равным 0,5.

Анализ работ на тему обобщенных гармонических рядов, и свойств дзета-функции [5, С. 308], [6, С. 19], [8, С. 986], [9, С. 40], [10] показал, что оценка величины обобщенного гармонического числа в виде формулы (5) ранее не использовалось. Поскольку, такое представление гармонического числа  $s$ -го порядка оказалось неизвестным, то, для получения его абсолютных значений была проведена серия численных экспериментов, что для данного типа задач является скорее обычным делом. Например, работа Ю. Матиясевича [8, С. 990] посвящена компьютерным экспериментам по вычислению нулей дзета-функции с заданной точностью на основе использования конечных отрезков ряда Дирихле. В работах Luo Q. [9, С. 40] и Van Makderen R. [10] рассматриваются методы оценки частичных сумм обобщенного гармонического ряда с заданной точностью на основе рекуррентных и интегральных соотношений.

В нашем случае, для определения абсолютной величины аналога постоянной Эйлера  $\gamma_s$  и коэффициентов бесконечно малой функции использовался метод наименьших квадратов. Для этого, для разного набора учтенных слагаемых  $n_i$  вычислялась величина:

$$R(s, n_i) = \sum_{k=1}^{n_i} \frac{1}{k^s} - \frac{n_i^{1-s}-1}{1-s} \quad (7)$$

Вычисленные для возрастающей последовательности учтенных слагаемых  $n_1, n_2, \dots, n_r$  значения  $R(s, n_i)$  использовались для определения коэффициентов представления остатка в следующей форме:

$$(s, n) = \gamma_s + \sum_{p=1}^{p=m} \frac{\alpha_p}{n^{sp}} \quad (8)$$

где  $m$  – число слагаемых в представлении бесконечно малой. В результате, был получен массив значений аналога постоянной Эйлера, и первого коэффициента в (8) в зависимости от показателя степени знаменателя в интервале значений  $s \in [0.3; 20]$ .

На следующем шаге, была предпринята попытка описания полученного массива значений аналога постоянной Эйлера на основе единого аналитического выражения. Для определения асимптотического характера поведения аналога постоянной Эйлера воспользуемся тем, что для случая, когда существует дзета-функция, то есть  $s > 1$ , слагаемое  $n^{1-s}$  в (5) будет стремиться к нулю, и справедливо тождество:

$$\gamma_s = \zeta(s) - \frac{1}{s-1} \quad (9)$$

Поэтому в качестве варианта аппроксимации массива данных по аналогу постоянной Эйлера был использована асимптотика следующего вида:

$$\gamma_s = \frac{2}{\pi} \arctg(P_m(s)) \quad (10)$$

Где, для значений показателя степени знаменателя в интервале  $[0.3; 20]$  использование полинома 4-го порядка гарантировало точность определения величины аналога постоянной Эйлера в среднем до сотых долей процента. Конкретный вид полинома, обеспечивающего данную точность, представлен ниже в (11):

$$\tg\left(\frac{\pi\gamma_s}{2}\right) = P_m(s) \Rightarrow \quad (11)$$

$$P_m(s) = 1,01956 + 0,223632s + 3,45985 \cdot 10^{-2}s^2 - 9,32331 \cdot 10^{-4}s^3 - 1,40047 \cdot 10^{-5}s^4 + 7,63 \cdot 10^{-7}s^5$$

Кроме того, оказалось, что коэффициент при первом слагаемом бесконечно малой добавки в виде (8), по крайней мере до показателей степени знаменателя менее 6, оказался равным примерно 0.5, то есть величине, полученной на основе грубой оценки из сравнения площадей фигур под кривой и ступенчатой фигуры, соответствующей частичной сумме ряда. Адекватность выражения (11), используемого для вычисления значения аналога постоянной Эйлера можно проверить на основе сравнения значений, вычисленных по ней и по формуле (9), которая связывает значения дзета-функции с этой постоянной. В предположении правильности формулы для аналога постоянной Эйлера (9) эта величина сравнивалась величиной, найденной по формуле (11), полученной на основе МНК обработки результатов численного эксперимента. Данные для четных значений дзета-функции были взяты из работ [4, С. 2]. Все рассчитанные величины значения аналога постоянной Эйлера по (9) и (11) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка точности аппроксимации аналога постоянной Эйлера на основе формулы (11)

$s$	$\gamma_s$ по (11)	$\gamma_s$ по (9)	Точность совпадения в %
2	6,439478E – 01	$\frac{\pi^2}{6} - 1$	0.150
4	7,491561E – 01	$\frac{\pi^4}{90} - \frac{1}{3}$	0.020
6	8,175536E – 01	$\frac{\pi^6}{945} - \frac{1}{5}$	0.026
8	8,611854E – 01	$\frac{\pi^8}{9450} - \frac{1}{7}$	0.004
0	5,061656E – 01	$\zeta(0) - \frac{1}{0-1}$	1.2
-1	4,415736E – 01	$\zeta(-1) - \frac{1}{-1-1}$	6.0
1	5,770294E – 01	0.57721566	0.03

Существование значения дзета-функции для нулевых и отрицательных показателей степени базируется на том, что дзета-функция является решением функционального уравнения [4, С. 3], откуда следует, что ей, например, можно приписать значения и для тех показателей степени знаменателя, при которых соответствующий числовой является расходящимся, например,  $\zeta(0) = -0.5$  или  $\zeta(-1) = -1/12$ .

Анализ результатов аппроксимации (см. табл. 1) для значений аналога постоянной Эйлера показывает, что имеется хорошее совпадение с ожидаемыми значениями по точности, не хуже точности, полученной в результате обработки данных численного эксперимента.

К основным результатам работы можно отнести доказательство справедливости существования аналога постоянной Эйлера, по крайней мере на уровне результатов численного эксперимента, и получении ее конкретной зависимости от показателя степени знаменателя, например, в виде (11), а использование представления частичной суммы на основе формулы (5) позволяет аналитически оценить частичные суммы обобщенного гармонического ряда для любых показателей степени знаменателя.

#### Список литературы / References

1. Уиттекер Э.Т., Курс современного анализа. Часть первая. Основные операции анализа. Издание второе / Э.Т. Уиттекер., Дж. Н. Ватсон – М.: Государственное издательство физико-математической литературы. 1963 – 343 с.
2. Гурса Э. Курс математического анализа. Том первый, часть вторая. Разложение в ряды, геометрические приложения / Э. Гурса. – Москва-Ленинград: Государственное технико-теоретическое издательство. 1933 – 235 с.
3. Фиктенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. В 3 т., т. 2 / Г.М. Фиктенгольц. – М.: Физматлит. 2001. – 800 с.
4. Шишанин А.О. Дзета-функция Римана, ее знакопеременная версия и их q-аналоги / А.О. Шишанин // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – № 8. – С. 1-10.
5. Грэхем Р., Кнут Д., Паташник О. Конкретная математика. Основания информатики: Пер. с англ. / Р. Грэхем, Д. Кнут. – М.: Мир. 1998. – 706 с.
6. Титчмарш Е. К. Теория дзета-функции Римана / Е.К. Титчмарш. – Москва: ИЛ, 1953. – 408 с.
7. Anda Andrew A., Harmonic Sum Calculation: Sneaking Finite Precision Principles into CS1// Proceedings. Midwest Instruction and Computing Symposium. University of Minnesota, Morris. April 16 and 17, 2004. URL: [http://www.micsymposium.org/mics\\_2004/proceedings.html](http://www.micsymposium.org/mics_2004/proceedings.html)
8. Matiyasevich Yu. V., Riemann's zeta function and finite Dirichlet series, Algebra i Analiz, 27:6 (2015), 174–198; St. Petersburg Math. J., 27:6 (2016), 985–1002
9. Luo Q., Wang Z., Numerical calculation of the Riemann zeta function at odd-integer arguments: a direct formula method. Mathematical Sciences March 2015, Volume 9, Issue 1, 39-45
10. Van Makderen Renaat, Riemann's Zeta Function. Numerical Evaluation via its Alternating Relative  $\eta(s)$ . arXiv:1109.6790v2 [math.NT]. last revised 7 Oct 2011 (this version, v2)

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

1. Whittaker E.T., Kurs sovremennogo analiza. Chast' pervaja. Osnovnye operacii analiza. Izdanie vtoroe [Course of modern analysis. Part one. Basic analysis operations. Second edition] / E.T. Whittaker, Watson Dzh. N. – М.: Gosudarstvennoe izdatel'stvo fiziko-matematicheskoy literatury. 1963 – 343 p. [In Russian]
2. Gursa E., Kurs matematicheskogo analiza. Tom pervyj, chast' vtoraja. Razlozhenie v rjady, geometricheskie prilozhenija [Course of mathematical analysis. Volume one, part two. Expansion in series, geometric applications] / E. Gursa – Moskva-Leningrad: Gosudarstvennoe tehniko-teoreticheskoe izdatel'stvo. 1933 – 235 p. [In Russian]
3. Fikhtengolts G.M., Kurs differencial'nogo i integral'nogo ischislenija. V 3 t., t. 2 [Course of differential and integral calculus (in 3 volumes), v. 2] / G.M. Fikhtengolts. – М.: Fizmatlit. 2001. – 800 p. [In Russian]
4. Shishanin A.O., Dzeta-funkcija Rimana, ee znakoperemennaja versija i ih q-analogi [The Riemann zeta-function, its alternating version and their q-counterparts] / A.O. Shishanin // Inzhenernyj zhurnal: nauka i innovacii. – 2013. – № 8. – P. 1-10. [In Russian]
5. Graham R., Patashnik O. Konkretnaja matematika. Osnovanija informatiki: Per. s angl. [Specific mathematics. Foundations of Informatics: translation from English] / R. Grjehem, D. Knut. – М.: Mir. 1998. – 706 p. [In Russian]
6. Titchmarsh E. K. Teorija dzeta-funkcii Rimana [The theory of the Riemann zeta function] / E.K. Titchmarsh. – Moskva: IL, 1953. – 408 p. [In Russian]
7. Anda Andrew A. Harmonic Sum Calculation: Sneaking Finite Precision Principles into CS1// Proceedings. Midwest Instruction and Computing Symposium. University of Minnesota, Morris. April 16 and 17, 2004. URL: [http://www.micsymposium.org/mics\\_2004/proceedings.html](http://www.micsymposium.org/mics_2004/proceedings.html)
8. Matiyasevich Yu. V. Riemann's zeta function and finite Dirichlet series, Algebra i Analiz, 27:6 (2015), 174–198; St. Petersburg Math. J., 27:6 (2016), 985–1002
9. Luo Q., Wang Z. Numerical calculation of the Riemann zeta function at odd-integer arguments: a direct formula method. Mathematical Sciences March 2015, Volume 9, Issue 1, 39-45
10. Van Makderen Renaat. Riemann's Zeta Function. Numerical Evaluation via its Alternating Relative  $\eta(s)$ . arXiv:1109.6790v2 [math.NT]. last revised 7 Oct 2011 (this version, v2)

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.027>Перевозников Е.Н.<sup>1</sup>, Скворцов Г.Е.<sup>2</sup><sup>1</sup>Кандидат физико-математических наук, доцент,

Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского;

<sup>2</sup> Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник,

Санкт-Петербургский государственный университет

**НЕУСТОЙЧИВОСТЬ И ХАОС В НЕЛИНЕЙНОМ ЭЛЕКТРОННОМ ГЕНЕРАТОРЕ**

Дается пример приложения теории неустойчивости к описанию динамических режимов электронного генератора с туннельным диодом, имеющим N-образную вольт-амперную характеристику. Такие генераторы являются существенно неравновесными системами и обладают явно выраженной хаотической динамикой. Для анализа динамических режимов в генераторе используется сингулярно-динамический метод и критерии неустойчивости и хаоса сформулированных авторами ранее. Получены общие условия возникновения в генераторе неустойчивых хаотических колебаний. Показано, что в окрестности экстремумов вольт-амперной характеристики возникают неустойчивые хаотические колебания соответствующие наблюдаемым режимам в эксперименте.

**Ключевые слова:** нелинейные электронные генераторы, методы теории неустойчивости, неустойчивые хаотические режимы.

Perevoznikov E.N.<sup>1</sup>, Skvortsov G.E.<sup>2</sup><sup>1</sup>PhD in Physics and Mathematics, Associate professor,  
Mozhaisky Military Space Academy;<sup>2</sup>PhD in Physics and Mathematics, Senior Researcher,  
St. Petersburg State University**CHAOS AND INSTABILITY IN NONLINEAR ELECTRON GENERATOR****Abstract**

The example of applying the instability theory to the description of dynamic modes of an electronic generator with a tunnel diode having an N-shaped volt-ampere characteristic is given in the paper. Such generators are essentially non-equilibrium systems and have pronounced chaotic dynamics. The singular dynamic method and the criteria for instability and chaos formulated by the authors earlier are used for the analysis of dynamic regimes in the generator. General conditions for the appearance of unstable, chaotic oscillations in the generator are obtained. It is shown that unstable, chaotic oscillations corresponding to the observed regimes in the experiment appear in the vicinity of extremes of the current-voltage characteristic.

**Keywords:** nonlinear electronic generators, methods of the theory of instability, unstable, chaotic regimes.

**Введение, постановка задачи**

Представленная работа посвящена актуальным проблемам анализа режимов функционирования КПП (Кияшко, Пиковского, Рабиновича) генераторов широкополосных хаотических сигналов. Такие генераторы с существенно нелинейной (N-образной) вольт-амперной характеристикой туннельного диода относятся к неравновесным динамическим системам, в которых наблюдается возбуждение неустойчивых хаотических колебаний [1, С. 4], [2, С. 7], [3, С. 217], [4, С. 3], [5, С. 385], [6, С. 18], [7, С. 355].

Для аналитического исследования работы генератора и возможных при этом динамических режимов используются методы теории неустойчивости развиваемых авторами в работах [8, С. 4], [9, С. 4], [10, С. 8], [11, С. 4].

Генератор предложен и изучен в экспериментальном режиме Кияшко С.В., Пиковским А.С., Рабиновичем М.И. [1, С. 4], [2, С. 8]. Электрическая схема генератора с нелинейной вольт-амперной характеристикой и аттрактор, отражающий динамику хаотических колебаний, приведены на рис 1,2 .

Исходные динамические уравнения генератора имеют вид [2, С. 7], [7, С. 355].

$$Ld_t I = U - V + IR \quad ; \quad Cd_t U = -I \quad ; \quad cd_t V = I_m f(V/V_m) = I \quad , \quad (1)$$

где I-ток в цепи, U- напряжение ,V- напряжение в диоде, L- индуктивность, C- емкость цепи, с-емкость туннельного диода, (-R)- отрицательное сопротивление диода (коэффициент усиления), I<sub>m</sub>, U<sub>m</sub>-максимальные значения тока и напряжения. После введения безразмерных переменных

$$x = I / I_m \quad ; \quad y = UI_m / \sqrt{C/L} \quad ; \quad z = V / V_m \quad ; \quad \tau = t / \sqrt{LC} \quad , \quad (2)$$

исходная система динамических уравнений в безразмерной форме примет вид

$$\begin{aligned} d_\tau x &= ax + y - bz = g_x \\ d_\tau y &= -x = g_y \end{aligned} \quad . \quad (3)$$

$$d_\tau z = e(x - g(z)) = g_z$$

$$\text{Где } a = R\sqrt{C/L} \quad ; \quad b = (V_m / I_m)\sqrt{C/L} \quad ; \quad e = C/bc \quad ; \quad g = z(14.4z^2 - 22z + 8.6). \quad (4)$$

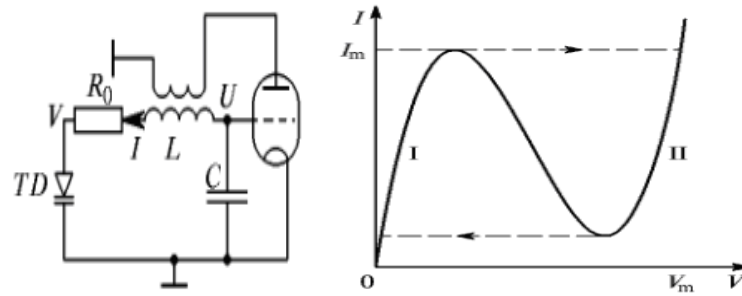


Рис. 1 – Схема и вольт-амперная характеристика электронного генератора с нелинейным туннельным диодом

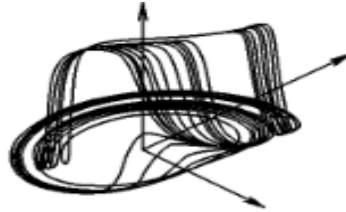


Рис. 2 – Фазовый портрет аттрактора в пространстве динамических переменных (x,y,z)

Итак, поставим задачу: получить условия неустойчивости и хаоса динамических режимов генератора, описываемых системой (3) в аналитическом виде через динамические коэффициенты (4) и согласовать их с наблюдаемыми.

#### Критериальный анализ процессов динамики в генераторе

Используем для анализа динамики системы (3) метод L-критерия и сингулярно- динамический (СД- метод) реализуемый следующей схемой (см.[2,с.7],[7,с.355]).

а) Сначала определяются особенности выражений описывающих модель. В нашем случае это особенности правых частей уравнений: нули, бесконечности, точки бифуркации, а также нули их производных и т.д. Например:

$$d_z g = 43.2(z^2 - 1.02z + 0.2) = 0 \quad ; \quad z_1 = 0.265 \quad , \quad z_2 = 0.755. \quad (5)$$

Значения  $g(z)$  в этих точках соответственно равны 1 и 0,151, одна из этих точек соответствует максимуму другая минимуму функции  $g$ . Значения дивергенции вектора правых частей уравнений (3)

$$\text{div} \vec{G} = \partial_x g_x + \partial_y g_y + \partial_z g_z = a - ed_z g \quad (6)$$

указывает области роста и уменьшения фазового объема и является одним из условий устойчивости-неустойчивости. В данном случае границы этих областей также являются особыми точками в спектре.

б) Далее рассматриваются стационарные точки (они же точки бифуркации по времени). Это нули правых частей, в данном случае равных

$$x_s = y_s = z_s = 0 \quad (7)$$

Если вследствие нелинейности получается несколько стационарных точек, зависящих от параметров системы, то следует изучить и их особенности.

в) Критериями теории неустойчивости [8, С. 4], [9, С. 4], [10, С. 8], [11, С. 4] исследуется спектр линеаризованных уравнений исходной системы в стационарных точках и вблизи особенностей, а также определяются условия возможных неустойчивости и хаоса.

В общей теории неустойчивости наряду с указанными точками также рассматривается линеаризация около произвольных точек - начальных условий. В последнем случае изучается зависимость спектра и режимов неустойчивости и хаоса от начальных данных.

Метод L – критерия состоит получении условий нейтральности (границы устойчивости-неустойчивости) через коэффициенты динамических уравнений с помощью определителя блочной матрицы  $\hat{L}$  составленной из эволюционной матрицы  $\hat{E}$  и ее элементов. Формула L – критерия имеет общий вид [8, С. 4], [10, С. 8].

$$(-1)^{n+1} \cdot \det(\hat{L}) = (-1)^{n+1} \cdot \det[\delta_{\alpha,\beta} \hat{E} + \hat{I} e_{\alpha,\beta}^*] = \prod_{\alpha,\beta=1}^n (\tilde{\lambda}_\alpha + \tilde{\lambda}_\beta^*) \stackrel{HY}{>0} \quad (8)$$

Где  $\hat{E}$  – эволюционная матрица,  $e_{\alpha,\beta}^*$  – комплексно сопряженные элементы матрицы,  $\hat{I}$  – единичная матрица,  $n$  – размерность системы,  $\tilde{\lambda}_i = \partial_i (\ln |\delta a_i|)$  – обобщенные собственные значения эволюционной матрицы (которые являются аналогом показателей Ляпунова и совпадают с ними в случае стационарных состояний).

Равенство нулю критерия (8) соответствует наличию нулевых производных (собственных значений), смена знака критерия – смене знака временных производных в динамических уравнениях. Таким образом, анализ множителей в (8) представляет собой анализ спектра собственных значений эволюционной матрицы нелинейной системы и, следовательно, анализ знаков временных производных в линеаризованных динамических уравнениях (3).

Итак, запишем линеаризованную систему в общем виде

$$\partial_i \delta \vec{x} = \hat{E} \delta \vec{x} \rightarrow (\lambda \delta_{ik} - e_{ik}) \delta \vec{x} = 0 \quad , \quad e_{ik} = \frac{dg_i}{dx_k} \equiv d_k g_i \quad .(9)$$

Особенности линейных систем заключены в спектре, который определяется спектральным уравнением

$$S(\lambda) = \det(\lambda \delta_{ik} - e_{ik}) = 0 ,$$

последнее для системы трех уравнений – системы (3) равно

$$S(\lambda) = \lambda^3 + s\lambda^2 + p\lambda + q = 0 \quad .(10)$$

Коэффициенты  $s, p, q$  зависят от параметров точки линеаризации и выражаются через  $e_{ik}$ .

В частности,

$$s = e_{11} + e_{22} + e_{33} = -\text{div} \vec{G} .$$

Неустойчивость связана с наличием корней спектрального уравнения - (СУ) с положительной вещественной частью; хаос - с наличием колебаний и взаимодействием растущей и затухающей мод, т.е. наличием в спектре особой точки седло-фокуса. Тогда соотношения, определяющие границы областей неустойчивости и хаоса, имеет вид [9,с.4], [11,с.4].

$$K1 = q - sp \geq 0 \quad ; \quad p > 0 \quad ; \quad q \cdot K1 > 0 \quad .(11)$$

Первое неравенство (11) есть условие неустойчивости, второе — достаточное условие колебаний, третье — седлообразный характер спектра. Критерии (11) становятся очевидными, если учесть связь их и коэффициентов СУ с собственными значениями, для СУ (10) равными

$$q = -\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 = -\nu_1 (\nu_2^2 + \omega^2) ,$$

$$q - sp = 2\nu_2 \left[ (\nu_1 + \nu_2)^2 + \omega^2 \right] ,$$

$$p = (\lambda_1 \cdot \lambda_2 + \lambda_1 \cdot \lambda_3 + \lambda_2 \cdot \lambda_3) = 2\nu_1 \cdot \nu_2 + (\nu_2^2 + \omega^2) ,$$

$$s = -(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) = -(\nu_1 + 2\nu_2) .$$

Где  $\lambda_1 = \nu_1$  ;  $\lambda_{2,3} = \nu_2 + i\omega$  вещественный и комплексно-сопряженные корни СУ (10).

Для нелинейного генератора линеаризованная около произвольных состояний система (3) и соответствующая эволюционная матрица  $\hat{E}$  имеют вид

$$\partial_i \delta \vec{x} = \hat{E} \delta \vec{x} \quad , \quad \hat{E} = \begin{pmatrix} 2h & 1 & -b \\ -1 & 0 & 0 \\ e & 0 & -ed_z g \end{pmatrix} \quad .(12)$$

А спектральные коэффициенты соответственно равны

$$s = ed_z g - 2h \quad , \quad p = (1 + eb - 2hed_z g) \quad , \quad q = d_z g \quad .(13)$$

Условия (11) после несложных преобразований в общем случае принимают вид

$$2h \left[ (2h - ed_z g)(eb/2h - ed_z g) + 1 \right] \geq 0 \quad , \quad 3(1 + eb - 2hed_z g) = (ed_z g - 2h)^2 > 0 \quad , \quad .(14)$$

$$2hed_z g \left[ (2h - ed_z g)(eb/2h - ed_z g) + 1 \right] > 0$$

Первое из этих выражений есть условие нейтральности (границы устойчивости), второе есть условие наличия колебаний (существование частоты), третье- наличие в спектре точки седло-фокуса.

Например, в точках экстремума ( $d_z g = 0$ ) эти условия соответственно равны

$$2h \left[ (2h - ed_z g)(eb/2h - ed_z g) + 1 \right] = 0 \rightarrow 2h(eb + 1) > 0 \quad ,$$

$$3(1 + eb - 2hed_z g) = (ed_z g - 2h)^2 \rightarrow 3(eb + 1) = 4h^2 > 0, \quad .(15)$$

$$2hed_z g \left[ (2h - ed_z g)(eb/2h - ed_z g) + 1 \right] > 0 \rightarrow 0$$

Из условий (15) следует наличие вблизи этих точек неустойчивых хаотических колебаний, что соответствует наблюдаемым в экспериментах с нелинейными генераторами неустойчивым хаотическим режимам [2,с.7],[7,с.355].

Применение L-критерия (8) для системы (12) дает выражение

$$\det L = 2^5 h^2 (-ed_z g) \left[ (2h - ed_z g)(eb/2h - ed_z g) + 1 \right] \cdot \left[ (2h - ed_z g)(4h - ed_z g) - (eb + 1) \right] \quad .(16)$$

Из сравнения L-критерия (16) с условиями (14) следует, что он содержит в себе и условие нейтральности и условие седло-фокуса и указывает на возможность третьего критического режима- третий множитель в (16). Знаки трех множителей в (16) соответствуют знакам временных производных в динамической системе (12), а комбинация знаков говорит о возможности в генераторе неустойчивого хаотического режима.

#### Заключение

Рассматривается динамика возмущений в модели нелинейного электронного генератора



Кияшко С.В. Пиковского А.С., Рабиновича М.И. Для выявления эффектов неустойчивости и хаоса используется сингулярно-динамический метод и метод L-критерия теории неустойчивости развиваемой авторами. Получены аналитические условия неустойчивости, из которых следует, что в окрестности экстремумов вольтамперной характеристики в генераторе возбуждаются неустойчивые хаотические колебания в соответствии с наблюдаемыми в эксперименте режимами.

Результаты, полученные в настоящей работе, могут быть полезны как для дальнейших теоретических исследований динамических режимов в нелинейных генераторах, так и для оптимизации работы устройств использующих такие генераторы.

#### Список литературы / References

1. Пиковский А.С., Рабинович М.И. Простой автогенератор со стохастическим поведением. / Пиковский А.С., Рабинович М.И. // ДАН СССР.-1978.- т.23.- №2.-С. 301-304.
2. Кияшко С.В., Пиковский А.С., Рабинович М.И. Автогенератор радиодиапазона со стохастическим поведением./ Кияшко С.В., Пиковский А.С., Рабинович М.И.// Радиотехника и электроника.- 1980.- т.25.- №2.-С. 336-343.
3. Заславский Г.М. Стохастичность динамических систем. / Заславский Г.М.// М.Наука.- 1984.- С. 271.
4. Дмитриев А.С., Кислов В.Я., Старков С.О. Экспериментальное исследование образования и взаимодействия странных аттракторов в кольцевых автогенераторах. //ЖТФ.-1985.-т.55.- №12.- С. 2417-2419.
5. Ott E. Chaos in Dynamical Systems./ Ott E Cambridge University Press. // 1993.-С.385 .
6. Анищенко В.С. Аттракторы динамических систем. / . Анищенко В.С. // Изв.Вузов, Прикладная нелинейная динамика.- 1997.- т.5.-№1.-С. 109-127.
7. Кузнецов С.П. Динамический хаос. / Кузнецов С.П. // ФМ.- М. –Физматгиз.-2006.-С.355.
8. Перевозников Е.Н. Критерий устойчивости нелинейных систем. /Перевозников Е.Н.// Изв.Вузов ,физика.-2013.- №56.-С. 151-154.
9. Сковцов Г.Е., Перевозников Е.Н. Сингулярно-динамические критерии неустойчивости и хаоса. / Сковцов Г.Е., Перевозников Е.Н. //Международный научно-исследовательский журнал, физико-математические науки.- 2015.- №9.-ч.3.-С.91-93.
10. E. Perevoznikov, O. Mikhailova. Neutrality Criteria for Stability Analysis of Dynamical Systems through Lorentz and Rossler Model Problems. / E. Perevoznikov, O. Mikhailova. //Journal of Applied Mathematics and Physics- 2015.- №5.-С. 569-576.
11. Сковцов Г.Е., Перевозников Е.Н. Теория неустойчивости и критерии хаоса / Сковцов Г.Е., Перевозников Е.Н.// Международный научно-исследовательский журнал, физико-математические науки.- 2016.-№7.- ч.4.-С.98-101.

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

1. Pikovsky A.S., Rabinovich M.I. Prostoy avtogenerator so stokhasticheskim povedeniyem [Simple Self-Oscillator with Stochastic Behavior] / Pikovsky A.S., Rabinovich M.I. // DAN USSR. – 1978. – Vol. 23 – No. 22 – P. 301-304. [In Russian]
2. Kiyashko S.V., Pikovsky A.S., Rabinovich M.I. Avtogenerator radiodiapazona so stokhasticheskim povedeniyem [Autogenerator of Radio Range with Stochastic Behavior. / Kiyashko S.V., Pikovsky A.S., Rabinovich M.I. // Radio-engineering and electronics. – 1980. – V.25. – No.2. – P. 336-343. [In Russian]
3. Zaslavsky G.M. Stokhastichnost' dinamicheskikh sistem [Stochasticity of Dynamical Systems] / Zaslavsky G.M./ M. Nauka. – 1984. – P. 271. [In Russian]
4. Dmitriev A.S., Kislov V.Ya., Starkov S.O. Eksperimental'noye issledovaniye obrazovaniya i vzaimodeystviya strannykh attraktorov v kol'tsevykh avtogeneratorakh [Experimental Study of Formation and Interaction of Strange Attractors in Ring Autogenerators] // ZhTF. – 1985. – p.55. – No.12. – P. 2417-2419. [In Russian]
5. Ott E. Chaos in Dynamical Systems./ Ott E Cambridge University Press. // 1993.-С.385.
6. Anishchenko V.S. Attraktory dinamicheskikh sistem [Attractors of Dynamic Systems] / Anischenko V.S. // Izv. Vuzov, Applied nonlinear dynamics. – 1997. – Vol.5. – No.1 – P. 109-127. [In Russian]
7. Kuznetsov S.P. Dinamicheskiy khaos [Dynamic Chaos] / Kuznetsov S.P. // FM-M. – Fizmatgiz-2006. – P.355. [In Russian]
8. Perevoznikov E.N. Kriteriy ustoychivosti nelineynykh sistem [Stability criterion of Nonlinear Systems] / Perevoznikov E.N. // Izv Vuzov, Physics. – 2013 – No.56. – P. 151-154. [In Russian]
9. Skvortsov G.E., Perevoznikov E.N., Singulyarno-dinamicheskiye kriterii neustoychivosti i khaosa [Singular-Dynamic Criteria of Instability and Chaos] / Skvortsov G.E., Perevoznikov E.N. // International Scientific and Research Journal, Physics and Mathematics. – 2015. – No.9. – P.3. – P.91-93. [In Russian]
10. E. Perevoznikov, O. Mikhailova. Neutrality Criteria for Stability Analysis of Dynamical Systems through Lorentz and Rossler Model Problems. / E. Perevoznikov, O. Mikhailova. // Journal of Applied Mathematics and Physics- 2015.-? 5.-С. 569-576.
11. Skvortsov G.E., Perevoznikov E.N. Teoriya neustoychivosti i kriterii khaosa [Theory of Instability and Chaos Criteria] / Skvortsov G.E., Perevoznikov E.N., International Scientific and Research Journal, Physics and Mathematics. – 2016. – No.7. – P.4. – P. 98-101. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.70.028>

Шустов В.В.

ORCID: 0000-0002-2465-7475, Кандидат технических наук,

ФГУП Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем, Москва

**ПРОСТОЕ РЕШЕНИЕ ИНТЕРПОЛЯЦИОННОЙ ЗАДАЧИ ЭРМИТА****Аннотация**

Рассмотрена интерполяционная задача Эрмита о построении многочлена, принимающего заданные значения функции и ее производных в узловых точках. Предложен новый способ решения этой задачи. На основе использования формулы Тейлора осуществлено упрощение вывода формулы интерполяционного многочлена Эрмита. Предложена интерпретация этого многочлена в представлениях многочлена Тейлора. Указан алгоритм получения конечных формул для многочлена Эрмита в случаях, когда максимальные порядки производных, заданных в узловых точках, одинаковы.

**Ключевые слова:** задача Эрмита, многочлен Тейлора, формула для интерполяционного многочлена Эрмита, интерпретация многочлена Эрмита.

Shustov V.V.

ORCID: 0000-0002-2465-7475, PhD in Engineering,

FSUE State Research Institute of Aviation Systems, Moscow

**SIMPLE SOLUTION OF HERMIT INTERPOLATION PROBLEM****Abstract**

The Hermite interpolation problem on the construction of a polynomial taking given values of a function and its derivatives at the nodal points is considered. A new way of solving this problem is proposed. Using the Taylor formula, we simplified the derivation of the Hermite interpolation polynomial formula. An interpretation of this polynomial in the representations of the Taylor polynomial is proposed. An algorithm is given for obtaining finite formulas for the Hermite polynomial in cases when the maximal orders of the derivatives given at the node points are the same.

**Keywords:** Hermite problem, Taylor polynomial, the formula for the Hermite interpolation polynomial, interpretation of the Hermite polynomial.

**Введение**

Интерполяционный многочлен Эрмита известен давно [1], [2, С. 163], [3, С. 71], [4, С. 154], [5, С. 143], [6] и используется в теории и практике для различных целей. В частности, он применяется для интерполяции функций, заданных в виде таблиц, в которых заданы значения функции и значения ее производных, и может использоваться для аппроксимации функций, принадлежащих определенному классу гладкости. В этом случае для повышения точности приближения используются данные о значениях функции и ее производных в нескольких точках отрезка.

Данный подход в случае выбора аппроксимирующей функции в классе многочленов приводит к задаче интерполирования Эрмита [2, С. 163-165] и рассмотренной в [1, С. 70-79]. Для решения задачи интерполяции строится многочлен, называемый интерполяционным многочленом Эрмита.

Вывод представления для интерполяционного многочлена Эрмита в общем случае для произвольного числа узловых точек приводится, например, в [2, С. 169-172], [3, С. 71-73], [4, С. 154-155] и является сложным и достаточно объемным. Вывод представления связан с предельными переходами и при некоторых подходах требует использования методов теории функций комплексного переменного.

Сложность вывода общей формулы для многочлена Эрмита побуждает ряд авторов тем или иным путем упростить его. Например, в работе [7] упрощение ищется в рамках линейной алгебры путем обращения матрицы.

Целью настоящей работы является с одной стороны дальнейшее упрощение вывода представления для интерполяционного многочлена Эрмита, с другой стороны разработка способов представления этого многочлена в конечном виде для частных случаев.

**Постановка и решение задачи**

Пусть в  $n+1$  различных точках отрезка  $[x_0, x_n]$ , удовлетворяющих условию

$$x_0 < x_1 < \dots < x_n,$$

заданы значения функции  $f(x)$  и ее производных до порядка  $\alpha_i - 1$  включительно:

$$f^{(j)}(x_i) = f_i^{(j)}, \quad j = 0, 1, \dots, \alpha_i - 1, \quad i = 0, 1, \dots, n. \quad (1)$$

Вслед за [3, С. 71] будем считать, что производная нулевого порядка есть сама функция, т.е.  $f^{(0)}(x) = f(x)$ .

Необходимо построить интерполирующую функцию в классе многочленов, которая удовлетворяла бы условиям

(1). Для решения задачи введем следующие обозначения.

Поставим в соответствие каждой узловой точке  $x_i$  функцию  $\omega_i(x)$  определяемую формулой:

$$\omega_i(x) = (x - x_0)^{\alpha_0} \dots (x - x_{i-1})^{\alpha_{i-1}} (x - x_{i+1})^{\alpha_{i+1}} \dots (x - x_n)^{\alpha_n} = \prod_{l=0, l \neq i}^n (x - x_l)^{\alpha_l}. \quad (2)$$

Функцию  $\omega_i(x)$ , которая также является многочленом, можно записать в виде:

$$\omega_i(x) = \frac{\Omega(x)}{(x - x_i)^{\alpha_i}}, \quad \text{где} \quad (3)$$

$$\Omega(x) = (x - x_0)^{\alpha_0} (x - x_1)^{\alpha_1} \dots (x - x_n)^{\alpha_n} = \prod_{l=0}^n (x - x_l)^{\alpha_l}. \quad (4)$$

Функции  $\omega_i(x)$ , как это следует из формулы (2), в точках  $x_l \neq x_i$  обращаются в нуль вместе со своими производными до порядка  $\alpha_l - 1$  включительно и не обращаются в нуль в собственных точках  $x_i$ , т.е.

$$\omega_i^{(l)}(x_j)=0 \text{ при } i \neq j, l=0,1,\dots,\alpha_i-1 \text{ и} \quad (5)$$

$$\omega_i^{(l)}(x_j) \neq 0 \text{ при } i=j. \quad (6)$$

Через  $T_i^{\alpha_i-1}(f(x))$  обозначим многочлен Тейлора степени  $\alpha_i-1$  для функции  $f(x)$ , построенный для точки  $x_i$ , по значениям производных, определенных условием (1):

$$T_i^{\alpha_i-1}(f(x)) = \sum_{j=0}^{\alpha_i-1} \frac{(x-x_i)^j}{j!} [f(x)]_{x=x_i}^{(j)}. \quad (7)$$

В некоторых случаях верхний индекс в обозначении  $T_i^{\alpha_i-1}(f(x))$  будем опускать.

Представим  $H(x)$  в виде суммы многочленов  $H_i(x)$ , где  $H_i(x)$  строится для каждой узловой точки  $x_i$ , т.е.

$$H(x) = \sum_{i=0}^n H_i(x), \quad (8)$$

Можно записать тождество, верное для всех точек, в которых знаменатель не обращается в нуль:

$$f(x) = \omega_i(x) \frac{f(x)}{\omega_i(x)},$$

т.е. выделим из функции  $f(x)$  первый сомножитель  $\omega_i(x)$ , который в соответствии с (2) обращается в нуль во всех узловых точках, кроме  $x_i$ , и второй сомножитель  $f(x)/\omega_i(x)$ .

Многочлен  $H_i(x)$  для каждой узловой точки  $x_i$  построим в виде произведения двух сомножителей. В качестве первого сомножителя возьмем функцию  $\omega_i(x)$ , которая в соответствии с (5) и (6) обладает теми свойствами, что она обращается в нуль сама вместе со своими производными до порядка  $\alpha_i-1$  включительно в каждой узловой точке  $x_l$ , отличной от точки  $x_i$ . Второй сомножитель  $f(x)/\omega_i(x)$ , так как  $\omega_i(x_i) \neq 0$ , представим в виде многочлена Тейлора для точки  $x_i$  степени  $\alpha_i-1$  включительно с учетом условия (1), что в точке  $x_i$  заданы производные до порядка  $\alpha_i-1$  включительно. В соответствии с рассуждениями, изложенными выше, можно записать, что

$$H_i(x) = \omega_i(x) T_i^{\alpha_i-1} \left( \frac{f(x)}{\omega_i(x)} \right), \quad (9)$$

или, записывая многочлен Тейлора в явном виде согласно (7), как:

$$H_i(x) = \omega_i(x) \sum_{j=0}^{\alpha_i-1} \frac{(x-x_i)^j}{j!} \left[ \frac{f(x)}{\omega_i(x)} \right]_{x=x_i}^{(j)} \quad (10)$$

Подставляя  $H_i(x)$  из (9) в (8) получим, что суммарный интерполяционный многочлен  $H(x)$  представляется в следующем простом виде:

$$H(x) = \sum_{i=0}^n \omega_i(x) T_i^{\alpha_i-1} \left( \frac{f(x)}{\omega_i(x)} \right). \quad (11)$$

В силу представления  $H(x)$  в виде (8) и свойств функции  $\omega_i(x)$ , выраженных (5) и (6), следует, что значения  $H(x)$  и его производных в точках  $x_i$  определяются только значениями многочленов  $H_i(x)$  и их производных в этих точках, т.е.

$$H^{(j)}(x_i) = H_i^{(j)}(x_i).$$

Это объясняется тем, что в соответствии с (5) и (6) значения  $H_i(x_j)$  и их производных в точках  $x_j$  при  $j \neq i$  равны нулю.

Многочлен  $H(x)$  с учетом представления многочлена Тейлора формулой (7) может быть записан в виде:

$$H(x) = \sum_{i=0}^n \omega_i(x) \sum_{j=0}^{\alpha_i-1} \frac{(x-x_i)^j}{j!} \left[ \frac{f(x)}{\omega_i(x)} \right]_{x=x_i}^{(j)}. \quad (12)$$

#### Степень интерполяционного многочлена

Степень  $s$  многочлена  $H(x)$  определяется степенями  $s_i$  многочленов  $H_i(x)$ , которые в свою очередь определяются в соответствии с формулой (9) суммой  $s_i$  степеней сомножителей  $\omega_i(x)$  и  $T_i^{\alpha_i-1}(f(x))$ , т.е.

$$s_i = (\alpha_0 + \alpha_1 + \dots + \alpha_{i-1} + \alpha_{i+1} + \dots + \alpha_n) + (\alpha_i - 1),$$

в которой скобками выделены степени сомножителей. Эту формулу для степени  $s_i$  многочлена  $H_i(x)$  можно записать в виде:

$$s_i = \left( \sum_{i=0}^n \alpha_i \right) - 1,$$

из которого видно, что степень  $s_i$  многочлена  $H_i(x)$  для всех значений  $i$ , определяемых условиями (1), одна и та же.

Из этой формулы и из того, что степень суммы многочленов не превосходит максимума из степеней многочленов суммы, следует, что максимальная степень  $s$  многочлена  $H(x)$ , определяемого (8), выражается формулой:

$$s = \left( \sum_{i=0}^n \alpha_i \right) - 1. \quad (13)$$

#### Проверка заданных условий для многочлена

Покажем, что построенный многочлен  $H(x)$ , представленный формулой (12), удовлетворяет и условиям (1).

Используя формулу для производной  $j$ -го порядка произведения двух функций (см. например, [8, С. 149])

$$(f(x)g(x))^{(j)} = \sum_{k=0}^j c_j^k f^{(j-k)}(x)g^{(k)}(x) \quad (14)$$

и свойство многочлена Тейлора, выраженное формулой

$$T^{(j)}(f(x))\Big|_{x=x_i} = f^{(j)}(x_i),$$

найдем производную  $j$ -го порядка многочлена  $H(x)$ , определенного формулой (11):

$$H^{(j)}(x) = \sum_{i=0}^n \sum_{k=0}^j c_j^k \omega_i^{(j-k)} T_i^{(k)} \left( \frac{f(x)}{\omega_i(x)} \right).$$

Далее, вычислим значение этой производной в точке  $x=x_i$ , заменив обозначение переменной внешнего суммирования  $i$  на  $l$ :

$$H^{(j)}(x_i) = \sum_{l=0}^n \sum_{k=0}^j c_j^k \left[ \omega_l^{(j-k)}(x) \right]_{x=x_i} T_l^{(k)} \left( \frac{f(x)}{\omega_l(x)} \right) \Big|_{x=x_i} = \sum_{k=0}^j c_j^k \left[ \omega_l^{(j-k)}(x) \right]_{x=x_i} \left[ \frac{f(x)}{\omega_l(x)} \right]_{x=x_i}^{(k)}. \quad (15)$$

Заметим, что при суммировании по переменной  $l$  после подстановки  $x=x_i$ , в силу свойства (5) функции  $\omega_l(x)$  остаются только слагаемые, отвечающие условию  $l=i$ , т.е. знак суммирования по  $l$  исчезает.

Далее, так как  $\omega_i(x_i) \neq 0$ , то при дифференцировании тождества

$$f(x) = \omega_i(x) \frac{f(x)}{\omega_i(x)}$$

$j$  раз, использовании формулы (14) и подстановке  $x=x_i$ , получим что

$$f^{(j)}(x_i) = \sum_{k=0}^j c_j^k \left[ \omega_l^{(j-k)}(x) \right]_{x=x_i} \left[ \frac{f(x)}{\omega_l(x)} \right]_{x=x_i}^{(k)}. \quad (16)$$

Так как правые части формул (15) и (16) равны между собой, то по свойству числовых равенств и левые части равны друг другу, т.е. для всех  $j = 0, 1, \dots, \alpha_i - 1$  и для всех  $i = 0, 1, \dots, n$  имеет место:

$$H_i^{(j)}(x_i) = f^{(j)}(x_i),$$

а это и означает, что построенный многочлен  $H(x)$  удовлетворяет условиям (1).

#### Выделение производных в явном виде

Для того, чтобы выделить значения производных в узловых точках в явном виде, выполним некоторые преобразования. Используя формулу (14) для определения производной  $j$ -го порядка от произведения двух функций, формулу (12) для  $H(x)$  можно записать в виде:

$$H(x) = \sum_{i=0}^n \omega_i(x) \sum_{j=0}^{m_i} \frac{(x-x_i)^j}{j!} \sum_{k=0}^j c_j^k \left[ f(x) \right]_{x=x_i}^{(k)} \left[ \frac{1}{\omega_i(x)} \right]_{x=x_i}^{(j-k)}.$$

или с учетом обозначений (1) как

$$H(x) = \sum_{i=0}^n \omega_i(x) \sum_{j=0}^{m_i} \frac{(x-x_i)^j}{j!} \sum_{k=0}^j c_j^k f_i^{(k)} \left[ \frac{1}{\omega_i(x)} \right]_{x=x_i}^{(j-k)}. \quad (17)$$

Здесь и, далее, буквами  $m_i$ ,  $i=0,1$  обозначены порядки наивысших производных, используемых для построения двухточечного многочлена  $H(x)$ , т.е.

$$m_i = \alpha_i - 1, \text{ откуда } \alpha_i = m_i + 1, \quad (18)$$

и используется формула для биномиальных коэффициентов

$$c_m^k = \frac{m!}{k!(m-k)!}. \quad (19)$$

Для того, чтобы вынести обозначения производных из-под знака внутреннего суммирования, в формуле (17) для  $H(x)$  поменяем порядок суммирования по переменным  $j$  и  $k$  и, соответственно, пределы суммирования:

$$H(x) = \sum_{i=0}^n \omega_i(x) \sum_{k=0}^{m_i} \sum_{j=k}^{m_i} \frac{(x-x_i)^j}{j!} c_j^k f_i^{(k)} \left[ \frac{1}{\omega_i(x)} \right]_{x=x_i}^{(j-k)}.$$

Перейдем к новой переменной суммирования  $l$ , определенной формулой  $l=j-k$ , из которой следует, что  $j=l+k$ . После перехода к переменной  $l$  изменятся пределы внутреннего суммирования: при  $j=k$  имеет место  $l=0$ , при  $j=m_i$  имеет место  $l=m_i-k$ . Тогда формула для  $H(x)$  примет вид:

$$H(x) = \sum_{i=0}^n \omega_i(x) \sum_{k=0}^{m_i} \sum_{l=0}^{m_i-j} \frac{(x-x_i)^{k+l}}{(k+l)!} c_{k+l}^k f_i^{(k)} \left[ \frac{1}{\omega_i(x)} \right]_{x=x_i}^{(l)}.$$

Еще раз поменяем обозначения для внутренних переменных суммирования:  $k=j$  и  $l=k$ . Тогда  $H(x)$  можно записать как

$$H(x) = \sum_{i=0}^n \omega_i(x) \sum_{j=0}^{m_i} \sum_{k=0}^{m_i-j} \frac{(x-x_i)^{j+k}}{(j+k)!} c_{j+k}^j f_i^{(j)} \left[ \frac{1}{\omega_i(x)} \right]_{x=x_i}^{(k)}$$

После подстановки в эту формулу выражения для биномиальных коэффициентов (19) и сокращения числителя и знаменателя дроби на  $(j+k)!$  получим, что

$$H(x) = \sum_{i=0}^n \omega_i(x) \sum_{j=0}^{m_i} \sum_{k=0}^{m_i-j} f_i^{(j)} \frac{(x-x_i)^{j+k}}{j!k!} \left[ \frac{1}{\omega_i(x)} \right]_{x=x_i}^{(k)}. \quad (20)$$

Если внести сомножитель  $\omega_i(x)$  под знак суммирования по переменной  $k$ , то формулу (20) можно записать как:

$$H(x) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^{m_i} \sum_{k=0}^{m_i-j} f_i^{(j)} \frac{(x-x_i)^{j+k}}{j!k!} \left[ \frac{1}{\omega_i(x)} \right]_{x=x_i}^{(k)} \omega_i(x).$$

Эта формула для многочлена  $H(x)$  с точностью до обозначений (см. формулы (3) и (4)) совпадает с формулой для этого многочлена, приведенной, например в [2, С. 172] и полученной другим путем, что дает дополнительное подтверждение верности представления многочлена в форме (11).

Если в формуле (20) вынести члены, не зависящие от индекса суммирования по  $k$  в внешний цикл, то формула для многочлена  $H(x)$  примет вид:

$$H(x) = \sum_{i=0}^n \omega_i(x) \sum_{j=0}^{m_i} \frac{f_i^{(j)}}{j!} (x-x_i)^j \sum_{k=0}^{m_i-j} \frac{1}{k!} \left[ \frac{1}{\omega_i(x)} \right]_{x=x_i}^{(k)} (x-x_i)^k. \quad (21)$$

В соответствии с полученными результатами имеет место следующая теорема.

### Теорема

Пусть функция  $f(x)$  определена и достаточное число раз дифференцируема на отрезке  $[x_0, x_n]$ , а также удовлетворяет условиям (1). Тогда существует многочлен степени не выше  $s$ , определенной формулой (13), который представляется в любой из форм (11), (12) или (21).

### Интерпретация интерполяционного многочлена

Если в формуле (21) внести сомножитель  $\omega_i(x)$  под знак суммирования по переменной  $j$  и сгруппировать сомножители, то формула для  $H(x)$  примет следующий вид:

$$H(x) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^{m_i} \frac{f_i^{(j)}}{j!} (x-x_i)^j \left( \omega_i(x) \sum_{k=0}^{m_i-j} \frac{1}{k!} \left[ \frac{1}{\omega_i(x)} \right]_{x=x_i}^{(k)} (x-x_i)^k \right). \quad (22)$$

Обозначим выражение в скобке как  $\varphi_{ij}(x)$ , т.е.

$$\varphi_{ij}(x) = \omega_i(x) \sum_{k=0}^{m_i-j} \frac{1}{k!} \left[ \frac{1}{\omega_i(x)} \right]_{x=x_i}^{(k)} (x-x_i)^k \quad (23)$$

и назовем  $\varphi_{ij}(x)$  поправочной функцией.

С учетом обозначения (23) формулу (22) для  $H(x)$  можно записать в виде:

$$H(x) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^{m_i} \frac{f_i^{(j)}}{j!} (x-x_i)^j \varphi_{ij}(x) \quad (24)$$

Из представления (24) видно, что многочлен, построенный по заданным значениям функции и ее производных в точках отрезка  $[x_0, x_n]$ , есть сумма модифицированных многочленов Тейлора, построенных для каждой узловой точки  $x_i$  этого отрезка. Модификация разложения заключается в том, что каждый член многочлена Тейлора в данной точке  $x_i$  умножается на поправочную функцию, зависящую как от расстояния до других узловых точек, так и от порядков наивысших известных производных в этих точках.

Практическим следствием указанной интерпретации является то, что для построения интерполяционного многочлена Эрмита, соответствующего заданной функции, можно брать коэффициенты известного представления этой функции в ряд Тейлора в соответствующих узловых точках, не определяя их заново.

**Частные случаи многочлена Эрмита.** Отметим частные случаи многочлена Эрмита. Предварительно путем последовательного дифференцирования выпишем следующие соотношения для производных функции, выражение для которой является обратным для функции  $\omega(x)$ :

$$\left( \frac{1}{\omega} \right)^{(0)} = \frac{1}{\omega}, \quad (25)$$

$$\left( \frac{1}{\omega} \right)' = -\frac{\omega'}{\omega^2} = \frac{1}{\omega} \left( -\frac{\omega'}{\omega} \right), \quad (26)$$

$$\left( \frac{1}{\omega} \right)'' = \frac{2\omega'^2 - \omega\omega''}{\omega^3} = \frac{1}{\omega} \left( \frac{2\omega'^2 - \omega\omega''}{\omega^2} \right). \quad (27)$$

### Случай 1

Пусть во всех узловых точках отрезка заданы функции и значения ее первой производной, что соответствует условию:

$$m_i = 1, i = 0, 1, \dots, n.$$

С учетом формул для значений производных (25)–(27) формула (22) для многочлена  $H(x)$  при обозначении его как  $H_1(x)$  примет вид:

$$H_1(x) = \sum_{i=0}^n \frac{\omega_i}{\omega_{ii}} \left\{ f_i \left( 1 - \frac{\omega'_{ii}}{\omega_{ii}} \Delta x_i \right) + f'_i \Delta x_i \right\}, \text{ где } \Delta x_i = x - x_i \text{ и } \omega_{ii}(x) = \omega_i(x_i).$$

С точностью до обозначений эта формула соответствует формуле, приведенной в [3, С. 74].

### Случай 2

Пусть во всех узловых точках отрезка заданы функции и значения ее первой и второй производной, что соответствует условию

$$m_i = 2, i = 0, 1, \dots, n.$$

В этом случае формулу (22) для многочлена  $H(x)$  при обозначении его как  $H_2(x)$  с учетом формул для значений производных (25)–(27) можно записать в виде

$$H_2(x) = \sum_{i=0}^n \frac{\omega_i}{\omega_{ii}} \left\{ f_i \left( 1 - \frac{\omega'_{ii}}{\omega_{ii}} \Delta x_i + \frac{2\omega_{ii}'' - \omega_{ii}'^2}{2! \omega_{ii}} \Delta x_i^2 \right) + f'_i \left( 1 - \frac{\omega'_{ii}}{\omega_{ii}} \Delta x_i \right) \Delta x_i + \frac{1}{2!} f''_{ii} \Delta x_i^2 \right\}.$$

Продолжая ряд формул (25)–(27) и используя (22), можно получить аналогичные формулы для многочлена  $H(x)$  для последующих значений  $m=3, 4, \dots$  – максимального порядка заданных в узлах значений производных, не решая частных задач интерполяции для каждого конкретного значения  $m$ , как это делается для  $m=1$  в [2, С. 167].

### Случай 3

Пусть имеются только две узловые точки, в которых заданы значения функции и ее производных, что соответствует значению  $n=1$ . В этом случае общая формула для представления интерполяционного многочлена Эрмита может быть существенно упрощена и доведена до конечного вида.

Формула (3) для  $\omega_i(x)$  с учетом (4) записывается в виде

$$\omega_i(x) = (x - x_{1-i})^{m_{1-i}+1}, i = 0, 1. \quad (28)$$

С использованием (28) легко устанавливается, что производная  $k$ -го порядка от обратной величины  $\omega_i(x)$  представляется как

$$\left[ \frac{1}{\omega_i(x)} \right]^{(k)} = \frac{(m_{1-i} + k)!}{m_{1-i}!} \frac{(-1)^k}{(x - x_{1-i})^{m_{1-i}+1+k}}$$

и, соответственно, значение этой производной при  $x=x_i$  выражается соотношением

$$\left[ \frac{1}{\omega_i(x)} \right]_{x_i}^{(k)} = \frac{(m_{1-i} + k)!}{m_{1-i}!} \frac{1}{(x_i - x_{1-i})^{m_{1-i}+1}} \frac{1}{(x_{1-i} - x_i)^k}. \quad (29)$$

С учетом (28) и (29) формулу (21) для многочлена  $H(x)$  можно записать в виде

$$H(x) = \sum_{i=0}^n \frac{(x - x_{1-i})^{m_{1-i}+1}}{(x_i - x_{1-i})^{m_{1-i}+1}} \sum_{j=0}^{m_i} \frac{f_i^{(j)}}{j!} (x - x_i)^j \sum_{k=0}^{m_{1-i}-j} \frac{(m_{1-i} + k)!}{k! m_{1-i}!} \frac{(x - x_i)^k}{(x_{1-i} - x_i)^k}.$$

Введя обозначения для относительных переменных  $\xi_i$

$$\xi_i = \frac{(x - x_i)^k}{(x_{1-i} - x_i)^k}, i = 0, 1$$

и используя выражение для биномиального коэффициента  $c_n^k$ , определенного (19), получим конечную формулу для двухточечного интерполяционного многочлена Эрмита

$$H(x) = \sum_{i=0}^1 \xi_{1-i}^{m_{1-i}+1} \sum_{j=0}^{m_i} \frac{f_i^{(j)}}{j!} (x - x_i)^j \sum_{k=0}^{m_{1-i}-j} c_{m_{1-i}+k}^k \xi_i^k, \quad (30)$$

которая соответствует представлению этого многочлена, полученному в [9, С. 1080].

Подробное исследование этого случая и применение двухточечных интерполяционных многочленов Эрмита для аппроксимации функций при симметричном и несимметричном распределении производных на концах отрезка и его оптимизация проведено в [9] и [10], соответственно.

### Заключение

В работе осуществлен простой вывод формулы интерполяционного многочлена Эрмита на основе использования многочлена Тейлора. Предложена интерпретация многочлена Эрмита как сумма модифицированных многочленов Тейлора, построенных для каждой из узловых точек. Указан алгоритм получения конечных формул для этих многочленов в случае, когда максимальные порядки производных, заданных в узловых точках, одинаковы.

### Список литературы / References

1. Hermite Sh. Sur la formule d'interpolation de Lagrange / Sh. Hermite // Journal fur die reine und angewandte Mathematik. – 1878. – Vol. 84. – P. 70–79.
2. Березин И. С. Методы вычислений. Т. 1 / И. С. Березин, Н. П. Жидков – М.: Физматлит, 1962. – 464 с.
3. Гончаров В.И. Теория интерполирования и приближения функций. / В. И. Гончаров. – М.: Гостехтеориздат, 1934. – 316 с.

4. Прасолов В. В. Многочлены. / В. В. Прасолов – М.: МЦНМО. – 1999. – 336с.
5. Микеладзе Ш. Е. Численные методы математического анализа. / Ш. Е. Микеладзе – М.: Гостехтеориздат, 1953. – 528 с.
6. Spitzbart A. A generalization of Hermite's interpolation formula / A. Spitzbart // Amer. Math. Monthly, 1960. – Vol. 67. – P. 42–46.
7. Stanica D. A short proof of the Hermite's formula for polynomial interpolation using operator methods / D. Stanica // Annals of the Alexandru Ioan Cuza University – Mathematics. – 2015. – Vol 61. – P. 209–215. doi: 10.2478/aicu-2013-0040
8. Кудрявцев Л. Д. Математический анализ. Т. 1. / Л. Д. Кудрявцев – М.: Высшая школа, 1970. – 590 с.
9. Шустов В. В. О приближении функций двухточечными интерполяционными многочленами Эрмита / В. В. Шустов // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2015. – Т. 55. – № 7. – С. 1091–1108.
10. Шустов В. В. Аппроксимация функций несимметричными двухточечными многочленами Эрмита и ее оптимизация / В. В. Шустов // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2015. – Т. 55. – № 12. – С. 1999–2014.

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

1. Hermite Sh. Sur la formule d'interpolation de Lagrange / Sh. Hermite // Journal für die reine und angewandte Mathematik. – 1878. – Vol. 84. – P. 70–79.
2. Berezin I. S. Computing Methods. / I. S. Berezin, N. P. Zhidkov. Vol. 1 – Pergamon: Oxford, 1965. – 464 P.
3. Goncharov V. I. Teoriya interpolirovaniya i priblizheniya funktsij [The theory of interpolation and approximation of functions] / V. I. Goncharov. – М.: Gostekhteorizdat, 1934. – 316 P. [in Russian]
4. Prasolov V. V. Mnogochleny [Polynomials] / V. V. Prasolov. – М.: MTSNMO, 1999. – 336 P. [in Russian]
5. Mikeladze Sh. E. Chislennyye metody matematicheskogo analiza [Numerical methods of mathematical analysis] / Sh. E. Mikeladze. – М.: Gostekhteorizdat, 1953. – 528 P. [in Russian]
6. Spitzbart A. A generalization of Hermite's interpolation formula / A. Spitzbart // Amer. Math. Monthly, 1960. – Vol. 67. – P. 42–46.
7. Stanica D. A short proof of the Hermite's formula for polynomial interpolation using operator methods / D. Stanica // Annals of the Alexandru Ioan Cuza University – Mathematics. – 2015. – Vol 61. – P. 209–215. doi: 10.2478/aicu-2013-0040
8. Kudryavtsev L. D. Matematicheskij analiz [Mathematical analysis] T. 1 / L. D. Kudryavtsev – М.: Vysshaya Shkola, 1970. – 590 P. [in Russian]
9. 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
10. 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