

№ 11 (89) ▪ 2019
Часть 1 ▪ Ноябрь

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

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

Екатеринбург
2019



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

**№ 11 (89) 2019
Часть 1
Ноябрь**

Дата выхода 18.11.2019
Подписано в печать 13.11.2019
Тираж 200 экз.
Цена: бесплатно.
Заказ 295817.
Отпечатано с готового оригинал-макета.
Отпечатано в типографии "А-принт".
620049, г. Екатеринбург, пер. Лобачевского, д. 1.

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

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

Члены редколлегии:

Филологические науки:

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

Технические науки:

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

Педагогические науки:

Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Россия);
Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена (Санкт-Петербург, Россия);
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);
Ивков Н.Н. д-р психол. наук, Российская академия образования (Москва, Россия);
Каменская В.Г. д-р психол. наук, к. биол. наук, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина (Елец, Россия).

Физико-математические науки:

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

Географические науки:

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

Биологические науки:

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

Архитектура:

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

Ветеринарные науки:

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

Медицинские науки:

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

Исторические науки:

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

Культурология:

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

Искусствоведение:

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

Философские науки:

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

Юридические науки:

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

Сельскохозяйственные науки:

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

Социологические науки:

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

Химические науки:

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

Науки о Земле:

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

Экономические науки:

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

Политические науки:

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

Фармацевтические науки:

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

Голик С.С., Лисица В.В., Майор А.Ю., Ильин А.А., Толстоногова Ю.С., Боровский А.В., Голик Н.Н., Прощенко Д.Ю., Бабий М.Ю. СПЕКТРАЛЬНО-ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ НАТРИЯ ПРИ ФИЛАМЕНТАЦИИ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ ФЕМТОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ В АТМОСФЕРНОМ АЭРОЗОЛЕ.....	6
--	---

Митрохин С.И. АСИМПТОТИКА СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ОДНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА ЧЕТВЁРТОГО ПОРЯДКА С СУММИРУЕМЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ.....	11
--	----

Михеев А.В. О ПРИБЛИЖЕННОМ РЕШЕНИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ФЕРХЮЛЬСТА ВТОРОГО ПОРЯДКА	17
--	----

Борич М.А., Савченко С.П. УСИЛЕНИЕ ЯДЕРНЫХ МАГНИТОСТАТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В ФЕРРОМАГНЕТИКАХ.....	21
---	----

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

Блинов А.Ю. КВАЛИФИКАЦИЯ КОМАНДЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА НЕФТЯНОЙ ОТРАСЛИ – ОБЪЕКТ ПРОБЛЕМЫ БУДУЩИХ ЛЕТ	25
--	----

Панин Д.Н., Железнова П.В., Лапаева О.С., Новикова Д.Д. ЦИФРОВАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ УМНЫХ ГОРОДОВ	31
--	----

Кинев Е.С., Тяпин А.А., Гришко Г.С. МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ИНДУКЦИОННОГО УСТРОЙСТВА.....	34
--	----

Кузнецова И.Н. ЦЕМЕНТНЫЙ КАМЕНЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ КВАРЦЕВЫХ ОТХОДОВ	41
--	----

Ильина М.Е., Курочкин И.Н. РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ, НАПОЛНЕННОГО ТЕХНОГЕННЫМ ОТХОДОМ, ДЛЯ ЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	45
--	----

Баландин В.С., Нешина Е.Г., Дуйсенбаева М.С., Шайгараева Т.Н. АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ЖКХ С ПОМОЩЬЮ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ.....	50
---	----

Водорезова К.Г., Новиков Н.А., Гуткин Б.С. ВЛИЯНИЕ ВХОДНЫХ ОСЦИЛЛЯЦИЙ НА ПОВЕДЕНИЕ СПАЙКОВОЙ СЕТИ РАБОЧЕЙ ПАМЯТИ	54
---	----

Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. УТИЛИЗАЦИЯ СТЕКЛОБОЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОБЛИЦОВОЧНОЙ КЕРАМИКИ С ЭФФЕКТОМ САМОГЛАЗУРОВАНИЯ	62
---	----

Вершинин В.А. ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ПЕРЕДАЧА ДВОИЧНЫХ СООБЩЕНИЙ ПЕРЕКРЫВАЮЩИМИСЯ СИГНАЛАМИ	67
--	----

Юрасова О.В., Самиева Д.А., Федулова Т.В. ЭКСТРАКЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЧИСТОГО ОКСИДА ЛЮТЕЦИЯ ДЛЯ КРИСТАЛЛОВ-СЦИНТИЛЛЯТОРОВ ОРТОСИЛИКАТОВ ЛЮТЕЦИЯ.....	79
--	----

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY

Мовзитова К.И., Плюснин И.А., Наумов В.А., Фиоруччи А. ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ РОССЫПИ РЕКИ МАРАКАН (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ).....	83
--	----

Ситников В.С., Соколова М.Д., Слепцова М.И., Павлова К.А., Севостьянова Р.Ф. ОПЫТ ПРОШЛЫХ ЛЕТ И ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНИ-НПЗ В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ	89
---	----

НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

Джурик В.И., Брыжак Е.В., Серебренников С.П. К РАЗРАБОТКЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ВОСТОЧНОГО ФЛАНГА БАЙКАЛЬСКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ПРИ ДЕГРАДАЦИИ МЕРЗЛОТЫ	92
---	----

Крючков С.А., Лукьянова Т.С. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ СЛУЖБЫ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРЫ КОПЕРНИКА (СAMS) ДЛЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ЛОКАЛЬНОМ УРОВНЕ (НА ПРИМЕРЕ ДИОКСИДА АЗОТА)	98
---	----

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY

Головин В.А., Ильин А.Б., Алиев А.Д. СОРБЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ДИФфузАНТОВ ПОЛИФЕНИЛЕНСУЛЬФИДОМ	103
Старков А.К., Верещагин С.Н., Кожуховская Г.А. ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕПАРАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЦИС-ДИХЛОРОДИАММИНПЛАТИНЫ(II) И ЦИС-ДИАМИН(ЦИКЛОБУТАН- 1,1-ДИКАРБОКСИЛАТ-О,О')ПЛАТИНА(II) С АРАБИНОГАЛАКТАНОМ И ИХ СМЕСЕЙ.	111

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

Нененко Н.Д., Астраханцев А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ И БИАТЛОНИСТОВ ПОДРОСТКОВОГО ВОЗРАСТА	119
---	-----

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ / MEDICINE

Попова Н.М., Духтанов И.В., Хузина Л.Ф., Назмиева А.Ш. РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ЙОДДЕФИЦИТНЫХ СОСТОЯНИЙ У ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА.....	123
Качанов Д.А., Манюшина В.М., Соловых Т.С., Чернова К.А., Мкртчян Г.В. ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ.....	130
Сорокина Е.Ю., Белых Л.С. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЛИЯНИЯ МЕТОДА ПАРЕНТЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА МЕТАБОЛИЗМ ПАЦИЕНТОВ С ОСТРЫМ ТЯЖЕЛЫМ ПАНКРЕАТИТОМ	135

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHARMACEUTICS

Булгакова Е.А., Карпенко Ю.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ТФЭ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ ПРОИЗВОДНОГО 3-ГИДРОКСИ-3- ПИРРОЛИН-2-ОНА ИЗ ПЛАЗМЫ КРОВИ	141
Соловьева А.И., Шалгимбаев А.Б. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА СУРФАГОН НА КОВОРАХ И СВИНОМАТКАХ, ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ОПЛОДОТВОРЯЕМОСТИ ПОСЛЕ ОСЕМЕНЕНИЯ	145

ВЕТЕРИНАРНЫЕ НАУКИ / VETERINARY SCIENCE

Тамбиев Т.С., Гаринина Е.Р., Филипских О.И. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ В БРОЙЛЕРНОМ ПТИЦЕВОДСТВЕ.....	149
--	-----

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ / ECONOMICS

Музаев М.З., Денисова И.П. АКТИВИЗАЦИЯ РЕГУЛЯТОРОВ ФИНАНСОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ПЕНСИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	153
Запорожец Д.В., Звягинцева О.С. ТИПОЛОГИЗАЦИЯ ИНФРАСТРУКТУРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АГРАРНЫХ СИСТЕМ	157
Каюмова Р.Ф. К ВОПРОСУ ОСОЗНАННОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ В ИНДУСТРИИ МОДЫ	162
Куклин А.А., Кривенко Н.В., Кривенцова Л.А. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ПСЕВДОБЕЗОПАСНОСТЬ КАК ЭЛЕМЕНТЫ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	166
Кузьменко О.В., Чернышов Д.С., Задорожная К.Н. КОНКУРЕНТНЫЙ АНАЛИЗ КАК ЭЛЕМЕНТ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	170
Мельников В.А. СИММЕТРИЯ, СТРУКТУРА ЭКОНОМИЧЕСКОГО «ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ».....	176
Чумакова Н.В. ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ УТРАТЫ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ	184

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.001>**СПЕКТРАЛЬНО-ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ НАТРИЯ ПРИ ФИЛАМЕНТАЦИИ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ ФЕМТОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ В АТМОСФЕРНОМ АЭРОЗОЛЕ**

Научная статья

Голик С.С.^{1,*}, Лисица В.В.², Майор А.Ю.³, Ильин А.А.⁴, Толстоногова Ю.С.⁵, Боровский А.В.⁶, Голик Н.Н.⁷, Прошенко Д.Ю.⁸, Бабий М.Ю.⁹¹ ORCID: 0000-0003-4199-4163;² ORCID: 0000-0002-3482-5188;³ ORCID: 0000-0002-3562-3078;^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9} Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия;^{1, 2, 3, 4, 5, 8} Институт автоматики и процессов управления, Владивосток, Россия

* Корреспондирующий автор (golik.ss[at]dvfu.ru)

Аннотация

Получена временная динамика интенсивности эмиссионных линий натрия (Na I 588.99 и 589.59 нм), генерируемых при филаментации лазерных импульсов титан-сапфирового лазера (60 фс, 800 нм, 4,4 мДж) в атмосферном аэрозоле. Экспериментально установлено, что величина оптимальной задержки регистрации эмиссионных спектров в плазме филамента в водном аэрозоле относительно лазерного импульса составляет 4 нс, при этом основное свечение эмиссионных линий дублета натрия (588,99 и 589,59 нм) наблюдается до времен 10 нс при экспозиции для одиночного лазерного импульса 3 нс.

Ключевые слова: фемтосекундные импульсы, филамент, филаментная эмиссионная спектроскопия, водный аэрозоль, натрий, спектр, временная динамика.

SPECTRAL-TIME CHARACTERISTICS OF SODIUM EMISSION LINES AT FILAMENTATION OF FEMTOSECOND DURATION LASER PULSES IN ATMOSPHERIC AEROSOL

Research article

Golik S.S.^{1,*}, Lisitsa V.V.², Major A.Yu.³, Ilyin A.A.⁴, Tolstonogova Yu.S.⁵, Borovsky A.V.⁶, Golik N.N.⁷, Proshchenko D.Yu.⁸, Babiy M.Yu.⁹¹ ORCID: 0000-0003-4199-4163;² ORCID: 0000-0002-3482-5188;³ ORCID: 0000-0002-3562-3078;^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9} Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia;^{1, 2, 3, 4, 5, 8} Institute of Automation and Control Processes, Vladivostok, Russia

* Corresponding author (golik.ss[at]dvfu.ru)

Abstract

The temporal dynamics of the intensity of sodium emission lines (Na I 588.99 and 589.59 nm) generated by filamentation of laser pulses of a titanium-sapphire laser (60 fs, 800 nm, 4.4 mJ) in atmospheric aerosol was obtained in the paper. It was experimentally established that the optimal delay in recording the emission spectra in the filament plasma in an aqueous aerosol with respect to the laser pulse is 4 ns, while the main radiation of the emission lines of the sodium doublet (588.99 and 589.59 nm) is observed up to 10 ns for exposure for a single laser pulse 3 ns.

Keywords: femtosecond pulses, filament, filament emission spectroscopy, water aerosol, sodium, spectrum, temporal dynamics.

Введение

Дистанционное обнаружение атмосферных аэрозолей в реальном времени является важным, как с точки зрения экологического мониторинга, так и с точки зрения безопасности. В первом случае разработка глобальных климатических моделей не может быть достигнута без определения состава водных капель и других аэрозолей [1], во втором - необходимо развитие новых методов эффективного мониторинга аэрозолей окружающей среды, которые могут содержать токсичные химические или биологические агенты [2].

Особенностью использования лазерных импульсов ультракороткой длительности для дистанционного зондирования атмосферы является возможность создания низкотемпературной плазмы филамента на значительных расстояниях путем техники предварительного chirpирования лазерного импульса [3]. При превышении порога мощности, составляющего для атмосферы $\approx 3,2$ ГВт, нелинейная добавка к показателю преломления становится значимой в зоне взаимодействия, и происходит самофокусировка лазерного излучения, а затем наблюдаются эффекты филаментации и генерации конической эмиссии [3], [4], [5]. При значительном превышении порога мощности самофокусировки лазерных импульсов фемтосекундной длительности (тераваттные импульсы) возникает множественная филаментация, при этом плотность мощности может достигать величины до 5×10^{13} Вт/см² [6]. Такой плотности мощности в плазме филаментов достаточно для ионизации молекул и возбуждения электронных переходов в атомах и молекулах, на этом основан метод дистанционной филаментно-индуцированной искровой спектроскопии R-FIBS [2], [8].

Применение в R-FIBS временно-разрешённой регистрации спектров, при которой варьируются такие параметры, как время задержки регистрации относительно лазерного импульса t_d , время экспозиции t_g и накопление сигнала играют важную роль в увеличении чувствительности данного метода [10]. Сильное сплошное излучение появляется во время и сразу после формирования плазмы филамента, и на его фоне удастся выделить небольшое число интенсивных линий. Сплошное излучение является одним из основных факторов ухудшения предела обнаружения химических элементов, который зависит от отношения интенсивности линий к фону - SBR (signal-to-background ratio). Для улучшения SBR регистрация должна начинаться после задержки t_d , когда рекомбинирующая плазма филамента достаточно остынет и на фоне сплошного излучения и излучения суперконтинуума выделяются эмиссионные линии. Оптимальные значения t_d и t_g обычно зависят от способа возбуждения и исследуемых элементов [10].

В связи с вышесказанным, целью настоящей работы является исследование спектрально-временных характеристик эмиссионных линий натрия, а именно динамики сплошного и линейчатого спектров, регистрируемых при филаментации лазерных импульсов фемтосекундной длительности в атмосферном аэрозоле для определения оптимальных значений t_d и t_g .

Экспериментальная установка

Исследования спектрально-временных характеристик эмиссионных линий натрия, регистрируемых при филаментации лазерных импульсов фемтосекундной длительности в атмосферном аэрозоле, проводились на экспериментальной установке ЦКП ИАПУ ДВО РАН, схема которой представлена на рисунке 1. В качестве источника лазерного излучения на центральной длине волны 800 нм использовался фемтосекундный лазерный комплекс (1) SpitfirePro 40F-5W (SPTF-40F-1k-5W, SpectraPhysics), работающий на частоте до 1 кГц, длительностью лазерных импульсов <60 фс, энергией в импульсе 4,4 мДж. С помощью зеркального телескопа (2) начальный диаметр пучка лазерного излучения, равный 14 мм, уменьшался до 7 мм и далее зеркалами (3) и (4) (10B20UF.25, Newport) излучение направлялось на плоско-выпуклую линзу (5) с фокусным расстоянием 500 мм (KPX118AR.16, Newport). В фокусе линзы (5) внутри камеры (6) генерировался филамент в водном аэрозоле NaCl с размером капель от 0,8 до 10 мкм в зависимости от установленного распылителя. В качестве генератора атмосферного аэрозоля (7) использовался небулайзер FlaemNuovaBoreal F400 компрессорного типа. В качестве исследуемого вещества использовался водный раствор NaCl с концентрациями натрия в воде 3 г/л.

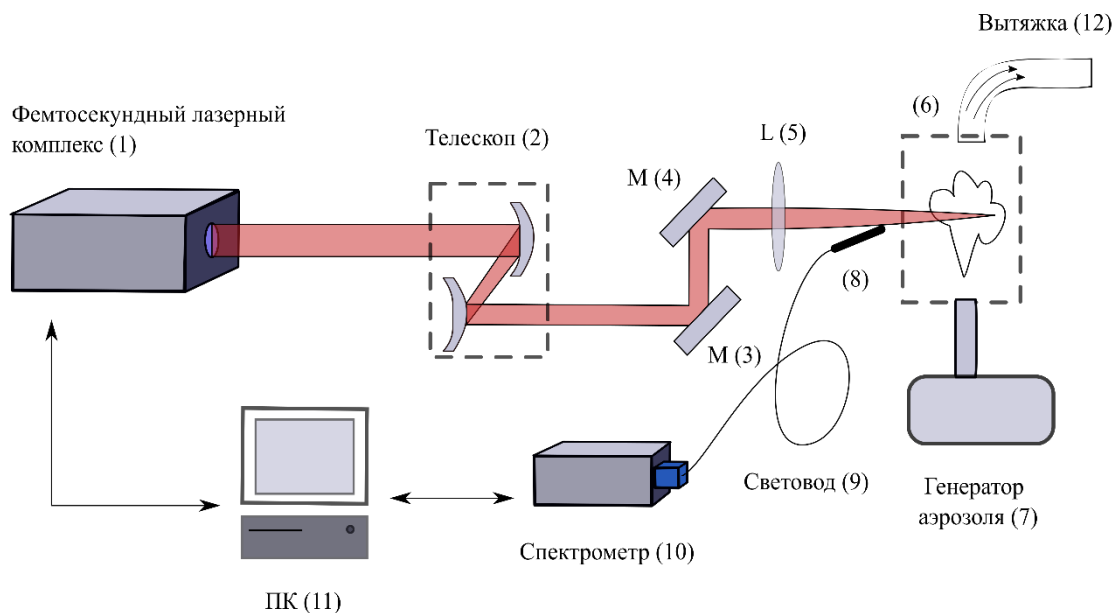


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки

В качестве детектора спектров использовался спектрометр (10), состоящий из спектрографа SpectraPro 2300 (Princeton Instruments, США) с шириной щели 30 мкм (дифракционная решетка 600 штрих/мм) и 16 битной ПЗС камеры со стробируемым ЭОП (ICCD камера Pi-MAX 3, 1024*1024 pixels, Princeton Instruments, США). Излучение плазмы филаментов собиралось коллиматором (8) (74-UV, OceanOptics), установленным под углом 6 градусов относительно оптической оси на расстоянии 10 см от филамента и по кварцевому световоду (9) (рабочий спектральный диапазон 185-2500 нм) направлялось на входную щель спектрометра. Управление установкой осуществлялось с помощью персонального компьютера (11). Вытяжка (12) поддерживала стационарный поток аэрозоля в камере.

Основные результаты

На рисунке 2 представлена временная эволюция спектров дублета натрия (588,99 и 589,59 нм), регистрируемых в плазме филамента, генерируемого импульсами с энергией 4,4 мДж в водном аэрозоле (средний диаметр 10 мкм). Время экспозиции t_g (время стробирования ЭОП) для одиночного лазерного импульса составляло 3 нс, задержка регистрации изменялась с шагом 0.5 нс. Число накоплений лазерных импульсов в каждом измерении – 10000 (экспозиция ПЗС – 10 секунд при частоте посылок лазерных импульсов 1 кГц).

Из рисунка 2 видно, что в первые 4 нс относительно лазерного импульса наблюдается интенсивное широкополосное свечение, связанное с процессами плазмообразования и генерации суперконтинуума, на этом фоне, начиная с задержки $t_d=2$ нс, наблюдается дублет натрия (588,99 и 589,59 нм) (см. рис.3).

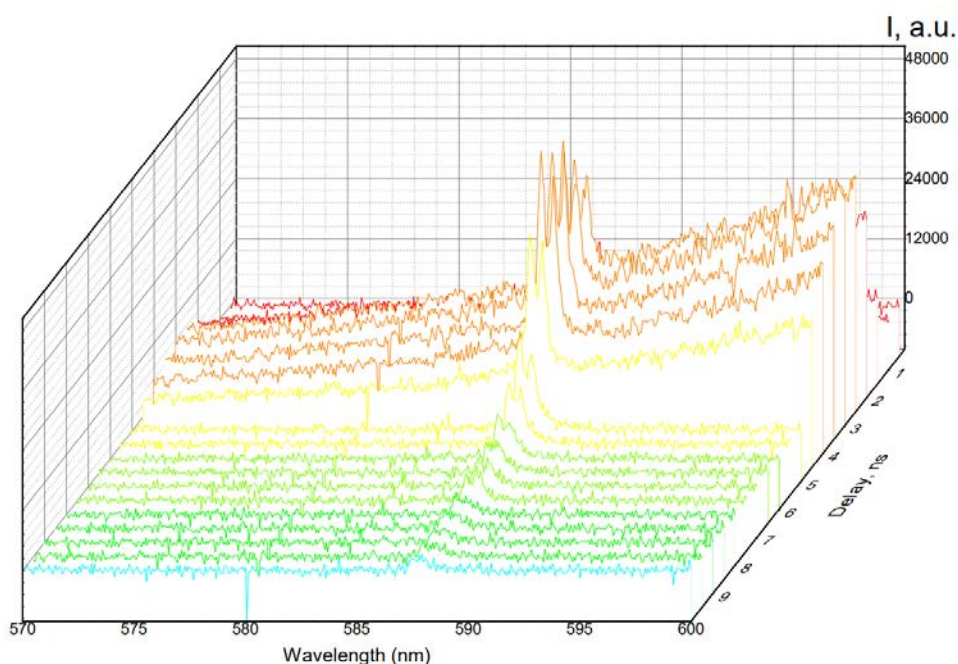


Рис. 2 – Временная эволюция спектров дублета натрия (588,99 и 589,59 нм), регистрируемых в плазме филамента, генерируемого в водном аэрозоле (диаметр 10 мкм)

На рисунке 4 представлен эмиссионный спектр натрия при филаментации фемтосекундного лазерного излучения в водном аэрозоле (диаметр 10 мкм) для задержки 5 нс (черная линия) и 6 нс (красная линия), время экспозиции $t_d=30$ нс, накопление 60 тыс. импульсов при частоте повторения 1 кГц.

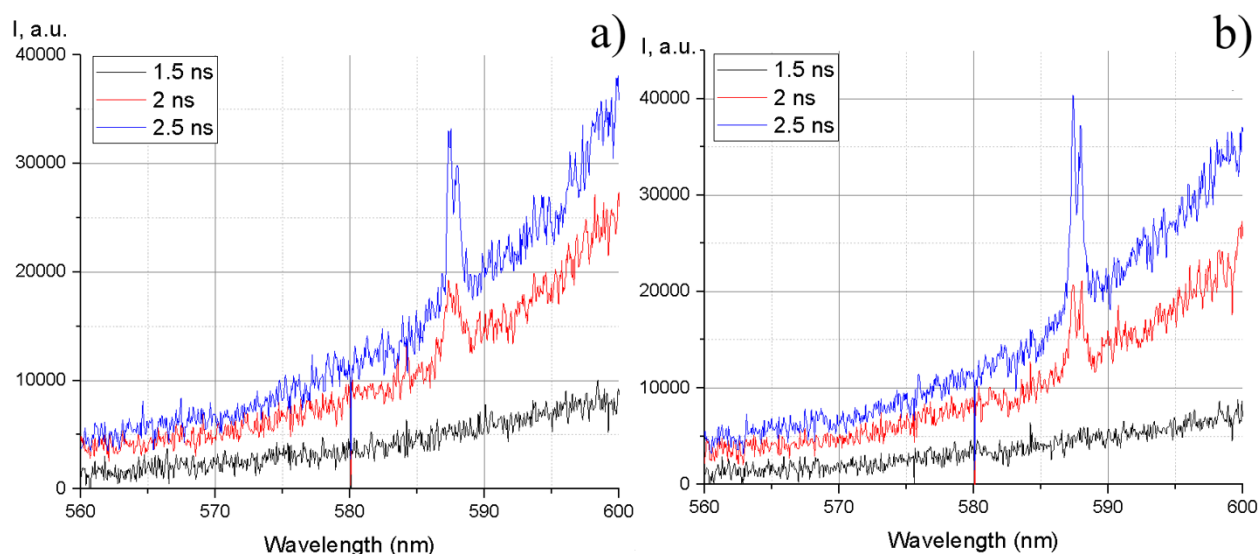


Рис. 3 – Спектры дублета натрия при филаментации фемтосекундного лазерного излучения в водном аэрозоле при задержках от 1.5 до 2.5 нс для больших капель: а) (диаметр аэрозоля около 10 мкм) и малых капель б) (диаметр водного аэрозоля от 0.8 до 2 мкм)

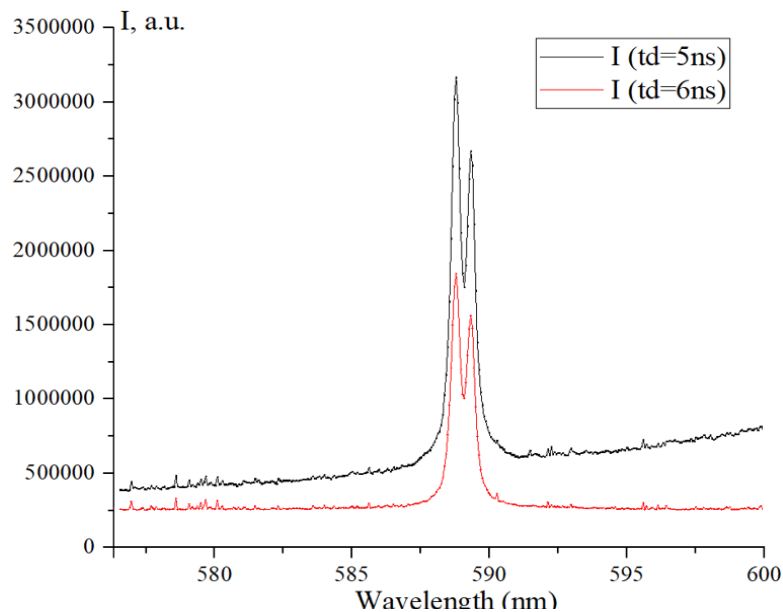


Рис. 4 – Дублет натрия при филаментации фемтосекундного лазерного излучения в водном аэрозоле для задержки 5 нс (черная линия) и 6 нс (красная линия), энергия 4 мДж, время экспозиции t_d – 100 нс

На рисунке 5 приведена зависимость интенсивности линий натрия 588,99 и 589,59 нм от задержки при филаментации лазерного излучения фемтосекундной длительности в атмосферном аэрозоле с диаметром от 0.8 до 2 мкм (справа) и диаметром 10 мкм (слева). Из рисунка 5 видно, что максимум интенсивности излучения обеих линий наблюдается при задержке $t_d = 4$ нс на фоне спада интенсивного излучения суперконтинуума.

На рисунке 6 представлена зависимость дисперсии интенсивности фона от задержки при филаментации лазерного излучения фемтосекундной длительности в атмосферном аэрозоле с диаметром от 0.8 до 2 мкм (Small) и диаметром 10 мкм (Big). Из рисунка 6 видно, что до задержки в 5 нс наблюдается интенсивный фон суперконтинуума, при котором дисперсия фона достигает максимума при $t_d = 3$ нс. После затухания излучения суперконтинуума для задержек с 5 до 9 нс среднее значение дисперсии фона составляет $(740,2 \pm 20,0)$ отн. ед.

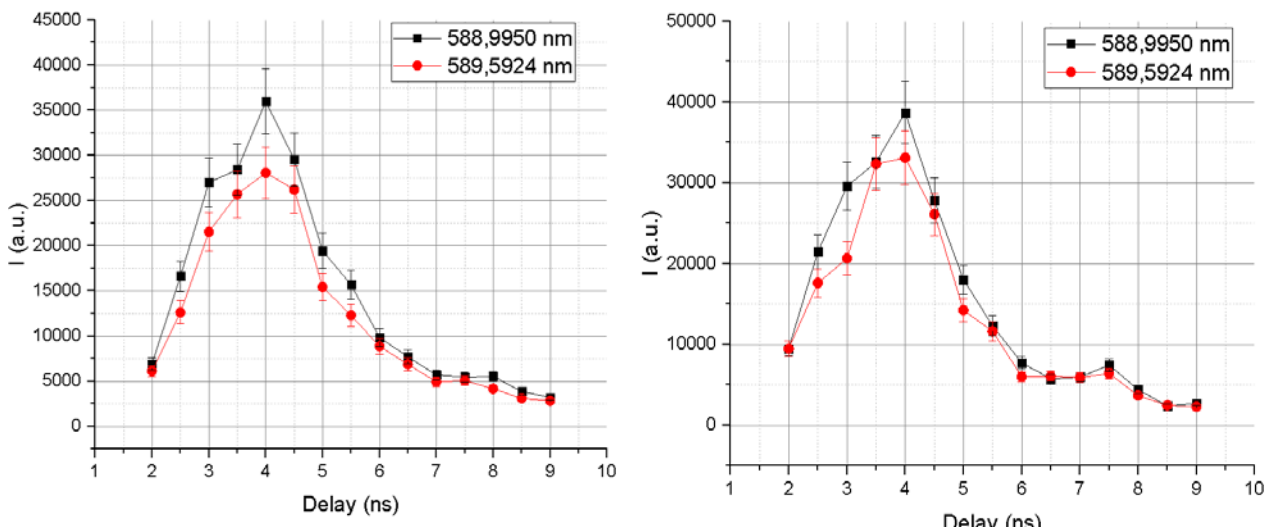


Рис. 5 – Зависимость интенсивности линий натрия 588,99 и 589,59 нм от задержки t_d при филаментации лазерного излучения фемтосекундной длительности в атмосферном аэрозоле с диаметром от 0.8 до 2 мкм (справа) и диаметром 10 мкм (слева)

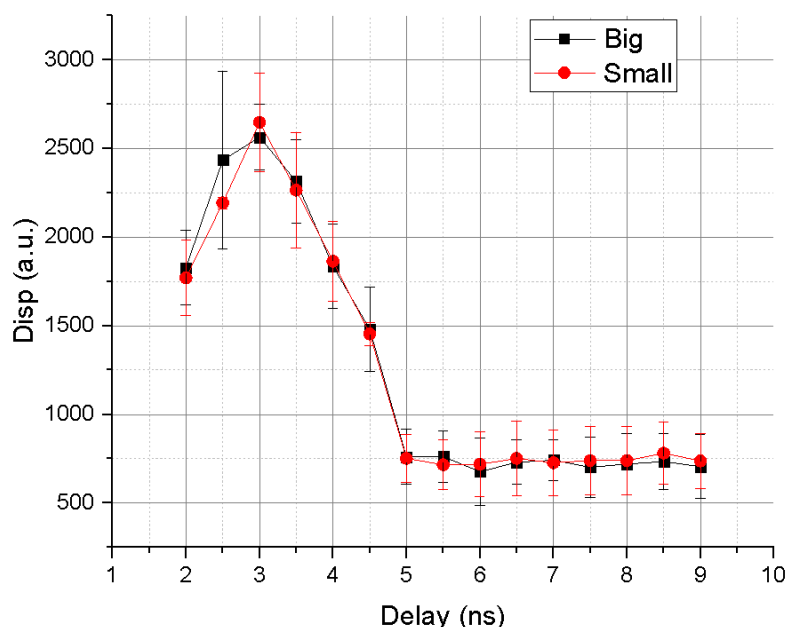


Рис.6 – Зависимость дисперсии интенсивности фона от задержки t_d при филаментации лазерного излучения фемтосекундной длительности в атмосферном аэрозоле с диаметром от 0.8 до 2 мкм (Small) и диаметром 10 мкм (Big)

Заключение

Экспериментально установлено, что величина оптимальной задержки регистрации эмиссионных спектров в плазме филамента в водном аэрозоле относительно лазерного импульса t_d составляет 4 нс, при этом основное свечение эмиссионных линий дублета натрия (588,99 и 589,59 нм) наблюдается до времен 10 нс при экспозиции t_g для одиночного импульса 3 нс.

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 17-02-00802 с использованием установок ЦКП ЛАМИ ИАПУ ДВО РАН.

Funding

The reported study was funded by RFBR, project number 17-02-00802 using the facilities of the collective use center LAMI IACP FEB RAS.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Borrmann S. Lasing on a cloudy afternoon / Borrmann S., Curtius, J. Nature 418, 2002, P. 826.
2. Daigle J.F. Long range trace detection in aqueous aerosol using remote filament-induced breakdown spectroscopy / Daigle J.F., Mejean G., Liu W. and others. Appl. Phys. 2007, B 87, P. 749.
3. Woste L. Femtosecond atmospheric lamp, / Woste L., Wedekind C., Wille H. and others. // Laser und Optoelektronik 29, 1997, P. 51.
4. Braun A. Self-channeling of high-peak-power femtosecond laser pulses in air, / Braun A., Korn G., Liu X. and others. Opt. Lett. 20(1), 1995, P. 73.
5. Geints Y.E. Model description of intense ultra-short laser pulse filamentation: multiple foci and diffraction rays Geints Y.E., Bulygin A.D., Zemlyanov A.A. Applied Physics B107(1), 2012, P. 243.
6. Becker A. Intensity clamping and re-focusing of intense femtosecond laser pulses in nitrogen molecular gas / Becker A., Aközbek N., Vijayalakshmi K. and others. // Applied Physics B 73 (3), 2001, P. 287-290.
7. Bukin O. A. Lidar sensing of the atmosphere with gigawatt laser pulses of femtosecond duration / Bukin O. A., Babi M. Yu., Golik S. S. and others // Quantum Electronics 44 (6), 2014, P. 563–569.
8. Ilyin A. A. Broadening and shift of emission lines in a plasma of filaments generated by a tightly focused femtosecond laser pulse in air / Ilyin A. A., Golik S. S., Shmirko K. A. and others // Quantum Electronics 48 (2), 2018, P. 149–156.
9. Ivanov N. G. High time-resolved spectroscopy of filament plasma in air / Ivanov N. G., Losev, V. F., Prokop'ev, V. E. and others. Optics Communications 431, 2019, P. 120-125.
10. Golik S. S. Determination of detection limits for elements in water by femtosecond laser-induced breakdown spectroscopy / Golik S. S., Bukin O. A., Ilyin A. A. and others. // Journal of Applied Spectroscopy 79 (3), 2012, P. 471-476.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.002>

АСИМПТОТИКА СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ОДНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА ЧЕТВЁРТОГО ПОРЯДКА С СУММИРУЕМЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ

Научная статья

Митрохин С.И. *

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (mitrokhin-sergeyx[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье изучаются спектральные свойства функционально-дифференциального оператора четвёртого порядка с суммируемым потенциалом. Граничные условия являются разделёнными. Решение функционально-дифференциального уравнения сведено к решению интегрального уравнения Вольтерра. При больших значениях спектрального параметра выведена асимптотика решений функционально-дифференциального уравнения, задающего исследуемый оператор. При помощи найденной асимптотики решений изучены граничные условия оператора. Получено уравнение на собственные значения изучаемого оператора. Найдена асимптотика собственных значений исследуемого функционально-дифференциального оператора.

Ключевые слова: спектральная теория, функционально-дифференциальный оператор, спектральный параметр, суммируемый потенциал, асимптотика решений, асимптотика собственных значений, собственные функции.

ASYMPTOTICS OF THE EIGENVALUES OF A FOURTH-ORDER FUNCTIONAL-DIFFERENTIAL OPERATOR WITH SUMMABLE POTENTIAL

Research article

Mitrokhin S.I. *

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

* Corresponding author (mitrokhin-sergeyx[at]yandex.ru)

Abstract

In this paper the spectral properties of a fourth-order functional-differential operator with a summable potential are studied. The boundary conditions are separated. The solution of the functional-differential equation is reduced to the solution of the Volterra integral equation. For large values of the spectral parameter, the asymptotics of the solutions of the functional-differential equation that defines the investigated operator is derived. Using the found asymptotics of solutions, the boundary conditions of the operator are studied. The equation for the eigenvalues of the operator is obtained. The asymptotics of the eigenvalues of the functional-differential operator under investigation is found.

Keywords: spectral theory, functional-differential operator, spectral parameter, summable potential, asymptotics of solutions, asymptotics of eigenvalues, eigenfunctions.

Introduction

Consider a functional-differential operator given by a fourth-order differential equation

$$y^{(4)}(x) + q(x) \cdot y(\beta(x)) = \lambda \cdot \rho(x) \cdot y(x), 0 \leq x \leq \pi, \rho(x) > 0, 0 \leq \beta(x) \leq x, \quad (1)$$

with boundary conditions of the form

$$y'(0) = y'''(0) = y'(\pi) = y'''(\pi) = 0, \quad (2)$$

under the assumption of the summability of the potential $q(x)$:

$$q(x) \in L_1[0; \pi] \left[= \left(\int_0^x q(t) dt \right)' = q(x) \right] \quad (3)$$

almost everywhere on the segment $[0; \pi]$.

We assume that in equation (1) the weight function $\rho(x)$ is constant: $\rho(x) = a^4 > 0$ for all $x \in [0; \pi]$, $a > 0$ and the delay value is a smooth and increasing function: there is a derivative $\beta'(x)$, and $\beta'(x) > 0$ for all $x \in [0; \pi]$.

Historical review

Differential operators with nonsmooth coefficients began to be studied not so long ago. In the classical paper [1], for the second-order differential operator, the convergence of expansions in eigenfunctions at the points of discontinuity of the coefficients was studied.

In the article [2] the differentiation operators of the first and second order with a discontinuous alternating weight function were studied. Regularized traces for the functional-differential operator of the second order were calculated by the

author in [3]. The spectral properties of second-order operators with a discontinuous weight function were studied in [4]. In article [5] the second-order operators with summable potential were first studied. The method of article [5] does not carry over to operators of order higher than the second.

In the article [6] the author demonstrated a method for studying the spectral properties of a fourth-order operator with a summable potential. The Sturm-Liouville operators with singular coefficients were studied in [7]. A sixth-order differential operator with summable coefficients with a retarded argument was studied by the author in [8].

In article [9] the regularized trace of a second-order operator whose potential is a Delta function was calculated. Differential operators of odd order with multipoint boundary conditions with summable potential were studied by the author in [10]. Operators of the form (1) - (2) - (3) have not been studied by anyone before.

Asymptotics of solutions of differential equation (1)

Let $\lambda = s^4$, $s = \sqrt[4]{\lambda}$, moreover, that branch of the root for which $\sqrt[4]{1} = +1$ is fixed. Let $\{w_k\}_{k=1}^4$ be the various roots of the fourth degree of unity:

$$w_k^1 = 1, w_k = e^{\frac{2\pi i}{4}(k-1)}, k = 1, 2, 3, 4; w_1 = 1, w_2 = i, w_3 = -1, w_4 = i; \sum_{k=1}^4 w_k^p = 0 (p = 1, 2, 3). \quad (4)$$

The following theorem is proved by the method of variation of arbitrary constants.

Theorem 1. The solution $y(x, s)$ of the functional differential equation (1) is the solution of the following Volterra integral equation:

$$y(x, s) = \sum_{k=1}^4 C_k \cdot e^{aw_k sx} - \frac{1}{4a^3 s^3} \sum_{k=1}^4 w_k \cdot e^{aw_k sx} \int_0^x q(t) \cdot e^{-aw_k st} \cdot y(\beta(t), s) \cdot dt_{ak}. \quad (5)$$

To verify the validity of the statement (5) we obtain using the properties (3) and (4):

$$y'(x, s) = \sum_{k=1}^4 C_k \cdot (aw_k s) \cdot e^{aw_k sx} - \frac{1}{4a^3 s^3} \sum_{k=1}^4 w_k \cdot (aw_k s) \cdot e^{aw_k sx} \cdot \left(\int_0^x \dots \right)_{ak} - \frac{1}{4a^3 s^3} \cdot \sum_{k=1}^4 w_k \cdot e^{aw_k sx} \cdot q(x) \cdot e^{-aw_k sx} \cdot y(\beta(x), s). \quad (6)$$

The last sum in equality (6) is zero by virtue of property (4). Similarly we have:

$$y^{(m)}(x, s) = \sum_{k=1}^4 C_k \cdot (aw_k s)^m \cdot e^{aw_k sx} - \frac{1}{4a^3 s^3} \sum_{k=1}^4 w_k \cdot (aw_k s)^m \cdot e^{aw_k sx} \cdot \left(\int_0^x \dots \right)_{ak}, m = 2; m = 3. \quad (7)$$

Let's differentiate the formula (7) by $m = 3$ for the variable x , substitute the resulting expression and (5) in equation (1), we get the correct equality. So, indeed, the formula (5) of theorem 1 is correct.

Next, we apply the method of successive Picard approximations: find a function $y(\beta(x), s)$ from the formula (5), substitute the resulting expression in (5), and get:

$$y(x, s) = \sum_{k=1}^4 C_k \cdot e^{aw_k sx} - \frac{1}{4a^3 s^3} \cdot \sum_{k=1}^4 w_k \cdot e^{aw_k sx} \cdot \int_0^x q(t) \cdot e^{-aw_k st} \cdot \left[\sum_{n=1}^4 C_n \cdot e^{aw_n s \beta(t)} - \frac{1}{4a^3 s^3} \cdot \sum_{n=1}^4 w_n \cdot e^{aw_n s \beta(t)} \cdot \int_0^{\beta(t)} q(\zeta) \cdot e^{-aw_n s \zeta} \cdot y(\beta(\zeta), s) \cdot d\zeta_{an} \right] \cdot dt_{ak}, x \in [0; \pi]. \quad (8)$$

By opening the brackets in formula (8) and rearranging the terms, we obtain the following statement.

Theorem 2. The general solution of the functionally differentiable equation (1) has the following form:

$$y(x, s) = \sum_{k=1}^4 C_k \cdot y_k(x, s); y^{(m)}(x, s) = \sum_{k=1}^4 C_k \cdot y_k^{(m)}(x, s), m = 1, 2, 3, \quad (9)$$

where $C_k (k=1,2,3,4)$ are arbitrary constants, and for the fundamental system of solutions $\{y_k(x,s)\}_{k=1}^4$ of equation (1) for $|s| \rightarrow +\infty$ the following asymptotic estimates are valid:

$$y_k(x,s) = e^{aw_k sx} - \frac{A_{3k}(x,s)}{4a^3 s^3} + O\left(\frac{e^{|\operatorname{Im} s| ax}}{s^6}\right), k=1,2,3,4, \quad (10)$$

$$y_k^{(m)}(x,s) = (as) \cdot \left\{ w_k^m \cdot e^{aw_k sx} - \frac{A_{3k}^m(x,s)}{4a^3 s^3} + O\left(\frac{e^{|\operatorname{Im} s| ax}}{s^6}\right) \right\}, m=1,2,3; k=1,2,3,4, \quad (11)$$

$$A_{3k}(x,s) = \sum_{n=1}^4 w_n \cdot e^{aw_k sx} \cdot \int_0^x q(x) \cdot e^{a(w_k \cdot \beta(t) - w_n t)s} dt_{akn}, \quad (12)$$

$$A_{3k}^m(x,s) = \sum_{n=1}^4 w_n \cdot (aw_n s)^m \cdot e^{aw_k sx} \cdot \int_0^x q(x) \cdot e^{a(w_k \cdot \beta(t) - w_n t)s} dt_{akn}, m=1,2,3; k=1,2,3,4. \quad (13)$$

$$y_k(0,s) = 1; y_k^{(m)}(0,s) = w_k^m \cdot a^m \cdot s^m; y(0,s) = \sum_{k=1}^4 C_k \cdot 1; y^{(m)}(0,s) = a^m s^m \cdot \sum_{k=1}^4 C_k \cdot w_k^m, \quad (14)$$

$m=1,2,3; k=1,2,3,4.$

Estimates of the form (10)-(11) are obtained similarly to the estimates of the monograph [11, chapter 2].

Study of boundary conditions (2). The presence of formulas (9)-(14) allows us to study the boundary conditions (2). From formula (9) we have:

$$\begin{cases} y^{(m)}(\pi, s) = 0(m=1;3) (=) \sum_{k=1}^4 C_k \cdot y_k^{(m)}(\pi, s) = 0(m=1;3), \end{cases} \quad (15)$$

$$\begin{cases} y^{(m)}(0, s) = 0(m=1;3) (=) \sum_{k=1}^4 C_k \cdot y_k^{(m)}(0, s) = 0(m=1;3). \end{cases} \quad (16)$$

System (15) – (16) is a homogeneous system of four linear equations with four unknowns C_1, C_2, C_3, C_4 . It follows from Kramer's method that such a system has a nonzero solution $\left(\sum_{k=1}^4 C_k^4 \neq 0\right)$ only when its determinant is zero. Therefore, the following statement is true.

Theorem 3. The equation for eigenvalue of the functional differential operator (1) – (2) – (3) has the following form:

$$f(s) = \begin{vmatrix} y_1'(0,s) & y_2'(0,s) & y_3'(0,s) & y_4'(0,s) \\ y_1'''(0,s) & y_2'''(0,s) & y_3'''(0,s) & y_4'''(0,s) \\ y_1'(\pi,s) & y_2'(\pi,s) & y_3'(\pi,s) & y_4'(\pi,s) \\ y_1'''(\pi,s) & y_2'''(\pi,s) & y_3'''(\pi,s) & y_4'''(\pi,s) \end{vmatrix} = 0, \quad (17)$$

and from the formulas (14) it follows that

$$y_k'(0,s) = w_k \cdot as, y_k'''(0,s) = w_k^3 \cdot (as)^3, k=1,2,3,4. \quad (18)$$

Expanding the determinant for $f(s)$ from (17) - (18), first in the fourth row, and then the resulting determinants in the third row, we find:

$$f(s) = (as)^4 \cdot f_1(s) = (as)^4 \cdot [F_{12} \cdot D_{34} - F_{13} \cdot D_{24} + F_{14} \cdot D_{23} + F_{23} \cdot D_{14} - F_{24} \cdot D_{13} + F_{34} \cdot D_{12}] = 0, \quad (19)$$

where the following notation is introduced:

$$F_{km} = \begin{vmatrix} y_k'(\pi, s) & y_m'(\pi, s) \\ y_k'''(\pi, s) & y_m'''(\pi, s) \end{vmatrix}; D_{km} = \begin{vmatrix} w_k & w_m \\ w_k^3 & w_m^3 \end{vmatrix}, k, m \in \{1, 2, 3, 4\}. \quad (20)$$

Using the formulas (4), all coefficients for D_{km} from (20) can be calculated explicitly:

$$D_{12} = -2i = D_{13} = 0; D_{14} = 2i; D_{23} = -2i; D_{24} = 0; D_{34} = -2i. \quad (21)$$

Therefore, the equation (19) - (21) can be rewritten as follows:

$$f_1(s) = F_{12} + F_{14} - F_{23} + F_{34} = 0. \quad (22)$$

Using the formulas (11) - (13), we have:

$$F_{12} = \begin{vmatrix} w_1 e^{aw_1 s \pi} - \frac{A_{31}^1(\pi, s)}{4a^3 s^3} + \underline{O}\left(\frac{1}{s^6}\right) & w_2 e^{aw_2 s \pi} - \frac{A_{32}^1(\pi, s)}{4a^3 s^3} + \underline{O}\left(\frac{1}{s^6}\right) \\ w_1^3 e^{aw_1 s \pi} - \frac{A_{31}^3(\pi, s)}{4a^3 s^3} + \underline{O}\left(\frac{1}{s^6}\right) & w_2^3 e^{aw_2 s \pi} - \frac{A_{32}^3(\pi, s)}{4a^3 s^3} + \underline{O}\left(\frac{1}{s^6}\right) \end{vmatrix} = D_{12} \cdot e^{a(w_1 + w_2)s\pi} - \frac{D_{122}}{4a^3 s^3} \cdot e^{aw_1 s \pi} - \frac{D_{123}}{4a^3 s^3} \cdot e^{aw_2 s \pi} + \underline{O}\left(\frac{1}{s^6}\right), \quad (23)$$

where the notation is introduced:

$$D_{122} = \begin{vmatrix} w_1 & A_{32}^1(\pi, s) \\ w_1^3 & A_{32}^3(\pi, s) \end{vmatrix}, D_{123} = \begin{vmatrix} A_{31}^1(\pi, s) & w_2 \\ A_{31}^3(\pi, s) & w_2^3 \end{vmatrix}. \quad (24)$$

Similarly, it is possible to write out functions F_{14}, F_{23}, F_{34} from (22).

The asymptotics of the eigenvalues of the operator (1) - (2) - (3)

The equation (22) - (24) will be studied by the methods of work [3], [4]. The indicator diagram of this equation (see [12, chapter 12]) is a square $ABCD$, the coordinates of the vertices of this square are as follows: $A(1;1)$, $B(-1;1)$, $C(-1;-1)$, $D(1;-1)$. From the general theory of finding the roots of equation (22) - (24) (see [12, chapter 12]), it follows that the roots are in four sectors of an infinitesimal angles, the bisectors of which are middle-perpendiculars to the sides of the square $ABCD$. Studying the roots of equation (22) - (24) using the methods of works [8], [10], we conclude that the following statement is true.

Theorem 3. Asymptotics of eigenvalues of the functional differential operator

(1) - (2) - (3) in the sector 2) (which corresponds to the segment $[AB]$ of the indicator diagram $ABCD$)) has the following form:

$$s_{k,2} = \frac{i \cdot \tilde{k}}{a} + \frac{d_{3k,2}}{a \tilde{k}_3} + \underline{O}\left(\frac{1}{\tilde{k}^6}\right), \tilde{k} = k + \frac{3}{2}, k \in N. \quad (25)$$

Substituting the formulas (25) into equation (22) - (24), we apply the formulas

(12) – (13) and Taylor's formulas, we equate the coefficients at the same powers \tilde{k} , we calculate the coefficient $d_{3k,2}$ from (25) in explicit form:

$$d_{3k,2} = \frac{i}{8\pi} \left[\int_0^\pi q(t) dt + \int_0^\pi q(t) \cdot \cos((\beta(t) + t) \cdot \tilde{k}) \cdot dt \right], \tilde{k} = k + \frac{3}{2}, k \in N. \quad (26)$$

Formulas similar to formulas (25) - (26) are also valid in other sectors of the indicator diagram $ABCD$:

$$s_{k,m} = s_{k,2} \cdot e^{\frac{\pi i}{2}(m-2)}, m = 3, 4, 1; d_{3k,m} = d_{3k,2}, m = 3, 4, 1. \quad (27)$$

Moreover, the eigenvalues of the functional differential operator (1) - (2) - (3) are found by the following formula:

$$\lambda_{k,m} = s_{k,m}^4, m = 1, 2, 3, 4; k \in N. \quad (28)$$

Conclusion

Using formulas (25) - (28), we can find the asymptotic behavior of the eigenfunctions of the operator (1) - (2) - (3) and solve the question of their completeness and basis property. The proposed method for studying functional differential operators can be transferred to sixth and eighth order operators with summable potential.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Ильин В. А. О сходимости разложений по собственным функциям в точках разрыва коэффициентов дифференциального оператора / В. А. Ильин // Математические заметки. — 1977. — Т. 22. — № 5. — С. 698-723.
2. Гуревич А. П. Операторы дифференцирования первого и второго порядков со знакопеременной весовой функцией / А. П. Гуревич, А. П. Хромов // Математические заметки. — 1994. — Т. 56. — № 1. — С. 653-661.
3. Митрохин С. И. О формулах следов для одной краевой задачи с функционально-дифференциальным уравнением с разрывным коэффициентом / С. И. Митрохин // Дифференциальные уравнения. — 1986. — Т. 22. — № 6. — С. 927-931.
4. Митрохин С. И. О некоторых спектральных свойствах дифференциальных операторов второго порядка с разрывной весовой функцией / С. И. Митрохин // Доклады РАН. — 1997. — Т. 356. — № 1. — С. 13-15.
5. Винокуров В. А. Асимптотика любого порядка собственных значений и собственных функций краевой задачи Штурма—Лиувилля на отрезке с суммируемым потенциалом / В. А. Винокуров, В. А. Садовничий // Известия РАН. Сер.: матем. — 2000. — Т. 64. — № 4. — С. 47-108.
6. Митрохин С. И. Асимптотика собственных значений дифференциального оператора четвёртого порядка с суммируемыми коэффициентами / С. И. Митрохин // Вестник Московского университета. Сер.: матем., мех. — 2009. — № 3. — С. 14-17.
7. Савчук А. М. Операторы Штурма—Лиувилля с сингулярными потенциалами / А. М. Савчук, А. А. Шкаликов // Математические заметки. — 1999. — Т. 66. — № 6. — С. 897-912.
8. Митрохин С. И. О спектральных свойствах одного дифференциального оператора с суммируемыми коэффициентами с запаздывающим аргументом / С. И. Митрохин // Уфимский математический журнал. — 2011. — Т. 3. — № 4. — С. 95-115.
9. Савчук А. М. Регуляризованный след первого порядка оператора Штурма—Лиувилля с δ -потенциалом / А. М. Савчук // УМН. — 2000. — Т. 55. — № 6 (336). — С. 155-156.
10. Митрохин С. И. Об изучении спектра многоточечной краевой задачи для дифференциального оператора нечётного порядка с суммируемым потенциалом / С. И. Митрохин // Математические заметки СВФУ. — 2017. — Т. 24. — № 1. — С. 26-42.
11. Наймарк М. А. Линейные дифференциальные операторы. / М. А. Наймарк // М.: Наука. — 1969. — 528 с.
12. Беллман Р. Дифференциально-разностные уравнения. / Р. Беллман, К. Л. Кук // М.: Мир. 1967. — 548 с.

References in English / Список литературы на английском языке

1. Il'in V. A. O skhodimosti razlozhenij po sobstvennym funkciyam v tochkah razryva koefficientov differencial'nogo operatora [On the convergence of expansions in eigenfunctions at points of discontinuity of the coefficients of a differential operator] / V.A. Il'in. // Matematicheskie zametki [Mathematical notes]. — 1977. — V. 22. — No. 5. — P. 698-723. [in Russian]
2. Gurevich A. P. Operatory differencirovaniya pervogo i vtorogo poryadkov so znakoperemennoj vesovoj funkciej [Operators of differentiation first and second order with an alternating weight function] / A. P. Gurevich, A. P. Khromov // Matematicheskie zametki [Mathematical notes]. — 1994. — V. 56. — No. 1. — P. 3-15. // Math. Notes. — 1994. — Vol. 56, iss. 1, P. 653-661. [in Russian]

3. Mitrokhin S. I. O formulah sledov dlya odnoj kraevoy zadachi s funkcional'no-differencial'nym uravneniem s razryvnym koefitsientom [About formulas for traces for a boundary value problem with functional-differential equation with a discontinuous coefficient] / S. I. Mitrokhin // *Differencial'nye uravneniya*. [Differential equations]. — 1986. — V. 22. — No. 6. — P. 927-931. [in Russian]
4. Mitrokhin S. I. O nekotorykh spektral'nykh svoystvakh differencial'nykh operatorov vtorogo poryadka s razryvnoy vesovoy funkciej [On some spectral properties of differential operators of second order with discontinuous weight function] / S. I. Mitrokhin // *Doklady RAN* [Reports of the Russian Academy of Sciences]. — 1997. — V. 356. — No. 1. — P. 13-15. [in Russian]
5. Vinokurov V. A. Asimptotika lyubogo poryadka sobstvennykh znachenij i sobstvennykh funktsij kraevoy zadachi Shturma—Liuvillya na otrezke s summiruемым potencialom [Asymptotics of an arbitrary order of eigenvalues and eigenfunctions of the Sturm-Liouville boundary value problem on an interval with summable potential] / V. A. Vinokurov, V. A. Sadovnichii // *Izvestiya RAN. Ser.: Math.* — 2000. — V. 64. — No. 4. — P. 47-108. [in Russian]
6. Mitrokhin S. I. Asimptotika sobstvennykh znachenij differencial'nogo operatora chetyvortogo poryadka s summiruемыми koefitsientami [The asymptotics of eigenvalues of the differential operator of the fourth order with summable coefficients] / S. I. Mitrokhin // *Bulletin of Moscow University. Ser.: math., mech.* — 2009. — No. 3. — P. 14-17. [in Russian]
7. Savchuk A. M. Operatory Shturma-Liuvillya s singulyarnymi potencialami [The Sturm-Liouville operators with singular potentials] / A. M. Savchuk, A. A. Shkalikov // *Mathematical notes*. — 1999. — V. 66. — No. 6. — P. 897-912. [in Russian]
8. Mitrokhin S. I. O spektral'nykh svoystvakh odnogo differencial'nogo operatora s summiruемыми koefitsientami s zapazdyvayushchim argumentom [On the spectral properties of a differential operator with summable coefficients with retarded argument] / S. I. Mitrokhin // *Ufa Mathematical Journal*. — 2011. — V. 3. — No. 4. — P. 95-115. [in Russian]
9. Savchuk A. M. Regularizovannyj sled pervogo poryadka operatora Shturma-Liuvillya s δ -potencialom [Regularized trace of the first order of the Sturm-Liouville operator with δ -potential] / A. M. Savchuk // *Uspekhi Math.* — 2000. — V. 55. — №6 (336). — P. 155-156. [in Russian]
10. Mitrokhin S. I. Ob izuchenii spektra mnogotochechnoj kraevoy zadachi dlya differencial'nogo operatora nechyotnogo poryadka s summiruемым potencialom [On the study of the spectrum of a multipoint boundary value problems for a differential operator of odd order with summable potential] / S. I. Mitrokhin // *Matematicheskie zametki SVFU* [Mathematical notes of North-Eastern Federal University]. — 2017. — V. 24. — No. 1. — P. 26-42. [in Russian]
11. Naimark M. A. Linejnye differencial'nye operatory [Linear differential operators]. / M. A. Naimark // *M.: Science*. — 1969. — 528 p. [in Russian]
12. R. Bellman. Differencial'no-raznostnye uravneniya [Differential-difference equations]. / R. Bellman, K. L. Kuk // *M.: Mir*. 1967. — 548 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.003>**О ПРИБЛИЖЕННОМ РЕШЕНИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ФЕРХЮЛЬСТА ВТОРОГО ПОРЯДКА**

Научная статья

Михеев А.В.*

ORCID: 0000-0001-5953-0346,

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (artem.v.miheev[at]gmail.com)

Аннотация

В данной работе рассматривается вопрос численного интегрирования дифференциального уравнения Ферхюльста второго порядка с заданными начальными условиями. Для этой цели используется два вида приближенных вычислений: расчёты в программе MathCAD (функция Odesolve) и представление решения в виде ряда Тейлора в окрестности точки, соответствующей начальным условиям. На основе рассматриваемого тестового примера проводится сравнение приближенных данных с точным решением уравнения. Полученные результаты представлены в аналитической и графической формах.

Ключевые слова: модель Ферхюльста, дифференциальные уравнения, динамические системы, численное моделирование.

ABOUT APPROXIMATE SOLUTION OF THE SECOND ORDER FERHULST EQUATION

Research article

Mikheev A.V.*

ORCID: 0000-0001-5953-0346,

St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI," St. Petersburg, Russia

* Corresponding author (artem.v.miheev[at]gmail.com)

Abstract

In this paper, the author considers the issue of numerical integration of the second-order Verhulst differential equation with given initial conditions. Two types of approximate calculations are used for this purpose: calculations in the MathCAD program (Odesolve function) and representing the solution as a Taylor series in a neighborhood of a point corresponding to the initial conditions. Based on the test case in question, approximate data are compared with the exact solution to the equation. The results are presented in analytical and graphical forms.

Keywords: Verhulst model, differential equations, dynamical systems, numerical simulation.

Введение

Функция Ферхюльста была впервые предложена в работе [1] в качестве модели, описывающей процесс ограниченного экспоненциального роста. Данная модель находит широкое применение во множестве областей, таких как прикладная математика, биология, социология и т.д. Её общее представление имеет вид

$$y(t) = \frac{ky_0 e^{mt}}{k - y_0 + y_0 e^{mt}} \quad (1)$$

В работе [2] были рассмотрены функции Ферхюльста вида

$$Y_i(t) = \frac{ke^{\lambda_i t}}{k - 1 + e^{\lambda_i t}}, \quad i = 1, 2 \quad (2)$$

удовлетворяющие начальным условиям $Y_i(0) = 1$, $i = 1, 2$ и ограниченные сверху горизонтальной асимптотой $y = k$. Функции $Y_i(t)$ являются элементами фундаментальной системы решений (ФСР) линейного дифференциального уравнения (ЛДУ) второго порядка с переменными коэффициентами:

$$Y''(t) + R(t)Y'(t) + S(t)Y(t) = 0 \quad (3)$$

При этом коэффициенты $R(t)$, $S(t)$ выражаются через функции ФСР согласно формулам:

$$S(t) = \frac{\Delta_0(t)}{\Delta_2(t)}, \quad R(t) = \frac{\Delta_1(t)}{\Delta_2(t)} \quad (4)$$

где

$$\Delta_0(t) = \begin{vmatrix} Y_1'(t) & Y_2'(t) \\ Y_1''(t) & Y_2''(t) \end{vmatrix}, \quad \Delta_1(t) = - \begin{vmatrix} Y_1(t) & Y_2(t) \\ Y_1''(t) & Y_2''(t) \end{vmatrix}, \quad \Delta_2(t) = \begin{vmatrix} Y_1(t) & Y_2(t) \\ Y_1'(t) & Y_2'(t) \end{vmatrix} \quad (5)$$

В работе [3] автором была исследована зависимость частных решений уравнения (3) от вида начальных условий. Были обнаружены три вида решений: функции с двумя экстремумами, с одним экстремумом, а также монотонные функции.

Цель данной работы – рассмотреть два способа приближенного решения уравнения (3): при помощи разложения в степенной ряд по формуле Тейлора ([4]) и посредством функции Odesolve программного пакета MathCAD ([5]), а также сравнить полученные результаты с точным решением, представленным в виде линейной комбинации функций ФСР вида (2).

Численное интегрирование ЛДУ с помощью ряда Тейлора

Пусть имеется ЛДУ вида (3) с начальными условиями:

$$Y(0) = a, \quad Y'(0) = b \quad (6)$$

Тогда его частное решение, соответствующее начальным условиям (6), может быть представлено в виде степенного ряда:

$$Y(t) = U_0 + U_1 t + U_2 t^2 + U_3 t^3 + \dots + U_n t^n + o(t^n) \quad (7)$$

где

$$U_i = \frac{Y^{(i)}(0)}{i!}, \quad i = 1..n \quad (8)$$

В дальнейших вычислениях мы ограничимся нахождением коэффициентов ряда (7) до третьей степени включительно. Из уравнения (3) и начальных условий (6) имеем:

$$\begin{aligned} Y(0) &= a, \quad Y'(0) = b, \quad Y''(0) = -R(0) \cdot b - S(0) \cdot a \\ Y'''(0) &= -R(0)Y''(0) - R'(0)Y'(0) - S(0)Y'(0) - S'(0)Y(0) \end{aligned} \quad (9)$$

Из (4), (8), (9) мы получаем выражения для коэффициентов ряда (7) через параметры k, λ_1, λ_2 :

$$\begin{aligned} U_0 &= a, \quad U_1 = b, \quad U_2 = \frac{(k-2)(a\lambda_1\lambda_2(1-k) + bk(\lambda_1 + \lambda_2))}{2k^2}, \\ U_3 &= \frac{(k^2 - 6k + 6)(a\lambda_1\lambda_2(\lambda_1 + \lambda_2)(1-k) + bk(\lambda_1^2 + \lambda_1\lambda_2 + \lambda_2^2))}{6k^3} \end{aligned} \quad (10)$$

Численное интегрирование ЛДУ в MathCAD

Для приближенного решения ЛДУ в Mathcad предусмотрена функция **Odesolve(t,p)**, **t:=0,s..p** где t – переменная, по которой производится интегрирование; p – верхняя граница, до которой проводится расчёт приближенного решения; s – шаг (расстояние между соседними точками, в которых находится значение решения). Начальные условия и само дифференциальное уравнение должны быть определены в блоке **Given**. На рисунке 1 приводится программный фрагмент, соответствующий решению уравнения (3) со следующими значениями:

$$s = 0.01, \quad p = 5, \quad \lambda_1 = 1, \quad \lambda_2 = 2, \quad k = 10, \quad a = 0, \quad b = 1 \quad (11)$$

Given

$$y''(t) + r(t) \cdot y'(t) + s(t) \cdot y(t) = 0$$

$$y(0) = 0$$

$$y'(0) = 1$$

$$Y := \text{Odesolve}(t, 5) \quad t := 0, 0.01 \dots 5$$

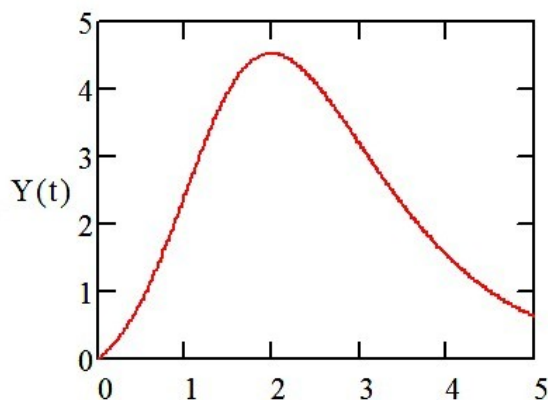


Рис. 1 – Приближенное решение уравнения Ферхюльста в пакете MathCAD

Сравнительный анализ

На рисунке 2 представлены графики точного решения ($Z(t)$) ЛДУ (3) со значениями параметров (11) и двух видов его приближенного решения: полученного интегрированием в MathCAD ($Y(t)$) и разложением в ряд Тейлора до третьей степени ($U(t)$). Как видно из графиков, между точным решением и приближенным решением в программе MathCAD не имеется значимых расхождений. Что касается ряда Тейлора, как и следовало ожидать, при возрастании параметра t мы наблюдаем существенное увеличение абсолютной погрешности $AU(t)$ приближенного решения. Её зависимость от параметра t приводится на рисунке 3.

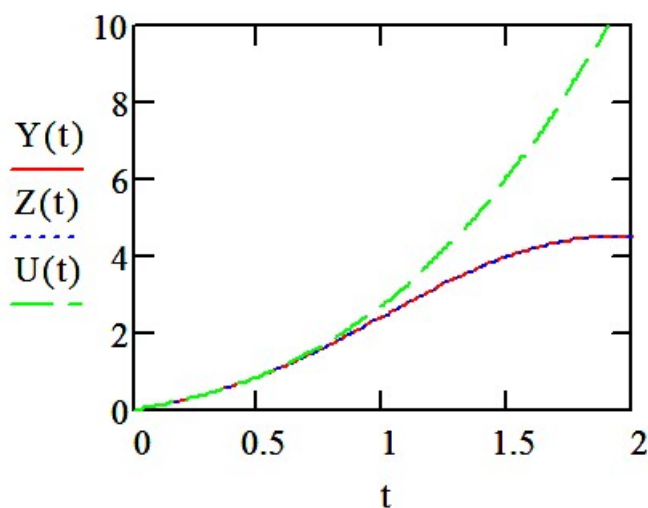


Рис. 2 – Графики точного и приближенного решений уравнения Ферхюльста

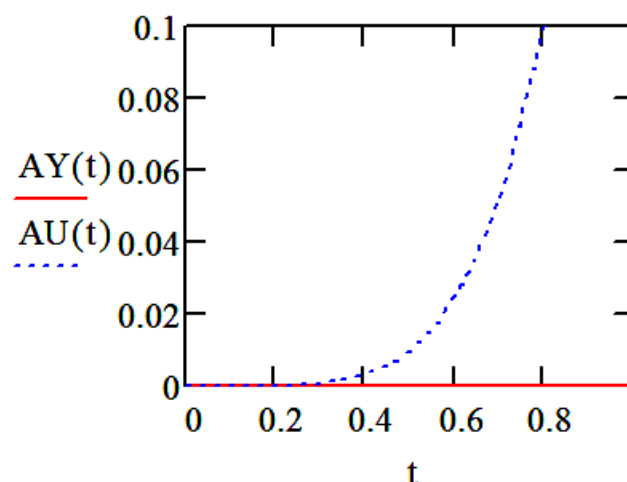


Рис. 3 – Графики абсолютной погрешности приближенных решений уравнения Ферхюльста по отношению к точному решению

Заключение

Полученные результаты показывают, что приближенное решение в MathCAD для рассматриваемого типа уравнений является наиболее оптимальным с практической точки зрения. Недостатком данного способа решения является то обстоятельство, что пакет символьных вычислений MathCAD не позволяет получить требуемое решение в аналитической форме. Что касается использования разложения Тейлора, оно предоставляет требуемую точность лишь в малой окрестности точки начальных условий. Увеличение количества слагаемых, предоставляя лучшее приближение, позволяет повысить точность вычислений, однако из-за увеличения громоздкости выражения $U_i(k, a, b, \lambda_1, \lambda_2)$ в (10) с ростом числа слагаемых затрудняется получение общего аналитического выражения коэффициентов через параметры, участвующие в исходной задаче.

Конфликт интересов

Не указан

Conflict of Interest

None declared

Список литературы / References

1. Verhulst P. F. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement / P. F. Verhulst // Corresp. Math et Phys. – 1838. – №10. – P. 113–121.
2. Михеев А. В. О динамических моделях типа Ферхюльста, описываемых линейными дифференциальными уравнениями второго порядка / А. В. Михеев // Теория. Практика. Инновации. – 2017. – № 9 (21). – С. 29–33.
3. Михеев А. В. Исследование зависимости частных решений уравнения Ферхюльста второго порядка от начальных условий / А. В. Михеев // Теория. Практика. Инновации. – 2018. – № 8 (32). – С. 12–18.
4. Данилина Н. И. Вычислительная математика / Н. И. Данилина // – М. : Высшая школа, 1985. – 472 с.
5. Щенникова Е. В., Пучкова Е. Н. Вычислительный практикум в среде MathCAD / Е. В. Щенникова, Е. Н. Пучкова // – Саранск : ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева", 2010.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Verhulst P. F. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement / P. F. Verhulst // Corresp. Math et Phys. – 1838. – №10. – P. 113–121.
2. Mikheev A. V. O dinamicheskikh modelyakh tipa Ferhyul'sta, opisyyvaemykh linejnymi differencial'nymi uravneniyami vtorogo poryadka [On dynamic models of the verhulst type described by the second order linear differential equations] / A. V. Mikheev // Theory. Practice. Innovations. – 2017. – № 9 (21). – P. 29–33. [in Russian]
3. Mikheev A. V. Issledovanie zavisimosti chastnykh reshenij uravneniya Ferhyul'sta vtorogo poryadka ot nachal'nykh uslovij [The dependence of particular solutions of the second order verhulst equation from the initial conditions] / A. V. Mikheev // Theory. Practice. Innovations. – 2018. – № 8 (32). – P. 12–18. [in Russian]
4. Danilina N. I. Vychislitel'naya matematika [Computational mathematics] / N. I. Danilina, N. S. Dubrovskaya // – Moscow : High school, 1985. – 472 p. [in Russian]
5. Shennikova E. V. Vychislitel'nyj praktikum v srede MathCAD [Computing workshop in MathCAD environment] / E. V. Shennikova, E. N. Puchkova // – Saransk : FGBOU VPO "National Research Mordovian State University named after M.V. Lomonosov N. P. Ogarev", 2010. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.004>**УСИЛЕНИЕ ЯДЕРНЫХ МАГНИТОСТАТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В ФЕРРОМАГНЕТИКАХ**

Научная статья

Борич М.А.¹, Савченко С.П.^{2,*}^{1,2} Институт физики металлов им. М.Н.Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия

* Корреспондирующий автор (sergeysavch[at]mail.ru)

Аннотация

В работе рассмотрена задача о связанных электронно-ядерных колебаниях в ферромагнитных образцах сфероидальной формы, имеющих частоты в окрестностях ферромагнитного и ядерного магнитного резонанса. Динамика спиновых волн в указанном диапазоне частот описывается в рамках феноменологической модели, рассматриваемые колебания относятся к магнитостатическим волнам и удовлетворяют магнитостатическим граничным условиям. Спектр колебаний представляет собой дискретный набор собственных мод, частоты некоторых из них получены аналитически. Рассчитан коэффициент усиления магнитного поля, действующего на ядерную подсистему. Исследованы зависимости коэффициента усиления от формы ферромагнетика и собственных частот.

Ключевые слова: электронно-ядерные колебания, магнитный резонанс, ферромагнетики, коэффициент усиления.

AMPLIFICATION OF NUCLEAR MAGNETOSTATIC OSCILLATIONS IN FERROMAGNETS

Research article

Borich M.A.¹, Savchenko S.P.^{2,*}^{1,2} M.N. Miheev Institute of Metal Physics of UB RAS, Ekaterinburg, Russia

* Corresponding author (sergeysavch[at]mail.ru)

Abstract

The paper is devoted to the problem of coupled electron-nuclear oscillations in ferromagnets of spheroidal shape with the frequencies in the vicinity of ferromagnetic and nuclear magnetic resonance. In this case, the spin-wave dynamic is described in the framework of the phenomenological model, the considered oscillations are the magnetostatic waves and satisfy the magnetostatic boundary conditions. The spectrum of oscillations represent a discrete set of eigenmodes, and the frequencies of some of them are obtained analytically. The amplification factor of magnetic field acting to the nuclear subsystem is calculated. The dependencies of amplification factor on the shape of a ferromagnetic sample and on the eigenfrequencies are investigated.

Keywords: electron-nuclear oscillations, magnetic resonance, ferromagnets, amplification factor.

Introduction

The paper is devoted to a detailed analytical investigation of the problem of coupled electron-nuclear magnetostatic oscillations in magnetic materials. The problem of magnetostatic waves propagation in a finite sample was firstly described by L.R.Walker [1]. It was shown that in a sample of spheroidal shape, spectrum of magnetostatic waves splits into a set of discrete modes due to the boundary conditions and this splitting is described by a specific algebraic equations. The problem of coupled electron-nuclear waves in magnetic materials also has been the object of investigation since the 70th of the XXth century [2]. It was shown that some peculiarities of spin wave dynamics occur in the vicinity of nuclear magnetic resonance (NMR) frequencies. Firstly, NMR frequency in magnetic solids is defined mainly by local magnetization, the value of which can differ significantly from external magnetic field. Secondly, resonance transitions of nuclear spins are induced mainly by variable part of electronic magnetization. Small perturbing field produces quite a big oscillations of hyperfine field, which is proportional to the dynamic part of electronic susceptibility at the NMR frequency. This phenomenon is described as the effect of amplification of magnetic field (the order of amplification coefficient usually is about $10 - 10^3$). Thirdly, at low temperatures, the indirect Suhl-Nakamura interaction (SNI) between nuclear spins plays an important role in magnetic dynamics [3]. It effects in substantial broadening of NMR line and in dynamic frequency shift, the value of which depends on the temperature and on the amplitude of nuclear magnetization. The broadening of NMR line and frequency pulling produce specific features in the system dynamics. For example, as it was shown in [4], [5], the relaxation in nuclear subsystem can be produced through relaxation in electronic subsystem. In this case the absolute value of nuclear magnetization remains constant and hence, the relaxation differs from the Bloch type.

Methods

In present article, the homogeneous oscillations of spins in a ferromagnetic sample of spheroidal shape are investigated. Nuclear and electronic spin subsystems are coupled via hyperfine interaction, and the sample's shape is taken into account through the demagnetization tensor and magnetostatic boundary conditions. The investigated problem includes two important parts: 1) equations of dynamics for the magnetic moments in electronic and nuclear subsystems have to be solved and 2) boundary conditions for a spheroidal sample have to be taken into account. In the framework of the phenomenological description, the energy of the system is given by

$$\mathcal{H} = \mathcal{H}_0 + A_0(\mathbf{M} \cdot \mathbf{m}) - H_0(M_z + m_z) - h_x(M_x + m_x) - h_y(M_y + m_y) - M_z H_A + \frac{1}{2} [N_{\perp}(M_x + m_x)^2 + N_{\perp}(M_y + m_y)^2 + N_{\parallel}(M_z + m_z)^2] \quad (1)$$

Here, \mathbf{M} and \mathbf{m} are the magnetization vectors of electronic and nuclear subsystems, respectively, \mathcal{H}_0 describes constant energy term, A_0 is the hyperfine constant, h_x, h_y, H_0 are the external field (\mathbf{H}) components, H_A is the easy-axis anisotropy field, N_\perp and N_\parallel are the transverse and longitudinal components of demagnetization tensor of a spheroid – they depend on the relation of spheroid's semi-axes. The energy of the ferromagnet (1) determines the effective fields $H_e^{eff} = -\partial\mathcal{H}/\partial\mathbf{M}$ and $H_n^{eff} = -\partial\mathcal{H}/\partial\mathbf{m}$, acting to the electronic and nuclear subsystems. These fields are employed in the equations of magnetic moment dynamics for the subsystems:

$$\frac{d\mathbf{M}}{dt} = -|\gamma_e|[\mathbf{M} \times \mathbf{H}_e^{eff}], \quad \frac{d\mathbf{m}}{dt} = \gamma_n[\mathbf{m} \times \mathbf{H}_n^{eff}] \quad (2)$$

The dissipation is supposed to be negligible here, since it does not have principal effect to the considered problem. To look for solutions for the case of resonance Larmor precession, it is necessary to suppose $\mathbf{M}, \mathbf{m} = \mathbf{M}_0, \mathbf{m}_0 e^{-i\omega t}$. In this case, the linear approximation of equations (2) allows us to obtain the magnetic susceptibility tensor for coupled electron-nuclear oscillations and, thus, solve the first part of the problem. As for the second part, the finiteness and the shape of the sample are taken into account by Maxwell equations in magnetostatic approximation:

$$\nabla \cdot (\mathbf{H} + 4\pi\mathbf{M}) = 0, \quad \mathbf{H} = \nabla\psi, \quad \mathbf{M} = \hat{\chi}\mathbf{H}, \quad \mathbf{B}_n^{in} = \mathbf{B}_n^{out}, \quad \mathbf{H}_\tau^{in} = \mathbf{H}_\tau^{out} \quad (3)$$

Here ψ is the magnetostatic potential, and $\hat{\chi}$ designates the magnetic susceptibility tensor, which constitutes the sum of electronic and nuclear susceptibility tensors. Equations (3) can be written in further form for regions outside and inside the sample, respectively:

$$\Delta\psi = 0, \text{ outside the spheroidal sample} \quad (4)$$

$$(1 + 4\pi\chi_{xx})\left(\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2}\right) + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2} = 0, \text{ inside the spheroidal sample} \quad (5)$$

In accordance with magnetostatic boundary conditions, the continuousness of tangential component of magnetic field leads to the continuousness of ψ . The finite solutions of Eq. (5) satisfying this condition are expressed in terms of the associated Legendre polynomials P_n^m and Q_n^m of the first and second kinds. Thus, the solutions are numerated by the pair of indexes (n, m) . The continuousness of normal component of magnetic induction leads to the algebraic equation with respect to ω :

$$\xi \frac{1}{Q_n^m(\xi)} \frac{\partial Q_n^m(\xi)}{\partial \xi} + im\mu_{xy} \frac{b^2}{a^2} - S \frac{1}{P_n^m(S)} \frac{\partial P_n^m(S)}{\partial S} = 0 \quad (6)$$

Where a, b are the semi-axes of ellipsoid of revolution, $\xi^2 = (1 - a^2/b^2)^{-1}$, $S^2(\omega) = \mu_{xx}(\mu_{xx} - a^2/b^2)^{-1}$ is the value that is determined by the frequency, $\mu_{xy} = 4\pi\chi_{xy}$, and $\mu_{xx} = 1 + 4\pi\chi_{xx}$ are the permeability tensor components. The solutions of characteristic equation (6) represent the resonance frequencies for coupled electron-nuclear oscillations in external magnetic field.

Results

The solutions of equation (6) can be analytically obtained for $m=n$ and $m=n-1$ cases. The general properties of the problem can be demonstrated with these analytically-described solutions of the equation. For these solutions, the eigenfrequencies ω are given by

$$\omega_{1,2} = \frac{1}{2}[\omega_n^b - \omega_e^b \pm ((\omega_n^b + \omega_e^b)^2 - 4|\gamma_e|\gamma_n m_z M_z (A_0 + N_\perp + \Omega_n^m)^2)^{\frac{1}{2}}] \quad (7)$$

and are determined by the shape of the sample and the indexes (n, m) . Here “+” and “-” signs correspond to nuclear and electronic solutions, respectively. Other designations are as follows:

$$\begin{aligned} \omega_n^b &= \omega_n + \gamma_n m_z \Omega_n^m = \gamma_n [H_0 - m_z (N_\parallel - N_\perp - \Omega_n^m) - M_z (A_0 + N_\parallel)] \\ \omega_e^b &= \omega_e + |\gamma_e| M_z \Omega_n^m = |\gamma_e| [H_0 + H_A - M_z (N_\parallel - N_\perp - \Omega_n^m) - m_z (A_0 + N_\parallel)] \\ \Omega_n^m &= 4\pi n / (n + \frac{1-\xi^2}{\xi} \frac{1}{Q_n^m(\xi)} \frac{\partial Q_n^m(\xi)}{\partial \xi}) \\ \Omega_n^{n-1} &= 4\pi(n-1) / (\frac{n\xi^2-1}{\xi^2} + \frac{1-\xi^2}{\xi} \frac{1}{Q_n^{n-1}(\xi)} \frac{\partial Q_n^{n-1}(\xi)}{\partial \xi}) \end{aligned}$$

Meanwhile, Eq. (2) allows us to obtain uniform resonance frequency without taking into account the boundary conditions:

$$\omega_{1,2} = \frac{1}{2}[\omega_n - \omega_e \pm ((\omega_n + \omega_e)^2 - 4|\gamma_e|\gamma_n m_z M_z (A_0 + N_\perp)^2)^{\frac{1}{2}}] \quad (8)$$

The comparison of (7) and (8) shows that the boundary conditions renormalize demagnetization factor ($N_{\perp} \rightarrow N_{\perp} + \Omega_n^m$), i.e. the frequency-dependent demagnetization factors $N_{\perp}(n, m, \xi)$ can be introduced. Note that (1,1) oscillation corresponds to the homogeneous ferromagnetic resonance (FMR) and the equality $\Omega_1^1 = N_{\perp}$ is fulfilled for any shape of the ellipsoid. Thus, the shape dependence of the FMR frequency can be represented via one of three parameters: Ω_1^1 , N_{\perp} or N_{\parallel} .

As it was mentioned, the behavior of nuclear spins in a ferromagnetic material is determined not just by an external field, but also by the effective field that appears due to exchange and hyperfine interactions. The effective field may exceed the external field by 2 or 3 orders of magnitude. The coefficient η designating the relation between the effective field acting to the nuclear subsystem and external perturbing field ($H_{\text{nuc}} \sim \eta h$) is called the amplification factor [2], and it is important to consider the shape dependence of this most important parameter of oscillations. The amplification factor in our problem is given by

$$\eta(n, m, \xi) \approx \frac{M_z A_0}{H_0 + H_A - M_z(N_{\parallel} - N_{\perp} - \Omega_n^m)} \quad (9)$$

We estimated the value of η for MnFe_2O_4 compound, the material parameters of which are known: A_0 has the order 10^3 , H_A and M_z have the order 10^3 Oe, $m_z A_0 \sim 10^1$ Oe [6]. Eq. (9) coincides with “non-magnetic” amplification coefficient presented in [2]. This coefficient is strongly dependent on the shape and the type of oscillations, it has the order of magnitude $\sim 10^2$. The calculation of η shows that the more oblate our sample is, the bigger the amplification is. Amplification coefficient for (n,n-1)-oscillations is bigger than that for (n,n). Additionally, the bigger the indexes are, the smaller the amplification is. This statement is correct both for (n,n)- and (n,n-1)-series of eigenfrequencies. Some values of amplification coefficient for MnFe_2O_4 are presented in Table 1.

Table 1 – Amplification coefficients for various shapes and different indexes n, m

$H_0=1500$ Oe	a/b=0.5 (oblong spheroid)	a/b=1 (sphere)	a/b=2 (oblate spheroid)
$\eta(1,1)$	87	130	342
$\eta(2,2)$	83	116	265
$\eta(3,3)$	82	113	237
$\eta(2,1)$	96	165	807
$\eta(3,2)$	88	141	511

The presented results were obtained by employing the dynamic equations without the dissipation terms. Taking them into account leads to a more complicated representation of permeability tensor, but does not change significantly the characteristic equation, and it still possesses analytical solutions for $m=n$ and $m=n-1$ cases. The shift of eigenfrequencies due to the dissipation has the second order of magnitude relative to dissipation parameters. The change of the amplification factor due to the dissipation is also second-order effect therefore. It allows us to argue that (at least small) dissipation does not change our principal results.

Conclusion

In this paper, some new features in the problem of coupled electron-nuclear oscillations in ferromagnets of spheroidal shape have been obtained. The main results of this paper are compiled as follows:

1. The eigenmodes of coupled electron-nuclear oscillations in ferromagnets of spheroidal shape represent a discrete set. They are expressed through the associated Legendre polynomials and numerated by a pair of indexes (n,m).
2. For eigenfrequencies with $m=n$ and $m=n-1$, it was defined that the boundary conditions due to the finiteness of the sample lead to the renormalization of transverse component of demagnetization tensor as follows: $N_{\perp} \rightarrow N_{\perp} + \Omega_n^m$. Other kinds of magnetostatic oscillations renormalize N_{\perp} and N_{\parallel} in a more complicated way.
3. The effective field acting to the nuclear subsystem from the electronic one significantly depends on the shape of the sample and on the eigenfrequency, i.e. (1) amplification factor depends on the the shape of the sample, and (2) different eigenmodes have the different amplification factors, and the difference may be significant.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Функция», № АААА-А19-119012990095-0) и проекта ИФМ УРО РАН № 18-10-2-37.

Конфликт интересов

Не указан.

Funding

The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme “Function” No. АААА-А19-119012990095-0) and UB RAS project No.18-10-2-37.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Walker L.R. Magnetostatic Modes in Ferromagnetic Resonance / L.R.Walker // Physical Review. – 1957. – V.105. – №1. – P. 390–399.
2. Turov E. Nuclear Magnetic Resonance in Ferro- and Antiferromagnets / Turov E., Petrov M. – New York, Halstead Press, 1972. – 206 p.
3. De Gennes P.G. Nuclear Magnetic Resonance Modes in Magnetic Material. I Theory / de Gennes P.G., Pinkus P.A., Hartman-Boutron F. and others // Physical Review. – 1963. – V.129. – №3. – P.1105–1115.
4. Borich M. Nuclear magnetic relaxation induced by the relaxation of electron spins / Borich M., Bunkov Y., Kurkin M., Tankeyev A. // JETP Letters. – 2017. – V.105. – № 1. – P.23–27.

5. Abdurakhimov L. Nonlinear NMR and magnon BEC in antiferromagnetic materials with coupled electron and nuclear spin precession / Abdurakhimov L., Borich M., Bunkov Y. and others // Physical Review B .– 2018 .– V.97 .– 024425 .– P. 1-11.
6. Blocker T.G. Coupled Electron-Nuclear Magnetostatic Modes in Magnetic Materials / T.G. Blocker, III // Physical Review. – 1967. – V.154. – № 2. – P. 446–447.
7. Nakamura T. Indirect Coupling of Nuclear Spins in Antiferromagnet with Particular Reference to MnF_2 at Very Low Temperatures / T.Nakamura // Progress in Theoretical Physics. –1957. – V.20. –№4. –P.542-552
8. Fletcher P.C. Ferrimagnetic Resonance Modes in Spheres / P.C.Fletcher and R.O.Bell // Journal of applied physics. – 1957. –V.30. –№ 5. –P.687-698
9. A.G.Heeger, Mn^{55} nuclear magnetic resonance in manganese ferrite / A. J. Heeger, S. K. Ghosh, T. G. Blocker, III // Journal of applied physics. –1963. –V.34. –№ 4. –P.1034-1035
10. King A.R. Nuclear Magnons and nuclear magnetostatic modes in MnF_2 / A.R.King, V.Jaccarino, S.M.Rezende // Physical Review Letters.–1976. –V.37. –№9 . –P.533-536

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.005>

КВАЛИФИКАЦИЯ КОМАНДЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА НЕФТЯНОЙ ОТРАСЛИ – ОБЪЕКТ ПРОБЛЕМЫ БУДУЩИХ ЛЕТ

Научная статья

Блинов А.Ю. *

ORCID: 0000-0001-5852-8527,

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, Россия

* Корреспондирующий автор (89225041068[at]ya.ru)

Аннотация

В приведенной статье рассматривается проблема дефицита сотрудников для работы в команде строительного проекта на примере нефтяной отрасли. Изложено мнение руководителя служебного подразделения нефтяной компании. Приведена статистика и прогноз развития строительной отрасли и задействованного в ней населения России. Также изучены отчеты контролирующих органов по выявленным замечаниям в нефтяной отрасли. По итогу был сделан вывод о недостаточной квалификации членов команд проектов и недостаточной системе поддержания квалификации сотрудников, организующих строительство объектов нефтяной промышленности. Предложен метод поддержания квалификации команды проекта.

Ключевые слова: строительство; квалификация; команда; проект; дефицит; статистика; нефтяная отрасль.

QUALIFICATION OF CONSTRUCTION PROJECT TEAM IN OIL INDUSTRY – PROBLEM OBJECT OF FUTURE YEARS

Research article

Blinov A.Yu. *

ORCID: 0000-0001-5852-8527,

Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Russia

* Corresponding author (89225041068[at]ya.ru)

Abstract

This article considers the problem of the shortage of employees to work in construction project teams on the example of oil industry. The paper presents the opinion of the head of the service unit of an oil company. The statistics and forecast for the development of the construction industry and the population of Russia involved in it are presented as well. The reports of regulatory authorities on identified observations in the oil industry are also examined. As a result, it was concluded that there was insufficient qualification of project team members and an insufficient system for maintaining the qualifications of the staff organizing the construction of oil industry facilities. The method for maintaining the qualifications of the project team is proposed in the paper.

Keywords: construction; qualification; team; project; deficiency; statistics; oil industry.

Введение

В строительстве понятие проект - это целенаправленное, заранее проработанное и запланированное создание или модернизация физических объектов, технологических процессов, технической и организационной документации для них, материальных, финансовых, трудовых и иных ресурсов, а также управленческих решений и мероприятий по их выполнению [1]. Такие проекты сложны сами по себе: необходимо организовать работу нескольких участников – инвесторы, проектные, строительные, экспертные организации, государственные контролирующие органы, землевладельцы, лаборатории и многие другие. В таких проектах задействуется большое количество людей и от их квалификации зависит результат и сроки реализации проекта.

В настоящее время в России может наблюдаться дефицит квалифицированных кадров в строительстве. Помимо поиска и набора специалистов в команду проекта, необходимо эту команду организовать, управлять ей и поддерживать квалификацию её участников. Но, если гражданское строительство является наиболее распространенным и отработанным в плане организации, то в нефтяной отрасли, в связи с постоянным развитием технологий добычи, транспортировки и переработки нефти, является более сложной областью строительства. Несмотря на простое и однотипное наименование объектов, типовые проекты в нефтяной отрасли не могут быть сформированы. Причинами являются: удаленность объектов друг от друга и от инженерной инфраструктуры; различные инженерные условия территории, от которой зависит техническое решение проекта; различные характеристики жидкостей, транспортирующихся по трубопроводам; постоянное развитие технологий по повышению эффективности объектов и снижению их экономических затрат.

Поскольку при строительстве на объектах нефтяной отрасли получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются опасные вещества; используется оборудование, работающее под избыточным давлением; ведутся горные работы; строятся и работают объекты электросетевого хозяйства, то эти объекты являются объектами повышенной опасности. Понятие опасный производственный объект (далее по тексту ОПО) закреплено в Градостроительном кодексе Российской Федерации и Федеральном законе от 21.07.1997 N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

В связи с этим к квалификации команды строительного проекта в нефтяной отрасли, по сравнению с гражданским строительством, предъявляются повышенные требования как в плане промышленной безопасности, так и в плане проектирования и строительства.

Проблема квалификации кадров в строительстве

Руководители многих строительных организаций могут ответить, что проблем с кадрами в наше время нет, т.к. в преобладающем большинстве организаций имеется отдел кадров, подбирающий сотрудников самостоятельно или при содействии кадровых агентств, которые подберут сколько угодно специалистов и рабочих. А если принятый работник не подходит, то подберут нового. В 2018 г. текучесть кадров в строительстве может достигать до 35%, т.е. если в организации работает 300 человек, то на протяжении года 105 человек уволили и столько же приняли [12]. В г. Тюмень имеется организация, осуществляющая услуги по строительному контролю, при потребности 9 человек административного персонала и 42 человек специалистов по строительному контролю в 2017 г. приняла по срочному трудовому договору на работу и уволила 60 человек.

Столь серьезная текучесть кадров не позволяет организациям формировать команду единомышленников и формировать преемственность поколений специалистов.

Вопрос о текучести кадров в строительстве и возможном снижении уровня квалификации и количества специалистов в будущем был задан Журавлёву Д.А. – начальнику управления капитального строительства ООО «УДС нефть» в г. Ижевск. Респондент имеет девятнадцатилетний опыт работы в проектировании, экспертизе и организации строительства.

Журавлев Д.А. отметил, что дефицита кадров на данный момент не наблюдается, но квалифицированных кадров в проектных и строительных организациях очень не хватает. При этом, у строительных организаций имеет место сильная текучка кадров как рабочих, так и инженерных специальностей, в то время как в проектных организациях текучка не значительна. А в организациях, выполняющих функции заказчика, сотрудники держатся за свои рабочие места. По словам Журавлёва Д.А., работник должен отработать на одном месте в фирме не менее 1,5 лет, чтобы начать разбираться в своей профессии как специалист и не менее 3 лет, чтобы происходила передача опыта вновь прибывшим. Подмечена необходимость дополнительно обучать новых сотрудников знаниям по требованиям нормативных документов в области проектирования и строительства, а также потребность отправлять подчиненных на различные семинары не реже 1 раза в год для актуализации знаний. В ходе ответа Журавлёв Д.А. пришел к выводу, что в связи с постоянными изменениями в законодательных и нормативных документах сотрудникам необходимо не реже 1 раза в месяц заниматься изучением изменений. Исходя из своего опыта, Журавлёв Д.А. предположил, что в дальнейшем ситуация с квалификацией специалистов может ухудшиться.

Анализ актуальности проблемы.

Определим на сколько актуальна проблема кадров сейчас и обозримом будущем изучив значимость отрасли в стране посредством официальной статистики.

В строительстве занято 6,4 млн. человек, что составляет 8,9% от общего числа занятых в стране [8]. Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций по видам экономической деятельности в 2017 г. в области составляли 34,5 тыс. рублей, что на 12% ниже средней по стране. В строительство инвестировано 281,7 млрд. рублей в год – это 2,3% от всех инвестиций. В сфере работает 493,2 тыс. организаций, в том числе 31,8 тыс. малых предприятий [8].

Строительная деятельность по объему работ, выражается в денежной форме, и на рисунке 1 изображены данные последнего на текущий год издания «Россия в цифрах 2018», подготовленного Министерством статистики России. Данные приведены не за каждый год, лишь с 2013 года ведется ежегодный учет, поэтому для более наглядного построения диаграммы приняты интерполированные показатели для периодов без данных.

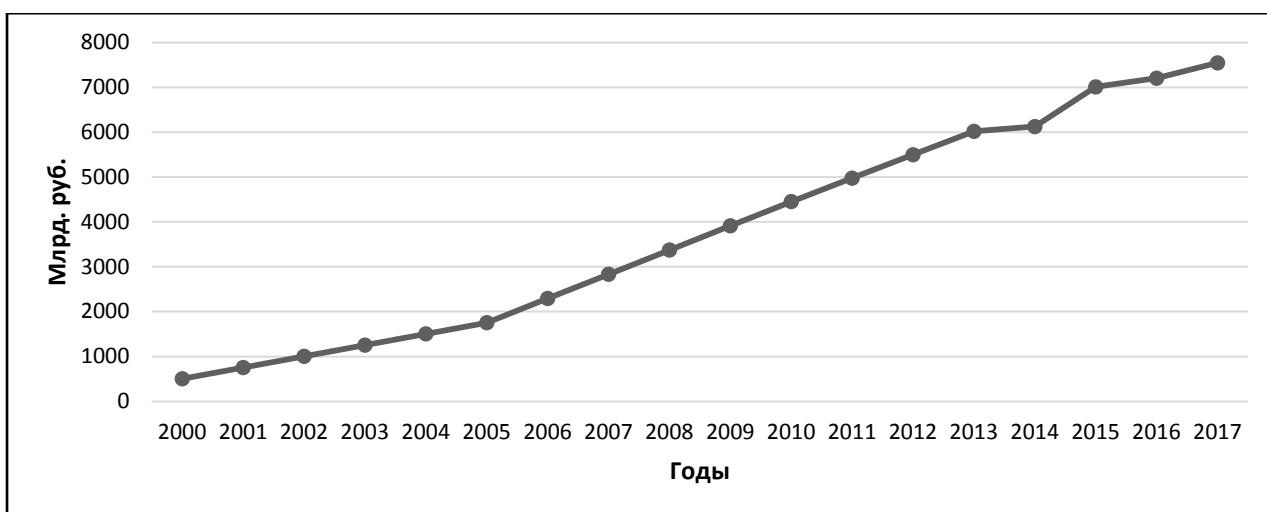


Рис. 1 – Объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство»

Как видно из рисунка 1 в строительстве наблюдается рост объема выполненных работ каждый год.

Рентабельность работ и продукции строительства в 2017 г. составляли 6,1% [8], следовательно, строительство является востребованной и значимой отраслью в стране.

Аспирантов в строительстве выпускается крайне мало, так в 2017 г. по выпущено 26 человек, в то время как в отрасли клинической медицины выпущено 915 человек, в экономике и управлении 1333 человека, в юриспруденции 600 человек. В целом выпуск аспирантов в отрасли «Техника и технологии строительства» составляет 0,35% от общего выпуска - 7457 человек [8].

Просроченная задолженность по заработной плате работникам организаций в строительстве остается наибольшей из всех отраслей - 693 млн. рублей в 2017 г. и 435 млн. в 2018 г., что составляет 21,4% и 17,4 % соответственно от общей задолженности в других отраслях. Ближайшие значения имеют отрасль производства готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования - 639 млн. рублей в 2018 г. и производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки - 212 млн. рублей в 2018 г. [8].

Проанализируем статистику демографии России по данным Федеральной службы государственной статистики (далее по тексту Росстат).

Для начала возьмем статистику численности населения страны.

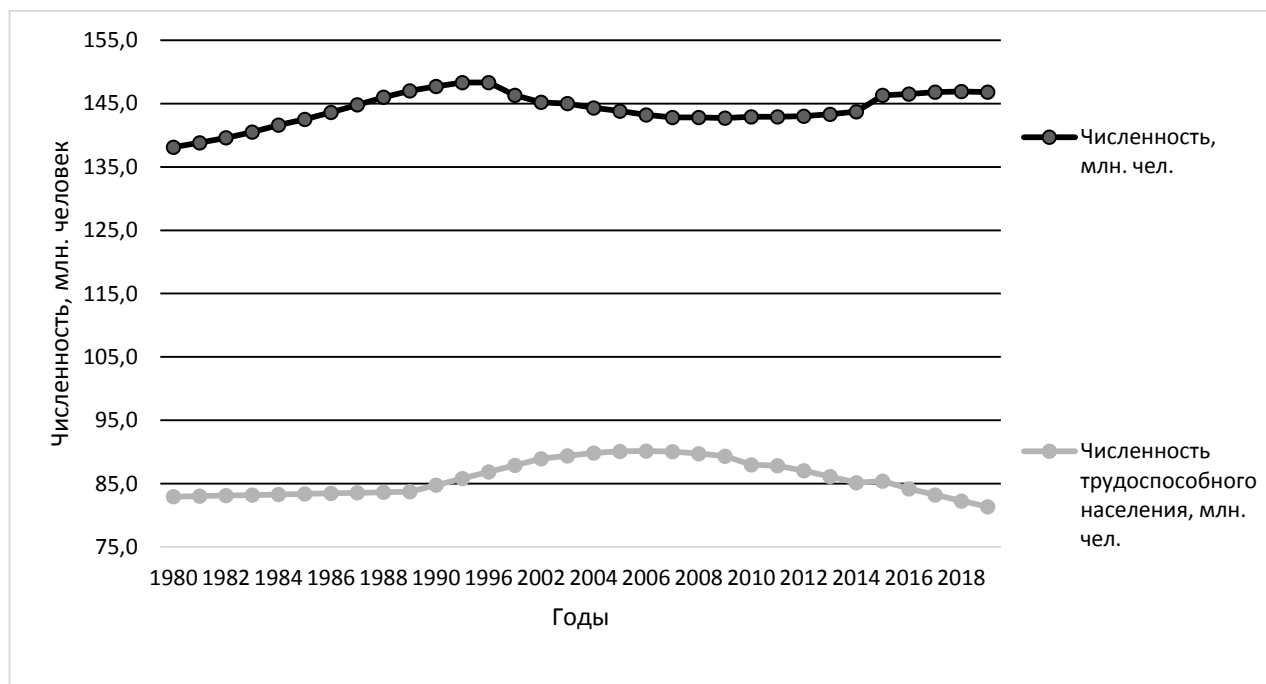


Рис. 2 – Численность населения России с 1980 по 2019 гг

По данным диаграммы из рисунка 2 виден спад на 6 млн. человек с 1990 по 2009 гг., что обусловлено гражданскими потрясениями, характерными для того периода [9].

Для становления пригодным для работы в строительстве, в настоящее время, человеку необходимо за 11 лет окончить школу, обучиться 4 года в среднем или высшем учебном заведении. В школу поступают с 7 лет. В средние учебные заведения люди могут поступать после 9 класса. Следовательно, возраст человека при получении среднего профессионального образования (далее по тексту СПО) будет равняться 20 годам, т.е. 7 лет – возраст поступления в школу, 9 лет – время обучения в школе, 4 года – количество лет обучения в учреждении СПО.

Возраст человека при получении высшего образования (далее по тексту ВО) составит 22 года, т.е. 7 лет - возраст поступления в школу, 11 лет – время обучения в школе, 4 года - количество лет обучения в учреждении ВО.

По данным Росстата диаграмма среднего прогноза численности населения на 22 года вперед выглядит следующим образом [9]:

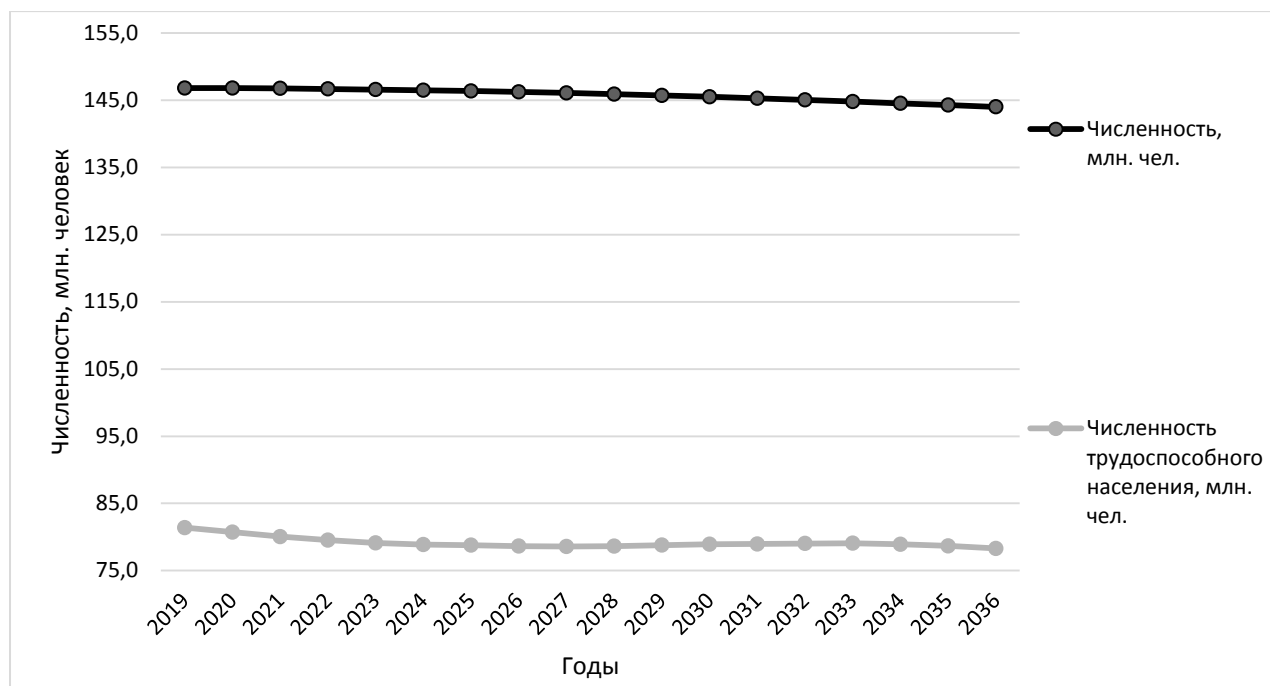


Рис. 3 – Численность населения России с 2019 по 2036 гг. (по среднему прогнозу Росстата)

По данным из рисунка 3 видно, что прогнозируется спад, обусловленный снижением численности населения в период с 1990 по 2009 годы, и через 22 года будет уже цикличное снижение численности населения из-за смены поколений, приходящихся на этот период [9].

Спрогнозируем численность человек занятых в строительстве в будущие годы демографического спада. Как известно, доля занятых в строительстве составляет около 8,9%, значит в 2019 г. работает около 13,06 млн. человек, а в 2036 г. по прогнозам будет работать около 12,82 млн. человек. Следовательно, в 2036 г. темпы роста в области могут продолжить расти, а численность работников, занятых в строительстве уменьшится на 240 тыс. человек по всей стране.

Всего в России, по данным Федеральной службы государственной статистики, за 2018 г. действует 279 496 строительных организаций [5], из них членами саморегулируемых организаций по состоянию на 1 квартал 2019 г. являются 128367, т.е. 45% [6]. Именно эти организации могут работать в нефтяной отрасли согласно действующему законодательству, т.к. на ОПО имеют право работать организации, являющиеся членами саморегулируемых организаций. По данным Министерства энергетики в 2018 г. добычу нефтяного сырья на территории России осуществляли 288 организаций. Всего за 2018 г. осуществлялся надзор за 7 864 ОПО нефтегазодобычи [7].

Согласно докладу Ростехнадзора о правоприменительной практике контрольно-надзорной деятельности в области промышленной безопасности за половину 2018 года в строительстве нефтяной отрасли выявлено 14 378 нарушений. Несмотря на тенденцию снижения количества нарушений требований промышленной безопасности на ОПО по сравнению с отчетами предыдущих лет, основными нарушениями из года в год остаются:

- отсутствие документов, подтверждающих право собственности на недвижимость;
- отсутствие аттестации в области промышленной безопасности руководителей и специалистов;
- проведение работ по реконструкции с нарушениями требований законодательства;
- отсутствие учета инцидентов, несвоевременное информирование надзорных органов об авариях;
- разработка технологических регламентов ОПО без учета проектной документации.

В своем анализе результатов технических расследований причин аварий Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору показывает, что причинами в 89% случаях являются ошибки персонала, связанные с нарушением требований организации и производства опасных видов работ [10].

Анализ результатов

Строительство в нефтяной отрасли значимо для российской экономики, т.к. без него не будет добычи, переработки и транспортировки сырья. Требования к квалификации в России жесткие, но из-за большого временного промежутка между обучающими мероприятиями, малоэффективны. Снижение численности населения циклично и в будущем приведет к дефициту кадров. Не исключено, что малое количество выпускников научной деятельности в строительной отрасли, приводит к малой эффективности передачи опыта последующим поколениям. Превышение предложения над спросом на рынке труда приводит к снижению оплаты труда в строительстве, а ошибки в управлении приводят к задолженностям по заработной плате, что вытесняет и отталкивает хороших специалистов. Организациям необходимо самостоятельно осуществлять поддержание достаточного уровня знаний сотрудников, поскольку качество и сроки реализации проектов напрямую зависят от квалификации их команд.

Предложение

Решить проблему актуализации знаний персонала в течение жизненного цикла команды строительного проекта, можно синтезировав метод, изложенный А.Г. Тамразяном в учебном издании «Строительные конструкции. Инновационный метод тестового обучения» [11] с методом взаимного обучения по методу Ривина А.Г. [13].

Синтезировать методы можно следующим образом: поручить каждому члену команды проекта составить по конкретному нормативному документу вопросы с ответами, правильными и неправильными, затем занести их в программную среду и поручить другим участникам этой же команды отвечать на составленные вопросы. Таким образом будет пополняться база вопросов с ответами до уровня, достаточного для проведения обучения на более крупной аудитории. Пополнив базу вопросов, можно тестировать другие команды проекта, получая более подробную статистику ответов на вопросы, связанных с непосредственной деятельностью. При этом необходимо будет менять периодичность прохождения тестов, но не реже 1 раза в месяц. Описанный выше метод обучения, направленный на поддержание знаний нормативно-технической документации, был опробован автором статьи в 2018 г. на территории Салымской группы месторождений. Прохождение тестового обучения занимало не более 20 минут, что позволяло направлять сотрудников на внеочередное обучение в качестве дисциплинарного наказания, что было особенно актуально в связи невозможностью организаций повышать оплату труда, когда наказание в виде лишения премий были чреваты как для сотрудников, так и для компаний. Результатом стало внедрение метода в двух подрядных компаниях, оказывающих услуги строительного контроля.

Выводы

Целостная система подготовки сотрудников, обеспечивающая воспроизводство квалифицированной рабочей силы в соответствии с необходимостями производства и его неизменного технического обновления, обязана быть рассчитана на то, чтобы влиять на сотрудника в течение всей его деятельности. Также важность квалификации команды проекта подчеркивают доклады Ростехнадзора, в которых указывается, что в 89% случаях причинами нарушений является человеческий фактор в области знаний нормативно-технической документации. Следовательно, прохождение аттестации специалистов в области промышленной безопасности, регламентированной «Положением об организации работы по подготовке и аттестации специалистов организаций, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утвержденное приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору» от 29 января 2007 г. N 37» раз в пять лет недостаточно для обеспечения воспроизводства квалифицированной рабочей силы в соответствии с необходимостями производства и его неизменного технического обновления, и не рассчитана на то, чтобы влиять на сотрудника в течение всей его деятельности. Поэтому специалистам в строительной области необходимо чаще проходить обучение на знание нормативно-технической документации, а работодателям снижать показатели текучести кадров.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Управление проектами: учебное пособие / И.И. Мазур и др.; под общей редакцией И.И. Мазура, В.Д. Шапиро. 9-е изд., стер. М., 2013. 456 с.
2. Особенности организации строительства объектов нефтегазовой отрасли В.Д. Тухарели, А.В. Тухарели, Н.Д. Очиров Волгоградский государственный технический университет Инженерный вестник Дона, №3 (2018) ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5088.
3. Строительство нефтегазопромысловых объектов. Учебное пособие. Авторы В.Д. Гребнев, Д.А. Мартюшев Г.П. Хижняк.; Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. Пермь, 2012. - 115 с.
4. Система нормативов NormaCS. Разделы классификатора «Строительство» [Электронный ресурс] - URL: <http://www.normacs.ru/Doclist/classif/10.html> (дата обращения: 12.09.2019)
5. Строительство в России. 2018: Стат. сб. / Росстат. - М., С863 2018. – 119 с.
6. Единый реестр членов СРО [Электронный ресурс] - URL: <http://reestr.nostroy.ru>. (дата обращения: 12.09.2019)
7. Основные показатели. Министерство энергетики России [Электронный ресурс] - URL: <https://minenergo.gov.ru/node/910>. (дата обращения: 12.09.2019)
8. Россия в цифрах. 2018: Крат. стат. сб./Росстат- М., Р76 2018 - 522 с.
9. Официальная статистика \ Население \ Демография. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/#. (дата обращения: 12.09.2019)
10. Приказ Ростехнадзора от 3 апреля 2019 г. № 133 «Доклад о правоприменительной практике контрольно-надзорной деятельности в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору при осуществлении федерального государственного надзора в области промышленной безопасности за 2018 год».
11. Тамразян, А.Г. Строительные конструкции. Инновационный метод тестового обучения: учебное пособие в 2-х частях / А.Г. Тамразян; М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. — Москва: МГСУ, 2013—2014.
12. К вопросу о текучести кадров в строительстве, Подольский Марк Семенович, Генеральный директор "ЦНИО-проект [Электронный ресурс] URL: <http://www.kaus-stroy.ru/consulting/articles.php?article=19&id=4>. (дата обращения: 12.09.2019)
13. Захаров К.П. История коллективного взаимного обучения – Содиалог Александра Григорьевича Ривина [Электронное издание] / К. П. Захаров. – СПб. : Политехнический университет, 2016 г., – 59 с., таблиц – 6, рисунков – 6.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Upravlenie proektami [Project Management]: Tutorial / I.I. Mazur i dr.; edited by I.I. Mazur, V.D. Shapiro. 9 edition., ster. M., 2013. 456 p. [in Russian]
2. Osobennosti organizacii stroitel'stva ob#ektov neftegazovoj otrasli [Features of the organization of construction of oil and gas industry facilities] / V.D. Tuhareli, A.V. Tuhareli, N.D. Ochirov Volgogradskij gosudarstvennyj tehničeskij university Inženernyj vestnik Dona, №3 (2018) ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5088. [in Russian]
3. Stroitel'stvo neftegazopromyslovych ob#ektov [Construction of oil and gas facilities]. Tutorial. Authors V.D. Grebnev, D.A. Martjushev G.P. Hizhnjak.; Perm. nac. issled. politehn. un-t. Perm', 2012. - 115 p. [in Russian]
4. Sistema normativov NormaCS [Regulatory system NormaCS]. Razdely klassifikatora [Classifier Section] «Stroitel'stvo» [Electronic resource] - URL: <http://www.normacs.ru/Doclist/classif/10.html>. (accessed: 12.09.2019) [in Russian]
5. Stroitel'stvo v Rossii [Building in Russia]. 2018: Stat. sb. / Rosstat. - M., C863 2018. – 119 p. [in Russian]
6. Edinyj reestr chlenov SRO [Unified register of members of the union of builders of Russia] [Electronic resource] - URL: <http://reestr.nostroy.ru>. (accessed: 12.09.2019) [in Russian]
7. Osnovnye pokazateli. Ministerstvo jenergetiki Rossii [Main characteristics. Ministry of Energy of Russia] [Electronic resource] – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/910>. (accessed: 12.09.2019) [in Russian]
8. Rossija v cifrah [Russia in digits]. 2018: Krat.stat.sb./Rosstat- M., R76 2018 - 522 p. [in Russian]
9. Oficial'naja statistika [Official statistic] \ Naselenie \ Demografija. Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Electronic resource] - URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/#. (accessed: 12.09.2019) [in Russian]
10. Prikaz Rostehnadzora 08/03/2019 № 133 «Doklad o pravoprimeritel'noj praktike kontrol'no-nadzornoj dejatel'nosti v Federal'noj sluzhbe po jekologičeskomu, tehnologičeskomu i atomnomu nadzoru pri osushhestvlenii federal'nogo gosudarstvennogo nadzora v oblasti promyshlennoj bezopasnosti za 2018 god» [Russian Federation. Rostehnadzor. Order №33. Report on the law enforcement practice in the Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision in the implementation of federal state supervision in the field of industrial safety for 2018] : official text. [in Russian]
11. Tamrazjan, A.G. Stroitel'nye konstrukcii [Building construction]. Innovacionnyj metod testovogo obuchenija: Tutorial in 2 chapters / A.G. Tamrazjan; M-vo obrazovanija i nauki Ros. Federacii, Mosk. gos. stroit. un-t. — Moscow: MGSU, 2013—2014. [in Russian]
12. K voprosu o tekuchestve kadrov v stroitel'stve [On the issue of staff turnover in construction], Podol'skij Mark Semenovich, General'nyj direktor "CNIO-proekt [Electronic resource] - URL: <http://www.kausstroy.ru/consulting/articles.php?article=19&id=4>. (accessed: 12.09.2019) [in Russian]
13. Zaharov K.P. Istorija kollektivnogo vzaimnogo obuchenija [The history of collective peer learning] – social dialogue with Aleksandr Grigor'evich Rivin [Electronic edition] / K. P. Zaharov. – SPb. : Politehnicheskij university, 2016 year, – 59 p., tables – 6, pictures – 6. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.006>**ЦИФРОВАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ УМНЫХ ГОРОДОВ**

Научная статья

Панин Д.Н.¹, Железнова П.В.^{2,*}, Лапаева О.С.³, Новикова Д.Д.⁴^{1, 2, 3, 4} Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

* Корреспондирующий автор (Polina.zheleznova.00[at]mail.ru)

Аннотация

Поскольку технологии совершенствуются с поразительной скоростью, города должны улучшать свои услуги с точки зрения безопасности, здравоохранения, транспорта и общего благосостояния своих жителей. Однако наиболее сложной задачей является защита данных от различных атак. В статье рассмотрены основные сферы деятельности умных городов, которые чаще всего подвержены атакам и практики борьбы с угрозами, в частности стандарт BSI PAS 185. Также развёрнуто показана работа Национального центра кибербезопасности в Великобритании.

Ключевые слова: кибербезопасность, умный город, кибератаки, цифровая безопасность.

DIGITAL SECURITY OF SMART CITIES

Research article

Panin D.N.¹, Zheleznova P.V.^{2,*}, Lapaeva O.S.³, Novikova D.D.⁴^{1, 2, 3, 4} Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics

* Corresponding author (Polina.zheleznova.00[at]mail.ru)

Abstract

Since technologies advance at an astonishing pace, cities must improve their services in terms of the safety, health, transportation, and general welfare of their habitats. However, the most difficult task is to protect data from various attacks. The article discusses the main areas of activity of smart cities, which are most often susceptible to attacks and the practice of combating threats, in particular the BSI PAS 185 standard. The work of the National Cybersecurity Center in the UK is shown as well.

Keywords: cybersecurity, smart city, cyberattacks, digital security.

Введение

Умные города все чаще подвергаются атакам различных угроз. К ним относятся сложные кибератаки в критически важной инфраструктуре, приведение промышленных систем управления в тупик, злоупотребление маломощными глобальными сетями (LPWAN), угрозы блокировки системы, вызванные вымогательством, манипуляции с данными датчиков, (например, системы обнаружения стихийных бедствий), а также незаконное получение личных данных. В этом все более и более связанном технологическом ландшафте каждая услуга «умного города» так же надежна, как и ее самое слабое звено [4]. Тема безопасности при построении «умного города» является одним из самых актуальных вопросов во всем мире, ведь на данный момент предпринимаются усилия в стремлении к совершенству безопасности. Фонд безопасности IoT помогает решать проблемы и делится знаниями, передовым опытом и советами. Международная электротехническая комиссия ведет разработку интеллектуальных стандартов городов для электротехнологий, чтобы помочь интеграции, взаимодействию и эффективности городских систем. Департамент по вопросам цифровых технологий, культуры, средств массовой информации и спорта и Национальный центр кибербезопасности опубликовали «Свод практических правил по обеспечению безопасности IoT» для потребителей. Власти всех стран стараются разрабатывать стандарты и руководящие принципы, но многое еще предстоит сделать.

Угрозы безопасности «умного города»

Умные города сталкиваются со многими рисками, поскольку цифровая и физическая инфраструктура пересекаются. Города должны внедрять принципы кибербезопасности и конфиденциальности на каждом этапе своего развития [1].

Однако реальность такова, что многие из дверей этого умного города никогда не закрываются полностью. Скорее, они приоткрыты - и могут быть подвержены кибератакам.

Поскольку существует угроза проникновения в инфраструктуру умного города в любой скомпрометированной точке, риск быстро возрастает, одна система может скомпрометировать другую. В классическом сценарии с самым слабым каналом одно, казалось бы, безвредное подключенное устройство, будучи взломанным и зараженным вредоносным программным обеспечением, открывает для проникновения множество других устройств, что приводит к каскадному повреждению всей инфраструктуры [3].

Например, нарушение систем умного освещения в домах может привести к получению личных данных о жильцах, что в конечном итоге приведет к получению доступа к финансовой информации и другой личной информации о гражданах - возможно, даже их медицинские записи. Крупные кибератаки могут возникнуть в любой точке города, одна система может быть связана с другой и тогда возникает скомпрометированная угроза.

Кроме того, ориентированная на клиента информация, целью которой является удобство для пользователя-гражданина, также может быть весьма уязвимой. К сожалению, развитие систем кибербезопасности и защиты для умных городов не поспевает за растущим внедрением цифровых возможностей. Например, даже в самых заботящихся о безопасности городах технология, позволяющая машинам скорой помощи превращать красный светофор в зеленый, уже взломана. Между тем проникновение в электросетевую инфраструктуру не редкость. И, конечно же, существует

множество примеров взлома личной информации в частном секторе. Как только город становится «умным» благодаря взаимосвязанности, потенциал для хаоса становится безграничным. Представьте, что все городские стоп-сигналы в результате проникновения установлены на зеленый свет. Последствия данного акта составляют угрозу жизни множества людей.

К сожалению, большинство производителей Smart Cities либо не знают о кибербезопасности, либо не имеют персонала, обладающего техническими ноу-хау для решения этих проблем.

Практики внедрения стандартов и технологий безопасности в «умном городе»

Некоторые города, ожидающие потенциальную обратную сторону цифрового преобразования, уже внедрили меры предосторожности. Во многих городах используются сертифицированные биометрические системы, криптография и политика в области цифровой конфиденциальности, что создает культуру кибербезопасности [5].

Признание необходимости начинать с кибербезопасности, а затем составлять бюджет на нее в рамках общей инициативы «умного города» может помочь избежать дополнительных расходов, когда система уже установлена. Как и в случае с IoT в потребительских продуктах, для подключенных к городу систем также требуются протоколы безопасности.

Благодаря национальному институту стандартов и технологий недавно создана IoT с поддержкой смарт-городов для решения вопросов, связанных с кибербезопасностью, интеграции и обмена данными. Несколько важных передовых практик для связанных городов:

- Слишком часто с IoT основное внимание уделяется преимуществам, при этом мало внимания уделяется рискам. Создание политики в отношении конфиденциальности данных IoT и использования данных с самого начала может помочь предотвратить непреднамеренное неправильное использование. Надежная политика может помочь сотрудникам и пользователям стать более кибербезопасными.

- Управление идентификаторами имеет решающее значение для всех подключенных систем. Каждый подключенный элемент инфраструктуры может иметь разные правила или стандарты для предоставления доступа, некоторые из которых слабее других. Синхронизируя учетные данные доступа - таким образом устраняя слабые места - города могут помочь защитить личную информацию жителей [2].

- Каждое подключенное устройство начинает генерировать данные с момента его подключения и каждую секунду после этого. Прежде чем система заработает, менеджеры умного города должны четко понимать масштабы собираемых данных, а также то, как они будут использоваться. Таким образом, оно может быть лучше защищено и надлежащим образом зашифровано с самого начала.

- Очень немногие люди в любой организации должны знать все в данной системе. Протоколы и параметры доступа создают границы, при этом обеспечивая открытость и функциональность, необходимые для эффективности подключенной инфраструктуры. Протоколы обеспечивают полную ответственность, идентифицируя, кто использует информацию, обеспечивая их авторизацию и управляя этим доступом. Это также продвигает культуру кибербезопасности, устанавливая автоматические стандарты и ограничения.

- В настоящее время последствия для киберпреступлений ограничены и плохо определены. Санкции, штрафы должны быть обновлены, чтобы отразить последствия для нарушителей.

- Злоумышленники стараются, чтобы их действия в сети выглядели как можно более нормальными. Тем не менее, вход одного пользователя в разные системы с разными IP-адресами одновременно может быть подозрительным [6]. Все журналы с серверов, сетевых устройств, приложений и других центральных объектов должны анализироваться централизованно и соотноситься с результатами систем обнаружения вторжений.

- Каждый день злоумышленники пытаются найти еще неизвестные уязвимости в ИТ-подразделении организации. Непрерывное отслеживание этих проблем с внутренней (в рамках сети организации) и внешней точки зрения (из Интернета) является предпосылкой для обнаружения, отсутствующего или небезопасного шифрования.

- Злоумышленник рано или поздно передаст данные. Это станет очевидным благодаря комплексному мониторингу безопасности всех систем, трафика данных и доступа ко всем чувствительным системам и данным. Передача данных с внутренних на внешние IP-адреса, с которыми не существует деловых отношений, должна незамедлительно выполняться и должна анализироваться экспертами. Это требует применения систем обнаружения вторжений и других инструментов, а также поддержки экспертов, которые правильно настраивают эти системы, адаптируют их к текущим условиям и анализируют их результаты.

По данным ABI Research, к 2024 году будет около 1,3 миллиарда подключений к интеллектуальным городам в глобальных сетях. Ожидается, что почти 50% этих подключений будут LPWA-LTE и LPWA. Некоторые протоколы LPWA, такие как NB-IoT, пытаются решить хотя бы некоторые проблемы цифровой и коммуникационной безопасности. Однако факт остается фактом: эти по сути легкие сотовые версии нацелены на снижение стоимости полосы пропускания, увеличение покрытия и снижение задержки и, в общем, не способны справиться с возросшим числом киберугроз в среде взаимосвязанного умного города.

Заключение

Таким образом, не каждая кибератака может быть обнаружена с помощью статистических правил обнаружения. Для новых поколений кибератак необходимо включить методы анализа, ориентированные на поведение. Поэтому для системы раннего предупреждения ИТ требуются «усовершенствованные корреляционные двигатели» или «системы поведенческого анализа». Для углубленного анализа созданы «Advanced Cyber Attacks» эти системы должны различать нормальное и ненормальное поведение с помощью статистических модулей, рекурсивных методов и алгоритмов самообучения.

Для руководства городов важно понять, что защита от киберрисков - не единовременное событие, когда киберстратегия развивается по мере развития киберугроз, вместо этого также важно иметь возможность восстановиться, когда происходит кибератака. Ведь это не битва, в которой города могут или должны сражаться в

одинокую, нужна единая экосистема при поддержке городских властей, научных кругов, частного сектора и стартапов. Технологии могут быть частью решения для кибербезопасности, но последнему также нужна всеобъемная модель управления данными и активами. Что еще более важно, города нуждаются в комплексном подходе к управлению киберрисками с принципами кибербезопасности, внедренными на каждом этапе процесса развития умного города от стратегии и дизайна до внедрения и эксплуатации.

Кибербезопасность слишком важна, чтобы ее можно было рассматривать как запоздалую мысль.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Баранова Е.К. Информационная безопасность и защита информации: Учебное пособие / Е.К. Баранова, А.В. Бабаш. - М.: Риор, 2018. - 400 с.
2. Кузнецова А.В. Искусственный интеллект и информационная безопасность общества / А.В. Кузнецова, С.И. Самыгин, М.В. Радионов. - М.: Русайнс, 2017. - 64 с.
3. Малюк А.А. Информационная безопасность: концептуальные и методологические основы защиты информации / А.А. Малюк. — М.: ГЛТ, 2016. — 280 с.
4. Партыка Т.Л. Информационная безопасность: Учебное пособие / Т.Л. Партыка, И.И. Попов. - М.: Форум, 2018. - 88 с
5. Цаканян В.Т. Роль кибербезопасности в мировой политике / В.Т. Цаканян // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Международные отношения. 2017. Т. 17. No 2. С. 339—348.
6. Чипига, А.Ф. Информационная безопасность автоматизированных систем / А.Ф. Чипига. — М.: Гелиос АРВ, 2017. — 336 с.
7. Чернопяттов А. Наука, образование и практика: профессионально-общественная аккредитация, тьюторство, информационные технологии, информационная безопасность / А. Чернопяттов. - М.: Русайнс, 2013. - 144 с
8. Шаньгин В.Ф. Информационная безопасность компьютерных систем и сетей: Учебное пособие / В.Ф. Шаньгин. - М.: Форум, 2018. - 256 с.

Список литературы / References in English

1. Baranova E.K. Informacionnaya bezopasnost' i zashchita informacii: Uchebnoe posobie [Information Security and Information Protection: Textbook] / E.K. Baranova, A.V. Babash. - M.: Rior, 2018. -- 400 p. [in Russian]
2. Kuznetsova A.V. Iskusstvennyj intellekt i informacionnaya bezopasnost' obshchestva [Artificial Intelligence and Information Security of a Society] / A.V. Kuznetsova, S.I. Samygin, M.V. Radionov. - M.: Rusyns, 2017. -- 64 p. [in Russian]
3. Malyuk A.A. Informacionnaya bezopasnost': konceptual'nye i metodologicheskie osnovy zashchity informacii [Information security: conceptual and methodological foundations of information protection] / A.A. Malyuk. - M.: GLT, 2016. -- 280 p. [in Russian]
4. Partyka T.L. Informacionnaya bezopasnost': Uchebnoe posobie [Information Security: Textbook] / T.L. Partyka, I.I. Popov. - M.: Forum, 2018. - 88 p. [in Russian]
5. Tsakanyan V.T. Rol' kiberbezopasnosti v mirovoj politike [The role of cybersecurity in world politics] / V.T. Tsakanyan // Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: International Relations. 2017. Vol. 17. No 2. P. 339—348.
6. Chipiga A.F. Informacionnaya bezopasnost' avtomatizirovannyh system [Information Security of Automated Systems] / A.F. Chipiga. - M.: Helios ARV, 2017. -- 336 p. [in Russian]
7. Chernopyatov A. Nauka, obrazovanie i praktika: professional'no-obshchestvennaya akkreditaciya, t'yutorstvo, informacionnye tekhnologii, informacionnaya bezopasnost' [Science, education and practice: professional public accreditation, tutoring, information technology, information security] / A. Chernopyatov. - M.: Rusyns, 2013. -- 144 p. [in Russian]
8. Shagin V.F. Informacionnaya bezopasnost' komp'yuternyh sistem i setej: Uchebnoe posobie [Information Security of Computer Systems and Networks: Textbook] / V.F. Shagin. - M.: Forum, 2018. -- 256 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.007>**МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ИНДУКЦИОННОГО УСТРОЙСТВА**

Научная статья

Кинев Е.С.^{1,*}, Тяпин А.А.², Гришко Г.С.³^{1,2} ООО Тепловые электрические системы, Красноярск, Россия;^{2,3} ФГОУ ВО Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия;

* Корреспондирующий автор (Kinev_ES[at]ontecom.com)

Аннотация

В статье рассматривается расчетная модель системы охлаждения индукционного устройства с силовыми обмотками, отличающаяся повышенной эффективностью. В качестве базовой для построения модели использована испарительно-конденсационная система охлаждения. При моделировании исследованы свойства трех типов охлаждающей жидкости и установлены характерные особенности, определяющие их свойства в отношении способности повышенной теплопередачи. Исследование тепловых режимов модели позволило определить характер влияния глубины и ширины конденсатора, а так же расхода воздуха на величину отводимого теплового потока для использованных рабочих жидкостей.

Ключевые слова: индукционное устройство, система охлаждения, испаритель, конденсатор, теплопередача, тепловой поток.

INDUCTION DEVICE COOLING SYSTEM MODEL

Research article

Kinev E.S.^{1,*}, Tyapin A.A.², Grishko G.S.³^{1,2} Thermal Electrical Systems LLC, Krasnoyarsk, Russia;^{2,3} Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

* Corresponding author (Kinev_ES[at]ontecom.com)

Abstract

The paper deals with the calculation model of the cooling system of an induction device with power windings, characterized by increased efficiency. Evaporative-condensation cooling system is used as a base for building the model. During the simulation, the authors investigated the properties of three types of coolant; the characteristic features that determine their properties with respect to the ability of increased heat transfer were established. The study of the thermal modes of the model made it possible to determine the nature of the influence of the depth and width of the condenser, as well as the air flow rate on the amount of the extracted heat flux for the used working fluids.

Keywords: induction device, cooling system, evaporator, condenser, heat transfer, heat flow.

Введение

Специфика индукционного оборудования заключается в относительно невысокой тепловой эффективности, поскольку тепловой КПД индукторов, предназначенных для перемешивания расплавленных металлов не превышает значений 20-25%. Для повышения нагрузки нередко применяют обмотки из полый медной трубки, с проточным водяным охлаждением. Другим способом охлаждения обмоток является принудительный обдув, который нередко является предпочтительным по причине безопасности производства, особенно при использовании индукторов в МГД-устройствах на печах с жидким алюминием [1]. Однако интенсивность воздушного охлаждения весьма мала и не позволяет существенно увеличивать плотность тока в обмотках. Аналогичными свойствами обладают индукторы, предназначенные для экструзии алюминия. В связи с изложенным, поиск и разработка новых эффективных систем охлаждения технологических машин, является актуальной задачей.

С увеличением нагруженности оборудования в технологическом процессе увеличивается выделение тепла, которое нужно рассеивать. Концептуально любая система охлаждения построена на одном или нескольких способах переноса теплоты [2], [3]. Отвод тепла во внешнюю среду происходит путем теплопроводности, излучения, естественной или принудительной конвекции, а так же кипения-конденсации [4]. Развитие индукционного оборудования идет в направлении повышения удельных энергетических параметров при сохранении размеров и массы [5]. Это требует от системы охлаждения максимальной производительности при минимальных габаритах. Причем под производительностью, нередко, понимают отводимую от объекта мощность при возможно меньшем температурном напоре.

Среди существующих средств охлаждения, требованию повышенной эффективности теплоотвода в большей степени отвечает испарительно-конденсационная система [6], в основе которой лежит испарение (кипение) жидкости на охлаждаемой поверхности с поглощением тепла и последующая конденсация пара в теплообменнике с отдачей тепла промежуточному теплоносителю. Однако, у проектировщика, как правило, отсутствует информация о характере влияния основных параметров системы на ее эффективность в зависимости от типа рабочей жидкости [7]. При разработке подобных систем охлаждения это является серьезной проблемой, поэтому оценка рабочих свойств жидкостей имеет в себе и практическое значение. Другие аспекты технического проектирования индукторов с испарительно-конденсационной системой охлаждения здесь не рассмотрены.

Постановка задачи

Объектом исследования в статье является математическая модель испарительно-конденсационной системы охлаждения на примере охлаждения катушек перспективного индукционного нагревателя. Математическая модель,

применимая для оценки эффективности охлаждения обмоток индуктора, разработана с использованием закономерностей теплопередачи при испарении и конденсации с учетом положений гидравлики и гидродинамики.

Моделирование (оценка эффективности) проведено для трех типов рабочей жидкости: дистиллированная вода, этанол и фреон-113. Оно позволило оценить значения температурного напора (рабочую температуру) на охлаждаемых катушках при заданной тепловой мощности и высоту установки конденсатора для обеспечения свободной циркуляции теплоносителя для каждого типа рабочей жидкости. Выбор жидкостей для исследования задачи обусловлен их доступностью на рынке, не токсичностью, низкой температурой кипения и диэлектрическими свойствами.

Предложенная модель позволяет определить характер влияния основных параметров воздушного теплообменника (размеры, объем, расход охлаждающего воздуха) на эффективность работы системы охлаждения. Решение задачи позволит сделать обоснованный выбор рабочей жидкости для системы охлаждения, а так же на этапе предварительного проектирования определить конструктивные параметры теплообменной установки для передачи окружающему воздуху тепла, отводимого от катушек при испарении-конденсации рабочей жидкости. Задача интересна возможностью оценить применимость испарительно-конденсационной системы охлаждения с определенными конструктивными и эксплуатационными параметрами для охлаждения конкретного типа индукционного технологического оборудования.

Допущения

В расчетной модели принята следующая система допущений и ограничений: нестационарные процессы нагрева и охлаждения отсутствуют; теплообмен с окружающей средой происходит в теплообменнике; температура кипения сравниваемых теплоносителей задана при нормальном атмосферном давлении; не конденсирующиеся газы в системе отсутствуют; конденсатор установлен вертикально ($\varphi_c = 0$ рад); влажность окружающего воздуха равна нулю; отвод тепла от нагреваемых поверхностей происходит при кипении рабочей жидкости в большом объеме.

Решение

Многофазные среды и течения, теории их расчета и моделирования в основном рассматриваются применительно к паропроизводящим установкам (паровые котлы, ядерные реакторы и т. д.). Достаточно большой объем исследований в этой области накоплен в нашей стране и за рубежом [8], [9]. Отдельным направлением является разработка теоретических основ проектирования и расчета различных типов теплообменных аппаратов [10]. На их основе существующих теорий авторами предложен подход, позволяющий оценить эффективность многофазной системы в качестве системы охлаждения технологического оборудования.

Цикл работы рассматриваемой системы охлаждения выглядит следующим образом:

1. Свойства теплоносителя рассмотрены в задаче кипения при его испарении с поверхности индукционных катушек в большом объеме.
2. Транспорт пара к конденсатору (теплообменнику) предусмотрен с помощью трубопроводов.
3. Конденсация пара на поверхности конденсатора-теплообменника и передача тепла во внешнюю среду или промежуточному теплоносителю.
4. Возврат конденсата из теплообменника обратно в бак (свободная циркуляция теплоносителя).
5. Обеспечение чистоты и требуемого удельного электрического сопротивления теплоносителя (например, деионизация, если в качестве теплоносителя используют воду).

При моделировании теплового режима индукционного устройства, в качестве исходных параметров приняты следующие: выделяемая тепловая мощность в катушках – $Q_{kt} = 100$ кВт; площадь тепловыделяющих элементов $S_{kt} = 1,472$ м²; давление на линии насыщения – $p_r = 101325$ Па; температура воздуха на входе в конденсатор – $t_{sr0} = 293,15$ К; тип поверхности теплообмена в конденсаторе – пучки плоских оребренных труб со сплошными гофрированными ребрами по типу ПлСР-3 [6]; высота конденсатора $l_c = 0,57$ м; глубина конденсатора $Y_c = 0,045$ м; ширина конденсатора $X_c = 0,395$ м; расход воздуха вентилятором $\omega_v = 24000$ м³/ч.

Эскиз расчетной области индукционного устройства со схематическим изображением компонентов испарительно-конденсационной системы охлаждения представлен на рис. 1.

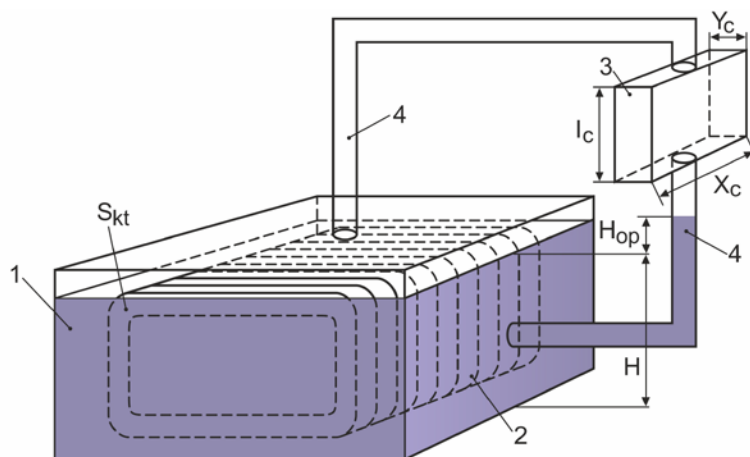


Рис. 1 – Эскиз расчетной области для построения модели

На рисунке приняты следующие обозначения. Герметичная немагнитная емкость с диэлектрическим теплоносителем, заполненная до уровня H , обозначена 1. В теплоноситель полностью погружены силовые обмотки индуктора 2, имеющие площадь охлаждаемой поверхности S_{kt} . Для фазового превращения теплоносителя

предназначен бокс конденсатора 3 в виде параллелепипеда с известными размерами, сообщающийся с основной емкостью парожидкостными технологическими патрубками 4.

Удельный тепловой поток на поверхности катушек, Вт/м²:

$$q_{kt} = Q_{kt} / S_{kt} \quad (1)$$

где Q_{kt} – величина тепловой мощности, выделяемой на катушках, Вт; S_{kt} – площадь поверхности тепловыделяющих элементов, контактирующая с жидкостью, м².

Расчетное значение коэффициента теплоотдачи для воды (Вт/м²·К) проводят по известной формуле [6]:

$$\alpha_w = 4,34 q_{kt} 0,7(p_r^{0,14} + 1,35 \cdot 10^{-2} p_r^2) \quad (2)$$

где p_r – давление на линии насыщения, МПа.

Для модели системы охлаждения с органическими рабочими жидкостями (спирт, фреон) коэффициент теплоотдачи может быть определен с использованием эмпирического выражения [7+5]:

$$\alpha_{OF} = 0,075 \left[1 + 10 \left(\frac{1}{\rho / \rho_p - 1} \right)^{0,666} \right] \cdot q_{kt}^{0,666} \cdot \left(\frac{\lambda^2}{\nu \sigma T_s} \right)^{0,333} \quad (3)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м³; ρ_p – плотность пара, кг/м³; λ – коэффициент теплопроводности рабочей жидкости, Вт/м·К; ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости, м²/с; σ – поверхностное натяжение жидкости, Н/м; T_s – температура на линии насыщения (кипения), К.

Расчет процесса транспорта пара и отвода тепла в окружающую среду начинают с вычисления коэффициента теплоотдачи при пленочной конденсации на поверхности вертикальной стенки или трубы. В этом случае используют формулу [11]:

$$\alpha_c = 0,943 \cdot 4 \sqrt{\frac{9,81 \cdot r \cdot \cos(\varphi_c) \cdot \rho^2 \cdot \lambda^2}{\mu \cdot l_c \cdot \Delta t}} \quad (4)$$

где r – теплота парообразования, Дж/кг; φ_c – угол наклона бокса конденсатора к горизонту, рад; l_c – высота конденсатора, м; Δt – температурный напор между паром и стенкой конденсатора, К; μ – коэффициент динамической вязкости жидкости, Па·с.

В качестве промежуточного теплообменника 3 (рис. 1) для сброса тепла, выделяющегося на катушках, в окружающую среду выбран компактный водо-воздушный теплообменник с развитой поверхностью теплообмена. Для определения параметров теплообменника и процесса передачи тепла промежуточному теплоносителю в расчетной модели была использована методика, описанная в [12], [13] с адаптацией к условиям работы рассматриваемой системы охлаждения. Теплоотдача и гидравлическое сопротивление теплообменника описано экспериментальными зависимостями вида [13]:

$$f_{voz} = f(\text{Re}) \quad (5)$$

$$\text{St} \cdot \text{Pr}^{2/3} = f(\text{Re}) \quad (6)$$

где f_{voz} – коэффициент сопротивления потоку; $\text{St} \cdot \text{Pr}^{2/3}$ – безразмерный параметр, характеризующий теплоотдачу и представляющий собой произведение числа Стэнтона на число Прандтля в степени 2/3.

В рассматриваемой модели зависимости (5) и (6) с помощью известных методов регрессионного анализа представлены в виде функции логарифмического вида:

$$f_{voz} = -6,863 \cdot 10^{-3} + 0,098 / \ln(\text{Re}) + 265,994 / \text{Re}^2 \quad (7)$$

$$\text{St} \cdot \text{Pr}^{2/3} = -0,019 + 0,339 / \ln(\text{Re}) + 2874 / \text{Re}^2 \quad (8)$$

Естественная циркуляция теплоносителя в контуре возможна только при высоте столба жидкости в опускной трубе, которая в зависимости от гидравлического сопротивления на каждом характерном участке (перепад давлений) определена по формуле:

$$H_{op} = \frac{\Delta P_{pod} + \Delta P_c + \Delta P_{op}}{g(\rho - \rho_p)} \quad (9)$$

где ΔP_{pod} – потери давления на подъемном участке, Па; ΔP_c – потери давления в конденсаторе, Па; ΔP_{op} – потери давления в опускном участке, Па, g – ускорение свободного падения, м/с².

Потери давления рассчитаны по известным формулам с учетом характера течения среды и коэффициентов местных сопротивлений. Значение высоты столба H_{op} существенным образом влияет на размеры системы охлаждения и возможность встроить ее в габариты существующего технологического оборудования. Средняя (логарифмическая) разность температур между промежуточным теплоносителем и воздухом:

$$\Delta t_{sr} = \frac{t_{sr1} - t_{sr0}}{\ln[(T_s - t_{sr0}) / (T_s - t_{sr1})]} \quad (10)$$

где t_{sr1} – температура воздуха на выходе, К; t_{sr0} – температура воздуха на входе, К.

В модели основные теплофизические свойства воздуха – коэффициент динамической вязкости, теплоемкость, теплопроводность и плотность определены в зависимости от температуры. Теплоотдача к воздуху задана критерием Стэнтона:

$$St = \frac{St \cdot Pr^{2/3}}{Pr^{2/3}} \quad (11)$$

Коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха, Вт/м² К:

$$\alpha_v = St \cdot G_v \cdot c_{pv} \quad (12)$$

где G_v – массовая скорость потока воздуха, кг/с·м²; c_{pv} – теплоемкость воздуха, Дж/кг·К.

На интегральный коэффициент теплопередачи существенное влияние оказывает оребрение поверхности со стороны воздуха. Параметры эффективности оребрения включены в модель с помощью общепринятых зависимостей. Интегральный коэффициент теплопередачи (отнесенный к теплопередающей поверхности со стороны воздуха), Вт/м²·К:

$$k_r = \frac{1}{(1/\eta_0\alpha_v) + (1/[\eta_0\alpha_v \cdot \psi_{cw}/\psi_c])} \quad (13)$$

где η_0 – общая эффективность развитой поверхности на стороне воздуха; ψ_{cw} – отношение поверхности теплоотдачи на стороне конденсата к полному объему, м²/м³; ψ_c – отношение поверхности теплообмена на стороне воздуха к полному объему, м²/м³.

Тепловая мощность при отводе тепла от конденсатора в окружающий воздух, Вт:

$$Q_c = k_r \cdot \Delta t_{sr} \cdot \psi_c \cdot V_c \quad (14)$$

где V_c – объем конденсатора, м³.

Расчет фактической температуры воздуха на выходе из конденсатора ведут в определенной последовательности. Вначале определяют водяной эквивалент для воздушного потока, Вт/К:

$$W_v = w_v \cdot c_{pv} \quad (15)$$

где w_v – массовый расход воздуха, кг/с; c_{pv} – теплоемкость воздуха, Дж/кг·К.

Водяной эквивалент для конденсата принимают равным бесконечно большой величине, так как процесс конденсации и передачи тепла идет при постоянной температуре ($W_{min}/W_{max} = 0$). Число единиц переноса тепла [13]:

$$NTU_{max} = \frac{k_r \cdot \psi_c \cdot V_c}{W_v} \quad (16)$$

Эффективность конденсатора задана по ее зависимости от числа единиц переноса тепла и соотношения W_{min}/W_{max} для перекрестноточного теплообменника, в котором не один из потоков не перемешивается. Для частного случая конденсации по экспериментальным данным [13], предложена аппроксимирующая зависимость:

$$\varepsilon_c = 0,9999 + 1,3712 \cdot 10^{-4} \cdot e^{NTU} - e^{-NTU} \quad (17)$$

Температура воздуха на выходе из конденсатора:

$$T_v = \varepsilon_c(T_s - T_{sr0}) + T_{sr0} \quad (18)$$

Решение задачи, согласно выбранному методу, осуществлялось итерационным алгоритмом, основанным на последовательном приближении вычисленного значения температуры воздуха на выходе из конденсатора к принятому (на каждом шаге используется одна и та же формула, выраженная через значения, полученные на предыдущих шагах алгоритма).

Если расчетная и принятая температуры воздуха на выходе из конденсатора не совпадают, то вычисления ведут до их совпадения. Критический момент в работе испарительно-конденсационной системы охлаждения связан с передачей тепла, полученного при конденсации через стенку теплообменника потоку внешней среды (воздуха). Расчет и моделирование испарительно-конденсационной системы охлаждения были проведены в среде MathCAD.

Теплофизические свойства исследуемых теплоносителей приняты по данным [14]. Расчетные характеристики процесса отвода тепла при кипении в большом объеме для исследуемых рабочих жидкостей представлены в таблице.

Таблица 1 –

Рабочая жидкость	Т нас. °С	К теплоотдачи, Вт/м ² ·К	t напор, К	h жидк., м
Дистиллированная вода	100	7600	8,938	0,448
Фреон 113	47,68	2235	30,392	3,1
Этанол	78,3	2796	24,296	1,056

Результаты исследования охлаждающих свойств жидкостей, в виде графических характеристик, представлены на рисунках 2-4. На всех графиках по оси ординат расположены величины мощности, рассеиваемой в окружающей среде. Поэтому во всех случаях представлены зависимости интенсивности рассеяния от характеристик системы охлаждения.

Согласно рис. 2 по оси абсцисс размещены значения расхода воздуха через конденсатор 3 (рис. 1). Поэтому характеристики можно назвать зависимостями интенсивности теплоотведения от интенсивности подачи охлаждающего воздуха.

Согласно рис. 3 по оси абсцисс размещены возможные значения ширины Y бокса конденсатора для различных конструктивных исполнений. Как видно по характеристикам, для трех разновидностей теплоносителя конструктивный размер ширины крайне существенно влияет на величину отводимой тепловой мощности.

Согласно рис. 4 по оси абсцисс размещены возможные конструктивного параметра глубины X бокса конденсатора.

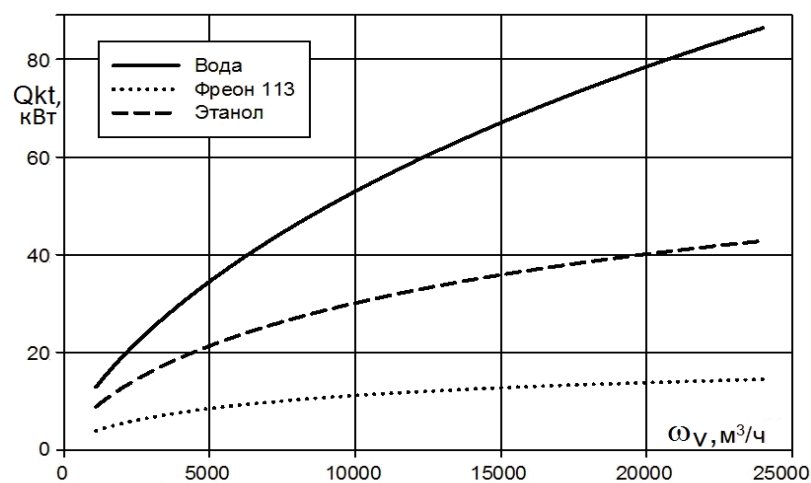


Рис. 2 – Зависимости отводимой тепловой мощности от расхода воздуха

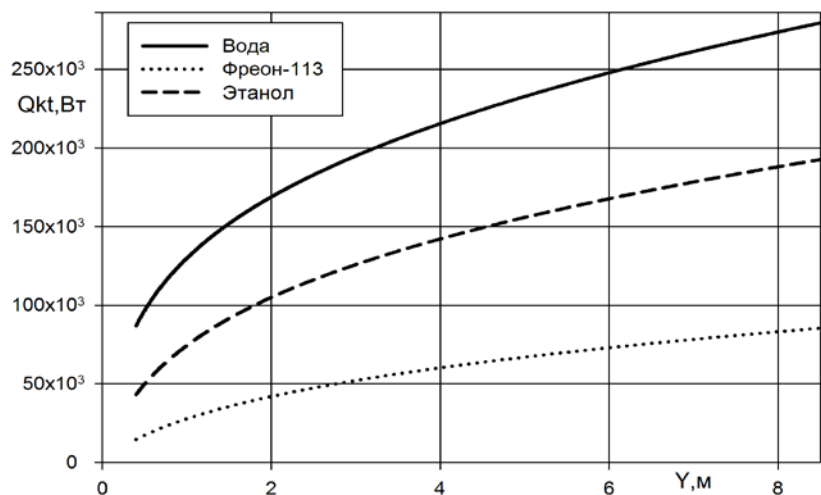


Рис. 3 – Зависимости отводимой тепловой мощности от ширины бокса конденсатора

Расчеты показали, что характеристики оказываются существенно нелинейными, причем начиная с габарита 0,2 м интенсивность теплоотведения увеличивается весьма существенно, а при достижении рубежа 0,5–0,7 м для всех разновидностей теплоносителя наступает насыщение и интенсивность теплоотведения резко уменьшается.

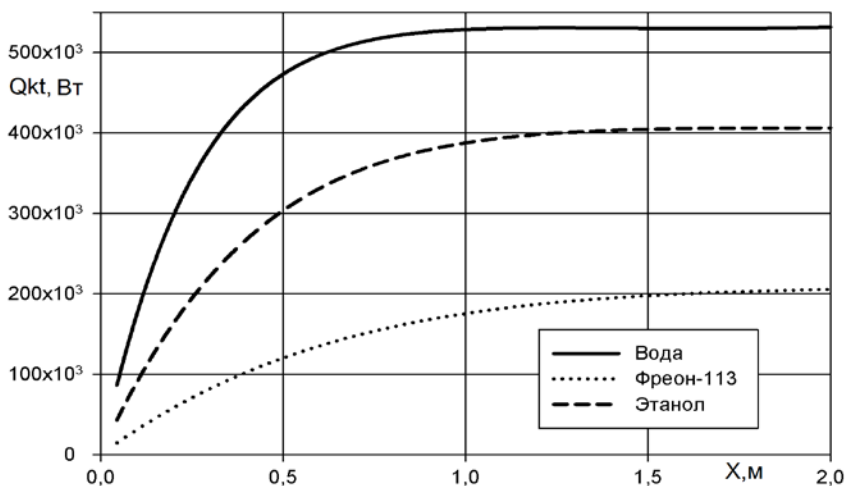


Рис. 4 – Зависимости отводимой тепловой мощности от глубины бокса конденсатора

Исследование режимных параметров теплопередачи по модели испарительно-конденсационной системы охлаждения позволило определить характер влияния глубины и ширины конденсатора, а так же расхода воздуха на величину отводимого теплового потока для трех видов рабочей жидкости. Полученные результаты дают информацию для принятия решения при переходе к практическому проектированию индукционного оборудования и решению задач адаптации испарительно-конденсационной системы к конкретным типам индукционных машин [15], [16]. Использование разных интервалов отводимой тепловой мощности, показанных на рис. 2-4, обусловлено тем, что в зависимостях отводимой тепловой мощности для различных параметров (теплофизические свойства жидкости, расход воздуха и размеры теплообменника) кратность изменения была разной.

Особенность полученных результатов в отношении эффективности систем охлаждения заключается в ранжировании исследуемых рабочих жидкостей по эффективности отвода тепла. Это способствовало выявлению технологических ограничений при использовании конкретной рабочей жидкости (недопустимая высота расположения теплообменника для фреона-113 при естественной циркуляции теплоносителя) и сравнительной оценке различных способов увеличения отводимой тепловой мощности в окружающую среду.

Выводы:

1. Расчетная модель позволяет на этапе, предвещающем проектирование, оценить влияние основных конструктивных и технологических параметров системы охлаждения на ее эффективность.
2. Эффективность рабочей жидкости при отводе тепла во внешнюю среду значительно падает при переходе от воды к этанолу и далее к фреону-113.
3. Использование фреона-113 приводит к существенному, практически на порядок, увеличению высоты системы охлаждения для обеспечения естественной циркуляции теплоносителя.
4. Увеличение размеров конденсатора дает больший прирост отводимой тепловой мощности, чем увеличение расхода воздуха через конденсатор, которое в свою очередь связано с увеличением потребления энергии вентилятором.
5. Длительное пребывание в конденсаторе элементарного объема потока внешней среды, связанное с увеличением его глубины, способствует более эффективному отводу тепловой мощности во внешнюю среду.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Tyapin A.A. Four-zone linear induction machine with two-phase power / Tyapin A.A., Kinev E.S. // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. Vienna, 2019, No3-4, pp 38-44. ISSN 2310-5607.
2. Филиппов И.Ф. Теплообмен в электрических машинах / Филиппов И.Ф. - Л.: Энергоатомиздат, 1986. - 256 с.
3. Борисенко А. И. Охлаждение промышленных электрических машин / Борисенко А. И., Костиков О. Н., Яковлев А. И. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 296 с.
4. Патент РФ. № 2 628 103 RU. Качо-Алонсо Х. К. Охлаждающая структура для расположенных во внутреннем пространстве электрошкафа компонентов / Патент РФ. Опубл. 08.08.2017.
5. Tyapin A.A. The structure of electromagnetic stirrers / Tyapin A.A. // Znanstvena Misel Journal / Global Science Center LP, Ljubljana. 2018. № 20-1, pp. 50-57. ISSN 3124-1123.
6. Исаев И. А. Эффективные способы охлаждения силовых полупроводниковых приборов / Исаев И. А. Киселев И. Г., Филатов В. В. Л.: Энергоиздат, 1982. - 136 с.
7. Саламатов Ю. П. Испарительно-конденсационная система охлаждения токопроводящих элементов (варианты). Описание изобретения к патенту РФ № 2513118 RU / Саламатов Ю. П., Головенко Е. А., Гришко Г. С. Опубл. 20.04.2014. - 17 с.
8. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена / Кутателадзе С.С. - Москва: Атомиздат, 1979. - 416 с.
9. Тонг Л. Теплоотдача при кипении и двухфазное течение / Тонг Л.: Пер. с англ. 1969. - 344 с.
10. Справочник по теплообменникам: В 2-х т. Т. 2 / Пер. с англ. под ред. О. Г. Мартыненко и др. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 352 с: ил.
11. Кириллов П. П. Справочник по теплогидравлическим расчетам (Ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы) / Кириллов П. П., Юрьев Ю. С., Бобков В. П. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 360 с.
12. Глушицкий, И.В. Охлаждение бортовой аппаратуры авиационной техники. - М.: Машиностроение, 1987. - 184 с.
13. Кейс В. М. Компактные теплообменники / Кейс В. М., Лондон А.М. - М.: Энергия, 1967. - 158 с.
14. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Варгафтик Н. Б. - М.: 1972. - 720 с.
15. Тяпин А. А. Моделирование электромагнитного режима трёхфазных линейных индукционных машин. Электрооборудование: эксплуатация и ремонт / Тяпин А. А. № 6, 2019. с. 28-37. ISSN: 2074-9635.
16. Tyapin A.A. Flat two-phase linear induction MHD machine for metallurgical purposes / Tyapin A.A., Kinev E.S. American Scientific Journal NY, United States. 2019, No 27. Vol.1, pp. 57-61.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Tyapin A.A. Four-zone linear induction machine with two-phase power / Tyapin A.A., Kinev E.S. // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. Vienna, 2019, No3-4, pp 38-44. ISSN 2310-5607.
2. Filippov I.F. Teploobmen v elektricheskikh mashinakh [Heat transfer in electric machines] / Filippov I.F. - L.: Energoatomizdat, 1986. - 256 p. [in Russian]
3. Borisenko A. I. Okhlazhdenie promyshlennykh elektricheskikh mashin [Cooling of industrial electric machines] / Borisenko A. I., Kostikov O. N., Yakovlev A. I. Moscow: Energoatomizdat, 1983. - 296 p. [in Russian]
4. RF patent. No. 2 628 103 RU. Kacho-Alonso Kh. K. Okhlazhdayushchaya struktura dlya raspolozhennykh vo vnutrennem prostranstve elektroshkafa komponentov [Cooling structure for components located in the interior of the control cabinet]. Published on 08/08/2017. [in Russian]
5. Tyapin A.A. The structure of electromagnetic stirrers / Tyapin A.A. // Znanstvena Misel Journal Global Science Center LP, Ljubljana. 2018. № 20-1, pp. 50-57. ISSN 3124-1123.
6. Isakeev I. A. Effektivnye sposoby okhlazhdeniya silovykh poluprovodnikovyykh priborov. [Effective methods of cooling power semiconductor devices] / Isakeev I. A. Kiselev I. G., Filatov V. V. L.: Energoizdat, 1982.- 136 p. [in Russian]
7. Salamатов Yu. P. Isparitel'no-kondensatsionnaya sistema okhlazhdeniya tokoprovodyashchikh elementov. [Evaporative-condensation cooling system for conductive elements (options)] / Salamатов Yu. P., Golovenko E. A., Grishko G. S. and others // Description of the invention to the patent of the Russian Federation No. 2513118 RU. Published on April 20, 2014. - 17 p. [in Russian]
8. Kutateladze S.S. Osnovy teorii teploobmena. [Fundamentals of the theory of heat transfer.] / Kutateladze S.S. - M.: Atomizdat, 1979. - 416 p. [in Russian]
9. Tong L. Teplootdacha pri kipenii i dvukhfaznoe techenie. [Heat transfer at boiling and two-phase flow] / Tong L. Trans. from English, 1969. - 344 p. [in Russian]
10. Spravochnik po teploobmennikam. [Handbook of heat exchangers]: In 2 vols. T. 2 / Trans. from English under the editorship of O. G. Martynenko et al. - M.: Energoatomizdat, 1987. - 352 p. [in Russian]
11. Kirillov P. P. Spravochnik po teplogidravlicheskim raschetam (Yadernye reaktory, teploobmenniki, parogeneratory). [Handbook of Thermohydraulic Calculations (Nuclear Reactors, Heat Exchangers, Steam Generators)] / Kirillov P. P., Yuryev Yu. S., Bobkov V. P. - M.: Energoatomizdat, 1990. - 360 p. [in Russian]
12. Glushitsky I. V. Okhlazhdenie bortovoy apparatury aviatsionnoy tekhniki. [Cooling on-board equipment of aircraft] / Glushitsky I. V. M.: Mechanical Engineering, 1987. 184 p. [in Russian]
13. Case V.M. Kompaktnye teploobmenniki. [Compact heat exchangers] / Case V.M., London A.M. M.: Energy, 1967. 158 p. [in Russian]
14. Vargaftik N. B. Spravochnik po teplofizicheskim svoystvam gazov i zhidkostey. [Handbook of thermophysical properties of gases and liquids] / Vargaftik N. B. M.: 1972. 720 p. [in Russian]
15. Tyapin A. A. Modelirovanie elektromagnitnogo rezhima trekhfaznykh lineynykh induktsionnykh mashin. [Modeling of the electromagnetic mode of three-phase linear induction machines] / Tyapin A. A. Electric equipment: operation and repair. No. 6, 2019. pp. 28-37. ISSN: 2074-9635. [in Russian]
16. Tyapin A.A. Flat two-phase linear induction MHD machine for metallurgical purposes. American Scientific Journal NY / Tyapin A.A., Kinev E.S. United States. 2019, No 27. Vol.1, pp. 57-61.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.008>

ЦЕМЕНТНЫЙ КАМЕНЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ КВАРЦЕВЫХ ОТХОДОВ

Научная статья

Кузнецова И.Н. *

ORCID: 0000-0002-4907-2369,

Югорский государственный университет (ЮГУ), Ханты-Мансийск, Россия

* Копирующая автор (inkuznetsova-gsh[at]mail.ru)

Аннотация

Использование ультрадисперсного наполнителя (активированные вторичные кварцевые отходы: отходы магнитной сепарации крупки, отсева классификации пудры, пыль местных отсосов системы аспирации) в структуре цементного камня позволяет экономить цемент до 8-10 %, повысить плотность цементного камня до 4-6 %, при этом прочность цементного камня повысится до 8-10 %. Результаты полученных испытаний способствуют улучшению эксплуатационных и физико-механических характеристик бетона.

Ключевые слова: портландцемент, цементный камень, наполнитель, кварцевый песок, строительство.

CEMENT ROCK WITH THE USE OF ULTRADISPERSED QUARTZ WASTE

Research article

Kuznetsova I.N. *

ORCID: 0000-0002-4907-2369,

Yugra State University (YSU) in Khanty-Mansiysk, Khanty-Mansiysk, Russia

* Corresponding author (inkuznetsova-gsh[at]mail.ru)

Abstract

The use of ultradisperse filler (activated secondary quartz waste: waste of magnetic separation of grains, screening powder classification, dust of local suction systems) in the structure of cement rock allows one to save up to 8-10% cement, increase the density of cement rock up to 4-6%, while the strength cement stone will increase to 8-10%. The results of the tests contribute to the improvement of the operational and physical and mechanical characteristics of concrete.

Keywords: Portland cement, cement rock, filler, quartz sand, construction.

Одним из самых распространенных материалов в строительстве зданий при разных условиях эксплуатации является бетон, именно цементный камень формирует структуру, определяет свойства и долговечность бетона.

Гидратация цемента определяет свойства цементного камня, практическая ценность цемента определяется в результате химических и физико-химических превращений, который способен создать прочный цементный камень.

Суммарную прочность цементного камня вносят продукты твердения силикатов кальция – $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ – алит и $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ – белит, чем быстрее гидратируется минерал, тем быстрее происходит его схватывание и твердение, на рисунке приведены кривые твердения цементов разного минерального состава, во всех составах содержится 6% $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Разные по минералогическому составу цементы, к 28 суткам обладают разной прочностью. Относительные прочности к 28 суткам приблизительно одинаковы по сравнению с прочностью цемента, твердевшего 90 суток, так как условия твердения зерен цемента в цементном камне резко изменяются по мере хода химических процессов взаимодействия минералов цемента с водой – гидролиза и гидратации. Гидролиз и гидратация новых количеств еще непрореагировавшего цемента, условно более глубоких слоев зерен, проходят заторможено.

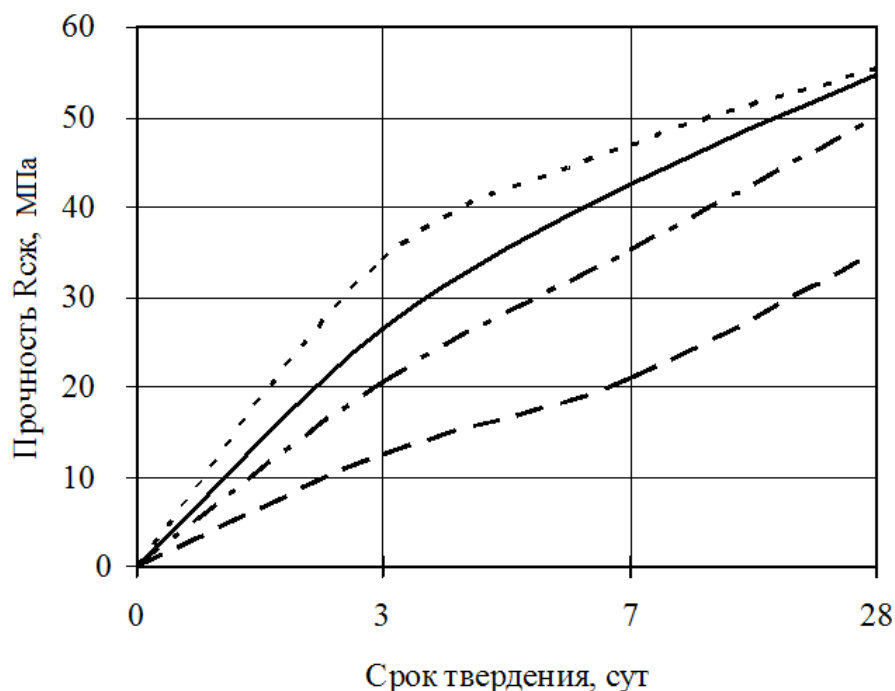


Рис.1 – Кривые твердения цемента разного минералогического состава:

- 1 — 23% C_3S +48% C_2S +8% C_3A +15% C_4AF – белитовый;
- 2 — 55% C_3S ,+ 18% C_2S +5% C_3A +17% C_4AF – алюмоферритный;
- 3 — 64% C_3S ,+ 12% C_2S +7% C_3A + 11% C_4AF – алитовый;
- 4 — 44% C_3S +28% C_2S +14% C_3A +8% C_4AF – алюминатный

Вода к зернам цемента поступает путем диффузии через гидратированные слои. В соответствии с этим у мономинерального белитового цемента через 28 суток твердения прочность приблизительно в 10–12 раз меньше, чем у мономинерального алитового цемента [10, С. 23-25].

Повысить прочность цементного камня можно за счет дополнительного армирования, так, при использовании активированных кварцевых отходов в качестве ультрадисперсного наполнителя в структуре цементного камня, повышаются прочностные показатели за счет дискретного армирования цементного камня, и наблюдается экономия цемента.

Важным является наличие прочного сцепления кварца с новообразованиями цемента. Все это происходит из-за вторичного сцепления зерен кварца, образованными гидратами, перекристаллизовавшимися из пластинок, так как возле этих частиц образуется зона кристаллизованных включений. Наполнитель должен обладать большой активностью химического взаимодействия с $Ca(OH)_2$ и другими продуктами гидратации клинкера, и иметь поверхность наиболее совместимую со структурой кристаллизующихся гидратов, для которых эта поверхность служит подложкой [3], [4], [7, С. 148-159].

Целью работы являлось исследование структуры цементного камня с использованием активированных кварцевых отходов в качестве ультрадисперсного наполнителя однородно распределенного в структуре цементного камня, повышенной прочности и пониженной теплопроводности.

Технологическая схема приготовления растворной смеси состоит из последовательности процессов:

1. Кварцевые отходы от производства особо чистого кварцевого концентрата ООО «Полярный кварц» (вторичные отходы магнитной сепарации крупки 25-26 мкм, отсев классификации пудры 6-7 мкм, пыль местных отсосов системы аспирации 3-6 мкм), поступают в центробежную дисковую установку для помола (активации).

2. Ультрадисперсный наполнитель (10% от цемента) и цемент ЦЕМ II /А-Ш 42,5Н с добавкой гранулированного доменного шлака (общестроительный) дозируются, перемешиваются и пневмотранспортом подается в расходный бункер.

3. Смесь цемента с наполнителем и вода с температурой 20-25°C дозируются и поступают в смеситель, в котором в течение 5-6 минут перемешивается.

4. Бетонная смесь подается разливается в формы и выдерживается при температуре 20-25°C в течении 28 суток.

Удельная поверхность и средний размер частиц определен с помощью прибора ПСХ-12 [7, С. 158-159], [8, С. 150]. Удельная поверхность ($S_{уд}$) и средний размер (d) частиц кварцевых отходов при сухой активации представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Удельная поверхность и средний размер частиц кварцевых отходов при сухой активации.

Кварцевые отходы	Удельная поверхность ($S_{уд}$), $см^2/г$	Средний размер частиц кварцевых отходов при сухой активации (d), $мкм$
Отходы магнитной сепарации крупки	1575–1951	17–20
Отсев классификации пудры	3321–4815	4–7
Пыль местных отсосов системы аспирации	5579–9547	2–4

Рентгеновский дифрактометр «Bruker D8 ADVANCE» предназначенный для исследования поликристаллических, аморфных веществ и тонких пленок [10, С. 71], установил продукты гидратации и твердения по пикам с $d = 4,91; 2,61; 2,5; 1,91; 1,78; 1,69; 1,53; 1,49; 1,45; 1,30; 1,15; 1,058; 9,75$ [$Ca(OH)_2$ и $Ca_2SiO_4 \cdot xH_2O$], $d = 3,87; 3,02; 4,48; 2,27; 2,02$ [$CaCO_3$]. Содержание в цементном камне Ca_2SiO_4 устанавливается по линиям $d = 2,87; 2,78; 2,17; 2,06$. Прибор позволил с высокой точностью проводить измерение интенсивностей и углов рентгеновских отражений в диапазоне температур от 84 до 700 К.

Опытные образцы содержат основные минералы карбонат кальция $CaCO_3$ и $Ca_2SiO_4 \cdot xH_2O$ гидроксид кальция $Ca(OH)_2$, гидросиликат кальция Ca_2SiO_4 , α - кварц SiO_2 . [5, С. 37], [6, С. 69], [9, С. 72-76].

Прочность образцов с использованием активированных кварцевых отходов в качестве ультрадисперсного наполнителя при сжатии ($R_{сж}$) представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Прочность образцов цементного камня

Наименование	Показатель
Цемент, марка	ЦЕМ II /А-III 42,5Н с добавкой гранулированного доменного шлака (общестроительный)
Плотность опытных образцов цементного камня с использованием активированных кварцевых отходов в качестве ультрадисперсного наполнителя, $кг/м^3$: • отходы магнитной сепарации крупки, • отсев классификации пудры, • пыль местных отсосов системы аспирации	2205 - 2248 2346 - 2379 2415 - 2430
Предел прочности цементного камня без наполнителя, МПа: через 2 суток твердения при сжатии при изгибе через 28 суток твердения при сжатии при изгибе	17,0 - 21,0 3,0 - 4,2 39,83 - 43,26 6,3 - 6,49
Предел прочности через 28 суток твердения цементного камня с использованием активированных кварцевых отходов в качестве ультрадисперсного наполнителя при сжатии, МПа: • отходы магнитной сепарации крупки, • отсев классификации пудры, • пыль местных отсосов системы аспирации	72,57 – 74,12 73,98 – 76,01 74,21 – 79,18

Прочность цементного камня при сжатии значительно меньше, чем прочность его составляющих, и изменяется в пределах 30-90 МПа, у прессованного цементного камня без капиллярных пор составляет 165 МПа [1], [2, С. 1-37].

Заключение

Предложенная технология формирует однородную структуру, которая в процессе армируется ультрадисперсным наполнителем из кварцевых отходов, упрочняя структуру цементного камня и повышая его прочность. Прочность бетона достигается за счет дискретного армирования ультрадисперсным наполнителем из кварцевых отходов.

В результате проведенных исследований при использовании ультрадисперсного наполнителя (активированные вторичные кварцевые отходы: отходы магнитной сепарации крупки, отсев классификации пудры, пыль местных отсосов системы аспирации) в структуре цементного камня позволяет экономить цемент до 8-10 %, повысить плотность цементного камня до 4-6 %, при этом прочность цементного камня повысится до 8-10 %. Достоверность полученных результатов подтверждается согласованием экспериментальных и расчетных данных.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Гусев Б. В. Формирование структуры композиционных материалов и их свойства / Б. В. Гусев, В. И. Кондращенко, Б. П. Маслов и др. – М. : Научный мир, 2006. – 560 с.
2. Гусев Б. В. Прочность полидисперсного композиционного материала, типа цементного бетона и особенности напряженно-деформированного состояния такого материала при действии сжимающих нагрузок / Б. В. Гусев. – М. : ЦИСН, 2003. – 37 с.
3. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / под ред. Ю. А. Табунщикова, В. Г. Гагарина – 5-е изд., пересм. . – М. АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.
4. Шмитко Е. И. Химия цемента и вяжущих веществ : учебное пособие / Е. И. Шмитко, А. В. Крылова, В. В. Шаталова. - СПб. : Проспект Науки, 2006. – 206 с.
5. Clark L. Thaumacite form of sulfate attack / L. Clark. – Concrete International. – 1999. – Vol. 22, no 2. – P. 37–40.
6. Collepardi M. Damage by Delayed Ettringite Formation. A Holistic Approach and New Hypothesis / M. Collepardi // Concrete International. – 1999. – Vol. 21, no. 1. – P. 69–74.
7. Косач А. Ф. Влияние ультрадисперсных кварцевых отходов как наполнителя на структуру и свойства цементного камня / А. Ф. Косач, И. Н. Кузнецова, М. А. Дарулис, Ю. В. Березкина // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – Т. 20. – №6. – С. 148–159.
8. Косач А. Ф. Влияние ультрадисперсного наполнителя на основе золы гидроудаления на свойства цементного камня / А. Ф. Косач, М. А. Рашупкина, И. Н. Кузнецова, М. А. Дарулис // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – Т. 21. – № 1. – С. 150–158.
9. Кузнецова И. Н. Технология пенобетона на основе торфа / И. Н. Кузнецова, М. А. Рашупкина, С. В. Жуков // Вестник СибАДИ. – 2014. – № 4 (38). – С. 72–76.
10. Кузнецова И. Н. Влияние химического и минерального состава цемента на теплоизоляционные свойства пенобетона / И. Н. Кузнецова. // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет. Новосибирск, 2009. – 168 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gusev B. V. Formirovaniye struktury kompozitsionnykh materialov i ih svoystva [Formation of structure of composite materials and their properties] / B. V. Gusev, V. I. Kondrashchenko, B. P. Maslov and others. – М. : Nauchnyj mir [Scientific world], 2006. – 560 p. [in Russian]
2. Gusev B. V. Prochnost' polidispersnogo kompozitsionnogo materiala, tipa cementnogo betona i osobennosti napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya takogo materiala pri dejstvii szhimayushchih nagruzok [Prochnost of polydisperse composite material, like cement concrete and feature of the intense deformed condition of such material at action of the squeezing loadings] / B. V. Gusev. – М. : CISN [Tsentr Issledovaniy I Statistiki Nauki (Tsisn)], 2003. – 37 p. [in Russian]
3. Fokin K. F. Stroitel'naya teplotekhnika ograzhdayushchih chastej zdanij [Stroitel'naya of the heating engineer of the protecting parts of buildings] / edited by. YU. A. Tabunshchikova, V. G. Gagarina – 5-th edition., peresm. . – М. АВОК-ПРЕСС [AVOK-PRESS], 2006. – 256 p. [in Russian]
4. Shmitko E. I. Himiya cementa i vyazhushchih veshchestv : uchebnoe posobie [Himiya of cement and the knitting substances] / E. I. Shmitko, A. V. Krylova, V. V. Shatalov. - SPb. : Prospekt Nauki [Publishing House «Prospekt Nauki»] , 2006. – 206 p. [in Russian]
5. Clark L. Thaumacite form of sulfate attack / L. Clark // Concrete International. – 1999. – Vol. 22, no 2. – P. 37–40.
6. Collepardi M. Damage by Delayed Ettringite Formation. A Holistic Approach and New Hypothesis / M. Collepardi // Concrete International. - 1999. - Vol. 21, no. 1. – P. 69–74.
7. Kosach A. F. Structure and properties of cement brick modified by ultrafine quartz waste additive [Vliyaniye ul'tradispersnykh kvartsevykh otkhodov kak napolnitelya na strukturu i svoystva tsementnogo kamnya] / A. F. Kosach, I. N. Kuznecova, M. A. Darulis, Y. V. Berzskina // Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. [Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta]. – 2018. – Vol. 20. – № 6. – P. 148–159. [in Russian]
8. Kosach A. F. Cement brick properties modified by ultrafine ash-based additive [Vliyaniye ul'tradispersnogo napolnitelya na osnove zoly gidroudaleniya na svoystva tsementnogo kamnya] / A. F. Kosach, M. A. Rashchupkina , I. N. Kuznecova, M. A. Darulis // Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. [Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta]. – 2019. – Vol. 21. – № 1. – P. 150–158. [in Russian]
9. Kuznecova I. N. Tekhnologiya penobetona na osnove torfa [Technology of foamed concrete on the basis of peat] / I. N. Kuznecova, M. A. Rashchupkina, S. V. Zhukov // Vestnik SibADI [Vestnik SIBADI]. – 2014. – № 4 (38). – P. 72–76. [in Russian]
10. Kuznetsova I. N. Influence of the chemical and mineral composition of cement on the heat-insulating properties of foam concrete [Vliyaniye khimicheskogo i mineral'nogo sostava tsementa na teploizolyatsionnyye svoystva penobetona] / I. N. Kuznetsova. // dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering [Novosibirskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitel'nyy universitet]. Novosibirsk, 2009. – 168 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.009>**РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ, НАПОЛНЕННОГО ТЕХНОГЕННЫМ ОТХОДОМ, ДЛЯ ЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Научная статья

Ильина М.Е.¹, Курочкин И.Н.^{2,*}¹ ORCID: 0000-0002-0405-2225;² ORCID: 0000-0001-8742-5439;^{1,2} Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, Россия

* Корреспондирующий автор (ivan33vl[at]yandex.ru)

Аннотация

Представлены результаты разработки защитного полимерного покрытия, с высокими прочностными характеристиками, содержащего отходы гальванического производства. Данное покрытие разработано для защиты бетонных и металлических поверхностей различных строительных конструкций от неблагоприятных природных и внешних воздействий. Покрытие разработано на основе полиметилфенилсилоксанового связующего, отвердителя тетраизопропилтитаната и техногенного отхода – гальванического шлама, используемого в качестве наполнителя. Использование в качестве связующего полиметилфенилсилоксана улучшает термостойкие свойства полученного покрытия и снижает его водопоглощение. Использование гальванического шлама в количестве 5-15 мас.ч. позволяет повысить прочностные свойства покрытия и уменьшить его стоимость, при этом решается и другая важная задача – безопасная утилизация гальванического шлама.

Ключевые слова: полимерное защитное покрытие, полиметилфенилсилоксан, гальванический шлам, термостойкость, адгезия, прочность, безопасная утилизация.

DEVELOPMENT OF POLYMER COATINGS FILLED WITH TECHNOGENIC WASTE TO PROTECT CONSTRUCTION STRUCTURES

Research article

Irina M.E.¹, Kurochkin I.N.^{2,*}¹ ORCID: 0000-0002-0405-2225;² ORCID: 0000-0001-8742-5439;^{1,2} Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russia

* Corresponding author (ivan33vl[at]yandex.ru)

Abstract

The results of the development of a protective polymer coating with high strength characteristics containing waste from galvanic production are presented in the paper. This coating is intended to protect concrete and metal surfaces of various building structures from adverse natural and external influences. The coating is developed on the basis of polymethyl phenyl siloxane binder, hardener tetra isopropyl titanate, and industrial waste – galvanic sludge used as a filler. The use of polymethyl phenyl siloxane as a binder improves the heat-resistant properties of the resulting coating and reduces its water absorption. The use of galvanic slurry in the amount of 5-15 parts by weight allows you to increase the strength properties of the coating and reduce its cost while solving another important problem – the safe disposal of galvanic sludge.

Keywords: polymer protective coating, polymethyl phenyl siloxane, galvanic sludge, heat resistance, adhesion, strength, safe disposal.

Введение

В настоящее время полимерные композиционные материалы нашли широкое применение в строительной отрасли [1], [2], [3]. Большой интерес представляет их использование в качестве защитных покрытий, предохраняющих бетонные и металлические поверхности зданий и сооружений, элементы конструкций от воздействия неблагоприятных природных факторов, таких как атмосферные осадки, ультрафиолетовое излучение, кислотные дожди, температурное воздействие и т.д. Их применение обеспечивает хорошую защиту от коррозии, прочную адгезию к поверхности, невысокое водопоглощение, легкость нанесения покрытия и хороший внешний эстетический вид [1], [4]. К недостаткам полимерных защитных покрытий можно отнести невысокие прочностные свойства, потерю эксплуатационных свойств при температуре выше +80⁰С и высокую стоимость. В связи с этим, большой практический интерес представляют защитные покрытия на основе полиорганосилоксанового связующего или модифицированные полиорганосилоксанами [5], [6], [7]. Эти покрытия обладают хорошей термостойкостью (до 250⁰С), низким водопоглощением, устойчивостью к окислительной деструкции и действию солнечной радиации.

К недостаткам данных покрытий можно отнести невысокие физико-механические свойства, в частности, прочность, адгезию и их высокую стоимость [1], [4], [8]. Целью данного исследования является разработка недорогого защитного полиорганосилоксанового покрытия, обладающего хорошими физико-механическими характеристиками. Для достижения данной цели предлагается использовать в защитном полиорганосилоксановом покрытии в качестве наполнителя прокаленный гальванический шлам – отход гальванического производства. При этом решается и другая важная задача – безопасная утилизация гальванического шлама [9].

Материалы и методы исследования

В качестве полимерного связующего для получения покрытия в работе использовался полиметилфенилсилоксан (ПФМС) (ГОСТ 15866-70). ПФМС представляет собой линейный полисилоксан, в цепочке

Si-O-Si которого у каждого атома кремния находится фенильная и метильная группы. Для отверждения полимерной композиции применялся тетраизопропилтитанат (ТУ 2423-008-50284764-2006) – продукт взаимодействия четырехлористого титана с изопропиловым спиртом.

В качестве наполнителя был использован прокаленный гальванический шлам. Введение его в защитный полиорганосилоксановый материал преследует две цели:

- придание хороших прочностных свойства получаемому защитному покрытию;
- снижение себестоимости защитного материала за счёт ввода в его состав дешёвого наполнителя.

Данный наполнитель получали путем прокаливании при температуре 650°C гальванического шлама, образующегося при реагентной обработке гидроксидом кальция сточных вод гальванического производства. Анализ состава прокаленного гальванического шлама, проведённый на порошковом дифрактометре D8 ADVANCE (Германия), показал, что тяжёлые металлы, входящие в состав гальванического шлама, находятся в основном, в форме оксидов. Оксидный состав прокалённого гальванического шлама представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Оксидный состав прокаленного гальванического шлама

Оксид металла в составе прокаленного гальванического шлама	Количество, % мас.
ZnO	14,2
CuO	4,2
CaO	34,5
NiO	4,6
Fe ₂ O ₃	8,3
Cr ₂ O ₃	18,8
SiO ₂	4,2

В наибольшем количества присутствуют оксиды металлов цинка и хрома. Таким образом, можно ожидать повышение прочности разрабатываемого защитного покрытия при использовании прокалённого гальванического шлама в качестве наполнителя. Наличие таких оксидов металлов, как никеля, хрома, цинка, меди позволяет повысить термостойкость и химическую стойкость защитного покрытия. Кроме того, оксидные компоненты наполнителя, входящие в состав защитной композиции, способствуют структурированию полимера, что позволяет получать покрытия с повышенной сплошностью, адгезией, твёрдостью и эластичностью. Важным моментом является и то, что использование прокалённого гальванического шлама в защитной композиции приводит к её наполнению дисперсными оксидами металлов, оказывающих стабилизирующее действие в случае деструкции полиорганосилоксановых покрытий при высоких температурах, за счёт блокировки концевых силанольных групп и макрорадикалов на поверхности металлов [10].

Прокаленный гальванический шлам перед использованием подвергается тонкому помолу в шаровой мельнице. Полученный наполнитель имел степень перетирания не более 40 мкм (по ГОСТ 6589-74). На рис. 1 представлен внешний вид наполнителя прокалённого гальванического шлама.



Рис. 1 – Наполнитель прокалённый гальванический шлам

Определение физико-механических характеристик полученного защитного покрытия проводили по следующим методикам: определение прочности при ударе по ГОСТ 9.602-2016, адгезию покрытия по методу решетчатых надразов по ГОСТ 15140-78, предел прочности при растяжении по ГОСТ 18299-72.

Результаты и обсуждение

В качестве полиорганосилоксанового связующего был выбран полиметилфенилсилоксан, который позволяет получить гомогенизированную композицию, с равномерным распределением наполнителя по всему объёму получаемого покрытия. Кроме того, полиметилфенилсилоксан позволяет повысить термостойкость отвержденного покрытия, уменьшить его водопоглощение.

Использование в качестве отвердителя тетраизопротитаната приводит к повышению прочностных и адгезионных свойств покрытия, что связано с образованием химических связей между полиметилфенилсилоксаном и тетраизопротитанатом вследствие наличия реакционноспособных групп как у отвердителя, так и у полиметилфенилсилоксана. Кроме того, разложение тетраизопротитаната под действием влаги воздуха может привести к образованию наноразмерного оксида титана, который в качестве активного наполнителя встраивается в структуру полимерных макромолекул и обеспечивает пространственно-сшитую структуру получаемого покрытия, увеличивая его прочность.

В качестве наполнителя нами был выбран отход гальванического производства – гальванический шлам. В зависимости от состава и способа его обезвреживания, гальванический шлам относится ко 2-3 классу опасности и является техногенным отходом [11], [12]. С целью сокращения объемов гальванических шламов и вовлечение их в повторное использование в качестве вторичного сырья, в настоящее время разрабатываются технологии по использованию гальванических шламов в качестве полезной целевой добавки в различные строительные материалы [13], [14], [15].

В нашем исследовании, образцы защитных покрытий готовились по следующей технологии: в полиметилфенилсилоксан вводили поочередно тетраизопротитанат и наполнитель прокалённый гальванический шлам. Композицию тщательно перемешивали и наносили на металлическую подложку. Время сушки – 24 часа при температуре 25°C.

На первом этапе исследования были разработаны составы композиций для получения образцов защитных покрытий по выше приведённой технологии. Составы композиций для получения образцов полиорганосилоксанового покрытия и их физико-химические характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Составы композиций для получения образцов полиорганосилоксанового покрытия и их физико-химические характеристики

№ образца	Составы композиций, мас.ч.			Физико-химические характеристики покрытия		
	ПФМС	ТИПТ	ГШ	Прочность покрытия при ударе, Н·м	Адгезия покрытия, балл	Прочность при разрыве, кгс/см ²
1	40	12	15	6	1	68
2	25	5	10	7	1	73
3	50	10	25	5	1	52
4	15	8	40	4	1	48
5	60	20	5	6	1	59

Исследование показало, что при содержании прокалённого гальванического шлама в композиции более 15 мас. ч. наблюдается ухудшение адгезионных и прочностных свойств покрытия, наблюдается увеличение вязкости композиции и значительно возрастает возможность получения технологического брака защитного покрытия. При введении прокалённого гальванического шлама менее 5 мас.ч. повышения прочности покрытия не наблюдается.

Для оценки прочностных свойств разработанного защитного покрытия нами была проведена сравнительная характеристика его с известным полиорганосилоксановым покрытием, где в качестве связующего использовалась смесь полиметилдиметилфенилсилоксановой смолы, модифицированной пентафталевой смолой, с полиметилфенилсилоксановой смолой, органический растворитель, отвердитель, смесь асбеста и слюды, оксид металла и карбид кремния [16].

Сравнительная характеристика физико-механических свойств известного защитного полиорганосилоксанового покрытия и разработанного на основе композиции, содержащей 25-40 мас. ч. полиметилфенилсилоксана, 5-12 мас. ч. отвердителя тетраизопротитаната и 5-15 мас.ч. наполнителя прокалённого гальванического шлама представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-механические характеристики известного и разработанного защитного покрытия

п/п	Показатель	Значение	
		Известного	Разработанного
1	Прочность покрытия при ударе, Н·м	5	6-7
2	Адгезия покрытия по методу решетчатых надрезов, балл	1	1
3	Прочность при разрыве, кгс/см ²	56	68-73

Из таблицы видно, что у разработанного защитного покрытия прочность при ударе и прочность при разрыве выше, чем у известного полиорганосилоксанового покрытия, а адгезия к покрытию соответствует известному.

Таким образом, разработанное защитное полимерное покрытие обеспечивает хорошее сцепление с поверхностью, технологически легко наносится, отверждение покрытия происходит при комнатной температуре, имеет повышенные прочностные характеристики, стоимость его, за счет использования прокалённого гальванического шлама, значительно снижается, при этом решается вопрос безопасной утилизации техногенного отхода.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Берлин А. А. Принципы создания композиционных полимерных материалов / Берлин А. А. Вольфсон С.А., Ошмян В.Г.. М.: Химия.1990. 240 с.
2. Торлова А.С. Утилизация керамических и полимерных отходов в производстве облицовочных композиционных материалов / Торлова А.С., Виткалова И.А., Пикалов Е.С. и др. // Экология и промышленность России. 2019. №7. С. 36-41.
3. Виткалова И.А. Разработка способа получения облицовочного композиционного материала на основе полимерных и стекольных отходов // Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. и др. // Экология промышленного производства. 2018. № 3. С. 2-6.
4. Сокольская М.К. Связующие для получения современных полимерных композиционных материалов / Сокольская М.К., Колосова А.С., Виткалова И.А. и др. // Фундаментальные исследования. 2017. №10-2. С. 290-295.
5. Чухланов В.Ю. Модификация полиорганосилоксаном связующего на основе полиуретана/. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г. // Пластические массы. 2013. № 9. С. 8-10.
6. Худобин Ю.И. Промышленный выпуск одноупаковочных, органосиликатных композиций типа ОС-12. Новое в сушке лакокрасочных покрытий / Худобин Ю.И. // Л.: ЛДНТП. 1990. С.47-50.
7. Чухланов В.Ю. Диэлектрические свойства герметизирующей композиции на основе эпоксидиановой смолы, модифицированной полиметилфенилсилоксаном, в сантиметровом свч-радиодиапазоне / Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г. // Клеи. Герметики. Технологии. 2015 № 3. С. 6-1.
8. Перовская К.А. Применение полимерных отходов для повышения энергоэффективности стеновой керамики / Перовская К.А., Петрина Д.Е., Пикалов Е.С. и др. // Экология промышленного производства. 2019. №1. С. 7-11.
9. Сухарникова М.А. Исследование возможности производства керамического кирпича на основе малопластичной глины с добавлением гальванического шлама / Сухарникова М.А., Пикалов Е.С.// Успехи современного естествознания. 2015. № 10. С. 44-47.
10. Харитонов Н.П. Термическая и термоокислительная деструкция полиорганосилоксанов / Харитонов Н.П., Островский В.В. Ленинград: Наука, 1982. – 208с.
11. Селиванов О.Г. Оценка экологической опасности полимерных строительных покрытий, наполненных гальваническим шламом / Селиванов О.Г., Чухланов В.Ю., Селиванова Н.В. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т.15. № 3(6). С.1956-1960.
12. Генцер И. В. Влияние гальванических осадков на свойства бетонных смесей и бетонов / Генцер И. В. // Изв. вузов. Строительство и архитектура. 1996. №7. С. 67-70.
13. Виткалова И.А. Использование отходов, содержащих тяжелые металлы, для получения кислотоупорной керамики с эффектом самоглазурования / Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. // Экология промышленного производства. 2018. № 2. С. 2-6.
14. Чухланов В.Ю. Новые лакокрасочные материалы на основе модифицированных пипериленистирольных связующих с использованием гальваношлама в качестве наполнителя / Чухланов В.Ю., Усачева Ю.В., Селиванов О.Г. // Лакокрасочные материалы и их применение. 2012. №12. С. 52-55.
15. Воробьева А.А. Получение облицовочной керамики с эффектом остекловывания на основе малопластичной глины и техногенного отхода Владимирской области / Воробьева А.А., Шахова В.Н., Пикалов Е.С. и др. // Стекло и керамика. – 2018. №2. – С.13-17.
16. Патент РФ № 2216567 от 20.11.2003.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Berlin A. A. Principy sozdaniya kompozicionnyh polimernyh materialov [Principles of creation of composite polymeric materials] . Berlin A. A., Vol'fson S.A., Oshmjan V.G. and others. M.: Chemistry, 1990 – 240 p. [in Russian]
2. Torlova A.S. Utilizacija keramicheskikh i polimernyh othodov v proizvodstve oblicovochnyh kompozicionnyh materialov [Utilization of ceramic and polymer wastes in production of facing composite materials] / Torlova A.S., Vitkalova I.A., Pikalov E.S. and others. // Ekologiya i promyshlennost' Rossii [Ecology and industry of Russia] 2019, №7, p. 36-41. [in Russian]
3. Vitkalova I.A. Razrabotka sposoba poluchenija oblicovochno go kompozicionnogo materiala na osnove polimernyh i stekol'nyh othodov [Development of a method for obtaining a facing composite material based on polymer and glass waste] / Vitkalova I.A., Torlova A.S., Pikalov E.S. and others. // Ekologiya promyshlennogo proizvodstva [Ecology of industrial production] 2018, №3, p. 2-6. [in Russian]
4. Sokol'skaja M.K. Svjazujushhie dlja poluchenija sovremennyh polimernyh kompozicionnyh materialov [Binders for production of modern polymeric composite materials] / Sokol'skaja M.K., Kolosova A.S., Vitkalova I.A. and others. // Fundamental'nye issledovanija [Fundamental study] 2017, №10-2, p. 290-295. [in Russian]
5. Chukhlanov V.Y. Modifikacija poliorganosiloksanom svjazujushhego na osnove poliuretana [Modification of polyorganosiloxanes binder based on polyurethane] and others. // Plasticheskie massy [Plastic Mass] 2013, №9, p. 8-10. [in Russian]
6. Hudobin Y.I. Promyshlennyj vypusk odnoupakovochnyh, organosilikatnyh kompozicij tipa OS-12. Novoe v sushke lakokrasochnyh pokrytij [Industrial production of single-pack, organosilicate compositions of OS-12 type. New to the drying of coatings] and others. / Hudobin Y.I. // Leningrad: LDNTP. 1990. – p.47-50. [in Russian]
7. Chukhlanov V.Y. Dielektricheskie svoistva germetiziruiushchei kompozitsii na osnove epoksidianovoi smoly, modifitsirovannoi polimetilfenilsiloksanom, v santimetrovom svch-radiodiapazone [Dielectric properties of sealing composition based on epoxy resin modified with polymethylphenylsiloxane in centimeter microwave radio band] Chukhlanov

- V.Y. Selivanov O.G. and others. // Klei. Germetiki. Tekhnologii [Glues. Sealants. Technologies] 2015, №3, p. 6-11. [in Russian]
8. Perovskaya K.A. Primenenie polimernyh othodov dlya povysheniya energoeffektivnosti stenovoj keramiki // Perovskaya K.A., Petrina D.E., Pikalov E.S. and others. // Ekologiya promyshlennogo proizvodstva [Ecology of industrial production] 2019, №1, p. 7-11. [in Russian]
9. Sukharnikova M.A. Issledovanie vozmozhnosti proizvodstva keramicheskogo kirpicha na osnove maloplastichnoj gliny s dobavleniem gal'vanicheskogo shlama [Investigation of the possibility of production of ceramic bricks on the basis of low-plastic clay with the addition of galvanic sludge] / Sukharnikova M.A., Pikalov E.S. and others. // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Successes of modern natural science]. 2015. No. 10. P. 44-47. [in Russian]
10. Haritonov N.P. Termicheskaya i termookislitel'naya destrukciya poliorganosiloksanov [Thermal and thermo-oxidative degradation of polyorganosiloxanes] / Haritonov N.P., Ostrovskij V.V. and others. Leningrad: Nauka, 1982. – p. 208. [in Russian]
11. Selivanov O.G. Ocenka ekologicheskoy opasnosti polimernyh stroitel'nyh pokrytij, napolnennyh gal'vanicheskim shlamom [Assessment of environmental hazard the polymer building coating, filled with electroplating sludge] / Selivanov O.G., Chukhlanov V.Y. and others. // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk [Proceedings of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences], 2013. Vol.15. № 3(6). p.1956-1960. [in Russian]
12. Gencer I.V. Vliyanie gal'vanicheskikh osadkov na svoystva betonnyh smesej i betonov [Effect of galvanic precipitation on the properties of concrete mixtures and concretes] / Gencer I.V. and others. // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arhitektura [News of universities. Construction and architecture], 1996, №7. p. 67-70. [in Russian]
13. Vitkalova E.A. Ispolzovanie othodov, sodержashchih tyazhelye metally, dlya polucheniya kislotoupornoj keramiki s efektom samoglazurovaniya [The use of waste containing heavy metals to produce acid-resistant ceramics with the effect of self-glazing] and others. / Vitkalova E.A., Torlova A.S., Pikalov E.S. and others // Ekologiya promyshlennogo proizvodstva [Ecology of industrial production]. 2018, №2, p. 2-6. [in Russian]
14. Chukhlanov V.Y. Novye lakokrasochnye materialy na osnove modifitsirovannyh piperilenstirolnyh svyazuyushchih s ispol'zovaniem gal'vanoshlama v kachestve napolnitelya [New paint and varnish materials based on modified piperylene styrene binders using galvanic sludge as a filler] and others. // Chukhlanov V.Y., Usacheva Y.V., Selivanov O.G. and others // Lakokrasochnye materialy i ih primeneniye [Paint and varnish materials and their application], 2012, №12, p. 52-55. [in Russian]
15. Vorobeva A.A. Poluchenie oblicovochnoj keramiki s efektom osteklovyvaniya na osnove maloplastichnoj gliny i tekhnogenogo othoda Vladimirovskoj oblasti [Production of facing ceramics with the effect of glazing on the basis of low-plastic clay and technogenic waste of the Vladimir region] / Vorobeva A.A., Shahova V.N., Pikalov E.S. and others. // Steklo i keramika [Glass and ceramics]. – 2018. №2. – p.13-17. [in Russian]
16. Russian patent No. 2216567 dated 20.11.2003 [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.010>

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ЖКХ С ПОМОЩЬЮ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Научная статья

Баладин В.С.¹, Нешина Е.Г.^{2,*}, Дуйсенбаева М.С.³, Шайгараева Т.Н.⁴¹ ORCID: 0000-0002-6593-1864;² ORCID: 0000-0002-8973-2958;³ ORCID: 0000-0003-3733-7662;⁴ ORCID: 0000-0003-3324-133X;^{1, 2, 3, 4} Карагандинский государственный технический университет, Караганда, Казахстан

* Корреспондирующий автор (1_neg[at]mail.ru)

Аннотация

В данной статье авторы проводят анализ тепловых сетей ЖКХ. Применяя теорию массового обслуживания, проводят оценку работоспособности системы при определенных заданных критериях и поиском оптимальных характеристик работы системы. Наиболее ответственными элементами распределения тепла к потребителю являются трубы, которые должны быть достаточно прочными и герметичными при максимальных давлениях и температурах теплоносителя. Авторами рассмотрен вопрос о возможности расчета плановой себестоимости услуг оператора ТС, у которого объемы услуг определяются исходя из пропускной возможности ЦТП.

Ключевые слова: тепловые сети, тепловая энергия, центральный тепловой пункт, теплоснабжение, массовое обслуживание, температура.

ANALYSIS OF HOUSING HEAT NETWORKS WITH THE USE OF MASS SERVICE THEORY

Research article

Balandin V.S.¹, Neshina E.G.^{2,*}, Duisenbaeva M.S.³, Shaigaraeva T.N.⁴¹ ORCID: 0000-0002-6593-1864;² ORCID: 0000-0002-8973-2958;³ ORCID: 0000-0003-3733-7662;⁴ ORCID: 0000-0003-3324-133X;^{1, 2, 3, 4} Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan

* Corresponding author (1_neg[at]mail.ru)

Abstract

The authors analyze the heating networks of housing and communal services in the paper. Applying the queuing theory, the assessment of the system's performance under certain specified criteria is made by searching for optimal system performance. The most critical elements of heat distribution to the consumer are pipes, which should be sufficiently strong and tight at maximum pressures and temperatures of the coolant. The authors considered the question of the possibility of calculating the planned cost of services of a vehicle operator, in which the volume of services is determined based on the capacity of the central heating center.

Keywords: heat networks, heat energy, central heat point, heat supply, mass tinning, temperature.

Введение

Выбор форм представления математических моделей и эффективности численных методов их решения для применения в практических приложениях является актуальным.

В конечном итоге, функционирование тепловых сетей, как и любого предприятия, определяется ее экономической эффективностью. Поэтому построенная модель тепловых сетей должна удовлетворять принципам экономической целесообразности.

Перечисленные выше проблемы характерны для большинства коммуникационных систем, включая системы теплоснабжения. Единого алгоритма их решения не существует, поэтому многие исследователи идут по пути использования тех или иных моделей для построения отдельных сторон процесса функционирования тепловых сетей.

Анализ тепловых сетей проводился на основе тепловых сетей города Абай Карагандинской области.

Источником теплоснабжения потребителей жилого массива и промышленных район г. Абай является ГРЭС ТОО «Корпорация Казахмыс», расположенная в поселке Топар.

Максимальная температура сетевой воды при расходе 2200 т/ч = 960 С.

Трубопроводы тепломагистралей проложены надземным способом, в основном на низких опорах. Компенсация тепловых удлинений трубопроводов осуществляется П-разными и сальниковыми компенсаторами, а также за счет переходов через дороги и поворотов теплотрассы.

Состояние теплоизоляции трубопроводов, в основном, удовлетворительное, но имеются участки с полным отсутствием и теплоизоляции, и кровного слоя.

Внутриквартальные тепловые сети - двухтрубные, радиальные, тупиковые. Тип прокладки трубопроводов тепловых сетей в черте города смешанный - надземный и подземный. Суммарная расчетная тепловая нагрузка потребителей тепла г. Абая составляет 50,202 Гкал/ч.

Тепловые сети в виду их направленности будут определяться как система с массовым обслуживанием. Взаимодействия различных элементов системы теплоснабжения должно достигаться за счет достижения оптимальных

параметров работы при максимальной эффективности, повышения надежности работы и снижения частоты отказов. Одной из составных частей тепловой сети является центральный тепловой пункт [1], [2].

Центральный тепловой пункт (ЦТП) – устройство для присоединения систем теплоснабжения части населённого пункта к распределительным сетям города или области.

Теория массового обслуживания оценивает работоспособность при определенных заданных критериях и поиском оптимальных характеристик работы. Оптимальные характеристики позволяют обеспечивать надлежащее качество сервиса при минимальных затратах и достигать устойчивой работы в различных сценариях работы в период отопительного сезона в зависимости от климатических условий, условий работы, амортизации и технического отслеживания состояния оборудования.

Структура системы показана на рисунке 1.



Рис. 1 – Элементы системы массового обслуживания

В качестве входного потока служат абоненты, ждущие получение той или иной услуги (теплоснабжения или горячего водоснабжения), создается очереди из этих абонентов, каналами обслуживания служат теплоснабжающие организации, который формируют задачи в выходном потоке.

Рассмотрим систему массового обслуживания с ограничением длины очереди. Если длина становится равной m , то очередное требование теряется. Запишем систему дифференциальных уравнений, описывающих работу такой системы массового обслуживания. Вероятность $n+m$ -го состояния определяется из уравнения:

$$p'_{n+m}(t) = \lambda p_{n+m-1}(t) - n\mu p_{n+m}(t). \quad (1)$$

Система дифференциальных уравнений (1) при $k=n+m$ определяет вероятности состояний для системы массового обслуживания с ограниченной очередью.

Предельные значения вероятностей состояний (при $t \rightarrow \infty$) находятся из системы алгебраических линейных уравнений:

$$\begin{aligned} -\lambda p_0 + \mu p_1 &= 0, \\ \lambda p_{k-1} - (\lambda + k_1) p_k + (k+1) \mu p_{k+1} &= 0, \\ 0 < k < n, \\ \lambda p_{k-1} - (\lambda + n_\mu) p_k + n_\mu p_{k+1} &= 0, \\ n < k < n+m, \\ \lambda p_{n+m-1} - n_\mu p_{n+m} &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

с условием:

$$\sum_{r=0}^{n+m} p_r = 1. \quad (3)$$

Из этих уравнений получаем:

$$p_k = \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \left[\frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k + \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \sum_{s=1}^m \left(\frac{\lambda}{n_\mu} \right)^s \right]^{-1}, \quad 0 \leq k \leq n, \quad (4)$$

$$p_n = \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \left(\frac{\lambda}{n_\mu} \right)^{k-n} \left[\sum_{k=0}^n \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k + \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \sum_{s=1}^m \left(\frac{\lambda}{n_\mu} \right)^s \right]^{-1}, \quad n \leq k \leq n+m$$

Один ЦТП может обслуживать n абонентов. Взяв за основу текущую обеспеченность ресурсами оператором ТС, и опираясь на существующие нормативы, исходя из возможности оказания услуг оператором ТС по ЦТП i , рассчитываем среднее число абонентов, приходящихся на один ЦТП:

$$N_i = m_i \times n \times \frac{t_1 - t_2}{t_3}, \quad (5)$$

где m_i – число ЦТП, t_1 – число часов в году, t_2 – продолжительность рабочего дня, t_3 – среднее время использования ЦТП абонентом.

От выражения (5) перейдем к следующему равенству:

$$\frac{N_i}{t_1 - t_2} = \frac{m_i \times n}{t_3} \cdot p'_{n+m}(t) = \lambda p_{n+m-1}(t) - n \mu p_{n+m}(t). \quad (6)$$

Отношение в левой части равенства является, фактически, средней интенсивностью потока заявок в СМО, в дальнейшем станем обозначать его через λ . Отношение в правой части равенства представляет собой интенсивность обслуживания, в дальнейшем обозначаемую через μ , при выполнении условия:

$$\left(\rho = \frac{\lambda}{\mu} \right) \leq 1, \quad (7)$$

где ρ – коэффициент загрузки системы, система работает в стационарном режиме.

В стационарном режиме интенсивность потока уходящих заявок равна λ . Коэффициент загрузки ρ в стационарном режиме есть:

- а) среднее значение той части единицы времени, в течение которой ЦТП занят;
- б) вероятность того, что ЦТП занят;
- в) среднее число заявок в ЦТП.

Записанное выше можно расценивать, что механизм ТС, как система массового обслуживания.

Для λ имеет смысл данная формула:

$$\lambda = n \times \frac{N_i}{t_1 - t_2}, \quad (8)$$

где n – число заявок, т.е. мы рассматриваем в нашем случае каждого абонента как источник n заявок, которые могут занимать систему.

Для многоканальной исследуемой системы:

$$\rho = \frac{\lambda \times T_0}{n}, \quad (9)$$

T_0 – среднее время обслуживания канала, или $1/\mu$. Его значение также должно удовлетворять выражению стационарности.

Длина очереди данной системы:

$$L = \beta_0 \times \frac{(\lambda T_0)^{n+1}}{n! n \left(1 - \frac{\lambda T_0}{n} \right)^2} \quad (10)$$

где β_0 – стационарная вероятность того, что в исследуемой системе нет заявок. Эта вероятность определяется в виде:

$$\beta_0 = \frac{1}{\frac{(\lambda T_0)^n}{n! \left(1 - \frac{\lambda T_0}{n} \right)} + \sum_{m=0}^{n-1} \frac{(\lambda T_0)^m}{m!}}. \quad (11)$$

Варьируя численность абонентов в системе, мы получаем закон распределения длины очереди (см. рисунок 1.2).

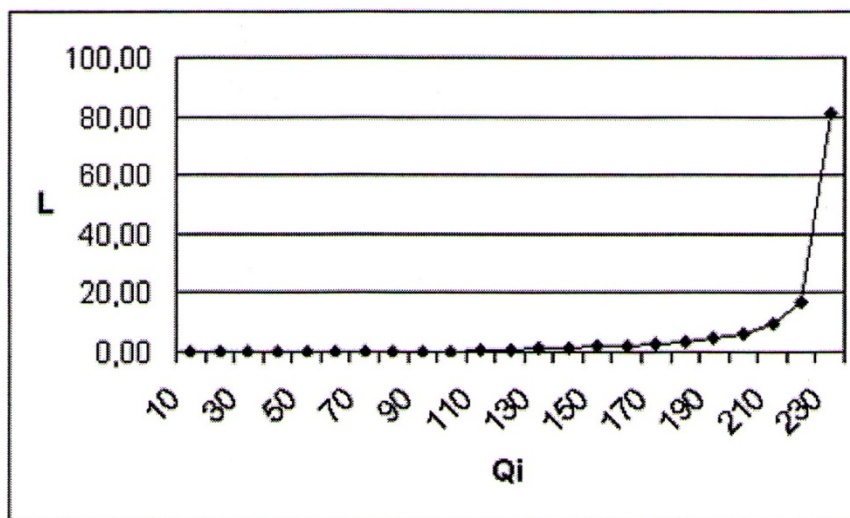


Рис. 2 – Зависимость средней длины очереди L в теплоснабжающей организации от количества абонентов

Заключение

В рамках теории массового обслуживания рассмотрен вопрос о возможности расчета плановой себестоимости услуг оператора, у которого объемы услуг определяются исходя из пропускной возможности ЦТП. Показано, что использование методов теории массового обслуживания в маркетинговых исследованиях в области теплоэнергетики выглядит достаточно целесообразным.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Саати Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения / Саати Т.Л. - М.: Сов. радио, 2005. – 346 с.
2. Хинчин А.Я. Работы по теории массового обслуживания Хинчин А.Я. - М.: Физматгиз, 2013. – 542 с.
3. Новиков Ф. Дискретная математика для программистов / Новиков Ф. – СПб: Питер, 2001. – 301 с.
4. Иванов Б.Н. Дискретная математика. Алгоритмы и программы./ Иванов Б.Н. – М.; Лаборатория Базовых Знаний, 2002. - 288 с.
5. Том Р. Структурная устойчивость и морфогенез Том Р. - М.: Логос, 2002. – 232 с.
6. Дуброва Т.А. Статистические методы прогнозирования / Дуброва Т.А. - М.: МЭСИ, 2004. – 182 с.
7. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы прогнозирования временных рядов / Лукашин Ю.П. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 212 с.
8. Дуброва Т.А. Корреляционно-регрессионный анализ в системе Statistica / Дуброва Т.А., Павлов Д.Э., Ткачев О.В. - М.: МЭСИ, 1999. – 162 с.
9. Афанасьев В.И. Анализ временных рядов и прогнозирование / Афанасьев В.И., Юзбашев М.М. - М.: Финансы и статистика, 2001. – 194 с.
10. Дуброва Т.А. Статистические методы прогнозирования / Дуброва Т.А. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 186 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Saati T. L. Elementy teorii massovogo obsluzhivaniya i yeye prilozheniya [Elements of the theory of queuing and its applications] / Saati T. L. – М.: Sov. Radio, 2005. – 346 p. [in Russian]
2. Khinchin A.Ya. Raboty po teorii massovogo obsluzhivaniya [Works on theory of queuing] / Khinchin A.Ya.– М.: Fizmatgiz, 2013. – 542 p. [in Russian]
3. Novikov F. Diskretnaya matematika dlya programmistov [Discrete mathematics for programmers] / Novikov F. – St. Petersburg: Peter, 2001. – 301 p. [in Russian]
4. Ivanov B.N. Diskretnaya matematika. Algoritmy i programmy [Discrete Math. Algorithms and programs] / Ivanov B.N.– М.; Laboratory of Basic Knowledge, 2002. – 288 p. [in Russian]
5. Tom R. Strukturnaya ustoychivost' i morfogenez [Structural stability and morphogenesis] / Tom R. – М.: Logos, 2002. – 232 p. [in Russian]
6. Dubrova T.A. Statisticheskiye metody prognozirovaniya [Statistical forecasting methods] / Dubrova T.A – М.: MESI, 2004. – 182 p. [in Russian]
7. Lukashin Yu.P. Adaptivnyye metody prognozirovaniya vremennykh ryadov [Adaptive methods of forecasting time series.] / Lukashin Yu.P.– М.: Finance and Statistics, 2003. – 212 p. [in Russian]
8. Dubrova T.A. Korrelyatsionno-regressionnyy analiz v sisteme Statistica [Correlation and regression analysis in Statistica system] / Dubrova T.A., Pavlov D.E., Tkachev O.V. – М.: MESI, 1999. – 162 p. [in Russian]
9. Afanasyev V.I. Analiz vremennykh ryadov i prognozirovaniye [Time Series Analysis and Forecasting] / Afanasyev V.I., Yuzbashev M.M. – М.: Finance and Statistics, 2001. – 194 p. [in Russian]
10. Dubrova T.A. Statisticheskiye metody prognozirovaniya [Statistical forecasting methods] / Dubrova T.A. – М.: UNITY-DANA, 2003. – 186 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.011>**ВЛИЯНИЕ ВХОДНЫХ ОСЦИЛЛЯЦИЙ НА ПОВЕДЕНИЕ СПАЙКОВОЙ СЕТИ РАБОЧЕЙ ПАМЯТИ**

Научная статья

Водорезова К.Г.¹, Новиков Н.А.^{2*}, Гуткин Б.С.³¹ ORCID: 0000-0003-3518-2572;² ORCID: 0000-0003-4643-5491;³ ORCID: 0000-0001-6409-979X;^{1, 2, 3} Центр нейроэкономики и когнитивных исследований, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия;³ Группа изучения нейрональной теории, Департамент когнитивных исследований, Высшая нормальная школа, Париж, Франция

* Корреспондирующий автор (nikknovikov[at]gmail.com)

Аннотация

Рабочая память является способностью мозга к кратковременному удержанию информации, необходимой для решения текущей задачи. В период удержания наблюдается повышение активности отдельных нейронов, а также изменения осцилляторной активности мозга. Данное исследование посвящено изучению влияния входных осцилляций на модель рабочей памяти, представленную бистабильной тормозно-возбуждающей спайковой нейронной сетью. Мы разработали усовершенствованный метод самосогласованного поля, основанный на предвычислении значений функций отклика нейронов при различных сочетаниях среднего входа, силы шума и амплитуды входных осцилляций. Используя данный метод, мы построили модель, в которой входные колебания приводят к более выраженному повышению среднего уровня активности в том случае, когда сеть рабочей памяти находится в состоянии удержания объекта, по сравнению с фоновым состоянием. Предсказания, полученные на основе разработанного метода, оказались в хорошем соответствии с численными симуляциями модели. Мы предполагаем, что предложенный нами механизм может служить основой для стабилизации состояния сетей рабочей памяти при помощи осцилляторного воздействия со стороны мозговых структур, осуществляющих контроль над выполнением текущих задач.

Ключевые слова: рабочая память, спайковые сети, бистабильность, вынужденные колебания, метод самосогласованного поля.

INFLUENCE OF INPUT OSCILLATIONS ON BEHAVIOR OF SPIKING NETWORK OF WORKING MEMORY

Research article

Vodorezova K.G.¹, Novikov N.A.^{2*}, Gutkin B.S.³¹ ORCID: 0000-0003-3518-2572;² ORCID: 0000-0003-4643-5491;³ ORCID: 0000-0001-6409-979X;^{1, 2, 3} Center for Neuroeconomics and Cognitive Research, National Research University, Higher School of Economics, Moscow, Russia;³ Neuronal Theory Studying Group, Department of Cognitive Research, Higher Normal School, Paris, France

* Corresponding author (nikknovikov[at]gmail.com)

Abstract

Working memory is the ability of a brain to briefly hold the information necessary to solve some current problem. The increase in the activity of individual neurons, as well as changes in the oscillatory activity of a brain, is observed during the retention period. This study is devoted to studying the influence of input oscillations on the working memory model represented by a bistable inhibitory-stimulating spiking neural network. We have developed an improved method of self-consistent field, based on the pre-calculation of the values of the response functions of neurons for various combinations of the average input, noise power, and amplitude of the input oscillations. Using this method, we have built a model in which input fluctuations lead to a more pronounced increase in the average level of activity when the network of working memory is in a state of holding the object, compared with the background state. Predictions obtained on the basis of the developed method turned out to be in good agreement with numerical simulations of the model. We assume that the mechanism we have proposed can serve as the basis for stabilizing the state of working memory networks using oscillatory action from the side of brain structures that monitor the implementation of current tasks.

Keywords: working memory, spiking networks, bistability, forced oscillations, self-consistent field method.

Введение

Рабочая память (РП) - это нейрокогнитивный конструкт, обеспечивающий одновременное удержание и обработку информации, релевантной к выполняемому в данный момент заданию, но не воспринимаемой непосредственно органами чувств в период удержания [1]. РП может хранить ограниченное число ментальных репрезентаций в течение непродолжительного времени.

Типичная задача, используемая для изучения РП, устроена следующим образом: вначале испытуемому предъявляется один или несколько стимулов, после чего следует период удержания (обычно – несколько секунд), за которым следует тестовая фаза. В тестовой фазе испытуемый должен совершить реакцию, правильность которой требует использования информации об удерживаемых в памяти стимулах.

Электрофизиологические записи нейронов префронтальной коры приматов указывают на наличие нейронов, которые генерируют спайки с повышенной частотой в течение всего периода удержания [2], [3]. Данное явление носит название самоподдерживающейся активности; считается, что такая активность является одним из основных механизмов, лежащих в основе явления РП. Помимо префронтальной коры, самоподдерживающаяся активность была обнаружена в ряде других областей мозга [4], [5], [6].

Общим свойством большинства моделей РП является бистабильность, т.е. сосуществование двух режимов активности – фонового и активного, которым соответствуют различные значения частоты спайков. В фоновом состоянии моделируемая сеть нейронов не участвует в удержании какого-либо стимула и обладает низкой частотой спайков. Стимул для запоминания моделируется в виде короткого возбуждающего импульса, подаваемого на вход сети; этот импульс переводит сеть из фонового в активное состояние. В активном состоянии сеть генерирует спайки с повышенной частотой, что соответствует экспериментально наблюдаемой самоподдерживающейся активности, являющейся нейрокоррелятом активного удержания стимула в РП. Модель РП на основе бистабильной спайковой сети (состоящей из возбуждающих и тормозных нейронов типа «интегратор с утечкой») впервые была представлена в работе [7].

Помимо повышения активности отдельных нейронов в период удержания, экспериментально также наблюдаются изменения в характере коллективной осцилляторной активности нейрональных популяций. Наибольший интерес представляет усиление колебаний в бета-диапазоне (14-35 Гц) в период удержания [8], [9], [10]. Существует гипотеза о том, что мозговые осцилляции в бета-диапазоне стабилизируют текущее состояние сетей нейронов и препятствуют его изменению, т.е. обеспечивают «статус-кво» [11]. Частным случаем поддержания статуса-кво является удержание информации в рабочей памяти.

Несмотря на многолетние исследования, функциональная роль осцилляций в осуществлении функций рабочей памяти остается до конца не выясненной. Существует ряд теоретических работ, посвященных как роли биофизических механизмов генерации бета-ритма в поддержании рабочей памяти [12], так и изучению более общих механизмов взаимосвязи осцилляций с функциями рабочей памяти [13], [14], [15]. Однако, в целом, теоретическое осмысление данного вопроса носит несистематизированный характер.

Предлагаемая нами гипотеза относительно стабилизирующей роли бета-осцилляций заключается в следующем. Мы можем предположить наличие неспецифических источников осцилляций (например, в глубоких слоях коры или в базальных ядрах), которые поступают на вход бистабильных популяций поверхностных слоев коры, реализующих функции РП. Популяции, находящиеся в активном состоянии (т.е. непосредственно удерживающие информацию в РП) демонстрируют более сильные вызванные колебания по сравнению с популяциями, находящимися в фоновом состоянии. Вызванные колебания могут приводить к повышению средней частоты генерации спайков за счет нелинейного характера функционирования нейронов. Таким образом, «включение» осцилляторного входа в поверхностные слои коры может приводить к дополнительному возбуждению активных, но не фоновых, популяций; за счет этого существующее распределение активности по популяциям становится более устойчивым.

В данной работе мы предлагаем метод получисленного предсказания сдвига среднего уровня активности популяции под действием входных осцилляций. Мы показываем, что при определенных параметрах модели этот сдвиг оказывается больше в активном состоянии, чем в фоновом. Также мы подтверждаем данное предсказание непосредственной симуляцией соответствующей спайковой сети.

Методы и принципы исследования

Модель

Наша модель представляет собой сеть из N_e возбуждающих и N_i тормозных нейронов типа «интегратор с утечкой» (leaky integrate-and-fire, LIF). Каждый нейрон получает K_e возбуждающих и K_i тормозных входов ($K_e, K_i \ll N_e, N_i$). Возбуждение опосредовано через мгновенные AMPA-рецепторы и медленные NMDA-рецепторы; торможение опосредовано через мгновенные GABA_A-рецепторы. Помимо рекуррентных входов, нейроны получают внешний вход (со стороны частей мозга, не входящих непосредственно в модель). Внешний вход состоит из постоянной составляющей, гауссовского белого шума и синусоидальных колебаний с нулевым средним. Формально, модель описывается следующей системой уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l}
\tau_{ma} \frac{dV_a^k}{dt} = (V_{a0} - V_a^k) + \tau_{ma} \left[\sum_{n=1}^{N_e} \tilde{J}_{ae,AMPA}^{kn} S_e^n + \sum_{n=1}^{N_i} \tilde{J}_{ai,GABAA}^{kn} S_i^n \right] + \frac{1}{g_{ma}} I_{ae,NMDA}^k + \\
+ \mu_{ax} + \sigma_{ax} \sqrt{2\tau_{ma}} \xi_a^k(t) + |\mu_{ax}^A| \cos(2\pi ft + \arg \mu_{ax}^A) \\
\tau_{NMDA} \frac{dI_{ae,NMDA}^k}{dt} = -I_{ae,NMDA}^k + \tau_{NMDA} \sum_{n=1}^{N_e} \tilde{J}_{ae,NMDA}^{kn} S_e^n \\
\text{if } V_a^k = V_{a,th}, \text{ then } V_a^k \leftarrow V_{a,reset} \\
S_b^n = \sum_s \delta(t - t_{bs}^n) \\
\tilde{J}_{ab,q}^{kn} = \begin{cases} J_{ee,q} u^{kn} x^{kn}, & \text{if connected } (q = AMPA, NMDA) \\ J_{ie,q}, & \text{if connected } (q = AMPA, NMDA) \\ J_{ai,q}, & \text{if connected } (q = GABAA) \\ 0, & \text{if not connected} \end{cases} \\
\frac{du^{kn}}{dt} = -\frac{u^{kn}}{\tau_F} + U(1 - u^{kn}) S_e^n \\
\frac{dx^{kn}}{dt} = \frac{(1 - x^{kn})}{\tau_D} + u^{kn} x^{kn} S_e^n
\end{array} \right. \quad (1)$$

где индексы a, b обозначают тип популяции, к которой относится постсинаптический и пресинаптический нейроны, соответственно ($a, b \in \{e, i\}$, e – возбуждающая, i – тормозная); k – индекс постсинаптического нейрона, n – индекс пресинаптического нейрона; s – индекс спайка; q – тип рецептора (AMPA / NMDA / GABAA); N_b – количество нейронов в популяции b ; V_a^k – мембранный потенциал k -го нейрона популяции a , $I_{ae,NMDA}^k$ – входной ток через NMDA-рецепторы для данного нейрона; $\tau_{ma}, g_{ma}, V_{a0}$ – мембранная константа, проводимость мембраны и потенциал покоя нейронов из популяции a , соответственно; $V_{a,th}, V_{a,reset}$ – порог генерации спайков и напряжение перезагрузки, соответственно; τ_{NMDA} – временная константа NMDA-рецепторов; t_{bs}^n – момент генерации s -го спайка n -м нейроном популяции b ; S_b^n – серия спайков, генерируемых n -м нейроном популяции b ; $\tilde{J}_{ab,q}^{kn}$ – вес связи из n -го нейрона популяции b в k -й нейрон популяции a через рецепторы типа q ; $J_{ab,q}$ – вес связей из нейронов популяции b в нейроны популяции a через рецепторы типа q (одинаковый для всех пар нейронов данных популяций, между которыми есть физическая связь); μ_{ax} – среднее входное напряжение, σ_{ax} – стандартное отклонение входного напряжения, $\xi_a^k(t)$ – гауссовский белый шум с нулевым средним и единичной дисперсией (генерируемый независимо для каждого нейрона); $|\mu_{ax}^A|, f, \arg \mu_{ax}^A$ – амплитуда, частота и фаза входных осцилляций, соответственно; u^{kn}, x^{kn} – переменные, описывающие кратковременную пластичность связи из n -го в k -й нейрон возбуждающей популяции; τ_F, τ_D – временные константы синаптической фасилитации и депрессии, соответственно; U – константа, характеризующая соотношение между синаптической фасилитацией и депрессией.

Параметры модели приведены в Таблице 1. Численная симуляция модели осуществлялась при помощи библиотеки Brian, шаг симуляции составлял 0.1 мс.

Таблица 1 – Параметры симуляции спайковой сети

Название параметра	Значение параметра	Название параметра	Значение параметра
τ_{me}	20 мс	$J_{ee,AMPA}$	0.8 мВ
τ_{mi}	10 мс	$J_{ee,NMDA}$	0.096 мкА/см ²
τ_{NMDA}	150 мс	$J_{ie,AMPA}$	0.03 мВ
$V_{e,th} = V_{i,th}$	-50 мВ	$J_{ie,NMDA}$	0.0038 мкА/см ²
$V_{e,reset} = V_{i,reset}$	-65 мВ	$J_{ei,GABAA}$	-2 мВ
$V_{e0} = V_{i0}$	-70 мВ	$J_{ii,GABAA}$	-1.1 мВ
$g_{me} = g_{mi}$	100 мкСм/см ²	μ_{ex}	-9 мВ
τ_F	450 мс	μ_{ix}	-8 мВ
τ_D	200 мс	σ_{ex}	5 мВ
U	0.03	σ_{ix}	5 мВ
N_e	4000	$ \mu_{ex}^A $	25 мВ
N_i	1000	$ \mu_{ix}^A $	3.75 мВ
K_e	200	f	25 Гц
K_i	50	$\arg \mu_{ex}^A = \arg \mu_{ix}^A$	0

Предвычисление передаточных функций

Разработанный нами метод полуаналитического предсказания положений равновесия требует знания зависимости средней частоты спайков, генерируемых нейроном, от параметров входного сигнала: среднего значения μ и стандартного отклонения σ стационарной составляющей, а также амплитуды μ^A осцилляторной составляющей. Для определения этой зависимости мы провели симуляцию изолированного нейрона (отдельно для возбуждающего и отдельно для тормозного нейрона) при различных комбинациях (μ, σ, μ^A) :

$$\begin{cases} \tau_{ma} \frac{dV_a}{dt} = (-V_a + \mu) + \sigma \sqrt{2\tau_{ma}} \xi(t) + \mu^A \cos(2\pi ft) \\ \text{if } V_a = V_{a,th}, V_a \leftarrow V_{a,reset} \end{cases} \quad (2)$$

где V_a – мембранный потенциал; $\xi(t)$ – гауссовский белый шум с нулевым средним и единичной дисперсией.

Комбинации (μ, σ, μ^A) выбирались в узлах трехмерной прямоугольной сетки; для каждой комбинации на основе результатов симуляции определялась средняя частота спайков $r_a \equiv \hat{F}_{ra}(\mu, \sigma, \mu^A)$. Данная процедура, требующая много вычислительного времени, проводилась однократно. В ходе дальнейшего анализа, значения частоты спайков $r_a = F_{ra}(\mu, \sigma, \mu^A)$ определялись для произвольных комбинаций (μ, σ, μ^A) при помощи кубической интерполяции между предвычисленными значениями \hat{F}_{ra} , хранящимися в ближайших узлах сетки.

Анализ самосогласованности

Для каждой комбинации (r_e, r_i) , взятой из узлов некоторой прямоугольной сетки, мы вычисляли средние значения μ_a^* и стандартные отклонения σ_a^* стационарной части входных сигналов, получаемых нейронами:

$$\begin{cases} \mu_a^*(r_e, r_i) = \tilde{J}_{ae,AMPA} K_e \tau_{ma} r_e + \tilde{J}_{ai,GABAA} K_i \tau_{ma} r_i + I_{ae,NMDA}^*(r_e) / g_{ma} + \mu_{ax} \\ \sigma_a^*(r_e, r_i) = \left[\frac{1}{2} (\tilde{J}_{ae,AMPA})^2 K_e \tau_{ma} r_e + \frac{1}{2} (\tilde{J}_{ai,GABAA})^2 K_i \tau_{ma} r_i + (\sigma_{ax})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \\ I_{ae,NMDA}^*(r_e) = \tilde{J}_{ae,NMDA} K_e \tau_{NMDA} r_e \\ \tilde{J}_{ab,q} = J_{ab,q}, \quad ab \neq ee \\ \tilde{J}_{ee,q} = J_{ee,q} x^*(r_e) u^*(r_e), \quad ab = ee \end{cases} \quad (3)$$

где $\tilde{J}_{ab,q}$ – синаптический вес с учетом кратковременной пластичности; $I_{ae,NMDA}^*$ – равновесное значение NMDA-тока; x^*, u^* – равновесные значения переменных x и u для синапса, получающего на вход пуассоновскую серию спайков с частотой r_e . Мы полагали, что дисперсия входа, создаваемая током через медленные NMDA-рецепторы, пренебрежимо мала.

Кроме того, для каждой комбинации (r_e, r_i) мы вычисляли комплекснозначные амплитуды вынужденных колебаний популяционных частот $(r_a^A)^*$ и средних суммарных входных сигналов, получаемых нейронами $(\mu_a^A)^*$. Для этого мы решали следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \mu_e^A = \tilde{J}_{ee,AMPA} K_e \tau_{me} r_e^A + \tilde{J}_{ei,GABAA} K_i \tau_{me} r_i + \mu_{ex}^A \\ \mu_i^A = \tilde{J}_{ie,AMPA} K_e \tau_{mi} r_e^A + \tilde{J}_{ii,GABAA} K_i \tau_{mi} r_i + \mu_{ix}^A \\ r_e^A = \alpha_e(r_e, r_i) \mu_e^A \\ r_i^A = \alpha_i(r_e, r_i) \mu_i^A \end{cases} \quad (4)$$

где α_e, α_i – коэффициенты линейной связи между амплитудой колебаний входа и амплитудой колебаний частоты спайков, зависящие от средних частот спайков (r_e, r_i) и вычисляемые в соответствии с формулой, приведенной в статье [16]. Мы полагали, что влияние осцилляций на медленный NMDA-ток пренебрежимо мало.

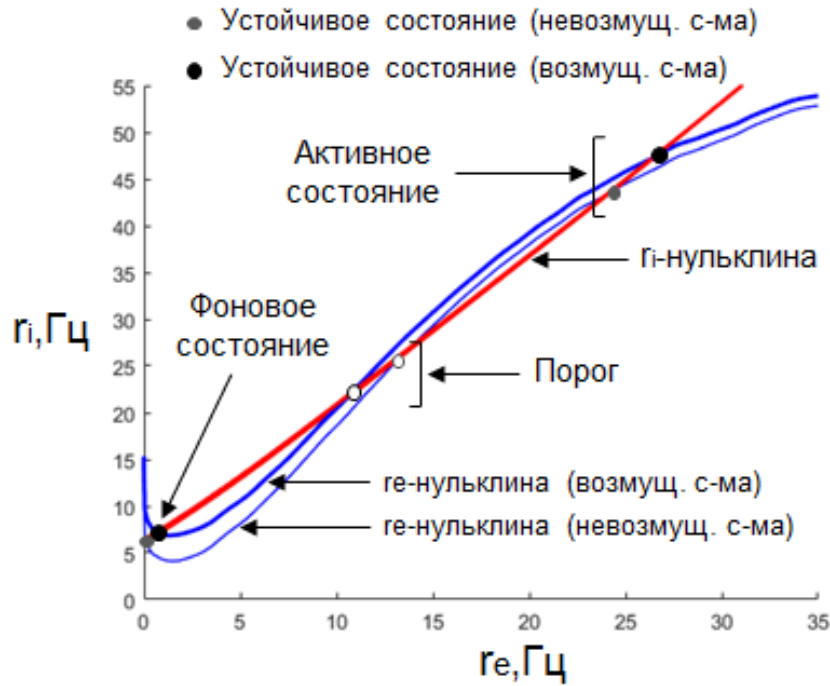
Затем мы определяли линии на фазовой плоскости, соответствующие условиям:

$$\begin{cases} r_e = F_{re}(\mu_e^*(r_e, r_i), \sigma_e^*(r_e, r_i), (\mu_e^A)^*(r_e, r_i)) \\ r_i = F_{ri}(\mu_i^*(r_e, r_i), \sigma_i^*(r_e, r_i), (\mu_i^A)^*(r_e, r_i)) \end{cases} \quad (5)$$

В случае отсутствия внешних колебаний ($\mu_{ex}^A = \mu_{ix}^A = 0$), данные линии представляют собой нульклины невозмущенной системы (1), а точки их пересечения – неподвижные точки невозмущенной системы. При наличии внешних колебаний, пересечения линий можно рассматривать как неподвижные точки периодически возмущенной системы (1), усредненной по времени. Разработанный нами метод является развитием метода самосогласованного поля; его новизна заключается в возможности учета влияния периодического возмущения на усредненное по времени состояние системы.

Основные результаты

Используя разработанный нами вариант метода самосогласованного поля, мы выбрали параметры системы, удовлетворяющие следующим критериям: (а) невозмущенная система и усредненная по времени невозмущенная система являются бистабильными, (б) периодическое возмущение приводит к более выраженному сдвигу средней частоты спайков возбуждающей популяции r_e для активного состояния, по сравнению с фоновым состоянием. На Рисунке 1 представлена фазовая плоскость (r_e, r_i) с нульклинами и положениями равновесия для невозмущенной системы и для периодически возмущенной системы, усредненной по времени. Видно, что расстояние по оси r_e между возмущенным и невозмущенным положением равновесия больше для активного состояния (в правой части рисунка), чем для фонового состояния (в левой части рисунка).

Рис. 1 – Фазовая плоскость (r_e, r_i) .

Примечание: Тонкая синяя линия – r_e -нульклина невозмущенной системы; толстая синяя линия – r_e -нульклина усредненной по времени возмущенной системы; красная линия – Γ -нульклина

Пересечения r_e - и r_i -нульклин соответствуют неподвижным точкам соответствующих систем. Пересечения в левой части рисунка – фоновое равновесие; в правой части рисунка – состояние активного удержания информации в РП; в средней части рисунка – порог перехода между фоновым и активным состоянием.

Результаты симуляции спайковой сети представлены на Рисунке 2. На панели б) представлена симуляция сети, находящейся в фоновом состоянии. На панели а) представлена симуляция сети, которая переводится из фонового в активное состояние при помощи входного возбуждающего импульса (300 – 1500 мс). Видно, что после короткого переходного периода, следующего за окончанием импульса, сеть выходит в активное состояние и остается в нем. Сопоставление поведения сети на панелях а) и б) в интервале 2000 – 4000 мс подтверждает, что сеть является бистабильной, причем положения равновесия соответствуют предсказанным на основе анализа самосогласованности (см. Рисунок 1, невозмущенные положения равновесия).

После 4000 мс на вход сети подавались синусоидальные колебания в бета-диапазоне. Из Рисунка 2 видно, что вызываемый входными колебаниями сдвиг средней частоты спайков возбуждающей популяции больше для сети, находящейся в активном состоянии (3 Гц), по сравнению с сетью в фоновом состоянии (0.4 Гц). Полученные результаты соответствуют предсказаниям, полученным при помощи усовершенствованного нами анализа самосогласованности (см. Рисунок 1, расстояния между возмущенными и невозмущенными положениями равновесия).

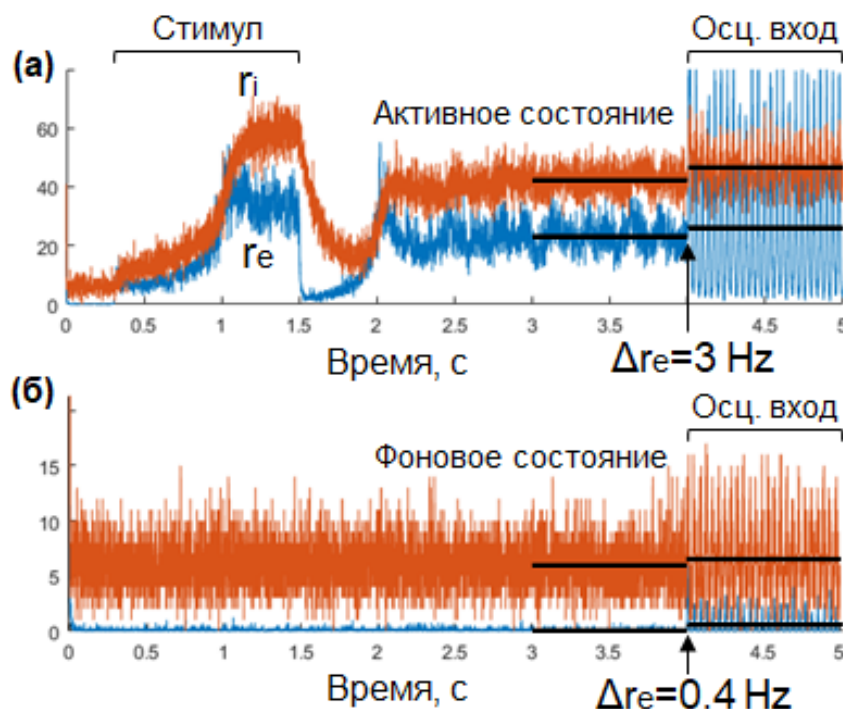


Рис. 2 – Результаты симуляции спайковой сети

Примечание: синие линии – частота спайков возбуждающей популяции, красные линии – частота спайков тормозной популяции. Черными горизонтальными линиями показаны средние популяционные частоты в течение секунды до и после включения входных осцилляций. (а) Сеть переводится в активное состояние при помощи возбуждающего импульса, (б) сеть находится в фоновом состоянии

Заключение

Изучение роли нейрональных осцилляций в реализации функций рабочей памяти (РП) является актуальной темой исследований, а теоретическое осмысление этой роли далеко от завершения. В данной работе мы предложили возможный механизм стабилизации РП, основанный на селективном повышении уровня активности репрезентаций удерживаемых в памяти объектов при помощи входных осцилляций. При этом подача аналогичных осцилляций на вход популяций, находящихся в фоновом состоянии (т.е. не участвующих в удержании информации в РП), не приводит к значимому повышению активности. Такая селективность обеспечивается за счет различия в резонансных свойствах между фоновым состоянием и состоянием активного удержания следа памяти. Предложенный механизм позволяет контролировать устойчивость РП при помощи осцилляций из источника, который сам по себе может не содержать информации о содержимом РП; иными словами, обеспечивается разделение буфера памяти и контроллера ее устойчивости.

В ходе исследования мы разработали новый метод предсказания поведения спайковой сети с осцилляторным входом, основанный на усовершенствованном анализе самосогласованности. Предсказания, полученные данным методом, показали хорошее соответствие результатам численной симуляции спайковой сети. В будущем, разработанный нами метод может быть применен для исследования более общих случаев, таких как поведение мультиобъектной модели рабочей памяти, основанной на системе нескольких конкурирующих бистабильных сетей, связанных реципрокным торможением.

Финансирование

Работа была выполнена при поддержке гранта Российского Научного Фонда (договор №: 17-11-01273).

Конфликт интересов

Не указан.

Funding

The research was supported by a Russian Science Foundation grant (contract No: 17-11-01273).

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Baddeley A. Working memory: Looking back and looking forward / A. Baddeley // Nature Reviews Neuroscience. — 2003. — Vol. 4, № 10. — P. 829–839.
2. Funahashi S. Mnemonic coding of visual space in the monkey's dorsolateral prefrontal cortex / S. Funahashi, C.J. Bruce, P.S. Goldman-Rakic // Journal of Neurophysiology. — 1989. — Vol. 61, № 2. — P. 331–349.
3. Goldman-Rakic P.S. Cellular basis of working memory / P.S. Goldman-Rakic // Neuron. — 1995. — Vol. 14, № 3. — P. 477–485.
4. Chafee M. V. Matching Patterns of Activity in Primate Prefrontal Area 8a and Parietal Area 7ip Neurons During a Spatial Working Memory Task / M. V. Chafee, P.S. Goldman-Rakic // Journal of Neurophysiology. — 1998. — Vol. 79, № 6. — P. 2919–2940.

5. Hampson R.E. Categorization in the monkey hippocampus: A possible mechanism for encoding information into memory / R.E. Hampson, T.P. Pons, T.R. Stanford, S.A. Deadwyler // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. — National Academy of Sciences 2004. — Vol. 101, № 9. — P. 3184–3189.
6. Miller E.K. Neural Mechanisms of Visual Working Memory in Prefrontal Cortex of the Macaque / E.K. Miller, C.A. Erickson, R. Desimone // *Journal of Neuroscience*. — Society for Neuroscience 1996. — Vol. 16, № 16. — P. 5154–5167.
7. Amit D. Model of global spontaneous activity and local structured activity during delay periods in the cerebral cortex / D. Amit, N. Brunel // *Cerebral Cortex*. — 1997. — Vol. 7, № 3. — P. 237–252.
8. Kornblith S. Stimulus Load and Oscillatory Activity in Higher Cortex / S. Kornblith, T.J. Buschman, E.K. Miller // *Cerebral Cortex*. — Oxford University Press 2016. — Vol. 26, № 9. — P. 3772–3784.
9. Lundqvist M. Gamma and Beta Bursts Underlie Working Memory / M. Lundqvist, J. Rose, P. Herman, S.L. Brincat, T.J. Buschman, E.K. Miller // *Neuron*. — Cell Press 2016. — Vol. 90, № 1. — P. 152–164.
10. Siegel M. Phase-dependent neuronal coding of objects in short-term memory. / M. Siegel, M.R. Warden, E.K. Miller // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. — National Academy of Sciences 2009. — Vol. 106, № 50. — P. 21341–21346.
11. Engel A.K. Beta-band oscillations — signalling the status quo? / A.K. Engel, P. Fries // *Current Opinion in Neurobiology*. — Elsevier Current Trends 2010. — Vol. 20, № 2. — P. 156–165.
12. Kopell N. Neuronal assembly dynamics in the beta1 frequency range permits short-term memory. / N. Kopell, M. A. Whittington, M. A. Kramer // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. — National Academy of Sciences 2011. — Vol. 108, № 9. — P. 3779–3784.
13. Lundqvist M. Theta and gamma power increases and alpha/beta power decreases with memory load in an attractor network model. / M. Lundqvist, P. Herman, A. Lansner // *Journal of Cognitive neuroscience* — 2011 — Vol. 23, № 10. — P. 3008–3020
14. Dipoppa M. Flexible frequency control of cortical oscillations enables computations required for working memory. / M. Dipoppa, B.S. Gutkin // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. — National Academy of Sciences 2013. — Vol. 110, № 31. — P. 12828–12833.
15. Schmidt H. Network mechanisms underlying the role of oscillations in cognitive tasks. / H. Schmidt, D. Avitabile, E. Montbrio, A. Roxin // *PLoS computational biology* — 2018 — Vol. 14, № 9.
16. Voronenko S.O. Weakly nonlinear response of noisy neurons / S.O. Voronenko, B. Lindner // *New Journal of Physics*. — IOP Publishing 2017. — Vol. 19, № 3. — P. 033038.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.012>

УТИЛИЗАЦИЯ СТЕКЛОБОЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОБЛИЦОВОЧНОЙ КЕРАМИКИ С ЭФФЕКТОМ САМОГЛАЗУРОВАНИЯ

Научная статья

Виткалова И.А.¹, Торлова А.С.², Пикалов Е.С.^{3,*}

¹ ORCID: 0000-0001-9675-6432;

² ORCID: 0000-0002-1622-5584;

³ ORCID: 0000-0001-9380-8014;

^{1, 2, 3} Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Россия

* Корреспондирующий автор (evgeniy-pikalov[at]mail.ru)

Аннотация

В данной работе представлены результаты исследования возможности применения наиболее распространенных видов стеклобоя в качестве функциональной добавки, являющейся источником стекловидной фазы, для получения лицевого керамического изделий на основе малопластичной глины. Дополнительной добавкой в составе шихты является борная кислота, которая способствует жидкофазному спеканию керамики, а совместно со стеклобоем позволяет получить эффекты самоглазурования поверхности изделий и остекловывания частиц кристаллических фаз в объеме материала. Результаты исследований показывают влияние количества стеклобоя и его химического состава на основные эксплуатационные свойства облицовочной керамики и подтверждают возможность использования разработанного состава шихты для утилизации стеклобоя с получением керамических изделий высокого качества.

Ключевые слова: стеклобой, облицовочная керамика, самоглазурование, малопластичная глина, борная кислота.

RECYCLING CULLET IN THE PRODUCTION OF FACING CERAMICS WITH THE EFFECT OF SELF-GLAZING

Research article

Vitkalova I.A.¹, Torlova A.S.², Pikalov E.S.^{3,*}

¹ ORCID: 0000-0001-9675-6432;

² ORCID: 0000-0002-1622-5584;

³ ORCID: 0000-0001-9380-8014;

^{1, 2, 3} Vladimir state university named of Alexander Grigorevich and Nikolay Grigorevich Stoletovs, Vladimir, Russia

* Corresponding author (evgeniy-pikalov[at]mail.ru)

Abstract

This article presents the results of a research of the possibility of using the most common types of cullet as a functional additive, which is a source of the vitreous phase, for the production of facing ceramic products based on low-plastic clay. An additional additive in the composition of the charge is boric acid, which promotes liquid-phase sintering of ceramics, and together with cullet allows to obtain the effects of self-glazing of the surface of products and glazing of particles of crystalline phases in the volume of the material. The results of the research show the influence of the amount of cullet and its chemical composition on the main operational properties of facing ceramics and confirm the possibility of using the developed composition of the charge for the disposal of cullet to obtain ceramic products of high quality.

Keywords: cullet, facing ceramic, self-glazing, low-plastic clay, boric acid.

Введение

Стеклобой представляет собой фрагменты изделий и куски стекла, образующиеся при производстве и потреблении стеклянных изделий. С одной стороны, данный вид отходов является ценным вторичным ресурсом и может неограниченное количество раз использоваться в производственных процессах без потери качества и образования побочных продуктов, что позволяет экономить первичные ресурсы. С другой стороны, стеклобой отличается высокой стойкостью к внешним воздействиям (не разлагается, не горит, является химически стойким), поэтому способен накапливаться в больших количествах, для хранения которых необходимы свалки и полигоны [1], [2]. В связи с этим утилизация стеклобоя является важной и актуальной задачей.

Производственный стеклобой практически в полной мере перерабатывается промышленными предприятиями. Переработка стеклобоя, образующегося в процессе промышленного и бытового потребления, за рубежом широко распространена и активно развивается, в то время как в России подобные технологии недостаточно развиты и как следствие доля стеклобоя составляет до 8-10 % от общего количества бытовых отходов. Дополнительные трудности для переработки стеклобоя в нашей стране связаны с недостаточно эффективной системой селективного сбора и сортировки отходов. Следовательно, разработка новых способов утилизации стеклобоя относится к перспективным направлениям исследований [1], [2], [3].

Как и в случае с большинством отходов производства и потребления наиболее перспективным направлением переработки стеклобоя является производство строительных материалов, позволяющее как по отдельности, так и комплексно утилизировать различные отходы в больших количествах.

Авторами данной работы ранее были разработаны технологии и составы сырьевых смесей, которые позволяют получать керамические и полимерные композиционные изделия в форме плиток для наружной и внутренней облицовки стен зданий и сооружений с использованием боя оконного стекла и несортированного боя тарных стекол

[3], [4], [5]. Полученные авторами керамические изделия обладали эффектом самоглазурования поверхности и остекловывания в объеме изделий, что позволило получить материал с высокими значениями прочности и морозостойкости [3], [4].

Целью данной работы было исследование возможности использования наиболее распространенных видов стеклобоя в производстве самоглазурующейся облицовочной керамики, соответствующей нормативным требованиям к лицевым керамическим изделиям.

Методы и принципы исследования

Основой шихты для получения облицовочной керамики являлась глина Суворотского месторождения Владимирской области, которая имела следующий состав (в мас. %): $\text{SiO}_2 = 67,5$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 10,75$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 5,85$; $\text{CaO} = 2,8$; $\text{MgO} = 1,7$; $\text{K}_2\text{O} = 2,4$; $\text{Na}_2\text{O} = 0,7$. В соответствии с классификацией по ГОСТ 9169-75 данная глина является малопластичной, поскольку число пластичности, определенное для нее по стандартной методике, равняется 5,2. Следовательно, для получения изделий высокого качества на основе этой глины требуется использование специальных добавок [3].

В качестве флюсующе-упрочняющей добавки в данной работе применялась борная кислота марки В 2-го сорта по ГОСТ 18704-78, содержащая не менее 98,6 мас. % основного вещества. Применение борной кислоты способствует жидкофазному спеканию, обеспечивающему упрочнение керамики и позволяющему совместно с добавками, которые являются источниками стекловидной фазы, получить эффекты самоглазурования и остекловывания [3], [6], [7].

В роли добавок, обеспечивающих образование стекловидной фазы, в данной работе использовались наиболее распространенные виды стеклобоя, усредненный химический состав которых представлен в таблице 1. В качестве боя тарного стекла использовались отходы на основе бесцветного (марка БТ-1), полубелого (марка ПТ-1), зеленого (марка ЗТ-1) и коричневого (марка КТ-1) стекол по ГОСТ Р 52022-2003.

Таблица 1 – Химический состав стеклобоя, мас. %

Стекло	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	Cr_2O_3
Оконное	73,5	0,9	-	7,4	1,9	11,1	5,2	-
Сортовое	73,5	1,5	-	6,5	2	11,5	1,5	-
Тарное: БТ-1	72,5	2,5	0,1	6,2	4,2	14,0	0,5	-
ПТ-1	72,1	2,8	0,5	6,2	4,2	14,2	-	-
ЗТ-1	71,4	2,7	0,8	6,2	4,2	14,5	-	0,2
КТ-1	71,7	2,9	0,5	6,2	4,2	14,5	-	-

При проведении экспериментов использовались фракции глины и стеклобоя предварительно измельченные до размера частиц не более 0,63 мм и высушенные до постоянной массы. Все компоненты шихты в заданных соотношениях перемешивались в сухом состоянии, затем с добавлением 8 мас. % воды. Из полученной однородной массы при удельном давлении прессования 15 МПа формовали образцы облицовочной керамики, которые обжигали при максимальной температуре 1050 °С [3].

У образцов исследуемого материала по стандартным для керамики строительного назначения методикам определяли прочность на сжатие ($\sigma_{\text{сж}}$, МПа) и изгиб ($\sigma_{\text{изг}}$, МПа), водопоглощение (В, %), морозостойкость (М, циклы) и плотность (ρ , кг/м³).

Основные результаты

Ранее при разработке шихты на основе используемой в данной работе малопластичной глины с добавлением борной кислоты и несортированного боя тарных стекол авторами было установлено, что максимальная прочность и минимальное водопоглощение достигаются при введении 2,5 мас. % борной кислоты [3]. В связи с этим в данной работе было использовано аналогичное количество флюсующе-упрочняющей добавки при разном количестве выбранных для исследований видов стеклобоя.

В ходе экспериментов было установлено, что для прочности на сжатие керамики наблюдается аналогичный характер зависимости от количества всех видов применяемого стеклобоя в составе шихты (см. рисунок 1). При этом введение менее 5 мас. % стеклобоя незначительно меняет прочность получаемой облицовочной керамики.

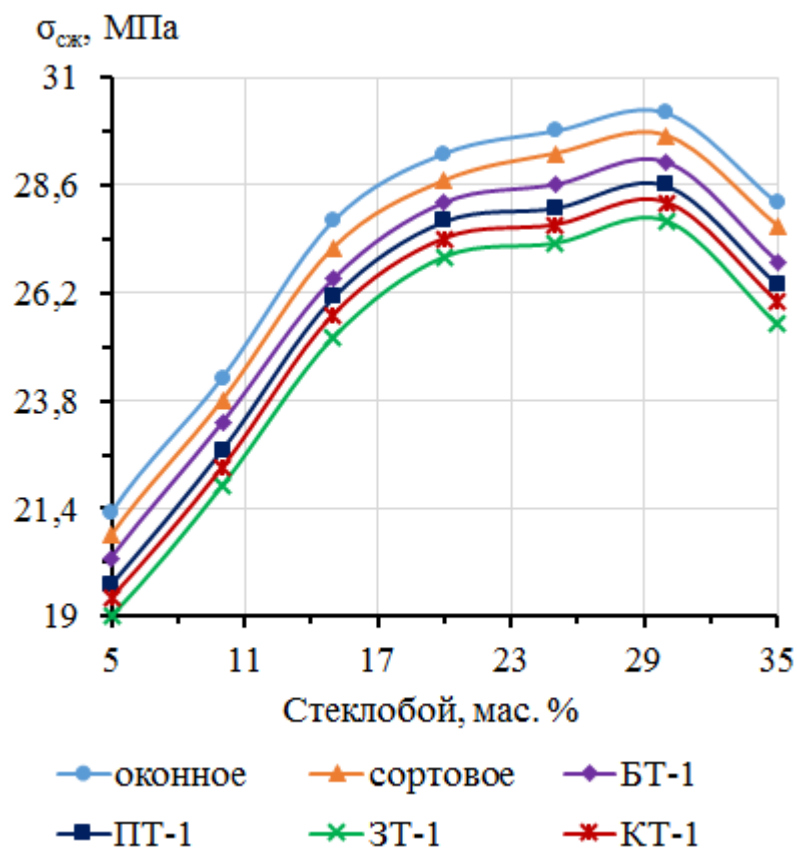


Рис. 1 – Зависимость прочности от вида и количества стеклобоя

Как видно из представленных данных, при введении от 5 до 20 мас. % стеклобоя происходит наиболее резкое увеличение прочности облицовочной керамики, что связано с заполнением пор и пустот в материале стекловидной фазой, образующейся за счет совместного введения борной кислоты и стеклобоя. При введении от 20 до 30 мас. % стеклобоя прочность керамики увеличивается менее интенсивно, так как при данном количестве исследуемой добавки большинство пор и пустот в материале уже заполнены и происходит увеличение толщины слоев стекловидной фазы между частицами керамики. При введении свыше 30 мас. % стеклобоя прочность керамики начинает снижаться, поскольку толщина слоев стекловидной фазы возрастает настолько, что ее хрупкость и меньшая по сравнению с кристаллическими фазами прочность начинает сказываться на прочности облицовочной керамики.

Отличия в прочности между образцами керамики, полученными с использованием разных видов стеклобоя, связано с химическим составом стекла. Стеклобой, в котором содержание оксидов кремния, алюминия, кальция и магния выше, позволяет достичь более высоких значений прочности керамики, так как указанные оксиды повышают прочность стекловидной фазы [8], [9], [10]. В тоже время содержание в составе стеклобоя оксидов натрия и калия снижает прочность стекловидной фазы [8], [9], [10] и получаемой керамики в целом. Также стоит отметить, что оксид бора, переходящий в состав стекловидной фазы в результате плавления борной кислоты, также повышает прочность стекловидной фазы [8], [9], [10], а, следовательно, и прочность облицовочной керамики.

Зависимости водопоглощения керамики от количества всех видов применяемого стеклобоя в составе шихты также носят практически аналогичный характер (см. рисунок 2).

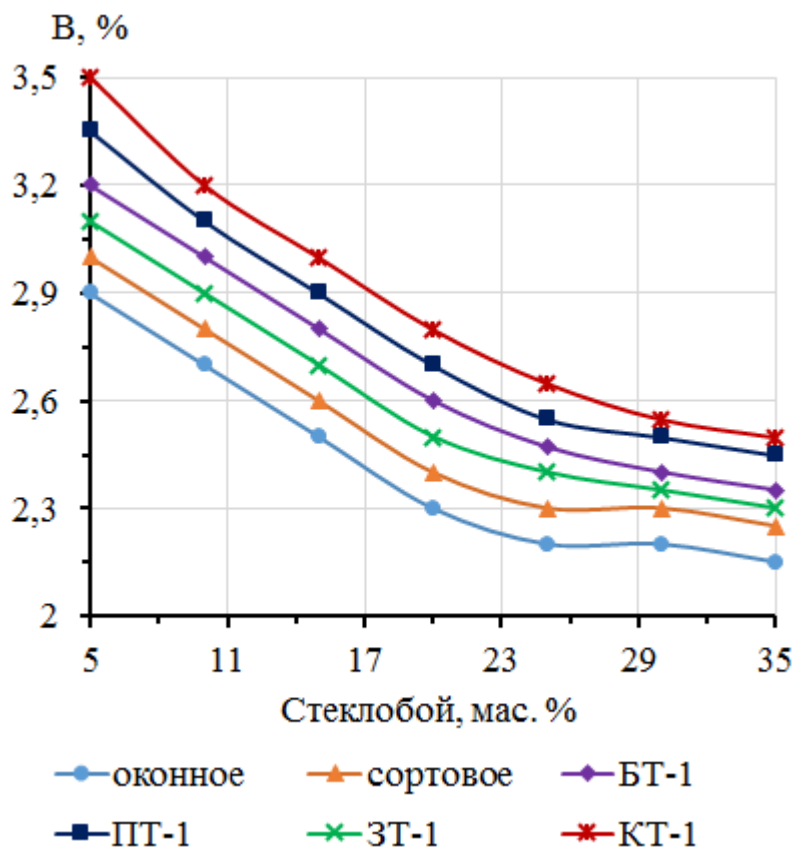


Рис. 2 – Зависимость водопоглощения от вида и количества стеклобоя

Как следует из полученных данных, рассматриваемое свойство снижается при увеличении количества стеклобоя в составе шихты. Это, как и в случае с прочностью на сжатие, связано с тем, что образующаяся при обжиге стекловидная фаза, источником которой является стеклобой, заполняет поры и пустоты в объеме материала, а за счет эффекта самоглазурования переводит оставшиеся поры в закрытые, в которые вода проникнуть не может. Спад интенсивности снижения водопоглощения объясняется тем, что после введения свыше 25 мас. % стеклобоя незаполненными стекловидной фазой оказываются только поры, в которые расплав не может проникнуть из-за недостаточно низкой вязкости, поэтому снижение водопоглощения происходит только за счет увеличения доли стекловидной фазы в объеме материала.

Отличия в водопоглощении керамики при использовании разных видов стеклобоя, как и в случае с прочностью, связаны с химическим составом стекол. Стеклобой, в котором преобладают оксиды снижающие вязкость (оксиды кальция, магния, натрия и калия [8], [9], [10]), позволяет получить расплав меньшей вязкости, который может заполнить более мелкие поры, чем расплав, в котором выше содержание оксидов, повышающих вязкость (оксиды кремния и алюминия [8], [9], [10]). Следует отметить, что оксид бора, вводимый в состав стекловидной фазы с помощью борной кислоты, снижает вязкость расплава [8], [9], [10], то есть способствует снижению водопоглощения.

Так как максимальная прочность при сжатии достигается при введении 30 мас. % стеклобоя, при данном количестве добавки были проведены дополнительные исследования основных эксплуатационных свойств керамики, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Свойства облицовочной керамики в зависимости от вида стеклобоя

Свойство керамики	Бой оконного стекла	Бой сортового стекла	Бой тарного стекла разных марок			
			БТ-1	ПТ-1	ЗТ-1	КТ-1
ρ , кг/м ³	2202	2167,2	2025,4	1924,6	1893	1872,8
$\sigma_{сж}$, МПа	30,2	29,7	29,1	28,6	27,8	28,2
$\sigma_{изг}$, МПа	6,3	6,2	6,1	6	5,8	5,9
В, %	2,2	2,3	2,4	2,5	2,35	2,55
М, циклы	69	66	63	60	64	59

Обсуждение

Таким образом, использование различных видов стеклобоя совместно с борной кислотой позволяет получать облицовочную керамику на основе малопластичной глины с высокими значениями плотности, прочности и морозостойкости при низком водопоглощении. При этом существенных отличий в свойствах между образцами керамики, полученной с использованием разных видов стеклобоя не наблюдается. Однако, преобладание оксидов кремния, алюминия, кальция и магния в составе стеклобоя позволяет получать более плотный и прочный материал, а высокие количества оксидов кальция, магния, натрия и калия способствуют получению более низких значений водопоглощения.

Заключение

В результате выполнения данной работы установлено, что на основе малопластичной глины с добавлением борной кислоты в количестве 2,5 мас. % и стеклобоя в количестве 30 мас. % может быть получена облицовочная керамика с эффектом самоглазурования. Прочностных характеристик полученной керамики достаточно для производства лицевого кирпича и камней, соответствующих маркам М250-М300 по ГОСТ 530-2012. Морозостойкость разработанного материала соответствует маркам не ниже F50, что также соответствует требованиям ГОСТ 530-2012 для лицевого кирпича и камней.

Следовательно, применение рассмотренных видов стеклобоя в разработанном составе шихты позволяет утилизировать данный вид отходов в больших количествах с получением изделий строительного назначения высокого качества.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Чупрова Л.В. Экологические и экономические аспекты утилизации отходов стекла [Электронный ресурс] / Л.В. Чупрова, О.А. Мишурина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 11-2 – С. 222–225. – URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10468> (дата обращения: 16.10.2019).
2. Баратов С.Э. Вторичная переработка стекла в России: взгляд изнутри / С.Э. Баратов // Наука, техника и образование. – 2015. – № 3. – С. 33–35.
3. Шахова В.Н. Получение облицовочной керамики с использованием несортированного боя тарных стекол / В.Н. Шахова, И.А. Виткалова, А.С. Торлова и др. // Экология и промышленность России. – 2019. – № 2. – С. 36–41.
4. Торлова А.С. Разработка энергоэффективной облицовочной керамики на основе местного сырья и стеклового боя / А.С. Торлова, И.А. Виткалова, Е.С. Пикалов и др. // Экология промышленного производства. – 2019. – №3. – С. 22–26.
5. Виткалова И.А. Разработка способа получения облицовочного композиционного материала на основе полимерных и стекловых отходов / И.А. Виткалова, А.С. Торлова, Е.С. Пикалов, О.Г. Селиванов. // Экология промышленного производства. – 2018. – № 3. – С. 2–6.
6. Шахова В.Н. Разработка облицовочного керамического материала с эффектом самоглазурования на основе малопластичной глины / В.Н. Шахова, А.В. Березовская, Е.С. Пикалов и др. // Стекло и керамика. – 2019. – № 1. – С. 13–18.
7. Перовская К.А. Применение полимерных отходов для повышения энергоэффективности стеновой керамики / К.А. Перовская, Д.Е. Петрина, Е.С. Пикалов и др. // Экология промышленного производства. – 2019. – №1. – С. 7–11.
8. Блюмен Л.М. Глазури. – Репр. изд. 1980 г. – М.: ООО «Книга по требованию», 2012. – 171 с.
9. Казьмина О.В. Химическая технология стекла и ситаллов: учебное пособие / О.В. Казьмина, Э.Н. Беломестнова, А.А. Дитц. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 170 с.
10. Постников В.С. Оптическое материаловедение: курс лекций / В.С. Постников. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. – 280 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Chuprova L.V. Ekologicheskie i ekonomicheskie aspekty utilizatsii othodov stekla [Environmental and economic aspects of glass waste recycling] [Electronic resource] / L.V. Chuprova, O.A. Mishurina // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij [International journal of applied and fundamental research]. – 2016. – № 11-2 – P. 222–225. – URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10468> (accessed: 11.08.2019). [in Russian]
2. Baraton S.E. Vtorichnaya pererabotka stekla v Rossii: vzglyad iznutri [Glass recycling in Russia: an inside look] / S.E. Baraton // Nauka, tekhnika i obrazovanie [Science, technique and education]. – 2015. – № 3. – P. 33–35. [in Russian]
3. Shakhova V.N. Poluchenie oblicovochnoj keramiki s ispol'zovaniem nesortirovannogo boya tarnyh stekol [Receiving of ceramic veneer with the use of unsorted container glass breakage] / V.N. Shakhova, I.A. Vitkalova, A.S. Torlova and others // Ekologiya i promyshlennost' Rossii [Ecology and Industry of Russia]. – 2019. – №2. – P. 36–41. [in Russian]
4. Torlova A.S. Razrabotka energoeffektivnoj oblicovochnoj keramiki na osnove mestnogo syr'ya i stekol'nogo boya [Development of energy efficient facing ceramics based on local raw materials and cullet] / A.S. Torlova, I.A. Vitkalova, E.S. Pikalov and others // Ekologiya promyshlennogo proizvodstva [Ecology of industrial production]. – 2019. – №3. – P. 22–26. [in Russian]
5. Vitkalova I.A. Razrabotka sposoba polucheniya oblicovochnogo kompozitsionnogo materiala na osnove polimernyh i stekol'nyh othodov [Development of a method for producing a coating composite material based on polymer and glass waste] / I.A. Vitkalova, A.S. Torlova, E.S. Pikalov and others // Ekologiya promyshlennogo proizvodstva [Ecology of industrial production]. – 2018. – № 3. – P. 2–6. [in Russian]
6. Shakhova V.N. Razrabotka oblicovochnogo keramicheskogo materiala s efektom samoglazurovaniya na osnove maloplastichnoj gliny [Development of Self-Glazing Ceramic Facing Material Based on Low-Plasticity Clay] / V.N. Shakhova, A.V. Berезovskaya, E.S. Pikalov and others // Steklo i keramika [Glass and Ceramic]. – 2019. – № 1. – P. 13–18. [in Russian]
7. Perovskaya K.A. Primenenie polimernyh othodov dlya povysheniya energoeffektivnosti stenovoj keramiki [Application of polymer waste for improvement the energy efficiency of wall ceramics] / K.A. Perovskaya, D.E. Petrina, E.S. Pikalov and others // Ekologiya promyshlennogo proizvodstva [Ecology of industrial production]. – 2019. – №1. – P. 7–11. [in Russian]
8. Blyumen L.M. Glazuri [Glazes]. – Reprint 1980 year. – M.: ООО «Kniga po trebovaniyu», 2012. – 171 p. [in Russian]
9. Kaz'mina O.V. Himicheskaya tekhnologiya stekla i sitallov: uchebnoe posobie [Chemical technology of glass and sitalls] / O.V. Kaz'mina, E.N. Belomestnova, A.A. Dits. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2011. – 170 p. [in Russian]
10. Postnikov V.S. Opticheskoe materialovedenie: kurs lekcij [Optical Materials Science: Lecture Course] / V.S. Postnikov. – Perm: Izd-vo Perm. nac. issled. politekhn. un-ta, 2013. – 280 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.013>**ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ПЕРЕДАЧА ДВОИЧНЫХ СООБЩЕНИЙ ПЕРЕКРЫВАЮЩИМИСЯ СИГНАЛАМИ**

Научная статья

Вершинин В.А. *

ORCID: 0000-0002-0803-0680,

Рыбинский государственный авиационный технический университет, Рыбинск, Россия

* Корреспондирующий автор (vershinin-vladimir[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье рассматривается параллельная передача двоичных сообщений. Перед передачей двоичное сообщение делится на блоки. Элементы блоков поступают для передачи одновременно и передаются с использованием предлагаемых ортогональных сигналов одинаковой длительности. Сигналы последовательно передаваемых блоков частично перекрываются во времени. Проанализированы удельные затраты полосы частот, пик-фактор и помехоустойчивость передачи. Использование предлагаемых сигналов по сравнению с синусоидальными ортогональными сигналами позволяет увеличить скорость спада боковых лепестков спектральной плотности мощности и уменьшить внеполосные излучения. При этом практически не ухудшается помехоустойчивость передачи.

Ключевые слова: параллельная передача, перекрывающиеся сигналы, ортогональные сигналы, полоса частот, внеполосные излучения, помехоустойчивость, пик-фактор.

PARALLEL TRANSMISSION OF BINARY MESSAGES BY OVERLAPPING SIGNALS

Research article

Vershinin V.A. *

ORCID: 0000-0002-0803-0680,

Rybinsk State Aviation Technical University, Rybinsk, Russia

* Corresponding author (vershinin-vladimir[at]yandex.ru)

Abstract

This paper discusses the parallel transmission of binary messages. Before starting the transmission process, a binary message is divided into blocks. The block elements come for transmission at the same time and are transmitted with the use of the proposed orthogonal signals of the same duration. The signals of sequentially transmitted blocks partially overlap in time. The specific costs of the frequency band, the peak factor, and the noise immunity of the transmission are analyzed. The use of the proposed signals in comparison with sinusoidal orthogonal signals can increase the decay rate of the side lobes of the power spectral density and reduce out-of-band emissions. In this case, the noise immunity of the transmission practically does not deteriorate.

Keywords: parallel transmission, overlapping signals, orthogonal signals, frequency band, out-of-band emissions, noise immunity, peak factor.

Введение

В классическом варианте метод параллельной передачи заключается в одновременной передаче блоков из L элементов сообщения с использованием L сигналов длительностью T ортогональных на этом интервале. Блоки поступают для передачи с интервалом T . Таким образом, сигналы, соответствующие элементам каждого блока, полностью перекрываются во времени, а сигналы, соответствующие последовательно передаваемым блокам не перекрываются во времени. Прием ведется на основе ортогонального разделения сигналов. Необходимо отметить, что основы теории линейного (в том числе ортогонального) уплотнения и разделения сигналов разработаны советским ученым Д.В.Агеевым в 1935 году [1]. Заметим также, что в основе широко используемой технологии OFDM (orthogonal frequency division multiplexing) лежит параллельная передача сообщений с использованием ортогональных синусоидальных сигналов. Одним из недостатков OFDM является малая скорость спада боковых лепестков спектральной плотности мощности, что приводит к увеличению внеполосных излучений. Стремление избавиться от этого недостатка приводит обычно к увеличению удельных затрат полосы или снижению помехоустойчивости.

В статье рассматривается параллельная передача двоичных сообщений, когда блоки поступают для передачи с интервалом $T/2$ и передаются с использованием L элементарных сигналов длительностью T ортогональных на этом интервале. В этом случае сигнал, соответствующий передаваемому блоку частично перекрывается с сигналом предыдущего блока и сигналом последующего блока. При приеме это приводит к возникновению перекрестных помех. Целью данной работы является исследование эффективности использования для такой параллельной передачи ортогональных сигналов вида:

$$v_i(t) = \begin{cases} \cos 2\pi(K+i)t/T + \cos 2\pi(K+i+1)t/T & \text{при } i = 0, 2, 4, \dots, L-2 \\ \sin 2\pi(K+i)t/T + \sin 2\pi(K+i+1)t/T & \text{при } i = 1, 3, 5, \dots, L-1 \end{cases} \quad (1)$$

Эти сигналы определены на интервале времени $-T/2 \leq t < T/2$, вне указанного интервала сигналы равны нулю. K – целое положительное число, определяющее расположение полосы частот, занимаемой сигналом на выходе модулятора. Значение L предполагается четным.

При $L = 8$:

$$v_0(t) = \cos 2\pi K t/T + \cos 2\pi(K+1)t/T;$$

$$v_1(t) = \sin 2\pi(K+1)t/T + \sin 2\pi(K+2)t/T;$$

$$v_2(t) = \cos 2\pi(K+2)t/T + \cos 2\pi(K+3)t/T;$$

$$v_3(t) = \sin 2\pi(K+3)t/T + \sin 2\pi(K+4)t/T;$$

$$v_4(t) = \cos 2\pi(K+4)t/T + \cos 2\pi(K+5)t/T;$$

$$v_5(t) = \sin 2\pi(K+5)t/T + \sin 2\pi(K+6)t/T;$$

$$v_6(t) = \cos 2\pi(K+6)t/T + \cos 2\pi(K+7)t/T;$$

$$v_7(t) = \sin 2\pi(K+7)t/T + \sin 2\pi(K+8)t/T.$$

На рис. 1 и рис. 2 в нормированном виде показаны сигналы $v_0(t)$ и $v_7(t)$ соответственно при $K = 4$.

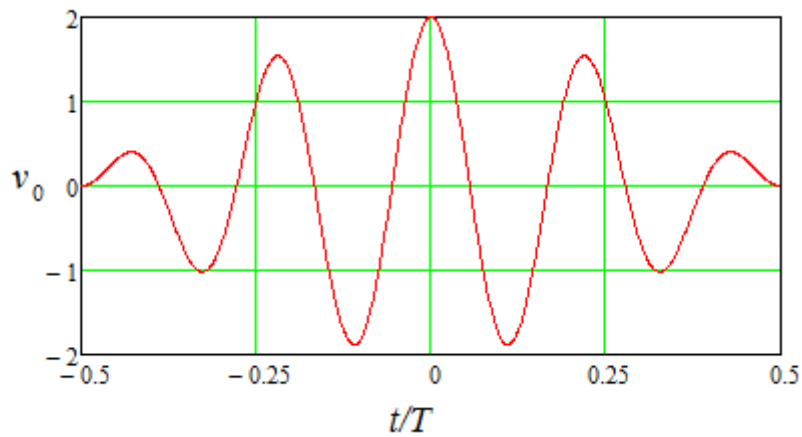


Рис. 1 – Нормированный сигнал $v_0(t)$

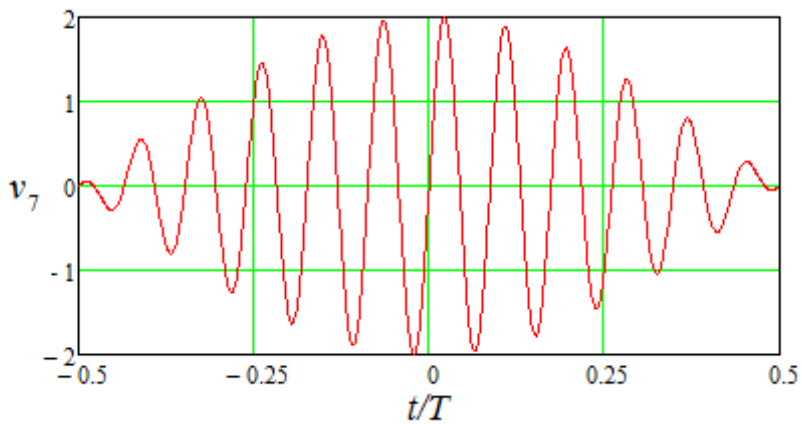


Рис. 2 – Нормированный сигнал $v_7(t)$

Сигнал на выходе модулятора:

$$y(t) = \sum_{i=0}^{L-1} s_i(t) \quad (2)$$

где $s_i(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} a_i^j v_i(t - 0.5Tj)$ – канальный сигнал; a_i^j – значение i -го элемента j -го блока.

Предполагается, что элемент блока может принимать значение A или $-A$. Сигнал $y(t)$ также можно представить в виде:

$$y(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} y^j(t) \quad (3)$$

где $y^j(t) = \sum_{i=0}^{L-1} a_i^j v_i(t - 0.5Tj)$ – сигнал, связанный с передачей j -го блока.

Необходимо отметить, что применение сигналов вида (1) в различных вариантах для передачи двоичных сообщений рассматривалось в [2 – 7]. Причем в [2] рассматривалась параллельная передача, а в [6] и [7] – с использованием перекрывающихся во времени сигналов.

Полоса частот

Определим полосу частот, занимаемую сигналом в виде (2). Этот сигнал в общем случае является случайным сигналом. Будем считать элементы двоичного сообщения независимыми случайными величинами, принимающими два значения с равной вероятностью. Полоса частот F , занимаемая сигналом определяется, исходя из спектральной плотности мощности этого сигнала $Y(f)$, где f – частота.

Спектральная плотность мощности сигнала (2)

$$Y(f) = \sum_{i=0}^{L-1} S_i(f) \quad (4)$$

где [3,6,8] $S_i(f)$ – спектральная плотность мощности сигнала $s_i(t)$; $S_i(f) = \frac{4A^2}{T} |V_i(f)|^2$;

$|V_i(f)| = \left| \int_{-T/2}^{T/2} v_i(t) e^{-j2\pi ft} dt \right|$. Тогда можно получить:

$$\begin{aligned} S_i(f) = A^2 T \left\{ \left[\frac{\sin \pi(fT - K - i)}{\pi(fT - K - i)} + \frac{\sin \pi(fT + K + i)}{\pi(fT + K + i)} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\sin \pi(fT - K - i - 1)}{\pi(fT - K - i - 1)} + \frac{\sin \pi(fT + K + i + 1)}{\pi(fT + K + i + 1)} \right]^2 \right\} \text{ при } i = 0, 2, 4, \dots, L-2, \\ S_i(f) = A^2 T \left\{ \left[\frac{\sin \pi(fT - K - i)}{\pi(fT - K - i)} - \frac{\sin \pi(fT + K + i)}{\pi(fT + K + i)} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\sin \pi(fT - K - i - 1)}{\pi(fT - K - i - 1)} - \frac{\sin \pi(fT + K + i + 1)}{\pi(fT + K + i + 1)} \right]^2 \right\} \text{ при } i = 1, 3, 5, \dots, L-1, \end{aligned}$$

Средняя мощность сигнала (2) $P = \int_0^{\infty} Y(f) df = 2LA^2$; средняя энергия сигнала $W = 2LA^2T$ на интервале $(j-1)T/2 \leq t < (j+1)T/2$; средняя энергия сигнала, приходящаяся на элемент передаваемого сообщения $W_9 = \frac{W}{2L} = A^2T$

С использованием (4) получена зависимость $Y(f)$ при $K = 40$ для $L = 64$, приведенная на рис. 3 в виде $Y_{\text{дБ}}(f) = 10 \lg[Y(f)/Y_{\text{max}}]$, где Y_{max} – максимальное значение $Y(f)$.

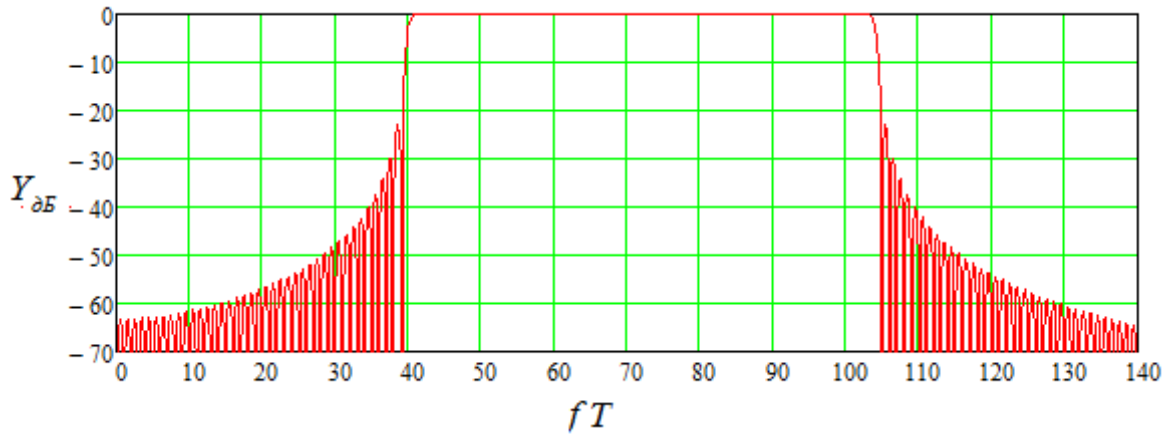


Рис. 3 – Зависимость $Y_{\text{дБ}}(f)$ для $L = 64$

Существуют различные подходы для определения полосы частот [9]. Полосу частот, занимаемую сигналом, определим двумя способами. При первом способе предполагается, что в полосе частот F должно быть сосредоточено 99% средней мощности сигнала P . Тогда

$$F = f_2 - f_1 \quad (5)$$

где f_1 и f_2 – нижняя и верхняя граничные частоты определяются из выражений: $\int_0^{f_1} Y(f) df = 0.005P$;

$$\int_{f_2}^{\infty} Y(f) df = 0.005P; \quad P = \int_0^{\infty} Y(f) df.$$

Полосу частот F , занимаемую сигналом (2), используя (4) и (5) вычислим при $K = 40$ для $L = 64$ и $L = 128$. Эта полоса равна $63.5/T$ и $127/T$ соответственно. Удельные затраты полосы, определяемые как F/R , где $R = L/T$ – скорость передачи информации (бит/с), равны 0.496 и 0.495.

Вторым способом полоса частот определяется непосредственно с использованием зависимости $Y_{\text{дБ}}(f)$ по уровню -30 дБ. При $K = 40$ для $L = 64$ и $L = 128$ она равна $68/T$ и $132/T$, а удельные затраты полосы 0.531 и 0.516.

Определим пик-фактор сигнала (2) как отношение максимального значения сигнала к \sqrt{P} . Тогда значению $L = 64$ и $L = 128$ соответствует пик-фактор 7.92 и 11.0.

Помехоустойчивость

Оценим помехоустойчивость параллельной передачи при использовании ортогональных сигналов (1). Будем полагать, что на сигнал вида (3), в линии связи воздействует аддитивная помеха $n(t)$ в виде белого шума с односторонней спектральной плотностью мощности N . Тогда на входе демодулятора имеет место сигнал

$$z(t) = y(t) + n(t) \quad (6)$$

Демодулятор принимает решение о принятом значении m -го элемента j -го блока b_m^j ($m = 0, 1, 2, \dots, L-1$) на основе корреляционной обработки сигнала (6) на интервале $(j-1)T/2 \leq t < (j+1)T/2$ передачи j -го блока [10]:

$$b_m^j = \begin{cases} A \text{ при } c_m^j > 0 \\ -A \text{ при } c_m^j \leq 0 \end{cases}.$$

$$\text{Здесь } c_m^j = \frac{1}{T} \int_{(j-1)T/2}^{(j+1)T/2} z(t) v_m(t - 0.5Tj) dt.$$

Рассмотрим структуру c_m^j . С учетом (3) и (6):

$$\begin{aligned} c_m^j &= \frac{1}{T} \int_{(j-1)T/2}^{(j+1)T/2} [y^{j-1}(t) + y^j(t) + y^{j+1}(t)] v_m(t - 0.5Tj) dt + \frac{1}{T} \int_{(j-1)T/2}^{(j+1)T/2} n(t) v_m(t) dt = \\ &= \sum_{i=0}^{L-1} a_i^{j-1} \frac{1}{T} \int_{(j-1)T/2}^{(j+1)T/2} v_i[t - 0.5T(j-1)] v_m(t - 0.5Tj) dt + \\ &\quad \sum_{i=0}^{L-1} a_i^j \frac{1}{T} \int_{(j-1)T/2}^{(j+1)T/2} v_i(t - 0.5Tj) v_m(t - 0.5Tj) dt + \\ &\quad + \sum_{i=0}^{L-1} a_i^{j+1} \frac{1}{T} \int_{(j-1)T/2}^{(j+1)T/2} v_i[t - 0.5T(j+1)] v_m(t - 0.5Tj) dt + \frac{1}{T} \int_{(j-1)T/2}^{(j+1)T/2} n(t) v_m(t) dt. \end{aligned}$$

Здесь $\sum_{i=0}^{L-1} a_i^j \frac{1}{T} \int_{(j-1)T/2}^{(j+1)T/2} v_i(t - 0.5Tj) v_m(t - 0.5Tj) dt = a_m^j$ из-за ортогональности сигналов (1); a_m^j –

переданный элемент блока $a_0^j, a_1^j, \dots, a_{L-1}^j$, из-за наличия помех принятый элемент b_m^j может отличаться от

a_m^j . $\sum_{i=0}^{L-1} a_i^{j-1} \frac{1}{T} \int_{(j-1)T/2}^{(j+1)T/2} v_i[t - 0.5T(j-1)] v_m(t - 0.5Tj) dt$ – перекрестная помеха, связанная с влиянием

передачи элементов $a_0^{j-1}, a_1^{j-1}, \dots, a_{L-1}^{j-1}$ предыдущего блока.

$\sum_{i=0}^{L-1} a_i^{j+1} \frac{1}{T} \int_{(j-1)T/2}^{(j+1)T/2} v_i[t - 0.5T(j+1)] v_m(t - 0.5Tj) dt$ – перекрестная помеха, связанная с влиянием передачи

элементов $a_0^{j+1}, a_1^{j+1}, \dots, a_{L-1}^{j+1}$ следующего блока. $\frac{1}{T} \int_{(j-1)T/2}^{(j+1)T/2} n(t) v_m(t - 0.5Tj) dt$ – слагаемое, связанное с

влиянием помехи $n(t)$, является случайной величиной, распределенной по нормальному закону [10] с нулевым

математическим ожиданием и дисперсией $\frac{N}{2T^2} \int_{-T/2}^{T/2} [v_m(t)]^2 dt = \frac{N}{2T}$.

Аналитически оценить помехоустойчивость с учетом перекрестных помех сложно и практически ненаглядно, поэтому дальнейший анализ будем проводить с использованием моделирования в среде Matlab. Для этого сигналы при передаче j -го блока на интервале $(j-1)T/2 \leq t < (j+1)T/2$ рассматриваются в дискретные моменты времени

$t_d^j = (j-1)T/2 + dT_0$. Здесь $d = 0, 1, 2, \dots, D-1$; T_0 – период дискретизации; $D = T/T_0$ – число дискретных моментов времени на интервале $(j-1)T/2 \leq t < (j+1)T/2$, это число должно быть четным. При этом будем иметь в виду, что при достаточно малых T_0 :

$$c_m^j = \frac{1}{T} \int_{(j-1)T/2}^{(j+1)T/2} y(t) v_m(t - 0.5Tj) dt + \frac{1}{T} \int_{(j-1)T/2}^{(j+1)T/2} n(t) v_m(t - 0.5Tj) dt =$$

$$\frac{1}{T} \sum_{d=0}^{D-1} \int_{t_d^j}^{t_d^j + T_0} y(t) v_m(t - 0.5Tj) dt + \frac{1}{T} \sum_{d=0}^{D-1} \int_{t_d^j}^{t_d^j + T_0} n(t) v_m(t - 0.5Tj) dt \approx$$

$$\frac{T_0}{T} \sum_{d=0}^{D-1} v_m(t_d^0) y(t_d^j) + \frac{1}{T} \sum_{d=0}^{D-1} v_m(t_d^0) \int_{t_d^j}^{t_d^j + T_0} n(t) dt = \frac{1}{D} \sum_{d=0}^{D-1} v_m(t_d^0) y(t_d^j) + \frac{1}{D} \sum_{d=0}^{D-1} v_m(t_d^0) n_d^j,$$

где $n_d^j = \frac{1}{T_0} \int_{t_d^j}^{t_d^j + T_0} n(t) dt$ – значения помехи в дискретные моменты времени на интервале передачи j -го блока. Эти

значения имеют [10] нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием и дисперсией $\sigma^2 = \frac{N}{2T_0}$.

Воздействие помехи на сигнал принято характеризовать величиной $h^2 = \frac{W_9}{N}$, где W_9 – средняя энергия сигнала $y(t)$

на интервале $(j-1)T/2 \leq t < (j+1)T/2$, приходящаяся на элемент передаваемого сообщения, $W_9 = A^2 T$.

Тогда

$$\sigma = \sqrt{\frac{N}{2T_0}} = \sqrt{\frac{W_9}{2T_0 h^2}} = \sqrt{\frac{A^2 T}{2T_0 h^2}} = A \sqrt{\frac{T}{2T_0 h^2}} = A \sqrt{\frac{D}{2h^2}}.$$

Введем в рассмотрение следующие векторы и матрицы:

матрицу v с элементами $v_{id} = v_i(t_d^0)$;

матрицу v^P , у которой столбцы $0, 1, 2, \dots, D/2 - 1$ соответственно равны столбцам $D/2, D/2 + 1, D/2 + 2, \dots, D - 1$ матрицы v , а элементы столбцов $D/2, D/2 + 1, D/2 + 2, \dots, D - 1$ матрицы v^P равны нулю;

матрицу v^S , у которой столбцы $D/2, D/2 + 1, D/2 + 2, \dots, D - 1$ соответственно равны столбцам $0, 1, 2, \dots, D/2 - 1$ матрицы v , а элементы столбцов матрицы v^S $0, 1, 2, \dots, D/2 - 1$ равны нулю;

вектор $a^{j-1} = (a_0^{j-1}, a_1^{j-1}, \dots, a_{L-1}^{j-1})$, вектор $a^j = (a_0^j, a_1^j, \dots, a_{L-1}^j)$ и вектор $a^{j+1} = (a_0^{j+1}, a_1^{j+1}, \dots, a_{L-1}^{j+1})$;

вектор y^j с элементами $y_d^j = y(t_d^j)$, $y^j = a^{j-1} v^P + a^j v + a^{j+1} v^S$;

вектор n^j с элементами n_d^j ;

вектор z^j с элементами $z_d^j = y_d^j + n_d^j$;

вектор c^j с элементами c_m^j .

Тогда можно записать, что

$$c^j = z^j v^T / D = a^{j-1} v^P v^T / D + a^j v v^T / D + a^{j+1} v^S v^T / D + n^j v^T / D =$$

$$= a^{j-1} r^P + a^j + a^{j+1} r^S + n^j v^T / D,$$

где v^T – транспонированная матрица относительно матрицы v ; $r^P = v^P v^T$ – матрица, определяющая перекрестную помеху, связанную с влиянием передачи элементов предыдущего блока; $r^S = v^S v^T$ – матрица, определяющая перекрестная помеху, связанную с влиянием передачи элементов следующего блока. Половина элементов столбцов матриц r^P и r^S равна нулю. Отличные от нуля элементы создают перекрестную помеху. Нетрудно также получить, что $r^S = -r^P$. При $K = 40$, $L = 8$, $D = 140$

$$r^P = \begin{bmatrix} 0 & -1.72 & 0 & -1.77 & 0 & -1.83 & 0 & -1.90 \\ 1.72 & 0 & 1.77 & 0 & 1.83 & 0 & 1.90 & 0 \\ 0 & -1.77 & 0 & -1.83 & 0 & -1.90 & 0 & -1.97 \\ 1.77 & 0 & 1.83 & 0 & 1.90 & 0 & 1.97 & 0 \\ 0 & -1.83 & 0 & -1.90 & 0 & -1.97 & 0 & -2.07 \\ 1.83 & 0 & 1.90 & 0 & 1.97 & 0 & 2.07 & 0 \\ 0 & -1.90 & 0 & -1.97 & 0 & -2.07 & 0 & -2.17 \\ 1.90 & 0 & 1.97 & 0 & 2.07 & 0 & 2.17 & 0 \end{bmatrix} \times 10^{-4}.$$

Ниже приведена программа моделирования при передаче U блоков. В результате определяется число ошибочно принятых элементов блоков.

```
1. function er=gr2(h2,U,L)
2. rng('default');
3. K=4;
4. D=260;
5. A=1;
6. T=1;
7. T0=T/D;
8. v=zeros(L,D);
9. vp=zeros(L,D);
10. vs=zeros(L,D);
11. td=-T/2:T0:T/2-Td;
12. for i=0:2:L-2
13. v(i+1,:)=cos(2*pi*(K+i)*td/T)+cos(2*pi*(K+i+1)*td/T);
14. end
15. for i=1:2:L-1
16. v(i+1,:)=sin(2*pi*(K+i)*td/T)+sin(2*pi*(K+i+1)*td/T);
17. end
18. vp(:,1:D/2)=v(:,D/2+1:D);
19. vs(:,D/2+1:D)=v(:,1:D/2);
20. er=0;
21. sigma=A*sqrt(D/(2*h2));
22. ap=2*A*round(rand(1,L))-1;
23. a=2*A*round(rand(1,L))-1;
24. as=2*A*round(rand(1,L))-1;
25. n=normrnd(0,sigma,1,D);
26. for j=1:U
27. y=ap*vp+a*v+as*vs;
28. z=y+n;
29. c=z*v'/D;
30. b=2*(c >=0)-1;
31. er=er+ sum(ne(b,a));
32. ap=a;
33. a=as;
34. as=2*A*round(rand(1,L))-1;
35. n(1:D/2)=n(D/2+1:D);
36. n(D/2+1:D)= normrnd(0,sigma,1,D/2);
37. end
38. end
```

Рассмотрим программу по строкам.

1. Определяется функция вычисляющая число ошибочно принятых элементов при заданных значениях h^2 , U и L .
2. Начинается подготовительная часть программы. Устанавливаются настройки генератора случайных чисел в значения по умолчанию.

3. Устанавливается значение K .
4. Устанавливается значение D .
5. Устанавливается значение A .
6. Устанавливается значение T .
7. Определяется период дискретизации T_0 .
8. Определяется матрица v с нулевыми элементами.
9. Определяется матрица v^P с нулевыми элементами.
10. Определяется матрица v^S с нулевыми элементами.
11. Определяется вектор, элементы которого соответствуют дискретным моментам времени t_d^0 .
12. Задается параметр циклов формирования четных строк матрицы v .
13. Определяются четные строки матрицы v .
14. Конец циклов формирования четных строк матрицы v .
15. Задается параметр циклов формирования нечетных строк матрицы v .
16. Определяются нечетные строки матрицы v .
17. Конец циклов формирования нечетных строк матрицы v .
18. Определяются строки матрицы v^S .
19. Определяются строки матрицы v^P .
20. Устанавливается нулевое значение переменной результата n_{er} .
21. Определяется σ .
22. Определяется начальное значение вектора, соответствующего a^{j-1} .
23. Определяется начальное значение вектора, соответствующего a^j .
24. Определяется начальное значение вектора, соответствующего a^{j+1} .
25. Формируется начальное значение вектора дискретных значений помехи n^j .
26. Задается параметр циклов, моделирующих передачу U блоков.
27. Формируется вектор дискретных значений передаваемого сигнала y^j .
28. Формируется вектор дискретных значений принимаемого сигнала z^j .
29. Определяется вектор c^j .
30. Определяется вектор принятых значений передаваемых элементов b^j .
31. Вычисляется сумма количества ошибок в текущем и предыдущих испытаниях.
32. Определяется новое значение вектора, соответствующего a^{j-1} .
33. Определяется новое значение вектора, соответствующего a^j .
34. Определяется новое значение вектора, соответствующего a^{j+1} .
35. Формируется новое значение первой половины значений элементов вектора n^j .
36. Формируется новое значение второй половины значений элементов вектора n^j .
37. Конец циклов, моделирующих передачу U блоков.
38. Конец программы моделирования.

Результаты моделирования с помощью приведенной выше программы приведены в таблице 1. Моделирование производилось при $L = 64$, $K = 40$, $D = 260$ и различных значениях h^2 . В результате были получены значения числа ошибок $N_{ош}$ при передаче $N_{пер} = LU$ элементов двоичного сообщения. Затем с помощью функции `berconfint` пакета Matlab определена оценка вероятности ошибки $p = N_{ош}/N_{пер}$, нижняя P_n и верхняя P_v граница оценки с доверительной вероятностью 0.95.

Таблица 1 – Результаты моделирования

h^2	5	10	15
U	10^6	10^6	10^8
$N_{пер}$	64×10^6	64×10^6	64×10^8
$N_{ош}$	50040	237	130
p	7.82×10^{-4}	3.70×10^{-6}	2.03×10^{-8}
p_n	7.75×10^{-4}	3.25×10^{-6}	1.70×10^{-8}
p_e	7.89×10^{-4}	4.21×10^{-6}	2.41×10^{-8}

Рассмотрим лежащую в основе технологии OFDM параллельную передачу двоичных сообщений с помощью ортогональных синусоидальных сигналов. Определим на интервале времени $-T/2 \leq t < T/2$ множество ортогональных синусоидальных сигналов следующего вида:

$$v_i(t) = \begin{cases} \sqrt{2} \cos 2\pi(K + i/2)t/T & \text{при } i = 0, 2, 4, \dots, L-2 \\ \sqrt{2} \sin 2\pi[K + (i-1)/2]t/T & \text{при } i = 1, 3, 5, \dots, L-1 \end{cases} \quad (7)$$

При $L=8$:

$$v_0(t) = \sqrt{2} \cos 2\pi K t/T; \quad v_1(t) = \sqrt{2} \sin 2\pi K t/T;$$

$$v_2(t) = \sqrt{2} \cos 2\pi(K+1)t/T; \quad v_3(t) = \sqrt{2} \sin 2\pi(K+1)t/T;$$

$$v_4(t) = \sqrt{2} \cos 2\pi(K+2)t/T; \quad v_5(t) = \sqrt{2} \sin 2\pi(K+2)t/T;$$

$$v_6(t) = \sqrt{2} \cos 2\pi(K+3)t/T; \quad v_7(t) = \sqrt{2} \sin 2\pi(K+3)t/T.$$

Сигнал на выходе модулятора с использованием сигналов (7)

$$y(t) = \sum_{i=0}^{L-1} s_i(t) \quad (8)$$

где $s_i(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} a_i^j v_i(t - Tj)$. Энергия сигнала, приходящаяся на элемент передаваемого сообщения $W_s = A^2 T$

Заметим, что в этом случае (в отличие от (2)) сигнал, соответствующий передаваемому блоку не перекрывается с сигналами других блоков.

Спектральная плотность мощности сигнала (8)

$$Y(f) = \sum_{i=0}^{L-1} S_i(f),$$

где

$$S_i(f) = \begin{cases} 4A^2 T \frac{(fT)^2 (\sin(\pi f T))^2}{\pi^2 [(fT)^2 - (i/2 + K)^2]^2} & \text{при } i = 0, 2, 4, \dots, L-2 \\ 4A^2 T \frac{((i-1)/2 + K)^2 (\sin(\pi f T))^2}{\pi^2 [(fT)^2 - ((i-1)/2 + K)^2]^2} & \text{при } i = 1, 3, 5, \dots, L-1 \end{cases}.$$

Можно получить:

$$Y(f) = \sum_{i=0}^{L-1} S_i(f) = 4A^2T \sum_{i=0}^{L/2-1} \frac{[(fT)^2 + (i+K)^2] (\sin(\pi fT))^2}{\pi^2 [(fT)^2 - (i+K)^2]^2} \quad (9)$$

Эта зависимость при $K = 30$ для $L = 64$, приведенная на рис. 5 в виде $Y_{дБ}(f) = 10 \lg[Y(f)/Y_{\max}]$.

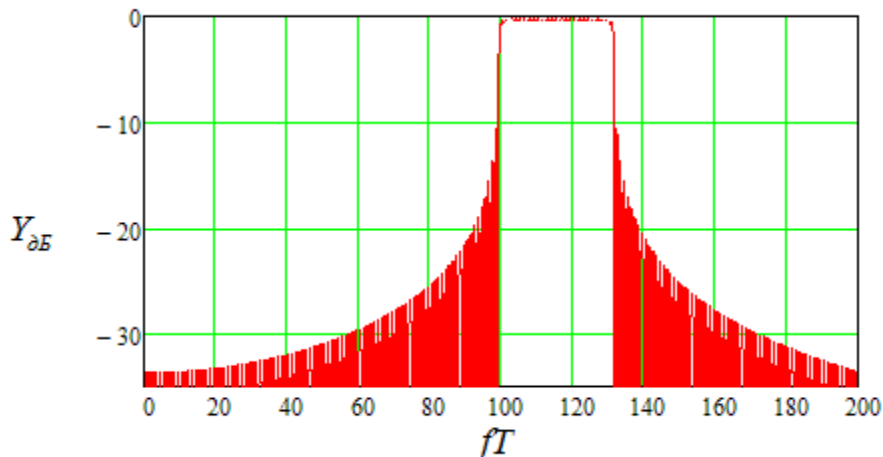


Рис. 5 – Зависимость $Y_{дБ}(f)$ для $L = 64$

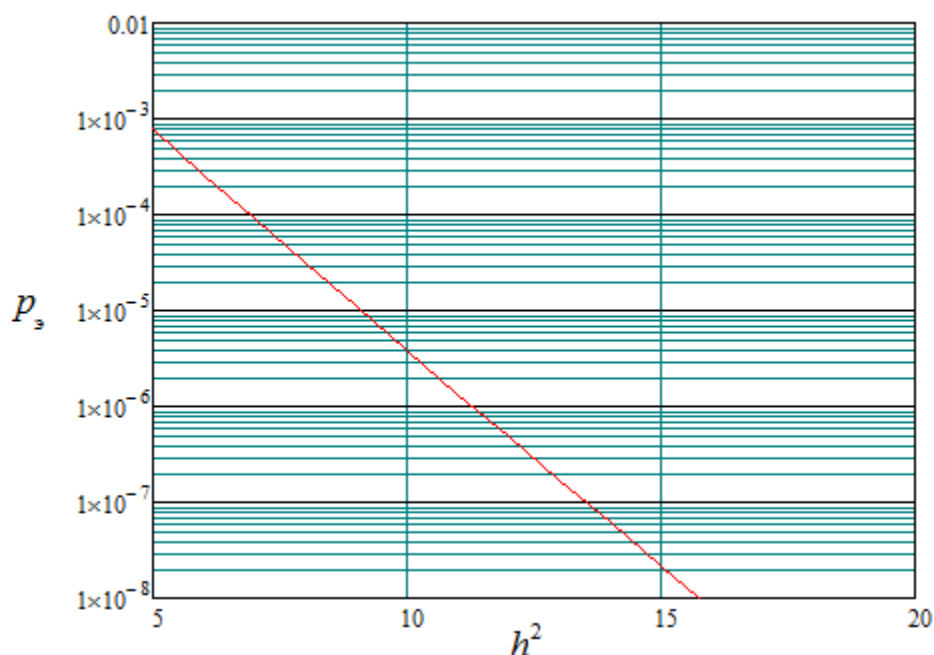
На основании (9) полосу частот F вычислим (первый способ) с использованием (5) при $K = 100$ для значений $L = 64$ и $L = 128$. Эта полоса равна соответственно $34.43/T$ и $64.67/T$. Удельные затраты полосы равны 0.538 и 0.500. При определении полосы частот вторым способом по уровню -30 дБ она равна $110/T$ и $122/T$, а удельные затраты полосы 1.72 и 1.41. Значениям $L = 64$ и $L = 128$ соответствует пик-фактор 7.90 и 11.0.

Существенное увеличение удельных затрат при определении полосы вторым способом связано с малой скоростью спада боковых лепестков спектральной плотности мощности при использовании сигналов (8). В то же время, при использовании частично перекрывающихся сигналов (2) удельные затраты при определении полосы вторым способом возрастают незначительно.

Вероятность ошибки при корреляционном приеме сигнала (8) может быть определена формулой [10]:

$$p_э = 1 - F(\sqrt{2h^2}),$$

где $F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp(-y^2/2) dy$; $h^2 = W_э/N$. На рис. 6 показана зависимость $p_э$ от h^2 .

Рис. 6 – Зависимости вероятности ошибки от h^2

Сопоставляя данные таблицы 1 с рис. 6 можно заключить, что использование частично перекрывающихся сигналов (2) на основе сигналов (1) практически не ухудшает помехоустойчивость передачи по сравнению с использованием сигналов (8) на основе сигналов (7).

Заключение

Использование при параллельной передаче частично перекрывающихся сигналов на основе предлагаемых ортогональных сигналов по сравнению с неперекрывающимися синусоидальными ортогональными сигналами позволяет получить лучшие удельные затраты полосы, увеличить скорость спада боковых лепестков спектральной плотности мощности (уменьшить внеполосные излучения). При этом помехоустойчивость практически не ухудшается.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Агеев. Д.В. Основы теории линейной селекции / Агеев. Д.В. // Научно-техн. сб. Ленингр. электротехн. ин-та связи.– 1935.– N10.
2. Вершинин В.А. Параллельная передача двоичных сообщений линейно независимыми сигналами / Вершинин В.А. // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. N6(84).
3. Передача дискретных сообщений/ Вершинин В.А. Рыбинская государственная авиационная технологическая академия им. П.А. Соловьева. Рыбинск, 2002.– 82 с.– Деп. в ВИНТИ 17.12. 2002, № 2196-B2002
4. Вершинин В.А. Передача двоичных сообщений симплексными сигналами [Электронный ресурс] / В.А. Вершинин // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. 2013. N11. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/nov13/5/text.pdf> (дата обращения: 12.09.2019)
5. Vershinin V.A. The transmission of binary messages special biorthogonal signals [Electronic resource] / Vershinin V.A. // Eastern European Scientific Journal.– 2015.– N4.– URL: http://www.auris-archiv.de/mediapool/99/990918/data/DOI_10.12851_EESJ201508.pdf (accessed: 12.09.2019)
6. Вершинин В.А. Передача двоичных сообщений перекрывающимися сигналами [Электронный источник] / Вершинин В.А. // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. 2017. N10. - URL: <http://jre.cplire.ru/jre/oct17/5/text.pdf> (дата обращения: 12.09.2019)
7. Вершинин В.А. Поэлементный прием и прием в целом при перекрывающихся элементарных сигналах [Электронный ресурс] / Вершинин В.А. // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. 2018. N10. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/oct18/5/text.pdf> (дата обращения: 12.09.2019)
8. Сергиенко А.Б. Цифровая связь: Учеб. пособие / Сергиенко А.Б. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012.– 164 с.
9. Скляр Бернанд. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Скляр Бернанд. 2-е изд.: Пер. с англ.– М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.– 1104 с.
10. Теория электрической связи: Учебник для вузов / А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, В.И. Коржик, М.В. Назаров; под ред. Д.Д. Кловского. – М. : Радио и связь, 1998.– 432 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ageyev. D.V. Osnovy teorii lineynoy seleksii [Fundamentals of the theory of linear selection] . Ageyev. D.V. // Nauchno-tekhn. sb. Leningr. elektrotekhn. in-ta svyazi [Scientific and technical collection of Leningrad electrotechnical Institute of communications].– 1935.– N10. [in Russian]
2. Vershinin V.A. Parallel'naya peredacha dvoichnyh soobshchenij linejno nezavisimymi signalami [Parallel transmission of binary messages by linearly independent signals] / Vershinin V.A. // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International research journal]. 2019. N6(84). [in Russian]
3. Peredacha diskretnykh soobshchenij [Transmission of discrete messages] / Vershinin V.A. Rybinskaya gosudarstvennaya aviacionnaya tekhnologicheskaya akademiya im. P.A. Solov'eva. Rybinsk, 2002.– 82 p.– Dep. v VINITI 17.12. 2002, № 2196-V2002. [in Russian]
4. Vershinin V.A. Peredacha dvoichnykh soobshchenij simpleksnymi signalami [Transmission of binary messages by simplex signals] [Electronic resource] / Vershinin V.A. // ZHurnal radioelektroniki: elektronnyy zhurnal [Journal of radio electronics: electronic journal]. 2013. N11. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/nov13/5/text.pdf> (accessed: 12.09.2019) [in Russian]
5. Vershinin V.A. The transmission of binary messages special special biorthogonal signals [Electronic resource] / Vershinin V.A. // Eastern European Scientific Journal.– 2015.– N4.– URL: http://www.auris-archiv.de/mediapool/99/990918/data/DOI_10.12851_EESJ201508.pdf (accessed: 12.09.2019)
6. Vershinin V.A. Peredacha dvoichnykh soobshchenij perekryvayushchimisya signalami [Transmission of binary messages by overlapping signals] / Vershinin V.A. // ZHurnal radioelektroniki: elektronnyy zhurnal [Journal of radio electronics: electronic journal]. 2017. N10. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/oct17/5/text.pdf> (accessed: 12.09.2019) [in Russian]
7. Vershinin V.A. Vershinin. Poelementnyy priem i priem v celom pri perekry-vayushchihsya elementarnykh signalah [Element-by-element reception and reception in General, when the overlapping of the elementary signals] [Electronic resource] / Vershinin V.A. // ZHurnal radioelektroniki: elektronnyy zhurnal [Journal of radio electronics: electronic journal]. 2018. N10. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/oct18/5/text.pdf> (accessed: 12.09.2019) [in Russian]
8. Sergiyenko A.B. Tsifrovaya svyaz: Ucheb. Posobiye [Digital communication: a tutorial] / Sergiyenko A.B. SPb.: Izd-vo SPbGETU «LETI». 2012.– 164 p. [in Russian]
9. Sklyar Bernard. Tsifrovaya svyaz. Teoreticheskiye osnovy i prakticheskoye primeneniye / Sklyar Bernard. 2nd edition: Per. s angl.– M.: Izdatelskiy dom «Viliams». 2003.– 1104 p. [in Russian]
10. Teoriya elektricheskoy svyazi: Uchebnik dlya vuzov [Theory of telecommunications: the Textbook for high schools] / A.G. Zyuko, D.D. Klovskiy, V.I. Korzhik, M.V. Nazarov; edited by D.D. Klovskogo. – M. : Radio i svyaz. 1998.– 432 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.014>**ЭКСТРАКЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЧИСТОГО ОКСИДА ЛЮТЕЦИЯ ДЛЯ КРИСТАЛЛОВ-СЦИНТИЛЛЯТОРОВ ОРТОСИЛИКАТОВ ЛЮТЕЦИЯ**

Научная статья

Юрасова О.В.^{1,*}, Самиева Д.А.², Федуллова Т.В.³¹ ORCID: 0000-0002-2480-2302;² ORCID: 0000-0001-6186-4767;^{1, 2, 3} АО «Гиредмет», Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (dinara-samieva[at]mail.ru)

Аннотация

Изучена экстракция редкоземельных элементов (РЗЭ) представителем класса четвертичных аммониевых оснований - Aliquat 336. Исследованы хлоридные и хлоридно-роданидные системы. Установлено, что хлоридно-роданидные растворы являются более эффективными для очистки лютеция от сопутствующих примесей. На примере лютеция предложен механизм экстракции редкоземельных элементов Aliquat 336, уравнение экстракции имеет вид: $\text{Lu}^{3+} + 3\text{NCS}^- + 3[\text{RR}'_3\text{N}]^+\text{NCS}^- = \{(\text{R}_3\text{R}'\text{N})_3^+ \cdot [\text{Lu}(\text{NCS})_6]^{3-}\}_0$. Определены коэффициенты распределения и рассчитаны факторы разделения при экстракции РЗЭ Aliquat 336. На основании результатов рассчитан и организован экстракционный каскад по разделению $\text{Lu}/\text{Ln}_{(\text{Yb})}$.

Ключевые слова: Aliquat 336, жидкостная экстракция, лютеций, редкоземельные элементы, четвертичные аммониевые основания.

EXTRACTION TECHNOLOGY OF HIGH PURE LUTETIUM OXIDE PRODUCTION FOR CRYSTALS-SCINTILATORS OF LUTETIUM ORTHOSILICATES

Research article

Yurasova O.V.^{1,*}, Samiev D.A.², Fedulova T.V.³¹ ORCID: 0000-0002-2480-2302;² ORCID: 0000-0001-6186-4767;^{1, 2, 3} JSC "Giredmet", Moscow, Russia;

* Corresponding author (dinara-samieva[at]mail.ru)

Abstract

The extraction of rare-earth elements (REE) by a representative of the quaternary ammonium base class — Aliquat 336. — Chloride and chloride-rhodanide systems was studied in this work. It was found that chloride-rhodanide solutions are more effective for purifying lutetium from related impurities. The mechanism of extraction of rare-earth elements Aliquat 336 was proposed based on the example of lutetium. The extraction equation has the following form: $\text{Lu}^{3+} + 3\text{NCS}^- + 3[\text{RR}'_3\text{N}]^+\text{NCS}^- = \{(\text{R}_3\text{R}'\text{N})_3^+ \cdot [\text{Lu}(\text{NCS})_6]^{3-}\}_0$. The distribution coefficients were determined and the separation factors were calculated during the extraction of REE Aliquat 336. Based on the results, the extraction cascade for $\text{Lu}/\text{Ln}_{(\text{Yb})}$ separation was calculated and implemented.

Keywords: Aliquat 336, liquid extraction, lutetium, rare earth elements, quaternary ammonium bases.

Введение

Кристаллы-сцинтилляторы на основе силиката лютеция успешно применяются за рубежом в технологии позитронно-эмиссионного сканирования. В отличие от сцинтилляционных кристаллов другого состава силикаты лютеция (LSO) обладают рядом преимуществ, они имеют большую плотность, высокий световой выход, малое время послесвечения и малый процент потерь, поэтому именно им отдается предпочтение при изготовлении сцинтилляционных элементов для трехмерных позитронно-эмиссионных томографов (ПЭТ) [1], [2]. В настоящее время основными производителями ПЭТ являются зарубежные компании General Electric, Siemens, Philips, Shimadzu, а в России в Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» проводятся работы по созданию первого отечественного томографа, использующего лютецийсодержащие кристаллы $\text{Lu}_{1.8}\text{Y}_{0.2}\text{SiO}_5$ (LYSO).

Данная НИОКР выполнена с целью создания технологии подготовки качественной шихты для синтеза монокристаллов ортосиликатов лютеция, основу которой составляют высокочистые оксиды кремния SiO_2 и лютеция Lu_2O_3 . Последний относится к группе редкоземельных элементов (РЗЭ) – лантаноидов, обладающих схожими свойствами, поэтому получить индивидуальный оксид высокой степени чистоты достаточно сложная задача. Основными и наиболее эффективными методами разделения и очистки близких по свойствам РЗМ, являются жидкостная экстракция и (или) ионный обмен, при этом экстракционные методы являются более производительными и считаются менее трудоемкими [3], [4]. Поэтому в настоящей работе было уделено внимание поиску доступной эффективной, экологически безопасной экстракционной системы, позволяющей получить оксид лютеция с содержанием основного вещества более 99,99 % и одновременно отделиться от примесей РЗЭ до уровня, (% ,кажд.): $< 1 \cdot 10^{-3}$ (в т.ч. Nd, Pr, Eu, Tb, Yb - $(1-5) \cdot 10^{-4}$), отрицательно влияющих на сцинтилляционные свойства кристаллов LSO.

В исследованиях в качестве сырья использовали концентрат лютеция (98-99 %), содержащий примеси РЗЭ, в том числе оксид иттербия до 0,5 %. В качестве экстрагента изучен Aliquat 336, выбор которого объясняется следующими мотивациями. В последние годы в исследованиях и технологиях редкоземельных элементов в качестве экстрагентов все большее применение находят ионные жидкости, к несомненным преимуществам которых относится очень низкое давление пара, что уменьшает риски загрязнения воздуха и возникновения пожара, и позволяет отнести данные

технологии к зеленым. [5], [6], [7]. Для успешного использования ионных жидкостных систем в процессах редкоземельного разделения такие системы должны быть экономичными, простыми, давать высокие коэффициенты разделения, обладать низкой токсичностью. Согласно литературе [8], [9], обозначенным критериям соответствует экстрагент Aliquat 336 (триоктилметиламмоний хлорид - ТОМАХ), представляющий собой ионную жидкость с катионами четвертичного аммониевого основания (ЧАО) и легко заменяемыми анионами хлора. Дополнительным преимуществом Aliquat 336 является то, что его синтез организован в России.

Экспериментальная часть

В исследованиях применяли технический экстрагент Aliquat 336 различной формы: хлоридной – ТОМАХ, и роданидной - ТОМАР. Поиск эффективной системы для очистки лютеция от сопутствующих РЗЭ проведен на хлоридно-роданидных растворах, поскольку экспериментально установлено, что извлечение Lu в них осуществляется лучшее (рис.1, кривая 1).

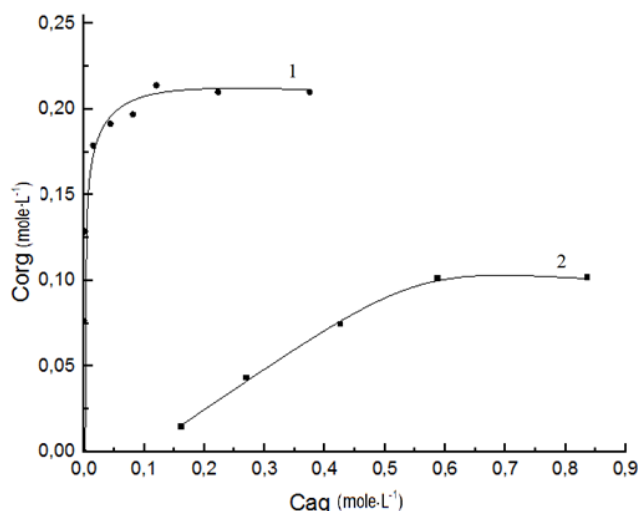


Рис. 1 – Изотермы экстракции лютеция в системах: (1) 1 моль/л Aliquat 336 (ТОМАР) - LuCl_3 - NH_4NCS - H_2O ; (2) 1 моль/л Т Aliquat 336 (ТОМАХ) - LuCl_3 - H_2O

Согласно графикам рисунка 1 в хлоридно-роданидных растворах насыщение экстрагента происходит при содержании лютеция в равновесной органической фазе 0,21-0,22 моль/л, а в хлоридных – при 0,102 моль/л. В изученном интервале концентраций лютеция коэффициенты распределения металла в присутствии роданида аммония выше (рис.1, кривая 1) по сравнению с хлоридной системой (рис. 1, кривая 2), поэтому дальнейшие исследования проведены на хлоридно-роданидных растворах с применением экстрагента Aliquat 336, переведенном в роданидную форму (ТОМАР).

В ходе исследований был экспериментально определен состав экстрагируемого комплекса лютеция. Сделан вывод, что совместно с ионом лютеция в органическую фазу переходят роданид-иона водной фазы, в состав экстрагируемого комплекса входят три молекулы экстрагента в роданидной форме, и предложена следующая схема экстракции лютеция Aliquat 336 (ТОМАР):



Для установления поведения сопутствующих редкоземельных металлов в процессе экстракции лютеция из раствора его концентрата, изучена зависимость коэффициентов распределения (D) редкоземельных элементов от их порядкового номера. Установлено, что для лантаноидов легкой подгруппы (La-Nd) и средней (Sm-Tb) коэффициенты распределения не велики и не превышают 1. Существенные различия в коэффициентах распределения определены для тяжелых РЗМ ($D_{\text{Er}}=3.17$, $D_{\text{Tm}}=9.61$, $D_{\text{Yb}}=34.16$, $D_{\text{Lu}}=83.26$). Иттрий в изученных условиях смещается в область средней подгруппы РЗЭ, значение его коэффициента распределения находится в интервале между Sm-Tb.

По полученным коэффициентам распределения были рассчитаны факторы разделения (β) РЗЭ (таблица 1). Средний фактор разделения соседних элементов тяжелой подгруппы РЗЭ составляет 2,77, а соседнего с лютецием $\beta_{\text{Lu/Yb}} \sim 2,4$. В технологии редкоземельных элементов полученные β считаются достаточно высокими для их эффективного разделения.

Таблица 1 – Факторы разделения РЗЭ при экстракции 1 моль/л

$\frac{2}{1}$	Y	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Lu	171.20	1408.87	871.99	515.44	249.97	191.40	183.23	107.91	72.63	54.18	26.27	8.66	2.44

На основании полученных данных разработаны режимы и рассчитан экстракционный каскад по разделению $\text{Lu/Ln}_{(\text{Yb})}$ с получением 99,999 % Lu_2O_3 (по сумме РЗМ) [10]. Расчетные данные проверены экспериментально – организован экстракционный каскад в делительных воронках, состоящий из экстракционной, промывной и реэкстракционной частей (рис. 2).

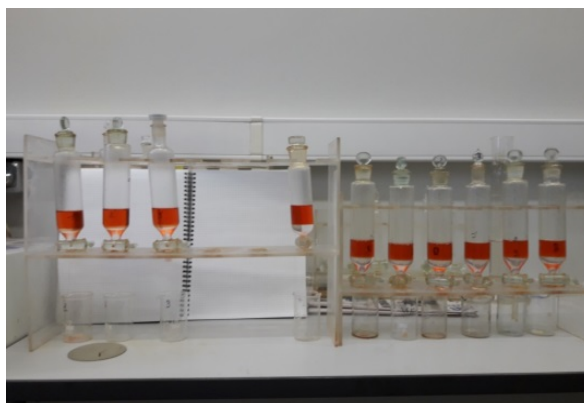


Рис. 2 – Экстракционный каскад, смоделированный в делительных воронках

После выхода каскада на равновесие были собраны растворы резэкстракта, из которых выделили оксалаты, прокалили и сдали их на анализ в ЦКП АО «Гиредмет». Получен оксид лютеция Lu_2O_3 , в котором содержание критических примесей не превысило заданных выше границ.

Заключение

На основании выполненных исследований сделан вывод о возможности применения разработанной экстракционной технологии с использованием Aliquat 336 (ТОМАР) для получения оксида лютеция с качественными характеристиками достаточными для получения шихты для применения в синтезе кристаллов оксиортосиликатов лютеция.

Благодарности

Авторы выражают благодарность д.х.н. А.И. Михайличенко за оказанную помощь при выполнении НИОКР.

Acknowledgement

The authors are grateful to Dr. A.I. Mikhaylichenko for the assistance in performing R&D.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Пат. 2242545 Российская Федерация, МПК C30B29/34, C30B11/00, C30B15/00, C30B15/34, C30B17/00, C30B28/06, C30B28/10, C04B35/16, C09K11/08. Сцинтилляционное вещество (варианты) / Загуменный А.И., Заварцев Ю.Д., Крутовой С.А.; № 2003132127/15, заявл. 04.11.2003; опубл. 20.12.2004, Бюл. № 35.
2. Глобус М. Е. Неорганические сцинтилляторы. Новые и традиционные материалы / М. Е. Глобус, Б. В. Гринёв. - Харьков: Акта, 2000. - 408 с.
3. Михайличенко А. И., Редкоземельные металлы / А. И. Михайличенко, Е. Б. Михлин, Ю. Б. Патрикеев. М.: Metallurgiya, 1987- 232 с.
4. Поляков Е. Г. Metallurgiya redkozemel'nykh metallov / Е. Г. Поляков А. В. Нечаев, А. В. Смирнов. М.: Metallurgiya, 2018 -731с.
5. Liu Y. Application and Perspective of Ionic Liquids on Rare Earths Green Separation / Y. Liu, J. Chen, D. Li // Separation Science and Technology. - 2012. - Vol. 47 (2) - P. 223-232.
6. Baba Y. Recent advances in extraction and separation of rare-earth metals using ionic liquids / Y. Baba, F. Kubota, N. Kamiya and others // Journal of Chemical Engineering. – 2011. –Vol. 44 (10). – P. 679–685.
7. Makanyire T. Separation and recovery of critical metal ions using ionic liquids / T. Makanyire, S. Sánchez-Segado, A. Jha // Advances in Manufacturing. – 2016. – Vol. 4 (1). – P. 33-46.
8. Kubota F. Uphill transport of rare-earth metals through a highly stable supported liquid membrane based on an ionic liquid / F. Kubota, Y. Shimobori, Y. Koyanagi // Analytical Science. – 2010. – Vol. 26(3). – P. 289-290.
9. Larsson K. Separation of rare earths by split-anion extraction / K. Larsson, K. Binnemans // Hydrometallurgy. – 2015. – Vol. 156. - P. 206-214.
10. Гасанов А.А, Апанасенко В.В. и др. Расчет полного противоточного экстракционного каскада с обменной промывкой с использованием Excel // Цветные металлы. - 2016. - N 5. С. 44-49.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Pat. 2242545 Russian Federation, MPK C30B29/34, C30B11/00, C30B15/00, C30B15/34, C30B17/00, C30B28/06, C30B28/10, C04B35/16, C09K11/08. Scintillation substance (variants) [Scintillation substance (options)] / Zagumennyj A. I., Zavarcev YU. D., Krutovoj S. A.; № 2003132127/15, appl. 04/11/2003; publ. 20/12/2004, Bul. Number 35.
2. Globus M. E. Neorganicheskie scintillyatory. Novye i tradicionnye materialy [Inorganic scintillators. New and traditional materials]/ M. E. Globus, B. V. Grinyov. - Har'kov: Akta, 2000. – 408p. [in Russian]
3. Mikhaylichenko A. I., Redkozemel'nye metally [Rare-earth metals]/ A. I. Mikhaylichenko, E. B. Mihlin, Yu. B. Patrikeev. M.: Metallurgiya, 1987- 232 p. [in Russian]
4. Polyakov E. G. Metallurgiya redkozemel'nyh metallov [Metallurgy of rare-earth metals] / E. G. Polyakov A. V. Nechaev, A. V. Smirnov. M.: Metallurgiya, 2018 -731p. [in Russian]
5. Liu Y. Application and Perspective of Ionic Liquids on Rare Earths Green Separation / Y. Liu, J. Chen, D. Li // Separation Science and Technology. - 2012. - Vol. 47(2) - P. 223-232.

6. Baba Y. Recent advances in extraction and separation of rare-earth metals using ionic liquids / Y. Baba, F. Kubota, N. Kamiya and others // Journal of Chemical Engineering. – 2011. – Vol. 44(10). – P. 679–685.
7. Makanyire T. Separation and recovery of critical metal ions using ionic liquids / T. Makanyire, S. Sánchez-Segado, A. Jha // Advances in Manufacturing. – 2016. – Vol. 4(1). – P. 33-46.
8. Kubota F. Uphill transport of rare-earth metals through a highly stable supported liquid membrane based on an ionic liquid / F. Kubota, Y. Shimobori, Y. Koyanagi // Analytical Science. – 2010. – Vol. 26(3). – P. 289-290.
9. Larsson K. Separation of rare earths by split-anion extraction / K. Larsson, K. Binnemans // Hydrometallurgy. – 2015. – Vol. 156. - P. 206-214.
10. Gasanov A. A. Raschet polnogo protivotochnogo ekstrakcionnogo kaskada s obmennoj promyvkoj s ispol'zovaniem Exsel [Calculation of a complete counter-current extraction cascade with an exchange industry using Exsel] / A. A. Gasanov, V. V. Apanasenko and others // Cvetnye metally. - 2016. -№ 5. - P. 44-49. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.015>

**ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ РОССЫПИ РЕКИ МАРАКАН
(ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ)**

Научная статья

Мовзитова К.И.^{1,*}, Плюснин И.А.², Наумов В.А.³, Фиоруччи А.⁴

^{1, 2, 3} Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета,
Пермь, Россия;

⁴ Туринский Политехнический университет, Турин, Италия

* Корреспондирующий автор (ksyumovzitova[at]mail.ru)

Аннотация

Авторами проведен анализ условий формирования золотоносности реки Маракан и техногенно-минеральных образований, возникших при разработке россыпи. На формирование золотоносности россыпи и техногенно-минеральных образований оказали влияние процессы разложения золотоносных сульфидов и перераспределение высвобожденного золота из растворов. После отработки россыпи продолжается окисление сульфидов, с высвобождением находящегося в них золота. В кислых техногенных водах происходит перемещение золота в растворенной форме, осаждение и восстановление металлических фаз золота. На основе изучения свободного золота и теоретических предпосылок формирования хемогенно - и биогенно осажженного золота, сделан вывод, что техногенные отвалы месторождения Маракан могут иметь зоны повышенной концентрации новообразованного свободного золота.

Ключевые слова: техногенно-минеральные образования, свободное и связанное золото, золото из растворов.

**GOLD MINERALIZATION OF NATURAL AND TECHNOGENIC OBJECTS OF THE PLACER GOLD OF THE
MARAKAN RIVER (EASTERN SIBERIA)**

Research article

Movzitova K.I.^{1,*}, Plyusnin I.A.², Naumov V.A.³, Fiorucci A.⁴

^{1, 2, 3} Perm State National Research University, Natural Sciences Institute, Perm, Russia;

⁴ Polytechnic University of Turin, Turin, Italy

* Corresponding author (ksyumovzitova[at]mail.ru)

Abstract

The authors analyzed the conditions for the formation of gold on the Marakan River as well as technogenic and mineral formations that arose during the development of the placer. The formation of placer gold and man-made mineral formations was influenced by the processes of decomposition of gold-bearing sulfides and the redistribution of released gold from solutions. After mining the placer, the oxidation of sulfides continues along with the release of the gold contained in them. In acidic man-made waters, gold moves in dissolved form, precipitation and restoration of the metallic phases of gold take place. Based on the study of free gold and the theoretical prerequisites for the formation of chemogenic and biogenic precipitated gold, it was concluded that the technogenic dumps of the Marakan deposit may have zones of increased concentration of newly formed free gold.

Keywords: technogenic and mineral formations, free and bound gold, gold from solutions.

Введение

Долина реки Маракан расположена в России на севере Иркутской области, в Бодайбинском районе (см. рисунок 1). В долине реки Маракан широко распространены рыхлые образования элювиального, аллювиального, флювиогляциального, делювиального происхождения.

Россыпь золота реки Маракан выделена в пределах эрозионно-аккумулятивных и прислоненных аллювиальных террас. Аллювиальные террасы состоят из нескольких свит с нормальным межледниковым (гумидной обстановки) и перигляциальным (сформированным в период оледенения) аллювием. Основная продуктивная залежь россыпи установлена в нижней части разреза и тяготеет к глубокому тальвегу нормальной (межледниковой) свиты аллювия. Глубокая (тальвеговая) часть россыпи представлена высокоглинистым галечно-валунно-гравийным материалом. Плотик россыпи сложен углистыми сланцами с вкрапленными сульфидами, и тонкими прослоями мраморов [1]. Общая мощность аллювиальных террас золотоносной толщи достигает 50 м.



Рис. 1 – Обзорная схема расположения россыпи реки Маракан

Добычу золота из россыпи проводили неоднократно. Ранее россыпь обрабатывали дражным способом с проходкой сплошным забоем и переработкой перигляциальной и нормальной части аллювия на объем технических возможностей драги. Работала 600-л драга с глубиной черпания до 50 м. Если продуктивный пласт был глубже 50 м или находился вне зоны технических возможностей работы драги в бортах карьера, он сохранился как нетронутый целик.

Оставшиеся после дражной отработки целики были отработаны гидравлическим прибором ППМ-5 (прибор промывочный модульный с шириной грохота – 5 м) по экскаваторно-транспортной схеме с подвозкой песков на гидравлический прибор. Хвосты гидравлической отработки сформировали техногенные отвалы. Техногенный рельеф речных долин, остающийся после разработки россыпных месторождений, сложен и разнообразен. По своим параметрам он сопоставим с параметрами естественных форм рельефа: высотами речных террас, глубиной вреза в их поверхность долин и ручьев [1]. Глубина карьерной выработки достигает 35 м. Высота отвалов хвостов обогащения при промывке на промывочном приборе ППМ-5 составляет 2-3 м.

Объектами изучения было золото из природной россыпи и из техногенно-минеральных образований (ТМО), накапливающееся в продуктах разработки россыпи. ТМО – хорошо промытые и отсортированные образования двух литолого-технологических типов (см. рисунок 2). Золотоносность ТМО оценена по материалу валунно-галечных (+50 мм) и гравийно-песчаных (-50 мм) осадков (эфеля), разделенных в результате грохочения и гравитационного обогащения на наклонных шлюзах при гидравлической промывке.



Рис. 2 – Техногенные отвалы россыпи реки Маракан

Валунно-галечные осадки представляют собой промытые обломки пород элювиального, аллювиального горизонтов. В них практически отсутствует глинисто-песчаный заполнитель. Гравийно-песчаные комплексы формируются гидронамывом, после отсева класса менее 50 мм и обогащения «песков» на наклонных шлюзовых

комплексах. Они образуют своеобразный конус отвалов и характеризуются лито-динамической зональностью и хорошей сортировкой по крупности [11]. Гравийно-галечная часть сложена окатанными обломками песчаников и сланцев, в песчаной присутствует большая доля кварца и сульфидов.

Практический интерес представляют гравийно-песчаные отвалы. В их пределах минеральный состав тяжелой фракции представлен сульфидными (пирротин, пирит, халькопирит), рудными (ильменит, гематит, магнетит), гипергенными (лимонит) минералами, гранатом. Встречается незначительное количество рутила, циркона, эпидота [1]. Среди сульфидов встречаются как окисленные, так и неокисленные разновидности. Глинистая фракция водным потоком с прибором выносятся в отстойники, где твердая фаза постепенно осаждается на дно водоема.

Золото россыпи долины реки Маракан представлено зернами мелких, средних и крупных классов (см. таблицу 1). Золото окатанное и полуокатанное, пластинчатой и таблитчатой формы. Цвет золота золотисто-желтый (см. рисунок 3). Встречаются частицы золота с желтоватыми пленками, и красновато-коричневыми корочками гидроксидов железа.

Распределение частиц золота ТМО по содержанию, крупности, в плане и по разрезу песчаных отложениях неравномерное. Повышенные концентрации более крупного золота находятся вблизи зоны боя потока у прибора, и постепенно снижаются к периферии зоны конуса намыва ТМО. Неравномерность распределения частиц золота в ТМО обусловлена их гравитационной дифференциацией в процессе промывки «песков» и просадкой тяжелой фракции. К сожалению, головная часть гравийно-песчаных отвалов транспортируется бульдозерами в общий отвал. Места его расположения относительно локальны и незакономерны. В отдельных точках на месте сброса пульпы со шлюзов, содержание золота в гравийно-песчаных отложениях достигает десятков граммов на тонну.

Таблица 1 – Распределение частиц золота тальвеговой части россыпи по крупности (данные геологоразведочных работ[1])

Размер фракции, мм	Масса фракции, г	Выход фракции, %	Накопленный выход фракции, %
– 0,125	0,005	0,2	0,2
+0,125-0,25	0,051	2,2	2,4
+0,25-0,5	0,252	10,8	13,2
+0,5-1,0	0,553	23,6	36,8
+1,0-2,0	0,947	40,5	77,3
+2,0	0,532	22,7	100,0
	2,339	100,0	

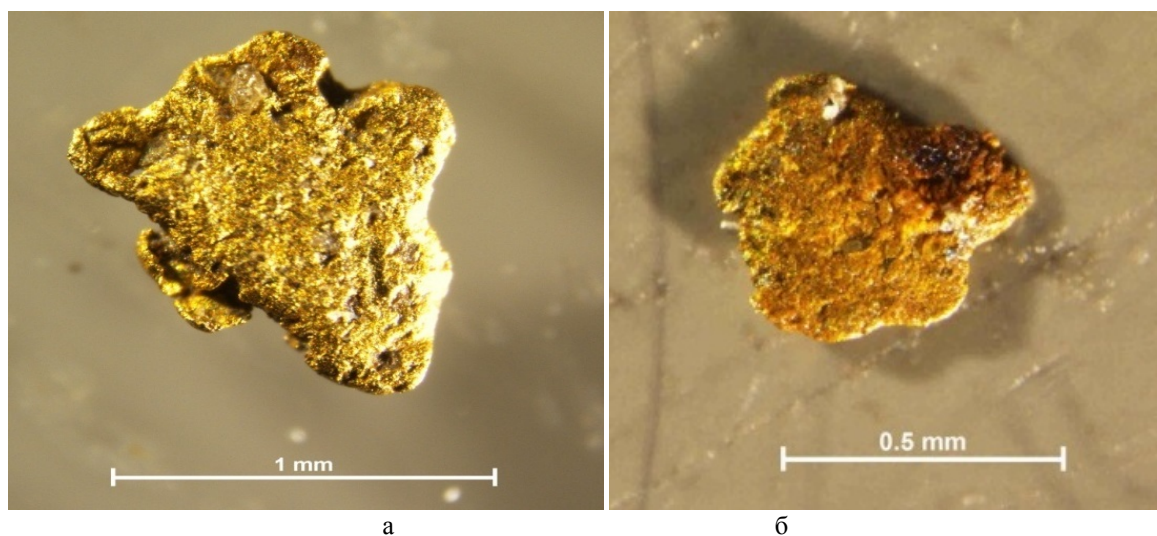


Рис. 3 – Примеры и общий вид золота: а – природной части; б – техногенной части россыпи реки Маракан

Методы исследования

Авторами проведено системное изучение золотоносности нескольких участков гравийно-песчаной части ТМО. Отобрано и проанализировано 105 проб общим объемом 1076 л. по сети 2х2 м и 1х1 м. Пробы отобраны с поверхности «свежих» техногенных отложений рядом с промышленными приборами из закопаш размером 0,3х0,3 м глубиной около 0,2-0,3 м, объемом 20 литров каждая; промыты на лотке до «черного» шлиха. Оптимальный объем шлиховой пробы, и шаг опробования для техногенных россыпей определены на основании ранее проведенных методических работ.

Сокращение концентрата, сушка, отделение магнитной и электромагнитной фракций, рассев по размерным классам, тяжелосредная сепарация и выделение свободного золота, было проведено в лабораториях предприятия АО «Маракан» и Пермского государственного национального исследовательского университета. Среднее содержание золота, поступающее с прибора ППМ-5 в ТМО, составило 0,1 г/м³. Определен состав размерных фракций металла, поступающего в ТМО с прибора ППМ-5 путем улавливания его в подшлюзках (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Распределение содержания золота, полученного с подшлюзков после прибора ППМ-5

Фракция, мм	Масса золота, г	Выход фракции, %	Нормативный коэффициент извлечения	Извлечение золота, %	Потери золота, %
-8,0+4,0	2,2	10,38	0,995	10,325	0,052
-4,0+2,0	2,3	10,85	0,995	10,795	0,054
-2,0+1,0	3,3	15,57	0,980	15,255	0,311
-1,0+0,5	5,3	25,00	0,930	23,275	1,725
-0,5+0,25	4,5	21,23	0,800	16,981	4,245
-0,25+0,1	3,4	16,04	0,500	8,019	8,019
-0,1+0	0,2	0,94	0,500	0,472	0,472
Итого:	21,2	100,00		85,122	14,878

Основное извлечение золота приходится на средний класс крупности (минус 2,0 мм - плюс 0,5 мм). Основные потери золота на приборе ППМ-5 связаны с неудовлетворительным извлечением класса менее 0,25 мм. Определение потерь металла, полученного путем использования подшлюзков, показало, что среднее содержание золота в отвалах может составлять более одного грамма на кубометр. Поэтому необходимо технологическое переоснащение используемой схемы обогащения с учетом более полного извлечения металла класса менее 0,25 мм.

Обсуждение результатов

Природа россыпного золота

Формирование россыпных концентраций золота в россыпях р. Маракан, обусловлено не только высвобождением частиц золота из золото-кварцевых жил и сульфидных объектов [2], но и связано с процессами разложения первичных золотосодержащих сульфидов, находящиеся в черносланцевой толще или черносланцевой формации (ЧСФ) и осаждением металла [3]. ЧСФ, содержащая углерод, является природным сорбентом растворенного золота [4]. Осадок накапливает металл на этапе первичного формирования углеродистой толщи (синегенетичный с формированием углеродистого осадка этап накопления золота). Происходит физическая сорбция золота на угле [4]. Золото в ионной или коллоидной форме восстанавливается на углях до металлических фаз из золотосодержащих растворов, о чем свидетельствуют экспериментальные данные [5].

На эндогенном этапе рудообразования при орогенезе и сопутствующем ему метаморфизму и гранитизации, в результате температурного прогрева происходит перераспределение и укрупнение первичных золотосодержащих фаз [6], [7]. На границе черносланцевой и кварцевой и сульфидной фазы из первичных нанообразований золота образуются микро- и макровыделения золота в приконтактной зоне.

На экзогенном этапе происходит формирование россыпи. Частицы микро- и макроформ золота высвобождаются из зон контакта углеродистой и кварц-сульфидной фаз; поступает в аллювий [6]. При этом продолжаются разрушение сульфидной части золотосодержащих минералов. Формируются золотосульфатные растворы. На этапе промораживания осадков в период оледенения формируются прослои перигляциального аллювия [8]. Золотосодержащие растворы существенным образом промерзают, уменьшается объем жидкой части и при этом повышается концентрация золота в раствор. На определенном этапе промораживания (криогенном барьере), золото осаждается из пересыщенных растворов в виде пленок или металлических частиц в межзерновом пространстве или на частицах золота или других минералов. Образуются микро- и макроформы самородных частиц металла или псевдорудное золото [3]. В процессе промораживания сульфидов до 20 % их массы разлагается [9]. Металл при размораживании переходит в растворы или образует кристаллогидратные соединения сульфатов по металлам первичных сульфидов. Золотосодержащие сульфиды поступают в растворы и могут осаждаться в виде нанопленок золота на других минералах и частицах золота [10]. Свидетельством остаточного эффекта такого взаимодействия могут служить гидроксиды железа в виде пленок и примазок на поверхности частиц золота.

Техногенез и новообразования золота в пределах ТМО

После обработки россыпи породы плотика и предплотиковой части россыпи поступают на поверхность. В ТМО проявляются процессы преобразования золота в экзогенных условиях, такие, как и при условиях формирования россыпей [11]. Взаимодействие сульфидов с поверхностными водами приводит к их последующему разложению и переотложению золота, как на частицах золота, так и в виде пленок (примазок) на других минералах [10]. Свидетельством того также служат пленки гидроксидов железа на частицах золота и других минералов. Таким образом, рассмотренные нами процессы преобразования вещества или несколько этапов преобразований вещества, показывают нам, что это золото находящиеся в россыпях реки Маракан, а так же золото, поступившее в ТМО, может представлять собой продукт многофазного развития и являться продуктом многократного переотложения.

При этих процессах формируется достаточная большая доля золота мелких и тонких классов крупности, золота «в пленках» на других минералах. Такое золото частично извлекают при лотковом опробовании, и оно поступает в ТМО при разработке россыпи наклонными шлюзами гидравлических приборов.

Заключение

На основании проведенных исследований прослежен вероятный механизм формирования первичной золотосодержащей углеродистой черносланцевой отложений на основе сорбции золота углеродистым веществом. Показано, что процессы новообразования (укрупнения) золота могут протекать достаточно эффективно как на этапе формирования россыпного золота, так и после поступления его в ТМО.

Процессы преобразования золота были изучены на других объектах ТМО. Существует высокая вероятность, что показанные механизмы перераспределения золота более широко распространены в природе. Доказательством

укрупнения золота в ТМО являются фактические данные, полученные при изучении новообразованного золота присутствие техногенного новообразованного золота [12].

После детального изучения частиц золота, их внутренней структуры, микро и нанопористости, в результате цикла экспериментальных работ, будут получены дополнительные данные, доказывающие или опровергающие высказанные положения.

Финансирование

Статья подготовлена по результатам работы, выполненной в рамках научного проекта международной исследовательской группой на базе Пермского государственного национального исследовательского университета «Разработка природоподобной технологии формирования концентратов полезных компонентов внутри техногенных отвалов путем управления процессами техногенеза».

Благодарности

Авторы благодарят Пермский государственный национальный исследовательский университет за предоставление исследовательской лаборатории. А.Н. Бокарева за возможность проведения полевых исследований. В.В. Голдырева за критику и помощь в написании.

Конфликт интересов

«Не указан».

Funding

The article presents the results of the work carried out within the framework of the scientific project by the international research team on the basis of the Perm State National Research University «Development of a nature-like technology for the formation of concentrations of useful components within man-made dumps by controlling the processes of technogenesis».

Acknowledgement

The authors thank the Perm State University for providing the research laboratory. Also authors express gratitude to A.N. Bokarev for the possibility of conducting field research. V.V. Goldyrev for criticism and help in writing the manuscript.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Мунгалов Н. Н. Золотая россыпь рч. Маракан. Том 1/ Н.Н. Мунгалов, В.Д. Шагаев, Ю.Г. Кирсанова; Иркутск: Министерство цветной металлургии СССР, Комбинат «Лензолото», 1975.
2. Shuster J. and Southam G. The in-vitro “growth” of gold grains / Shuster J. and Southam G. // Geological Society of America. 2015; v. 43; no. 1; p. 79–82. doi: 10.1130/G36241.
3. Наумов В.А. Кристалломорфология и химический состав золота ледниковой области развития россыпей территории Юкон (Канада) / В.А. Наумов, К.П. Казымов, Б.М. Осовецкий и др. // Вестник Пермского университета. – 2010. - №1 (9). – 24-33 с.
4. Развозжаева Э.А. Сорбционная активность нерастворимого углеродистого вещества черносланцевых образований в процессе регионального метаморфизма (Байкало-Патомское нагорье) [Текст] / Э. А. Развозжаева, А.Е. Будяк, С.И. Прокопчук. – Иркутск: Издательство «Наука», 2013. – 92-96 с.
5. Наумов В. А. Механизмы накопления золота на углях: статья / В.А. Наумов, Б.М. Осовецкий.– в сборнике «Цветные металлы и минералы», 2017. – 952-961 с.
6. Шило Н.А. Учение о россыпях : Теория россыпеобразующих рудных формаций и россыпей / Н.А. Шило; - Владивосток: Дальнаука, 2002. - 576 с.
7. Иванов А.И. Основные черты геологического строения и золотоносность Бодайбинского рудного района / А.И. Иванов // Руды и металлы. – 2008. - № 3. – 43-61 с.
8. Осовецкий Б.М. «Новое» золото: монография: статья / Б.М. Осовецкий; - Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т., 2016. – 115 с.
9. Наумов В.А. Влияние сезонного промораживания и прогрева сульфидов на частицах золота в техногенно-минеральных образованиях : статья / В.А. Наумов, А.Ш. Хусаинова.- в сборнике: «Цветные металлы и минералы», 2017. – 942-951 с.
10. Патык–Кара Н.Г. Минерогения россыпей: типы россыпных провинций / Патык–Кара Н.Г. М.: ИГЕМ РАН, 2008. - 528 с.
11. Наумов В.А. Минерогения, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия / В.А. Наумов - Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / Пермский государственный университет. Пермь, 2010. - 42 с.
12. Наумов В.А. Научные основы геологии техногенно-минеральных образований: статья / В.А. Наумов, А. Фиоруччи – Пермь: Перм. Гос. Нац. Исслед. Ун-т. – Пермь, 2018. – 89-92 с.

Список литературы на английском языке / References in English*

1. Mungalov N. N. Zolotaya rossyp' rch. Marakan. Tom 1 [Golden placer the Marakan river, Volume 1] / N. N. Mungalov, V.D. Shagayev, Y.G. Kirsanov; Irkutsk: USSR Ministry of Non-Ferrous Metallurgy, «Lenzoloto» Combine, 1975.
2. Shuster J. and Southam G. The in-vitro “growth” of gold grains [The in-vitro “growth” of gold grains] / Shuster J. and Southam G. // Geological Society of America. 2015; v. 43; no. 1; P. 79–82. doi: 10.1130/G36241.
3. Naumov V. A. Kristallomorfologiya i himicheskij sostav zolota lednikovoj oblasti razvitiya rossypej territorii YUkon (Kanada) [Crystallomorphology and chemical composition of gold of glacial region of placer development of Yukon territory (Canada)] / V. A. Naumov, K. P. Kazimov, B. M. Osovetsky and others // Bulletin of Perm University. - 2010. - №. 1 (9). - P. 24-33.
4. Razvozhzhaeva E. A. Sorbcionnaya aktivnost' nerastvorimogo uglerodistogo veshchestva chernoslanцевых образований в процессе regional'nogo metamorfizma (Bajkalo-Patomskoe nagor'e) [Sorption activity of insoluble carbon-containing

substance of black shale formations in the process of regional metamorphism (Baikal-Patomskoe highlands) [text]] / E. A. Razvozzhaeva, A. E. Budyak, S. I. Prokopchuk. - Irkutsk: Nauka Publishing House, 2013. P. 92-96.

5. Naumov V. A. Mekhanizmy nakopleniya zolota na uglyah: stat'ya [Mechanisms of gold accumulation on coals: article] / V.A. Naumov, B.M. Osovetsky.–Collection «Non-Ferrous metals and minerals», 2017.– P. 952-961.

6. Shilo N.A. Uchenie o rossypyah : Teoriya rossypeobrazuyushchih rudnyh formacij i rossypej [Teaching on placers deposits: The placer-forming ore associations and generation theory] / N.A. Shilo; - Vladivostok: Dalnauka, 2002. – P. 576.

7. Ivanov A. I. Osnovnye cherty geologicheskogo stroeniya i zolotonosnost' Bodajbinskogo rudnogo rajona [Main features of geological structure and gold content of bodaibinsky ore district] / A. I. Ivanov // Ores and metals.- 2008. - №. 3.– P. 43-61.

8. Osovetsky B. M. «Novoe» zoloto: monografiya: stat'ya ["New" gold: monograph: article] / B. M. Osovetsky; - Perm: Perm. State Un-ty., 2016. – P. 115.

9. Naumov V. A. Vliyanie sezonnogo promorazhivaniya i progrevsya sul'fidov na chasticah zolota v tekhnogenno-mineral'nyh obrazovaniyah : stat'ya [Influence of seasonal freezing and heating of sulfides on gold particles in technogenic-mineral formations: article] / V.A. Naumov, A.S. Khusainova.-In the collection: «Non-Ferrous metals and minerals», 2017.– P. 942-951.

10. Patyk-Kara N. G. Minerageniya rossypej: tipy rossypnyh provincij [Mineralogy of placers: types of placer provinces] / Patyk-Kara N. G. Moscow: IGEM RAS, 2008. – P. 528.

11. Naumov V. A. Minerageniya, tekhnogenez i perspektivy kompleksnogo osvoeniya zolotonosnogo allyuviya [Minerageny, technogenesis and prospects of complex development gold-bearing alluvium. Avtoreferat dissertatsii doktora geologo-mineralogicheskikh nauk] / Naumov V. A.// Perm State University. Perm, 2010. P. 42.

12. Naumov V. A. Nauchnye osnovy geologii tekhnogenno-mineral'nyh obrazovanij: stat'ya [Scientific bases of geology of technogenic-mineral formations: article] / V.A. Naumov, A. Fiorucci–Perm: Perm. State Un-ty. – Perm, 2017. – P. 89-92.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.016>**ОПЫТ ПРОШЛЫХ ЛЕТ И ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНИ-НПЗ В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ**

Научная статья

Ситников В.С.¹, Соколова М.Д.², Слепцова М.И.^{3,*}, Павлова К.А.⁴, Севостьянова Р.Ф.⁵³ ORCID: 0000-0002-7499-2060;^{1, 2, 3, 4, 5} ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН» Институт проблем нефти и газа СО РАН, Якутск, Россия

* Корреспондирующий автор (msleptsova[at]mail.ru)

Аннотация

Данная статья посвящена вопросам освоения и рационального использования нефтяных ресурсов Республики Саха (Якутия). Рассмотрены история выявления первых залежей нефти в республике и история развития нефтеперерабатывающего комплекса в республике. На ближайшую перспективу изложено обоснование актуальности переработки нефти со строительством в республике высокотехнологичных нефтеперерабатывающих производств – мини-НПЗ. Дан научный прогноз о наличии целого ряда новых нефтеносных районов в республике. Изложенные результаты исследования убедительно доказывают, что нефтяные ресурсы республики достаточны для формирования нефтепереработки. Это, в конечном итоге, позволит кардинально изменить хозяйственный комплекс всей республики.

Ключевые слова: нефть, газ, нефтеперерабатывающий завод, Республика Саха (Якутия), месторождения углеводородов.

PAST EXPERIENCE AND JUSTIFICATION OF TOPICALITY OF MINI-OIL REFINERIES UNDER CONDITIONS OF YAKUTIA AT PRESENT STAGE

Research article

Sitnikov V.S.¹, Sokolova M.D.², Sleptsova M.I.^{3,*}, Pavlova K.A.⁴, Sevostyanova R.F.⁵³ ORCID: 0000-0002-7499-2060;^{1, 2, 3, 4, 5} Federal State Budgetary Institution Federal Research Center “Yakutsk Scientific Center SB RAS” Institute of Oil and Gas Problems SB RAS, Yakutsk, Russia

* Corresponding author (msleptsova[at]mail.ru)

Abstract

This paper is devoted to the development and rational use of oil resources of the Republic of Sakha (Yakutia). The history of revealing the first oil deposits in the republic and the history of the development of the oil refining complex in the republic are considered in this work. The rationale for the topicality of oil refining with the construction of high-tech oil refining industries in the republic, a mini-refinery is described for the short term. The scientific forecast about the presence of a number of new oil-bearing regions in the republic is given. The stated results of the study convincingly prove that the republic's oil resources are sufficient for the formation of an oil refining industry. This, ultimately, will radically change the economic complex of the whole republic.

Keywords: oil, gas, oil refinery, Republic of Sakha (Yakutia), hydrocarbon deposits.

Первая залежь нефти была установлена во второй половине 70-х годов прошлого столетия в низах раннего кембрия в осинском карбонатном горизонте на Среднеботуобинском НГКМ, запасы нефти были поставлены на учёт в Государственном балансе запасов СССР по Республике Саха (Якутия). Через несколько лет эти запасы нефти были сняты с Баланса запасов в связи с исключительно высокой степенью сложности распространения карбонатных коллекторов в этом горизонте, имеющем на месторождении субмеридианальное простирание и разбитом здесь на целый ряд блоков после внедрения траппового регионального силла в субширотном направлении. Указанные блоки были смещены по отношению друг к другу по малоамплитудным разрывным нарушениям, их насыщение нефтью, газом или водой имело сложный необъяснимый характер.

После открытия в 1980 г. крупных запасов нефти, связанных с нефтяной оторочкой в ботуобинском продуктивном горизонте вендского терригенного комплекса, продуктивность отдельных скважин превышала здесь 100 т нефти в сутки. Этому способствовало новая технология вскрытия и освоения терригенных коллекторов ботуобинского продуктивного горизонта на буровом растворе, приготовленном на нефтяной основе.

С 1984 г. после открытия крупных нефтяных залежей в осинском карбонатном горизонте на Талаканском НГКМ ежегодный прирост запасов нефти в республике приобрел последовательный необратимый характер. В начале 90-х годов разведанные запасы нефти в республике уже составляли примерно 300 млн. тонн. Этот факт свидетельствовал о наличии в Западной Якутии надежной сырьевой базы для развития нефтяной промышленности. Среди других актуальных проблем в качестве приоритетного встал вопрос о необходимости формирования в республике собственного нефтеперерабатывающего производства. Созданная в Якутии примерно в эти же годы Национальная нефтегазовая компания «Саханефтегаз» считала выполнение этой задачи главной целью в своей деятельности. На ряду с разработкой многовариантных проектов создания крупных нефтеперерабатывающих заводов с ежегодной производительностью 1 млн. тонн и более нефти в отечественном или зарубежном исполнении с размещением их вблизи от базовых месторождений (Ленск, Талакан) или на относительно удалении от них (Олёкминск, Алдан), была составлена и утверждена первым Президентом РС(Я) М.Е. Николаевым программа обеспечения территорий Западной

Якутии собственными нефтепродуктами на базе строительства мини – НПЗ с объемом переработки нефти 100-200 тыс. тонн нефти на каждом из них.

В качестве приоритетных проектов при реализации вышеуказанной программы была начата работа по строительству НПУ-200 отечественного производства в пос. Тас-Юрях Мирнинского района на основе поставок сырой нефти с участка опытно-промышленной эксплуатации нефтяной оторочки в юго-восточной части Среднеботуобинского НГКМ. Сдерживающим фактором было появление в светлой фракции продукта нефтепереработки солей в достаточно высоких концентрациях. Всего было получено бензиновой продукции примерно несколько десятков тонн. После неожиданной и необъяснимой аварии работы были приостановлены и затем ликвидированы полностью.

В те же 90-е годы в п. Витим Ленского района Якутии была построена мини - установка по переработке нефти, поставляющейся с Талаканского месторождения по временному нефтепроводу Талакан-Витим. Установка американского производства, производительность 30 тыс. тонн нефти в год. Её использование в Якутии носило предварительный пионерный характер. Планировалось, что после получения заявленных положительных результатов будет заказана и размещена целая серия аналогичных нефтеперерабатывающих установок. Однако здесь столкнулись с теми же трудностями, что были отмечены выше на Тас-Юряхском участке нефтепереработки. Они связаны с выделением в процессе нефтепереработки солей из сырой нефти. Соли закупоривали в установке многие трубы малого диаметра. При многовариантных попытках выхода из сложившейся ситуации случился пожар, вновь неожиданный и необъяснимый. НПУ ликвидирована.

Третья попытка создания собственного нефтеперерабатывающего производства была предпринята в 90-е годы компанией АО «АЛРОСА», которая при реализации программы диверсификации производства получила право недропользования на Иреляхском нефтегазоконденсатном месторождении приобрела за рубежом мобильную нефтеперерабатывающую установку с производительностью до 200 тыс. тонн нефти в год. В дальнейшем выяснилось, что установка была приобретена в недоукомплектованном виде и представляет собой лишь первую очередь, не пригодную для проведения полного цикла работ. Установка находится в консервации.

В 2001 г. при подготовке и проведении Минприродой Российской Федерации и Правительством Республики Саха (Якутия) открытого всероссийского конкурса на право пользования недрами Талаканского НГКМ все участники конкурса (ОАО ННГК «Саханефтегаз», ОАО «ЮКОС», ОАО «Газпром», «Сургутнефтегаз», ОАО «Оренбургнефть») представили свои многовариантные предложения по организации по нефтеперерабатывающего производства, включая строительство крупного нефтеперерабатывающего завода. Победителем этого конкурса была признана компания «Саханефтегаз». В связи с невыплатой разового платежа (бонуса) в установленные сроки в размере 501 млн. \$ указанное решение было аннулировано. Право недропользования на Талаканском НГКМ было переоформлено на ОАО «Сургутнефтегаз», занявшем второе место в вышеуказанном конкурсе с выплатой бонуса в размере 67,0 млн. \$. В лицензионном соглашении в обязательствах ОАО «Сургутнефтегаз» было указано строительство в ближайшей перспективе крупного нефтеперерабатывающего завода на сырьевой базе Талаканского НГКМ. В дальнейшем при внесении в лицензионное соглашение многочисленных дополнений и изменений это условие из лицензионного соглашения было удалено и в настоящее время отсутствует. В итоге нефтеперерабатывающее производство в Якутии по-прежнему присутствует лишь в планах и прогнозах.

Перечисленные выше попытки решения этой проблемы путём строительства мини-НПЗ не увенчались успехом и на рубеже XX и XXI-го столетий не получили дальнейшего развития. Наряду с авариями, это обусловлено следующими факторами:

- низкий коэффициент нефтепереработки, выход светлой фракции – 30%, проблемы с реализацией тяжелого остатка;
- неравномерное размещение разведанных запасов нефти, учтенных на госбалансе Российской Федерации по Республике Саха (Якутия), в основном на юго-западе Якутии в пределах Ленского и Мирнинского административных районов;
- огромные площади территорий республики, не содержащих открытые месторождения нефти, низкая плотность населения, отсутствие развитой инфраструктуры, отсутствие комплексной транспортной сети за исключением крупных рек, имеющих весьма короткий период навигации в течение двух - трёх месяцев.

В указанных условиях производство собственных продуктов нефтеперерабатывающего производства на основе запасов нефти, разведанных в пределах Якутии, могло состояться в единичных случаях и скорее в порядке исключения, чем повсеместно и планомерно.

За прошедшие с тех пор более двух десятилетий существенно уточнились геолого-геофизические представления о глубинном строении, истории геологического развития и потенциальной нефтегазоносности недр Западной Якутии. В свете новых данных стал вполне правомерным прогноз о практически полной или повсеместной зараженности осадочного чехла углеводородным сырьём. Форма содержания последнего в осадочных породах в различных геологических условиях изменяется в широких пределах: от традиционной нефтегазоносности в виде залежей, месторождений и зон нефтенакпления до наличия жидкой нефти в породе в полу рассеянном состоянии, связанном с аккумуляцией нефтяных углеводород в виде новых скоплений или с их рассеиванием при разрушении ранее образованных скоплений. В качестве промежуточных форм выделяются скопления битумов различного генезиса и, соответственно, с разной геохимической характеристикой. В рамках отдельных конкретных территорий достаточно четко картируются и закономерно прослеживаются полигенетические зоны нефтенасыщения, содержащие нефть в разных формах, переходящих друг в друга. На этом фоне могут быть отдельные небольшие локальные участки, содержащие водонасыщенные породы, или так называемые «сухие объекты» с характерным отсутствием любых пластовых флюидов [1].

С представлениями о таких необычных и своеобразных формах субповсеместного насыщения недр углеводородным веществом нефтяного ряда перекликаются данные о возможных формах газонасыщения коллекторов

и (или) субколлекторов. Здесь генетический ряд углеводородного сырья дополняется еще одной формой, отсутствующей в приведенном перечне данных о нефти. Речь идет о газогидратах – уникальной форме углеводородного вещества, содержащегося в недрах. По сути – это принципиально новая, очень важная геологическая проблема, многие аспекты которой по-прежнему еще не ясны.

С вышеуказанными новыми геологическими представлениями о более широком характере нефтегазонасыщения в осадочном разрезе Западной Якутии хорошо согласуются имеющиеся фактические материалы об естественных проявлениях нефти, битумов, газов, а также многие опубликованные работы с аналогичными результатами многих исследований и положительной оценкой перспектив нефтегазоносности многих территорий Западной Якутии [2].

Наряду с геологическими данными, при рассмотрении возможностей использования мини-НПЗ для создания в республике местного нефтеперерабатывающего производства не менее важную роль играют новые технологические разработки. В этом отношении весьма интересны новые разработки в практике отечественных и зарубежных исследований по повышению коэффициента нефтегазопереработки за счет многократной перегонки сначала сырой нефти, затем ее значительной части, оставшейся после выделения из нефти первых порций светлой фракции (бензин, керосин, дизельное топливо) и далее многократное повторение таких же работ по перегонке в рамках вышеуказанного цикла.

Таким образом, с учетом новых геологических и технологических представлений вполне очевиден вывод о целесообразности возврата к решению проблемы создания в республике производства по переработке нефти из якутских месторождений на основе широкого использования малых НПЗ.

С геологической точки зрения этим решениям должны предшествовать более детальные проработки имеющихся данных о перспективах нефтеносности каждой из выделенных территорий и возможностях создания здесь своей собственной нефтяной базы. Следует подчеркнуть, что наличие запасов нефти прогнозируется многими исследователями на многих территориях Западной Якутии в различных геологических условиях, в том числе во многих районах, удаленных от хорошо изученных территорий с установленной промышленной нефтегазоносностью недр.

Особо следует отметить высокие оценки потенциальной нефтеносности краевых континентальных территорий, сопряженных с Лаптевоморским и Восточносибирским шельфами прилегающих арктических морей. В этой связи можно повторить наш более ранний прогноз о беспочвенности периодически появляющихся в средствах массовой информации предсказаний о скорейшем истощении мировых запасов нефти. Практически это невозможно. Такой положительный прогноз обусловлен, главным образом, неисчерпаемыми ресурсами нефти, имеющимися на шельфовых и других территориях Мирового океана. Значительные резервы имеются также на многих в той или иной степени изученных континентальных территориях, на каждой из которых возможны новые крупные открытия нефтяных месторождений в связи с возвратом на них с новыми научными геологическими представлениями и технологическими разработками.

Учитывая, что в Якутии все нефтегазоконденсатные месторождения, содержащие разведанные и предварительно оцененные запасы нефти, выявленные и изученные в основном еще в доперестроечные годы советской власти, к настоящему времени уже переданы в распределенный фонд недр и имеют своих владельцев, для реализации вышеизложенных намерений по планомерному созданию здесь нефтеперерабатывающего производства на основе широкого использования мини-НПЗ для решения вопроса об источниках сырья на первых порах потребуются существенная помощь государства в лице Правительства Республики Саха (Якутия) и компетентных органов Российской Федерации.

Финансирование

Работа выполнена в рамках выполнения госзадания проект IX.131.1.6, номер – 0377-2019-0004.

Конфликт интересов

Не указан.

Funding

The work was carried out as part of the implementation of state project IX.131.1.6, no. 0377-2019-0004.

Conflict of interest

No declared.

Список литературы / References

1. Ситников В.С. О прогнозе зон нефтегазоаккумуляции новообразованного типа на юго-востоке Сибирской платформы / В.С. Ситников, В.П. Жерновский // Вестник Госкомгеологии РС(Я). – 2012. – № 1. – С. 107–115.
2. Ситников В.С. Геологические условия нефтегазоносности и главные направления нефтепоисковых работ в западной Якутии / Ситников В.С., Сафронов А.Ф., Жерновский В.П. и др. // Нефтегазгеологический прогноз и перспективы развития нефтегазового комплекса востока России: материалы науч.-практ. конф. 17-21 июня 2013 г., СПб / ВНИГРИ. – СПб., 2013 – с. 268–274

Список литературы на английском языке / References in English

1. Sitnikov V.S. Sitnikov V.S. O prognoze zon neftegazonakopleniya novoobrazovannogo tipa na yugo-vostoke Sibirskoj platformy [About the forecast of new-type oil and gas accumulation zones in the south-east of the Siberian platform] / V.S. Sitnikov, V.P. Zhernovsky // Vestnik Goskomgeologii RS(Y) [Bulletin of the State Committee for Geology of the Republic RS(Y)]. – 2012. – № 1. – P. 107–115. [in Russian]
2. Sitnikov V.S. Geologicheskie usloviya neftegazonosnosti i glavnye napravleniya neftepoiskovykh rabot v zapadnoj Yakutii [Geological conditions of oil and gas potential and the main directions of oil prospecting in Western Yakutia] / V.S. Sitnikov, A.F. Safronov, V.P. Zhernovskiy // Neftegazogeologicheskij prognoz i perspektivy razvitiya neftegazovogo kompleksa vostoka Rossii: materialy nauch.-prakt. konf. 17-21 iyunya 2013 g. [Oil and Gas Geological forecast and prospects for the development of the oil and gas complex of Eastern Russia: materials scientific and practical conference 17-21 June 2013], Sankt-Petersburg / VNIGRI [VNIGRI]. – Sankt-Petersburg, 2013. – pp. 268-274. [in Russian]

НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.017>**К РАЗРАБОТКЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ВОСТОЧНОГО ФЛАНГА БАЙКАЛЬСКОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ПРИ ДЕГРАДАЦИИ МЕРЗЛОТЫ**

Научная статья

Джурик В.И.^{1,*}, Брыжак Е.В.², Серебrenников С.П.³¹ ORCID: 0000-0002-8082-5461;² ORCID: 0000-0001-7550-4447;³ ORCID: 0000-0002-6318-042X;^{1,2,3} Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

* Корреспондирующий автор (dzhurik[at]crust.irk.ru)

Аннотация

Представляются в обобщенном виде результаты исследований направленные на разработку методики прогноза параметров сейсмических воздействий северо-востока Байкальской сейсмической зоны при деградации мерзлоты. Показаны количественные данные по вопросам районирования сейсмической опасности территории Восточного фланга Байкальской сейсмической зоны (БСЗ). На основе анализа предшествующих исследований, использования экспериментальных данных и проведения необходимых расчетов дан пример построения прогнозной карты-схемы максимальных сейсмических воздействий для естественного и прогнозируемого состояния мерзлоты. Основная цель исследований – использование полученных данных при планировании строительства в сейсмоактивных районах Восточной Сибири, охваченных мерзлотой.

Ключевые слова: Восточная Сибирь, деградация мерзлоты, сейсмические воздействия, Восточный фланг БСЗ, Муйская впадина, максимальные ускорения.

ON DEVELOPMENT OF REGIONAL METHODOLOGY FOR FORECASTING SEISMIC INFLUENCE PARAMETERS OF EASTERN FLANGE OF BAIKAL SEISMIC ZONE DURING PERMAFROST DEGRADATION

Research article

Dzhurik V.I.^{1,*}, Bryzhak E.V.², Serebrennikov S.P.³¹ ORCID: 0000-0002-8082-5461;² ORCID: 0000-0001-7550-4447;³ ORCID: 0000-0002-6318-042X;^{1,2,3} Institute of the Earth Crust, SB RAS, Irkutsk, Russia

* Corresponding author (dzhurik[at]crust.irk.ru)

Abstract

The authors present in a generalized form the results of studies aimed at developing a methodology for predicting the parameters of seismic impacts of the northeast of the Baikal seismic zone during permafrost degradation. Quantitative data on the zoning of seismic hazard in the eastern flank of the Baikal Seismic Zone (BSZ) is shown in the paper. Based on the analysis of previous studies, the use of experimental data, and the necessary calculations, the example of constructing a forecast map of maximum seismic impacts for the natural and predicted state of permafrost is given in the paper. The main goal of the research is to use the data obtained when planning construction in seismically active areas of Eastern Siberia covered by permafrost.

Keywords: Eastern Siberia, permafrost degradation, seismic impacts, eastern flank of the BSZ, Muisk basin, maximum accelerations.

Введение

Из неблагоприятных факторов строительства на территории Восточной Сибири наиболее существенны высокая сейсмичность, обусловленная ее проявлениями при воздействии БСЗ и вечной мерзлотой [1], [2]. Вариации потенциальной сейсмической опасности региона от 7 до 10 баллов, а температурного поля грунтов – от положительных температур на юге и юго-западе до -4°C и ниже на северо-востоке.

В отношении первого фактора, для восточного фланга Байкальского региона характерен высокий сейсмический потенциал, он оценивается в 8, 9 и более баллов согласно ОСР-2015 [10]. Пределы, в которых могут меняться параметры сильных землетрясений из зон ВОЗ следующие: эпицентрального расстояние 0-100 км, магнитуда 6,5-7,6, глубина очага 10-25 км, что подтверждается наличием нескольких тысяч землетрясений, ежегодное число которых достигает 2000-2500. Можно отметить наиболее сильные из них по магнитуде (М) и сейсмической опасности в баллах (J) за период со второй половины XX века: Муйское – 1957г (М=7,6, J=11 баллов); Олекминское – 1958 (М=6,5, J=9 баллов); Тас-Юряхское – 1967 г. (М=7, J=9-10 баллов); Удоканское – 1974д (М=5,2, J=7-8 баллов,); Южно-Якутское – 1989 г (М=6,6, J=8-9 баллов) [3].

В отношении мерзлотного фактора кратко отмечается, что Восточный фланг БСЗ согласно прогнозной карте деградации мерзлоты, приведенной в работе [9] на территории России в 1950-2050 гг (Источник: НИЛ Глобальных проблем энергетики МЭИ) практически полностью входит в выделенную зону ее значительной деградации. Сам восточный фланг БСЗ включает территории интенсивного освоения от северной части о. Байкал, это серия впадин:

Верхнеангарская, Муйская и Чарская и районы южной Якутии [2], [3]. Отмеченные районы, в последнее время являются ареной их интенсивного освоения (зона Байкало-Амурской магистрали, станционные поселки, горнопромышленные предприятия, нефтепроводы, газопроводы и другие промышленные объекты). Вся эта инфраструктура в условиях деградирующей мерзлоты может в той или иной степени разрушиться и привести к увеличению их сейсмической опасности, обязанной ухудшению прочностных свойств грунтов в основаниях сооружений.

Отмеченные неблагоприятные условия строительства в регионе определяет необходимость разработки региональной методики прогноза проявления сейсмичности при изменении состояния мерзлоты под воздействием климата и техногенеза.

В этом отношении выполненные исследования направлены на развитие методов и приемов прогноза сейсмических воздействий сильных землетрясений и на разработку рекомендаций по проведению сейсмического микрорайонирования в различных сейсмоклиматических зонах Сибири с различной степенью деградации мерзлоты [9]. Для этого использовались обобщенные данные, выполненные на участках крупных геологических структур восточного фланга БСЗ [5] и дополненные последними исследованиями, они конкретно представляются на примере Муйской впадины.

Ее высокая сейсмичность подтверждается данными о наиболее сильном, отмеченном выше, Муйском землетрясении. Эпицентр землетрясения расположен в пределах хребта Удокан [3]. Вблизи поселков Муя и Усть-Муя произошёл подземный толчок силой в 10—11 баллов. Общая площадь зоны ощутимых сотрясений достигала 2 000 000 км². Площадь пятибалльных сотрясений составила 600 000 км². Глубина очага землетрясения составила 22 км.

Макросейсмические последствия в пределах рассматриваемой зоны сводятся к следующему: камнепады, сход лавин, трещины в стенах жилых и промышленных объектов, испуг и паника среди населения. Местность слабозаселенная, поэтому при землетрясениях жертв не отмечено. В то же время анализ имеющихся сейсмогеологических материалов по вопросам проявления сейсмичности и количественные данные о последних сильных землетрясениях указывают на современную высокую сейсмическую активность исследуемой территории в настоящее время [10].

Муйская впадина ограничена крутыми склонами Северо-Муйского и Южно-Муйского хребтов. Она вытянута с запада на восток более чем на 130 км, поперечные размеры ее достигают 40-45 км. В целом отмечается, что мощность рыхлых отложений в пределах впадины не может превышать 1 км. Наибольшие мощности фиксируются в западной части впадины и составляют приблизительно 600-800 м. Восточная половина впадины более однородна по рельефу, и мощность рыхлых отложений здесь не превышает 100-400 м по гравиметрическим данным [7].

В геокриологическом отношении практически вся впадина находится в области вечной мерзлоты и характеризуется степенью ее прерывистости, которая определяется температурой грунтов. Талики с глубоким сезонным промерзанием располагаются в центральной части впадины, районы с мощностью мерзлой толщи до 100 м и температурой от 0 до -1,5°C занимают практически все внутривпадинные пространства (поймы, надпойменные террасы, наклонные равнины). Привпадинные горные районы характеризуются мерзлыми породами мощностью от 100 до 300 и более метров и температурой от -1° до -3°C. В высокогорных районах мерзлые грунты простираются на глубину 300-500 м, а их температура может понижаться до -4°C и ниже.

Методика и результаты исследований

Задача прогноза необходимых параметров сейсмических воздействий при деградации мерзлоты решалась путем изучения сейсмичности территорий, набором экспериментальных измерений и проведением теоретических расчетов [5]. Для получения конкретных результатов использовались данные регистрации землетрясений малых энергий, микросейсм и измерений скоростей распространения упругих волн в слоях, а также оценка состояния мерзлоты в переходных климатических зонах [6], [11]. Для всей территории восточного фланга БСЗ ранее экспериментально были установлены взаимосвязи между основными сейсмическими параметрами преобладающих разновидностей грунтов, для их естественного мерзлого и талого состояния на случай деградации мерзлоты.

В инженерно-сейсмологическом отношении грунтовые условия исследуемого региона оцениваются величинами скоростей продольных (V_p) и поперечных (V_s) волн, отношениями максимальных амплитуд колебаний, исследуемых (A_i) и эталонных ($A_э$) грунтов и значениями приращений балльности по отношению к выбранному эталону (ΔI). Последние возможно рассчитывать по ранее установленным зависимостям от указанных выше параметров, по методу сейсмических жесткостей (1) и по амплитудно-частотному методу (2), с учетом поправок за глубину залегания УГВ (h) для талых грунтов, или для сцементированных льдом мерзлых за их температуру (T), взятую по модулю [8]:

$$\Delta I = 1,67Lg \left(\frac{\rho_э V_э}{\rho_i V_i} \right) + Re^{-0,04h^2} + Re^{-0,5T} \quad (1)$$

$$\Delta I = 3,3Lg \left(\frac{A_i}{A_э} \right) \quad (2)$$

где $\rho_э V_э$ и $\rho_i V_i$ – сейсмические жесткости эталонных коренных пород и исследуемых грунтов, ΔI – расчетные значения приращений балльности, коэффициент R для песчаных и глинистых грунтов близок к единице, для грубообломочных и валунных принимается равным 0,5.

Исходные данные, необходимые для реализации расчетов по приведенным выше формулам, представлены в обобщенном виде для преобладающих по составу и состоянию разновидностей грунтов Муйской впадины для

скоростей сейсмических волн в табличной форме (Табл. 1) и для отношения амплитуд в виде амплитудно-частотных характеристик (Рис. 1).

По наиболее вероятным интервалам изменения скоростей в преобладающих разновидностях грунтов для трех состояний значения V_p и V_s меняются следующим образом. В воздушно-сухих рыхлых грунтах V_p – от 440 до 860 м/с, и V_s – от 200 до 430 м/с; в водонасыщенных V_p – от 1500 до 1900 м/с, и V_s – от 300 до 700 м/с. Многолетнемерзлые грунты исследованной территории по сейсмическим свойствам близки к скальным слабовыветрелым породам. Общая закономерность такова, что для всех типов грунтов скорости поперечных волн увеличиваются при переходе от воздушно-сухих к водонасыщенным и мерзлым. В то же время величина V_p/V_s для всех типов грунтов (Табл. 1) увеличивается в зависимости от их состояния при переходе от мерзлых к талым воздушно-сухим и далее к водонасыщенным.

Таблица 1 – Физические свойства преобладающих по составу и состоянию разновидностей грунтов в районе Муйской впадины (значения сверху вниз соответственно – V_p , V_s и V_p/V_s).

Тип грунта	Талые воздушно-сухие	Талые водонасыщенные	Сыпуче-мерзлые $t < 0^\circ\text{C}$	Слабодлистые $t < 0^\circ\text{C}$	Твердомерзлые $t < -1^\circ\text{C}$
Песок	440-690 200-330 2,2	1500-1800 300-600 4,0	850-1290 230-650 2,1	1380-2180 660-1150 2,0	3200-3700 1620-2060 1,9
Галечник с песком	590-860 270-430 2,1	1600-1900 360-700 3,5	1100-2200 530-1160 2,0	1980-3160 980-1760 1,9	3400-3900 1790-2230 1,8
Коренные породы	1900-2300 960-1240 2,0	2300-2700 920-1280 2,3	2000-2500 980-1320 1,95	2300-3100 1210-1830 1,8	3400-4200 1890-2600 1,7

Для получения частотных характеристик $U(f)$ использовалось отношение спектров землетрясений и микросейсм, зарегистрированных на эталонных и исследуемых грунтах, по методу спектральных отношений [12] согласно выражения:

$$U(f) = \frac{S_i(f)}{S_0(f)} \quad (3)$$

где $S_i(f)$ – спектр записи колебаний исследуемого грунта или спектр горизонтальной компоненты, $S_0(f)$ – спектр записи колебаний скалы, подстилающей эту толщу, или спектр вертикальной компоненты для одного и того же землетрясения. Индивидуальные частотные характеристики $U(f)$ находились по их совокупности для определенного типа грунта для уровня вероятности $p=0,9$.

Представленный набор частотных характеристик (Рис. 1) показывает, что для коренных и твердомерзлых пород ($T \leq -2^\circ\text{C}$) отношение максимальных амплитуд колебаний, исследуемых (A_i) и эталонных (A_0) грунтов при землетрясениях ($U(f)=A_i/A_0$) не превышает 1,2-1,4 (Рис. 1.А, Б), и по уровню сейсмической опасности они сопоставимы. Это отношение при землетрясениях у талых и у мерзлых грунтов ($T \geq -2^\circ\text{C}$) близко к 2 (Рис. 1.В, Г), но значительно меньше, чем у водонасыщенных (>4), что подтверждается и наличием полученных нами собственных амплитудно-частотных характеристик по данным землетрясений и микросейсм (Рис. 1Д, Е).

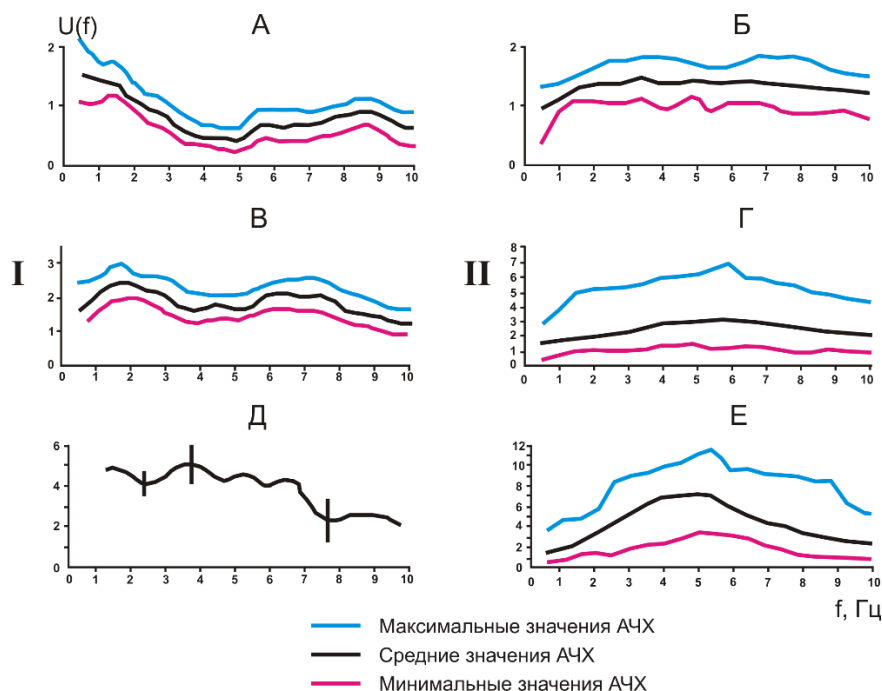


Рис. 1 – Обобщенные для различного состояния грунтов северо-востока БСЗ средние частотные характеристики и их доверительные интервалы по данным землетрясений – I и микросейсм – II. А, Б – твердомерзлые ($T \leq -2^\circ\text{C}$) и коренные породы; В, Г – рыхлые талые и пластично-мерзлые ($T \geq -2^\circ\text{C}$) грунты; Д, Е – водонасыщенные рыхлые грунты

Выполненные по представленным формулам (1 и 2) расчеты приращений балльности при использовании данных о скоростях сейсмических волн (Табл. 1) и частотных характеристик (Рис. 1), полученных по данным регистрации землетрясений и микросейсм, приводят к диапазону их изменений для исследуемой территории от -0,3 до +2,2 баллов по отношению к эталонным коренным породам. Минимальные приращения соответствуют относительно сохранным коренным и твердомерзлым льдонасыщенным породам, а максимальные – талым водонасыщенным рыхлым отложениям.

Расчеты акселерограмм сильных землетрясений проведены при использовании разработанной методики и программы расчетов колебаний на поверхности и во внутренних точках среды [8]. Учитывая недостатки этого метода при расчетах динамических параметров мерзлого и водонасыщенного состояния грунтов использовались амплитудно-частотные характеристики (Рис.1). Далее рассчитывается спектр «эталонного» сигнала $S_{\text{эт}}(f)$, соответствующего установленной исходной сейсмичности для Муйской впадины, и проводился расчет спектра колебаний прогнозируемого сильного землетрясения $S(f)$ на поверхности исследуемой толщи грунта, представленной сейсмогрунтовой моделью, согласно выражению:

$$S(f) = S_{\text{эт}}(f)U(f) \quad (4)$$

Для окончательного решения задачи восстановления акселерограмм прогнозируемых сильных землетрясений использовался алгоритм, в основу которого положено быстрое преобразование Фурье [4]. Для этого использовались и полученные нами ранее результаты исследований в этом направлении [6]. Область применения этого подхода при анализе полученных нами экспериментальных материалов – поведение слоев мерзлых грунтов с температурой близкой к нулю и водонасыщенных.

Выявленные закономерности являются основой решения поставленной задачи. С использованием данных мерзлотного и инженерно-геологического районирования впадины, экспериментальных данных и выполненных теоретических расчетов реализуется подход к районированию сейсмической опасности, который заключается в представлении отдельных территорий набором физических динамических моделей и в проведении для них расчетов необходимых величин [6]. Такую оценку мы проводим через расчет акселерограмм, спектральных характеристик, спектров ускорений и их параметров. Последние (сейсмическая опасность в баллах, максимальные ускорения для горизонтальной и вертикальной компонент, и резонансные частоты рыхлой толщи) непосредственно использовались для районирования территории Муйской впадины (Рис. 2).

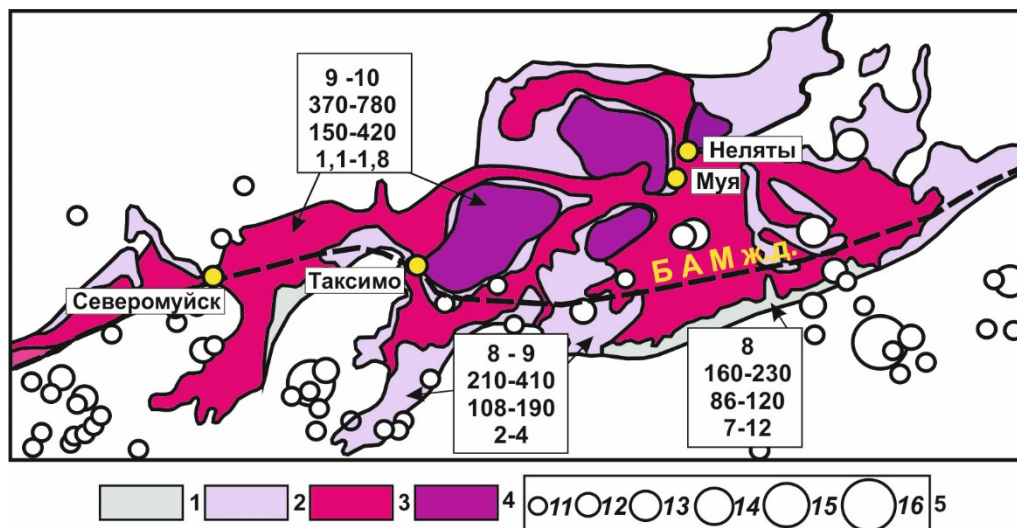


Рис. 2 – Карта - схема эпицентров землетрясений и районирования сейсмической опасности территории Муйской впадины: 1 - пролювиально-делювиальный комплекс, 2 - аллювиально-пролювиальный комплекс, 3 - аллювиальный комплекс, 4 - озерно-аллювиальный комплекс, 5 - энергетический класс землетрясений. В квадратах сверху вниз - соответственно: сейсмическая опасность в баллах (MSK-64), максимальные ускорения для горизонтальной компоненты в см/с^2 , максимальные ускорения для вертикальной компоненты в см/с^2 , резонансные частоты в Гц.

В итоге для естественного (мерзлого) состояния грунтов впадина разделяется на участки 8-9 баллов, а максимальные ускорения колебаний грунтов будут находиться в пределах от 160 до 370 см/с^2 для максимальной горизонтальной компоненты и от 86 до 150 см/с^2 для вертикальной компоненты. Для прогнозируемого талого состояния она разделяется на участки от 8 до 10 баллов, а максимальные ускорения будут лежать в пределах от 230 до 780 см/с^2 для компоненты NS и от 120 до 420 см/с^2 для компоненты Z.

Отмеченные интервалы изменения основных параметров сейсмических воздействий характеризуют динамику их изменения в процессе полной деградации мерзлоты. Они могут быть конкретизированы для выбранных площадок в пределах впадины при проведении для них районирования сейсмической опасности в масштабе планируемого строительства по изложенным выше подходам и выбранной методике расчетов сейсмических воздействий. Основой для дальнейшего уточнения такого районирования необходимы данные мерзлотного прогноза.

Заключение

Построение карты-схемы максимальных ускорений для крупной геологической структуры имеет в большей степени методический характер в отношении разработки региональной методики прогноза, параметров сейсмических воздействий и в обобщенном виде характеризует динамику сейсмического состояния при температурных изменениях в криолитозоне. Выявлена степень влияния слоев горных пород различного состояния на исходные сейсмические колебания через расчет спектральных характеристик, акселерограмм и спектров ускорений. Последние могут использоваться для определения основных параметров сейсмических воздействий прогнозируемых сильных землетрясений – преобладающих периодов, длительности колебаний и максимальных ускорений, необходимых для проектирования сейсмостойких сооружений в регионе.

Они показывают значительную изменчивость влияния верхних слоев грунтовых отложений на интенсивность и частотный состав землетрясений в криолитозоне. Тем самым выполненные исследования направлены на прогноз изменения проявлений сейсмичности для естественного состояния мерзлоты и на случай ее деградации и, следовательно, на возможность смягчения их последствий.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Геокриологические условия Забайкалья и Прибайкалья. М.: Наука, 1967. 222 с.
2. Геология и сейсмичность зоны БАМ. Инженерная геология и инженерная сейсмология. Новосибирск: Наука, 1985. 190 с.
3. Геология и сейсмичность зоны БАМ. Сейсмичность. Новосибирск: Наука, 1985. 192 с.
4. Дженкинс Г. Спектральный анализ и его приложения / Дженкинс Г., Баттс Д. М.: Мир, 1971. Вып. 2. 257 с.
5. Джурик В.И. Основы и результаты инженерно-сейсмологического прогноза для территорий Восточного фланга Байкальской рифтовой зоны / Джурик В.И. // Материалы международной конференции, г. Нерюнгри. Геологическая среда и разнообразные проявления сейсмичности. – 2015. С. 175-183.
6. Джурик В.И. Изучение динамических характеристик землетрясений Байкальской рифтовой зоны с целью формирования исходных сейсмических сигналов / Джурик В.И., Дреннов А.Ф., Серебренников С.П. и др. // Вулканология и сейсмология, 2015, № 5, с. 1–11.
7. Зорин Ю.А. Новейшая структура и изостазия Байкальской зоны и сопредельных территорий / Зорин Ю.А. М.: Наука, 1971. 167 с.
8. Методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию. М.: Наука, 1988. 223 с.

9. Оганесян В.В. Климатические изменения как факторы риска для экономики России / Оганесян В.В. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 3 (373). С. 161-184.
10. ОСП-2015. Общее сейсмическое районирование территории Российской Федерации. Изменение N 1 СП 14.13330.2014. «Строительство в сейсмических районах» (СП 14.13330.2011).
11. Briggs M.A. Surface Geophysical Methods for Characterising Frozen Ground in Transitional Permafrost Landscapes / Briggs M.A., Campbell, S., Nolan J. and others // Permafrost and Periglacial Processes, 28 (1), 2017. pp. 52-65.
12. Nakamura Y. A. method for dynamic characteristic estimation of subsurface using microtremor on the ground surface / Nakamura Y. A. // Quarterly report of Railway Technical Research Institute. 1989. V. 30. P. 25-33.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Geokriologicheskiye usloviya Zabaykal'ya i Pribaykal'ya [Geocryological conditions of Transbaikal and Baikal region]. – М.: Nauka, 1967. 222 p. [in Russian]
2. Geologiya i seysmichnost' zony BAM. Inzhenernaya geologiya i inzhenernaya seysmologiya [Geology and seismicity of BAM zone. Engineering geology and engineering seismology]. Novosibirsk: Nauka, 1985. 190 p. [in Russian]
3. Geologiya i seysmichnost' zony BAM. Seysmichnost'. [Geology and seismicity of BAM zone. Seismicity]. Novosibirsk: Nauka, 1985. 192 p. [in Russian]
4. Jenkins G. Spektral'nyy analiz i yego prilozheniya [Spectral analysis and its applications] / Jenkins G., Butts D. – М.: Mir, – 1971. – Is. 2. – 257 p. [in Russian]
5. Dzhurik V.I. Osnovy i rezul'taty inzhenerno-seysmologicheskogo prognoza dlya territoriy Vostochnogo flanga Baykal'skoy riftovoy zony [Basics and results of engineering-seismological forecast for territories of Eastern flank of Baikal rift zone] / Dzhurik V.I. // Materialy mezhdunarodnoy konferentsii, g. Neryungri. Geologicheskaya sreda i raznoobraznyye proyavleniya seysmichnosti [Materials of the international conference, Neryungri. Geological environment and various manifestations of seismicity]. – 2015. – P. 175-183. [in Russian]
6. Dzhurik V.I. Izucheniye dinamicheskikh kharakteristik zemletryaseniy Baykal'skoy riftovoy zony s tsel'yu formirovaniya iskhodnykh seysmicheskikh signalov [Studying dynamic characteristics of earthquakes in Baikal rift zone with aim of forming initial seismic signals] / Dzhurik V.I., Drennov A.F., Serebrennikov S.P. and others // Vulkanologiya i seysmologiya [Volcanology and Seismology], – 2015, – No. 5, – p. 1–11. [in Russian]
7. Zorin Yu.A. Noveyshaya struktura i izostaziya Baykal'skoy zony i sopredel'nykh territoriy [Latest structure and isostasis of Baikal zone and adjacent territories] / Zorin Yu.A. – М.: Nauka, – 1971. – 167 p. [in Russian]
8. Metodicheskoye rukovodstvo po seysmicheskomu mikrorayonirovaniyu [Guidelines for seismic microzoning]. – М.: Nauka, 1988. 223 p. [in Russian]
9. Hovhannisyan V.V. Klimaticheskiye izmeneniya kak faktory riska dlya ekonomiki Rossii [Climatic changes as risk factors for Russian economy] / Hovhannisyan V.V. // Hidrometeorologicheskiye issledovaniya i prognozy [Hydrometeorological studies and forecasts]. – 2019. – No. 3 (373). – P. 161-184. [in Russian]
10. ОСП-2015. Obshcheye seysmicheskoye rayonirovaniye territorii Rossiyskoy Federatsii [General seismic zoning of the territory of Russian Federation]. Change No. 1 SP 14.13330.2014. "Construction in seismic areas" (SP 14.13330.2011). [in Russian]
11. Briggs M.A. Surface Geophysical Methods for Characterising Frozen Ground in Transitional Permafrost Landscapes / Briggs M.A., Campbell, S., Nolan J. and others // Permafrost and Periglacial Processes, 28 (1), 2017. pp. 52-65.
12. Nakamura Y. A. method for dynamic characteristic estimation of subsurface using microtremor on the ground surface / Nakamura Y. A. // Quarterly report of Railway Technical Research Institute. 1989. V. 30. P. 25-33.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.018>**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ СЛУЖБЫ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРЫ КОПЕРНИКА (CAMS) ДЛЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ЛОКАЛЬНОМ УРОВНЕ (НА ПРИМЕРЕ ДИОКСИДА АЗОТА)**

Научная статья

Крючков С.А.^{1,*}, Лукьянова Т.С.²¹ ORCID: 0000-0002-2487-8892;^{1,2} Государственный Университет по Землеустройству, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (kru4kov8[at]gmail.com)

Аннотация

Созданная в 2014 году служба мониторинга атмосферы Коперника (CAMS) позволяет изучать качество атмосферного воздуха на территории почти всей Европы на основе спутникового наблюдения за атмосферой. Спутники проводят замеры концентраций веществ в молекулах вещества на определённом квадрате территории, а последующий перевод этих концентраций в мкг/куб. м. выполняется с помощью специальных математических моделей, которые в настоящее время имеют определённую погрешность в расчётах.

Ключевые слова: служба мониторинга атмосферы Коперника (CAMS), спутниковый мониторинг, качество воздуха, диоксид азота.

OUTLOOKS FOR USING DATA FROM COPERNICUS ATMOSPHERE MONITORING SERVICE (CAMS) FOR GEOECOLOGICAL RESEARCH OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION AT LOCAL LEVEL (ON EXAMPLE OF NITROGEN DIOXIDE)

Research article

Kryuchkov S.A.^{1,*}, Lukyanova T.S.²¹ ORCID: 0000-0002-2487-8892;^{1,2} State University of Land Management, Moscow, Russia

* Corresponding author (kru4kov8[at]gmail.com)

Abstract

The Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS), created in 2014, enables us to study the quality of atmospheric air almost in all the countries of Europe based on satellite-based atmospheric observation. Satellites measure the concentration of substances in the molecules of the substance on a certain square of the territory, and the subsequent converting of these concentrations in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ is carried out using special mathematical models, which currently have a certain calculation error.

Keywords: Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS), satellite monitoring, air quality, nitrogen dioxide.

Введение

11 ноября 2014 года Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF) и Европейским космическим агентством (ESA) была создана служба мониторинга атмосферы Коперника (CAMS). Главные задачи этой службы – проведение мониторинга за газовым состоянием атмосферы, изучение степени загрязнённости воздуха и количества парниковых газов на территории Европы и всего мира [5]. Данные в эту организацию поступают путём спутникового и наземного мониторинга за состоянием атмосферы. Основными спутниками ведущими мониторинг являются космические аппараты Сантинел 4 и Сантинел 5Р. Они совместно могут измерять концентрации около 10 химических веществ в атмосферном воздухе, среди которых: оксид азота (NO), диоксид азота (NO₂), озон (O₃), диоксид серы (SO₂) и мелкодисперсные частицы (PM 2,5) [7]. Измерения проводятся в молекулах вещества на определённом измеряемом квадрате земли практически по всему атмосферному слою, то есть измеряется всё определяемое вещество в определённом квадрате атмосферы, например для спутника Сантинел 5Р – квадрат равен территории 3,5 на 7 км. Замеры производятся в среднем раз в сутки, реже два раза в день [10, С. 14-19], [9].

В данный момент времени невозможно определить точную высоту высоких и низких концентраций определяемого вещества в атмосфере [4]. Тем не менее сейчас существуют минимум 7 экспериментальных математических моделей, разработанных разными институтами и организациями Европы, которые могут приблизительно рассчитывать концентрации вещества на определённых высотах, в конкретных квадратах [8]. Наиболее общая объединяющая все 7 математических моделей – является модель ENSEMBLE [5, С. 1-3]. С помощью неё вычисляется концентрация веществ в мкг/куб. м., например, в приземном слое тропосферы. Стоит заметить, что расчёты производятся по квадратам равным около 11 на 6,5 км [6]. Концентрация веществ отображается одинаковой на всей площади квадрата. Определить точную концентрацию в конкретных точках на земле (не квадратах) ни одна математическая модель в данный момент времени не может. Картосхемы с рассчитанными концентрациями веществ являются открытыми и публикуются ежедневно на официальном сайте службы мониторинга атмосферы Коперника (CAMS) [7]. Пример одной картосхемы, открытой в программе QGIS, представлен на рисунке 1.

Метод исследования

Для определения перспективы использования данных модели ENSEMBLE в геоэкологических исследованиях атмосферы на локальном уровне и расчёта степени загрязнённости воздуха в городах России, применялся метод сравнения данных ENSEMBLE с наземными измерениями, которые производятся организацией Мосэкомониторинг в городе Москва. В качестве примера выбрано вещество - диоксид азота (NO₂), класс его опасности 2. В этом

исследовании взяты данные его концентраций на двух станциях контроля атмосферного воздуха Мосэкомониторинга на севере Москвы по адресу: Долгопрудная ул., вл.14 и юго-западе города по адресу: Очаковское ш., вл.11 к.1 [3].

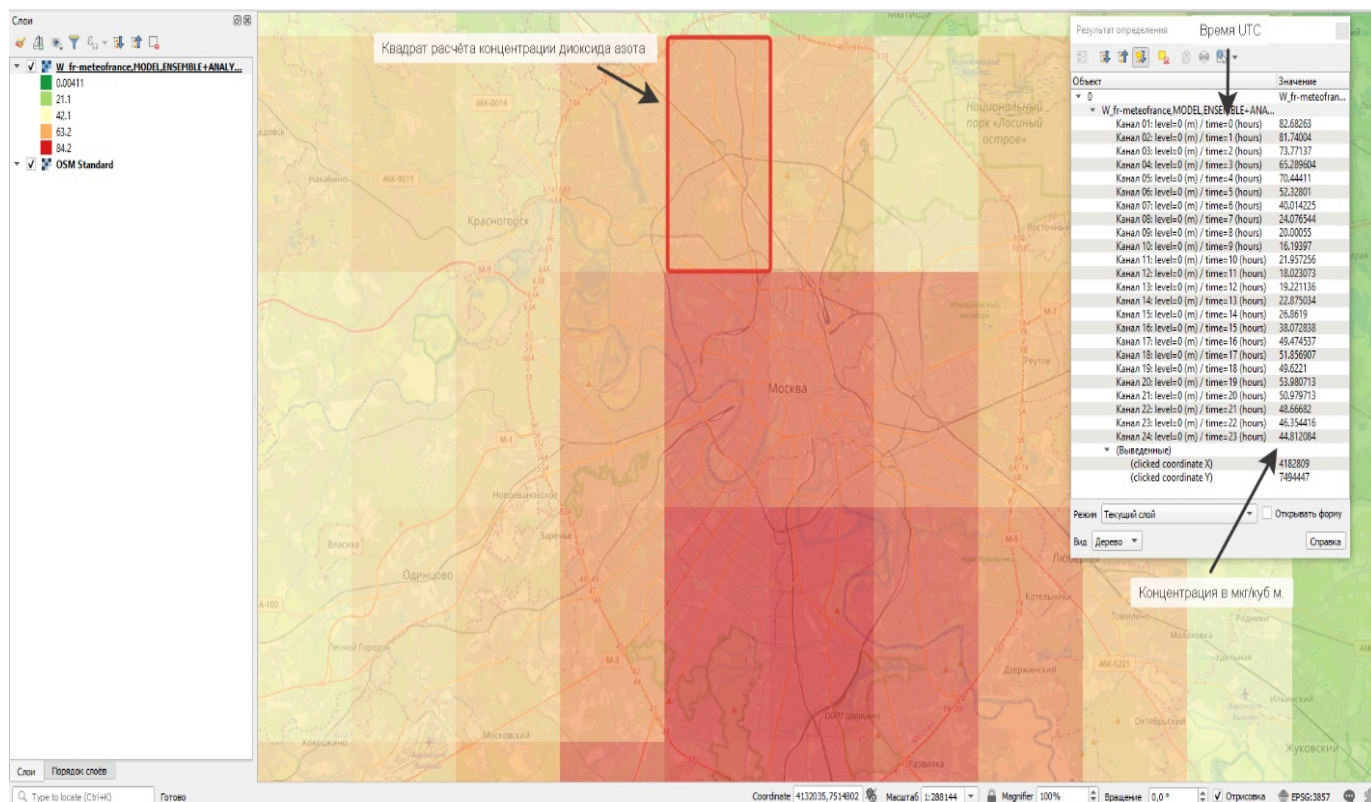


Рис. 1 – Пример картосхемы, открытой в программе QGIS с наложенном слоем измерения диоксида азота службой CAMS от 30 августа 2019 года в городе Москва

В работе сравнивались почасовые данные за 3 разных дня в безоблачную (30.08.2019), в облачную (05.09.2019) и в переменную облачную погоду (12.09.2019) в периоды с 0:00 часов в исследуемые дни до 0:00 часов следующих суток. Всего проанализировано 150 рассчитанных спутниковых и наземных измерений. Графики показателей за все дни представлены на рисунке 2.

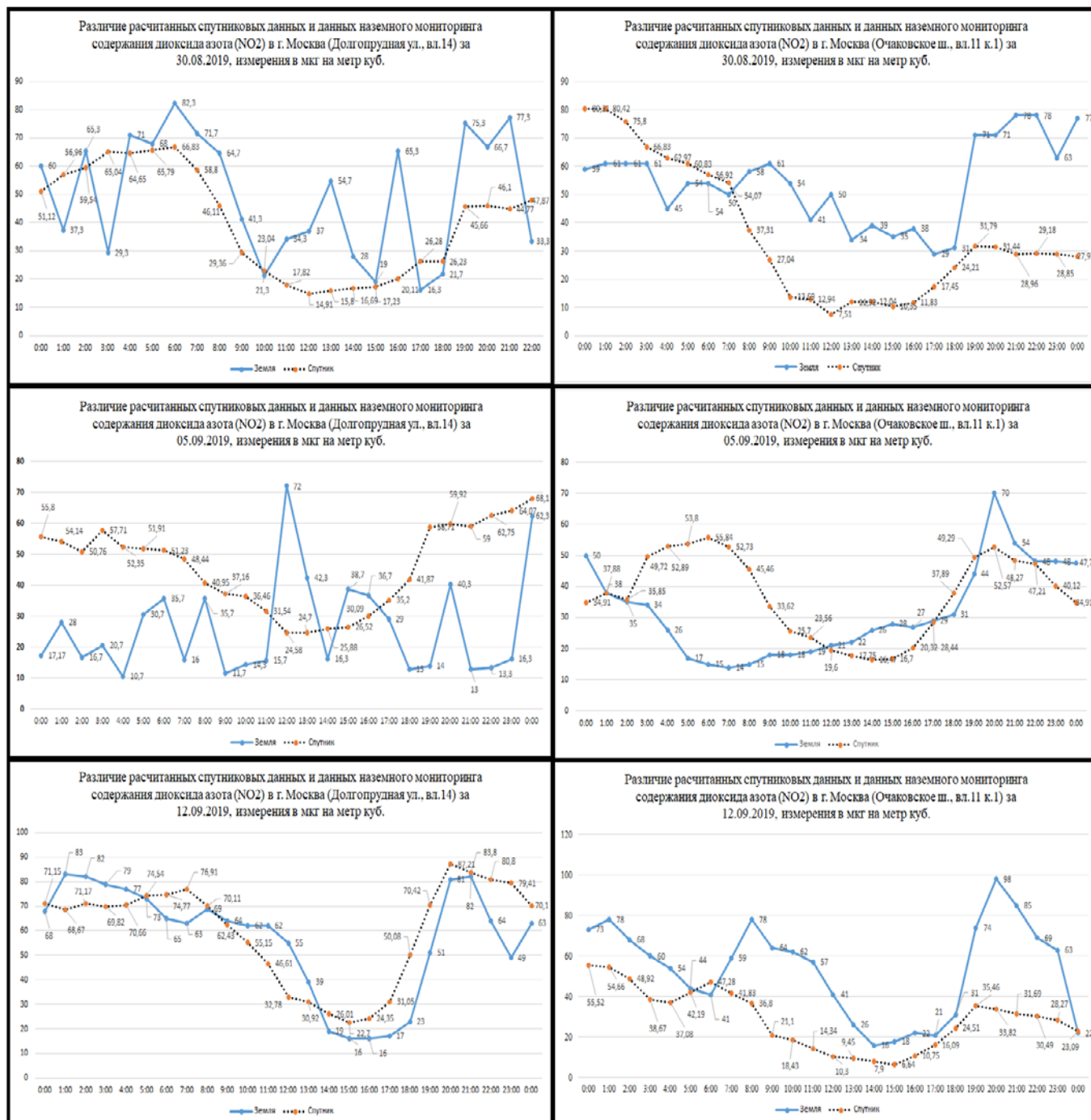


Рис. 2. – Различия данных концентраций диоксида азота модели ENSEMBLE и показаний наземного измерения, проведённого организацией Мосэкомониторинг в течение 3-х суток на двух станциях в г. Москва

Основные результаты

В результате сравнения количества показаний выявлено следующее: наземные показания превышали рассчитанные с помощью модели ENSEMBLE в 86-ти из 150-ти раз, что составляет - 57,3) % случаев. Наибольшее количество случаев, когда наземные данные превышали рассчитанные, зафиксировано 12-го сентября на станции контроля воздуха на Очаковском шоссе, 23 из 25-ти наблюдений – что составляет 92 % случаев. Стоит отметить, что по данным метеостанции на ВДНХ в Москве, в этот день, была переменная облачность, а максимальный процент облаков составлял 60 % [1]. Наименьшее количество случаев превышения наземных данных над рассчитанными зафиксировано 5-го сентября на ул. Долгопрудная – 4 наблюдения из 25, что равно 16 %, в этот день, согласно метеостанции на ВДНХ, была 100 % облачность [1].

По результатам сравнения концентраций диоксида азота выявлено следующее: в целом наземные данные превышали рассчитанные спутниковые показания в среднем на 91 % или 1,91 раза, наибольшее расхождение данных зафиксировано 30-го августа в 12:00 по МСК на Очаковском шоссе – 665 % (6,65 раз) (50 мкг/куб. м фиксировалось на земле, а в модели ENSEMBLE показания в квадрате составляли 7,51 мкг/куб. м). Стоит заметить, что в этот день облачности над Москвой не было [1]. Наименьшее расхождение концентраций составляет менее 1 % (1,01 раза) зафиксированного в 01:00 5-го сентября на Очаковском шоссе (38 мкг/ куб. м и 37,88 мкг/ куб. м соответственно). Данные модели ENSEMBLE в среднем превышали наземные на 94 % (1,94 раза), максимальное расхождение наблюдалось 5-го сентября в 4:00 на Долгопрудной ул. – 489 % (4,89 раз), (модель ENSEMBLE показывала

концентрацию 52,35 мкг/м. куб., а наземное измерение 10,7). Минимальное расхождение – 2 % (1,02 раза) наблюдалось в 5:00 12-го сентября на Очаковском шоссе. Сравнения показаний представлены в таблице 1

Сравнивая рассчитанные спутниковые данные модели ENSEMBLE и наземные данные наблюдения Мосэкомониторинга напрашиваются следующие выводы:

1. Показания замеров диоксида азота на наземных станциях контроля воздуха, в большинстве случаев, больше рассчитанных на основе спутниковых данных.

Таблица 1 – Сравнение показаний модели ENSEMBLE и данных наземного наблюдения

Измерения	Показания модели ENSEMBLE выше наземных измерений	Показания наземного измерения выше модели ENSEMBLE
Процент количества показаний, %	≈43	≈57
Максимальное расхождение, раз	4,89	6,65
Минимальное расхождение, раз	1,02	1,1
Среднее расхождение, раз	1,94	1,91
Общее среднее расхождение, раз	1,924	

2. Максимальное расхождение показаний на основе 150-ти сравнений может достигать до 6,65 раз, среднее расхождение данных, при этом, составляет около 2-х раз в большую и меньшую сторону.

3. Влияние облачности на искажение данных доказать не удалось, более того в безоблачную погоду данные имеют большее отличие чем в облачную.

Заключение

Данные рассчитанные с помощью математической модели ENSEMBLE концентраций диоксида азота в атмосферном воздухе от службы мониторинга атмосферы Коперника (CAMS) в настоящее время имеют определённую погрешность и сейчас их следует относить исключительно к вспомогательным средствам мониторинга атмосферного воздуха, преимущество в данный момент времени следует отдавать показаниям наземного мониторинга.

Сегодня замеры концентраций веществ в атмосферном воздухе проводятся спутниками первого поколения наблюдения за атмосферой, и для них вполне возможны погрешности измерений. В 2021 году ожидается запуск спутников второго поколения, что вероятно, повысит точность получаемых данных – это всё делает использование данных службы CAMS для геоэкологических исследований степени загрязнённости атмосферного воздуха на локальном уровне перспективным лишь в будущем [2].

Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность службе мониторинга атмосферы Коперника (CAMS) и организациям Мосэкомониторинг и Greenpeace, чьи официальные данные распространяются через сеть Интернет свободно и бесплатно.

Конфликт интересов

Не указан.

Acknowledgement

The authors are grateful to the Copernican Atmosphere Monitoring Service (CAMS) and the Mosecomonitoring and Greenpeace organizations, whose official data are distributed freely and free of charge through the Internet.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Архив погоды в Москве (ВДНХ) // Интернет портал «Расписание погоды RP5». – 2019 [Электронный ресурс] – URL: [https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Москве_\(ВДНХ\)](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Москве_(ВДНХ)) (дата обращения: 23.09.2019)
2. Спутник мониторинга уровня загрязнения Sentinel-5P успешно запущен на орбиту // Интернет-издание «Авиапанорама». – 2017 [Электронный ресурс] – URL: <https://www.aviapanorama.ru/2017/10/sputnik-monitoringa-urovnya-zagryazneniya-sentinel-5p-uspeshno-zapushhen-na-orbitu/> (дата обращения: 25.09.2019)
3. Электронная карта «Чем дышит Москва?» // Совместный проект Мосэкомониторинга и Greenpeace [Электронный ресурс] – URL: <http://arcgis.greenpeace.org/air/> (дата обращения: 25.09.2019)
4. Convert OMI NO2 Vertical Column Density (molecules/cm²) into Mixing Ratio (ppm) / Earth Science Answers // Stack Exchange Network. – 2016 [Электронный ресурс] - URL: <https://earthscience.stackexchange.com/questions/8860/convert-omi-no2-vertical-column-density-molecules-cm2-into-mixing-ratio-ppm> (дата обращения: 25.09.2019)
5. Copernicus Climate Change and Atmosphere Monitoring Services launched // European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. – 2014 [Электронный ресурс] – URL: <https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/news/2014/copernicus-climate-change-and-atmosphere-monitoring-services> (дата обращения: 24.09.2019)
6. ENSEMBLE factsheet // Copernicus Atmosphere Monitoring Service, - 2016 - P. 1-3 [Электронный ресурс] – URL: https://atmosphere.copernicus.eu/sites/default/files/201802/ENSEMBLE_Fact_Sheet_0.pdf (дата обращения: 25.09.2019)
7. European air quality map // Copernicus Atmosphere Monitoring Service, - 2019 [Электронный ресурс] – URL: <http://macc-raq-op.meteo.fr/> (дата обращения: 27.09.2019)
8. Regional air quality production systems Copernicus // Atmosphere Monitoring Service, – 2019 [Электронный ресурс] – URL: <https://atmosphere.copernicus.eu/documentation-regional-systems/> (дата обращения: 27.09.2019)

9. Sentinel-5P // European Space Agency, 2017 [Электронный ресурс] – URL: - <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5p> (дата обращения: 25.09.2019)

10. van Geffen J.H.G.M. TROPOMI ATBD of the total and tropospheric NO₂ data products / J.H.G.M. van Geffen, Eskes H.J., Boersma K.F. and others // Royal Netherlands Meteorological Institute, - De Bilt, 2016 - P. 14-19

Список литературы на английском языке / References in English

1. Arkhiv pogody v Moskve (VDNKH) [Weather archive in Moscow (VDNH)] // [Weather Schedule RP5 Internet portal] – 2019 [Electronic resource] – URL: https://rp5.ru/Weather_archive_in_Moscow_VDNH (accessed: 23.09.2019) [in Russian]

2. Sputnik monitoringa urovnya zagryazneniya Sentinel-5P uspeshno zapushchen na orbitu [Sentinel-5P pollution monitoring satellite successfully launched into orbit] // AvianoPanorama Internet-publishing house. – 2017 [Electronic resource] – URL: <https://www.aviapanorama.ru/2017/10/sputnik-monitoringa-urovnja-zagryazneniya-sentinel-5p-uspeshno-zapushhen-na-orbitu> (accessed: 25.09.2019) [in Russian]

3. Elektronnaya karta «Chem dyshit Moskva?» [Electronic map “What is Moscow breathing with?”] // Joint project of the Mosecomonitoring and Greenpeace [Electronic resource] – URL: <http://arcgis.greenpeace.org/air> (accessed: 25.10. 2019) [in Russian]

4. Convert OMI NO₂ Vertical Column Density (molecules/cm²) into Mixing Ratio (ppm) / Earth Science Answers // Stack Exchange Network. – 2016 [Electronic resource] – URL: <https://earthscience.stackexchange.com/questions/8860/convert-omi-no2-vertical-column-density-molecules-cm2-into-mixing-ratio-ppm> (accessed: 25.09.2019)

5. Copernicus Climate Change and Atmosphere Monitoring Services launched // European Center for Medium-Range Weather Forecasts. – 2014 [Electronic resource] – URL: <https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/news/2014/copernicus-climate-change-and-atmosphere-monitoring-services> (accessed: 24.09. 2019)

6. ENSEMBLE factsheet // Copernicus Atmosphere Monitoring Service, - 2016 – P. 1-3 [Electronic resource] – URL: https://atmosphere.copernicus.eu/sites/default/files/201802/ENSEMBLE_Fact_Sheet_0.pdf (accessed: 25.09.2019)

7. European air quality map // Copernicus Atmosphere Monitoring Service, - 2019 [Electronic resource] – URL: <http://mac-raq-op.meteo.fr> (accessed: 27.09.2019)

8. Regional air quality production systems Copernicus // Atmosphere Monitoring Service, - 2019 [Electronic resource] – URL: <https://atmosphere.copernicus.eu/documentation-regional-systems> (accessed: 27.09.2019)

9. Sentinel-5P // European Space Agency, 2017 [Electronic resource] – URL: - <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5p> (accessed: 25.09.2019)

10. van Geffen J.H. G. M. TROPOMI ATBD of the total and tropospheric NO₂ data products / J.H.G.M. van Geffen, Eskes H.J., Boersma K.F. and others // Royal Netherlands Meteorological Institute, – De Bilt, 2016 – P. 14-19

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.019>

СОРБЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ДИФфуЗАНТОВ ПОЛИФЕНИЛЕНСУЛЬФИДОМ

Научная статья

Головин В.А.^{1,*}, Ильин А.Б.², Алиев А.Д.³^{1, 2, 3} ФГБУН Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук (ИФХЭ РАН), Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (golovin[at]rocor.ru)

Аннотация

Изучена сорбция органических растворителей и неорганических кислот гранулами полифениленсульфида. Показано, что в течение 1 ... 14 суток экспозиции при температуре 23°C возможно достижение квазиравновесных значений величины сорбции. Изученные диффузаны могут выступать в качестве эффективных носителей для введения в полифениленсульфид добавок и активаторов различного назначения.

Ключевые слова: полифениленсульфид, сорбция, локальный рентгеноспектральный анализ, покрытие антикоррозионное, кислота фосфорная.

SORPTION OF ORGANIC AND MINERAL DIFFUSANTS BY POLYPHENYLENE SULFIDE

Research article

Golovin V.A.^{1,*}, Ilyin A.B.², Aliev A.D.³^{1, 2, 3} Federal Publicly Funded Institution of Science, Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the Russian Academy of Sciences (IPCE RAS), Moscow, Russia

* Corresponding author (golovin[at]rocor.ru)

Abstract

The sorption of organic solvents and inorganic acids by polyphenylene sulfide granules is studied in the paper. It is shown that quasi-equilibrium sorption values can be achieved within 1 ... 14 days of exposure at a temperature of 23°C. The studied diffusants can act as effective carriers for introducing additives and activators for various purposes into polyphenylene sulfide.

Keywords: polyphenylene sulfide, sorption, local X-ray spectral analysis, anticorrosive coating, phosphoric acid.

Введение

Полифениленсульфид (ПФС) - перспективный материал для создания антикоррозионных покрытий поверхности металлических трубок различных теплообменных аппаратов в условиях высокотемпературного воздействия агрессивных сред [1]. Однако, создание таких покрытий ограничено высокой температурой переработки ПФС и низкой стойкостью адгезии ПФС к металлам и сплавам в условиях воздействия кислых паров и газов. Современным направлением антикоррозионной защиты является введение [2] в порошки ПФС ингибиторов коррозии и отложений накипи, активаторов адгезии. Модификация ПФС добавками позволит адаптировать композиции с его применением для технологии антинакипной и антикоррозионной защиты теплообменных трубок [3]. Поскольку эффективные ингибиторы и активаторы часто представляют собой твёрдые порошки, их введение в ПФС рационально проводить с помощью носителей, диффундирующих в ПФС и переносящих своим потоком добавки в полимерную матрицу.

В таблице 1 представлены величины привеса (Р, %) гранул ПФС (PPS Z-200-E5 GRAY, диаметр 2,3 мм, длина 2,8 мм) для различных носителей - при температуре +23 °С в сравнении с литературными данными. Гравиметрические исследования выполнялись на аналитических весах Pioneer RA214.

Химическая стойкость ПФС исследована, начиная от воды, для которой сорбционная ёмкость при температуре +23 °С составляет от 0,05 % для относительной влажности 50 % или 0,07 % при полном погружении в воду до смесей неорганических кислот с окислительными свойствами состава H₂SO₄/HNO₃/HCl (1:1:1) при + 90 °С [7].

Таблица 1 – Сорбция (Р, %) диффузантов в ПФС при различных временах экспозиции и температуре +23 °С

Диффузант	Р, %, для времени экспозиции, суток					
	1	14	56	90	365	805 ... 812
Вода	-	1,1	0,2	-	-	0,2
	-	-	-	-	0,6	+93 °С [4]
	-	-	-	-	0,5	+85 °С [4]
	-	-	-	-	0,4	+77 °С [4]
	0,02	+23 °С паспортные данные Z-200-E5				
	0,10	+23 °С [6]				
	0,15	+50 °С [6]				
	0,35	+90 °С [6]				
	0,10	+140 °С [6]				
	-	0,1 ... 0,9 (7 ... 21 суток)	0,2 ... 0,9 (28 ... 42 суток)	0,2 ... 0,9 (83 ... 112 суток)	-	+140 °С [4]
5,25% NaOCl	-1,2	-	-	0,4	0,3	+93 °С [4]
50% ZnCl ₂	-	0,0 ... 0,1 (8 суток)	-	-	-	+85 °С [4]
10% HNO ₃	0,32	+93 °С [5]				
	0,0	-	-	-	-	+93 °С [4]
3 моль/л HNO ₃	11,0	+90 °С [7]				
3 моль/л HCl	2,5	+90 °С [7]				
5 моль/л HCl	0,0	+90 °С [7]				
37% HCl	-0,2	0,9	0,9	-	-	-
	1,5	-	-	-10,2	-0,7	+93 °С [4]
	0,57	+93 °С [5]				
30% H ₂ SO ₄	0,14	+93 °С [5]				
	1,3	-	-	1,3	3,1	+93 °С [4]
3 моль/л H ₂ SO ₄	2,5	+90 °С [7]				
5 моль/л H ₂ SO ₄	0,0	+90 °С [7]				
96% H ₂ SO ₄	2,4	3,8	14,8	-	-	31,1
H ₂ SO ₄ /HNO ₃ /HCl (1:1:1; 3 моль/л)	17,0	+90 °С [7]				
85% H ₃ PO ₄	3,2	2,4	3,2	-	-	3,2
	0,0	-	-	-0,3	-7,2	+93 °С [4]
1,5% Br	-	-	-3,1	-	-	+82 °С [4]
3,3% Br	-	-	-	-0,8	-	+23 °С [4]
0,26% Cl	-	-	-	-1,5	-	+82 °С [4]
0,7% Cl	-	-	-	1,4	-	+23 °С [4]
30% NaOH	0,07	+93 °С [5]				
	0,1	-	-	10,5	13,0	+93 °С [4]
Анилин	1,0	-	-	5,1	5,7	+93 °С [4]
Бутиламин	1,52	+93 °С [5]				
	0,8	-	-	3,5	-	+93 °С [4]
Триэтаноламин	0,0	0,7	2,0	-	-	0,7
1,1,7-тригидрододекафторгептиловый спирт	-0,6	1,1	0,0	-	-	-0,6
Бутанол	0,05	+93 °С [5]				
	0,0	-	-	0,1	0,0	+93 °С [4]
Циклогексанол	0,0	-	-	0,2	0,1	
Этанол	-	0,1	0,6	-	0,9 (168 суток)	
Диэтиленгликоль	2,0	1,4	1,4	-	-	2,0
Пропиленгликоль	5,2	6,0	6,7	-	-	6,0

Окончание табл. 1 – Сорбция (Р, %) диффузантов в ПФС при различных временах экспозиции и температуре + 23 °С

Диффузант	Р, %, для времени экспозиции, суток					
	1	14	56	90	365	805 ... 812
Этиленгликоль	4,9	5,5	4,9	-	-	6,1
Бензальдегид	1,5	-	-	5,7	6,5	+93 °С [4]
Ацетон	0,0	1,9	-	-	-	-
Бутанон	1,02	+93 °С [5]				
Метилэтилкетон	-	1,1	1,9	-	1,9 (168 суток)	+93 °С [4]
Амилацетат	0,14	+93 °С [5]				
Бутилцеллозольв	0,0	0,0	0,0	-	-	0,7
Дибутиловый эфир	0,00	+93 °С [5]				
	0,0	-	-	0,7	0,8	+93 °С [4]
1,4-Диоксан	1,4	-	-	5,2	-	
Фурфурилглицидный эфир	-1,6	-3,2	-4,3	-	-	-2,7
Этилацетат	-	0,8	1,9	-	2,0 (168 суток)	+93 °С [4]
Газолин бензин	0,07	+93 °С [5]				
Керосин	1,2	0,6	0,0	-	-	1,2
н-Гептан	2,1	3,6	2,1	-	-	3,6
Нефрас 100/200	-4,7	-1,3	-3,3	-	-	-2,7
Толуол	0,1	-	-	4,9	4,9	+93 °С [4]
о-Ксилол	0,0	2,7	4,7	-	-	9,5
1,2-Дихлорэтан	4,2	-	-	4,5	4,3	+93 °С [4]
Тетрахлоруглерод	1,0	-	-	6,5	9,9	
Трифтортрихлорэтан (10% Freon 113 / Oil)	-	0,1 (28 суток)	-	0,0	0,0 (168 суток)	
Трихлорметан (Хлороформ)	16,8	31,7	23,9	-	-	-
	4,0	-	-	9,0	3,9	+93 °С [4]
Трихлорэтилен	6,50	+93 °С [5]				
Диметилдисульфид	5,6	16,1	17,9	-	-	11,3
Крезилдифенилфосфат	0,1	-	-	2,2	0,5	+93 °С [4]
Н-метил-2-пирролидон	1,5	-	-	5,7	5,0	+93 °С [4]
Нитробензол	1,3	-	-	6,6	7,3	+93 °С [4]
Фенол	0,5	-	-	2,3	3,1	+93 °С [4]
Бензонитрил	0,7	-	-	4,1	5,5	+93 °С [4]

Примечание: для литературных данных температуры указаны в соответствующих строках; - значения Р, % представлены с точностью источников

Анализ показывает, что ПФС демонстрирует высокую стойкость по отношению к воде, в том числе, при +140 °С; при такой температуре привес составляет 0,1 ... 0,2%, достигая 0,9% для отдельных марок ПФС. При нормальной температуре, а именно +23 °С, более чем двухлетнее экспонирование 805 ... 812 суток демонстрирует уровень привеса 0,2%.

Столь незначительное набухание в воде в широком интервале температур позволяет относить ПФС к полимерам с выраженными гидрофобными свойствами.

Для органических диффузантов при +23 °С в начальный период сорбции (1 сутки) может быть достигнуто как увеличение (16,8% Трихлорметан), так и уменьшение (-4,7% Нефрас 100/200) привеса. При увеличении экспозиции до 14 суток сорбция Трихлорметана достигает 31,7%, а десорбция величиной -3,2% характерна для Фурфурилглицидного эфира. Сравнение привесов для времён 56 и 805 ... 812 суток показывает, что уже для 56 суток во многих случаях достигнуто равновесное значение сорбции.

В горячих кислых и окислительных средах, при температуре 82 ... 93 °С, ПФС также обладает относительно небольшими привесами за исключением растворов с высоким содержанием HNO_3 ; при нормальной температуре 23 °С исключением является 96% H_2SO_4 , в этой среде с выраженными окислительными свойствами ПФС монотонно набухает в течение более 2 лет; образец почернел и можно обоснованно предположить, что протекает не только диффузия, но и происходит процесс окисления полимера средой. Проникновение H_2SO_4 при локальном рентгеноспектральном анализе [8] представлено на торцевом срезе образца (рис. 1.). Обращает на себя внимание тот факт, что при набухании в течение более чем 2-ух лет для концентрированных серной и фосфорной кислот значения привеса различаются на порядок, а именно 31,1% для 96% H_2SO_4 и 3,2% для 85% H_3PO_4 , причём значение привеса для фосфорной кислоты установилось уже в течение 1-ых суток, а для серы продолжает расти в течение всей экспозиции при +23 °С.

Проникновение серной и фосфорной кислот в ПФС оценивалось по распределению маркерных элементов, которые регистрировались с помощью метода локального рентгеноспектрального анализа ЛРСА [8]. 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.

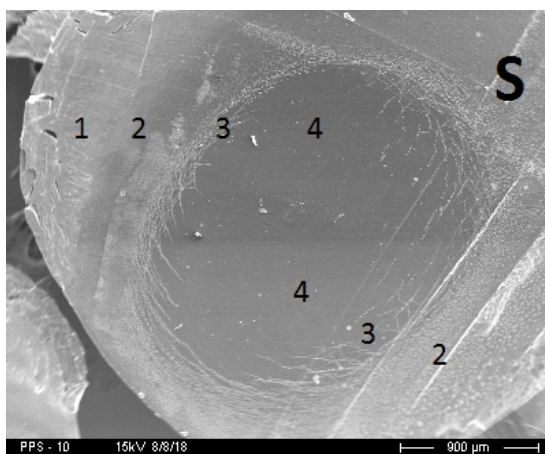


Рис. 1 – Срез гранул ПФС после воздействия 96 % H_2SO_4 при +23 °С в течение 805 ... 812 суток. Глубина проникновения достигает 900 ... 1200 мкм

По координате диффузии прослеживаются характерные зоны: зона 1 поверхностных трещин, зона 2 диффузионного проникновения, зона 3 протяжённых микросвилей, зона 4 исходный ПФС. Элементный анализ рентгеновских спектров с ZIF коррекцией показывает, что в зоне 2 содержание S на 5 % масс. выше, содержание O на 12,8 % масс. выше, а содержание C на 17,7% ниже, чем в зоне 4; элементный состав в зоне 4 соответствует составу исходного ПФС оценённого отдельно.

Таким образом, можно говорить, что в области проникновения H_2SO_4 наблюдается диффузия кислоты, совмещённая с химической деструкцией ПФС приводящей к образованию микросвилей и трещин.

Для 85% H_3PO_4 (рис. 2.) проникновения P не наблюдается (фон 0,007 % масс.); содержание O соответствует исходному полимеру (2,4 % масс.).

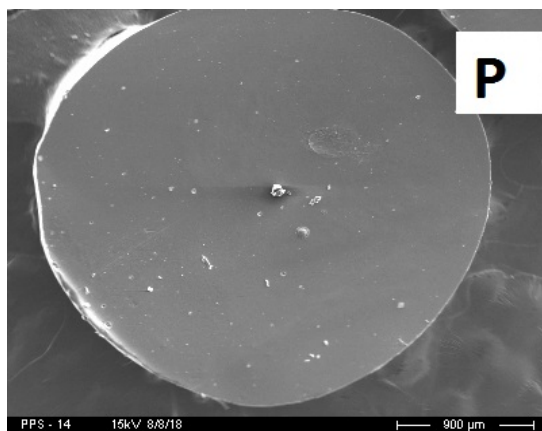


Рис. 2 – Срез гранул ПФС после воздействия 85 % H_3PO_4 при +23 °С в течение 805 ... 812 суток. Проникновения кислоты не наблюдается

Сравнение спектров исходного полимера (рис. 3) и спектров после воздействия H_2SO_4 (рис. 4, 5) и H_3PO_4 (рис. 6, 7) также показывает, что только при воздействии концентрированной серной кислоты в поверхностной зоне образца (зона 1) полимера в результате деструкции полимерной матрицы наблюдается (рис.5) уменьшение содержания углерода C и увеличение содержания кислорода O, что коррелирует с результатами [9], [10], [11], [12] для изменений линий связей C–S, –SO–, –SO₂– в области 160 ... 170 эВ и линии O(1s) в области 500 ... 550 эВ при окислении полимера.

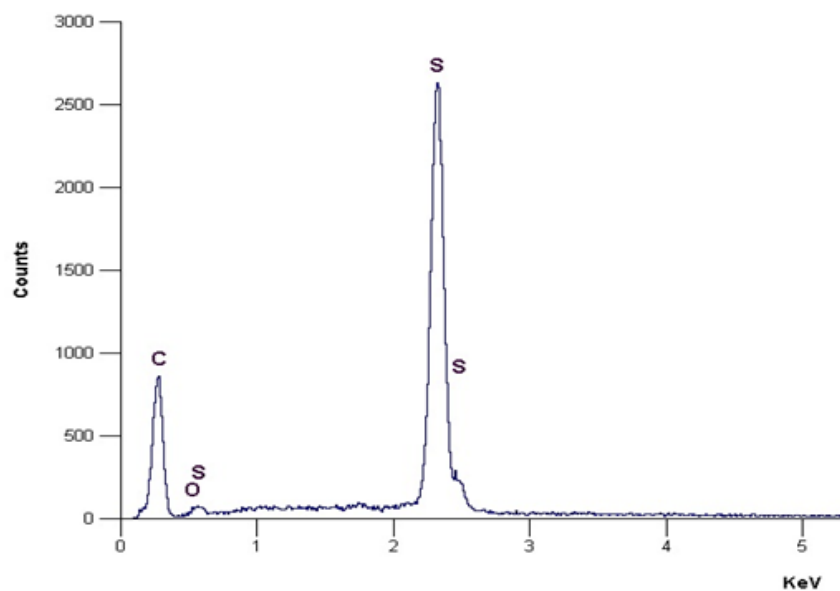


Рис. 3 – Спектр ПФС; исходный полимер

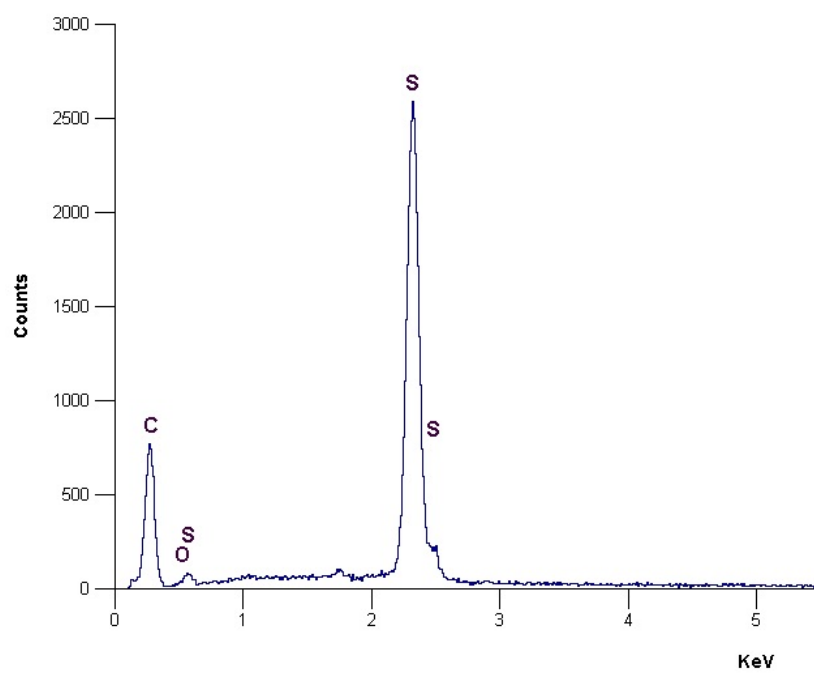


Рис. 4 – Спектр ПФС; центр образца (зона 4) после воздействия 96 % H_2SO_4 при +23 °C в течение 805 ... 812 суток

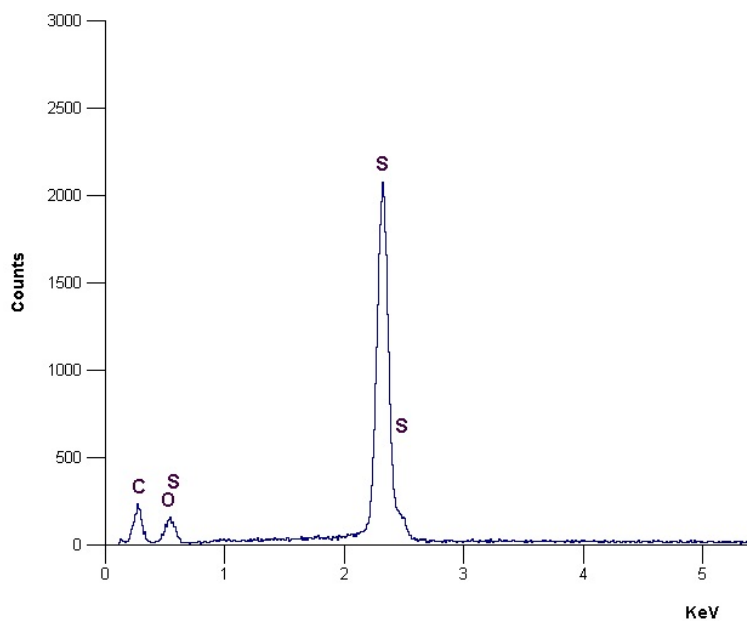


Рис. 5 – Спектр ПФС; край образца (зона 1) после воздействия 96 % H_2SO_4 при +23 °C в течение 805 ... 812 суток

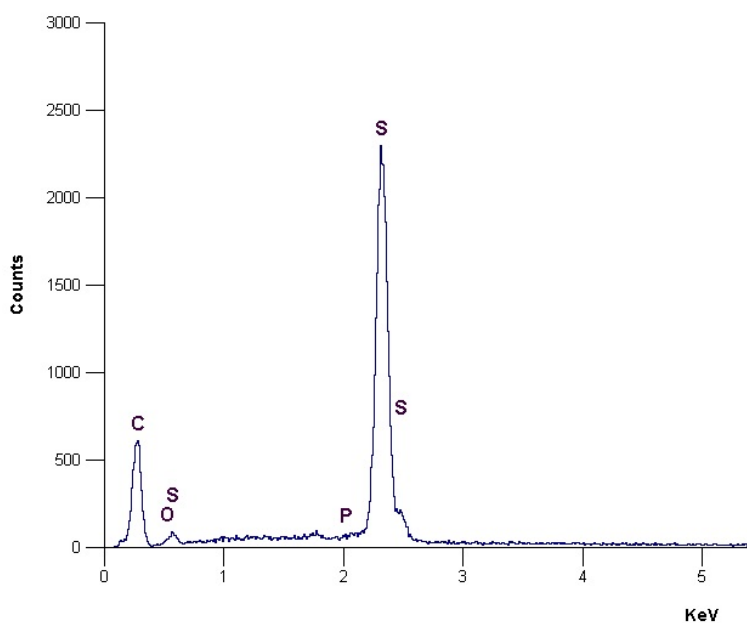


Рис. 6 – Спектр ПФС; центр образца после воздействия 85 % H_3PO_4 при +23 °C в течение 805 ... 812 суток

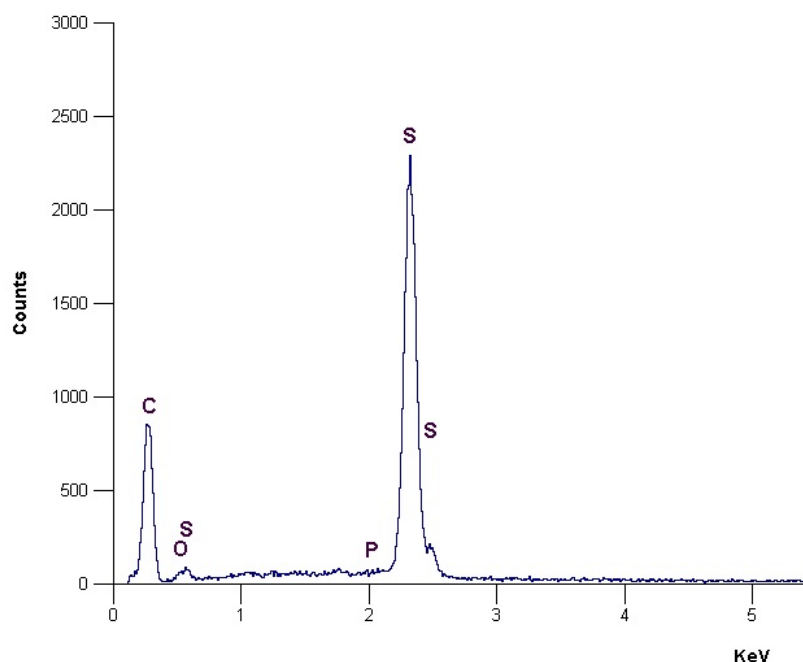


Рис. 7 – Спектр ПФС; край образца после воздействия 85 % H_3PO_4 при +23 °C в течение 805 ... 812 суток

Заключение

Приходится констатировать, что долговременная защита покрытиями из ПФС от воздействия концентрированной H_2SO_4 невозможна; для H_3PO_4 ПФС можно рассматривать как эффективный материал.

Различная природа диффузانتов позволяет говорить о возможности быстрого вовлечения в диффузионный перенос в ПФС добавок в виде солей и их смесей, фторированных поверхностно-активных соединений, аминов и их аддуктов с кислотами.

Введение антикоррозионных и антинакипных добавок в ПФС может быть совмещено с технологией измельчения гранул ПФС до состояния микропорошков, вводимых в антикоррозионные покрытия, или использовании ПФС как материала оболочки микрокапсул, селективно проницаемых для органоминеральных смесевых диффузانتов [2].

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Keith Gawlik Field demonstration and evaluation of lined heat exchanger / Keith Gawlik, Paul Hirtz, Ed Curran and others // Federal Geothermal Research Program Update. September 2003. P. 218-221.
2. Пат. 2 358 036 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., Вартапетян А. Р., 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 трубок теплообменного оборудования и устройство для осуществления этого способа / Головин В. А., Кузнец В. Т., Кублицкий К.В., Ильин А. Б., заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное объединение РОКОР" - № 2001121975/12; заявл. 07.08.2001; опубл. 10.08.2002 Бюл. № 22.
4. Ullmann's Polymers and Plastics: Products and Processes, Wiley-VCH, 2016, Vol. 3, 1303. DOI: 10.1002/14356007.a21_449.pub4
5. Hansen C.M. Solubility Parameters for Polyphenylene Sulfide (PPS) and Polyether Sulphone (PES) / Hansen C.M. // Centre for Polymer Composites (Denmark), Danish Technological Institute, Taastrup, 1991, 89 pages. ISBN 87-7756-139-2
6. Winyu T. Mechanical degradation of filter polymer materials: Polyphenylene sulfide / Winyu T.; Hata, M.; Nitta, K.H. // Polym. Degrad. Stab. 2006, 91, 2614–2621. Published by Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.polymdegradstab.2006.05.005
7. Ryton PPS - Chemical Resistance. [Electronic resource] Solvay 2018. URL: <https://www.solvay.us/en/markets-and-products/featured-products/Ryton-Chemical-Resistance.html> (accessed: 10.09.2019)
8. Малкин А.Я. Диффузия и вязкость полимеров. Методы измерения. / Малкин А.Я., Чалых А.Е. - М.: Химия, 1979. с.212-219.
9. Yang, D. Chemical analysis of graphene oxide films after heat and chemical treatment by X-ray photoelectrona and micro-raman spectroscopy / Yang, D.; Velamakanni, A.; Bozoliu, G. Carbon 2009, 47, p.145–152.

10. Wagner C.D. Handbook of X-ray Photoelectron Spectroscopy / Wagner, C.D.; Riggs, W.M.; Muilenberg, G.E. // Perkin Elmer Corp: Waltham, MA, USA, 1979.
11. Lian, D.D. Enhancing the resistance against oxidation of polyphenylene sulphide fiber via incorporation of nano TiO₂-SiO₂ and its mechanistic analysis / Lian, D.D.; Dai, J.M.; Zhang, R.P. Polym. Degrad. Stab. 2016, 129, 77–86.
12. Jian Xing Enhanced Oxidation Resistance of Polyphenylene Sulfide Composites Based on Montmorillonite Modified by Benzimidazolium Salt / Jian Xing, Zhenzhen Xu, Bingyao Deng. Polymers 2018, 10, 83; p. 11 of 15. doi:10.3390/polym1001008

Список литературы на английском языке / References in English

1. Keith Gawlik Field demonstration and evaluation of lined heat exchanger / Keith Gawlik, Paul Hirtz, Ed Curran and others // Federal Geothermal Research Program Update. September 2003. P. 218-221.
2. Pat. No. 2 358 036 Russian Federation, IPC C 23 F 11/00, C 09 D 5/08. [Method of corrosion protection of metal surfaces by inhibited polymer compositions and microcapsules with a corrosion inhibitor] / Golovin V. A., Ilyin A. B., Kuznets V. T., Vartapetyan A. R., applicant and patent holder – Scientific-Production Limited Liability Company ROCOR Association No. 2007148024/02; declared 12/25/2007; publ. 06/10/2009, bull. No. 16. [in Russian]
3. Pat. No. 2 186 633 Russian Federation, IPC B 05 C 7/06. [Method of protection against corrosion and scale deposits and restoration of heat exchange equipment tubes and device for implementing this method] / Golovin V.A., Kuznets V.T., Kublitsky K.V., Ilyin A. B., applicant and patent holder – Limited liability company, Scientific-Production Association ROCOR – No. 2001121975/12; declared 08/07/2001; publ. 08/10/2002 Bull. No. 22. [in Russian]
4. Ullmann's Polymers and Plastics: Products and Processes, Wiley-VCH, 2016, Vol. 3, 1303. DOI: 10.1002/14356007.a21_449.pub4
5. Hansen C.M. Solubility Parameters for Polyphenylene Sulfide (PPS) and Polyether Sulphone (PES) / Hansen C.M. // Centre for Polymer Composites (Denmark), Danish Technological Institute, Taastrup, 1991, 89 pages. ISBN 87-7756-139-2
6. Winyu T. Mechanical degradation of fliter polymer materials: Polyphenylene sulfide / Winyu T.; Hata, M.; Nitta, K.H. // . Polym. Degrad. Stab. 2006, 91, 2614–2621. Published by Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.polymdegradstab.2006.05.005
7. Ryton PPS - Chemical Resistance. [Electronic resource] Solvay 2018. URL: <https://www.solvay.us/en/markets-and-products/featured-products/Ryton-Chemical-Resistance.html> (accessed: 10.09.2019)
8. Малкин А.Я. Диффузия и вязкость полимеров. Методы измерения. / Малкин А.Я., Чалых А.Е. - М.: Химия, 1979. с.212-219.
9. Yang, D. Chemical analysis of graphene oxide films after heat and chemical treatment by X-ray photoelectrona and micro-raman spectroscopy / Yang, D.; Velamakanni, A.; Bozoliu, G. Carbon 2009, 47, p.145–152.
10. Wagner C.D. Handbook of X-ray Photoelectron Spectroscopy / Wagner, C.D.; Riggs, W.M.; Muilenberg, G.E. // Perkin Elmer Corp: Waltham, MA, USA, 1979.
11. Lian, D.D. Enhancing the resistance against oxidation of polyphenylene sulphide fiber via incorporation of nano TiO₂-SiO₂ and its mechanistic analysis / Lian, D.D.; Dai, J.M.; Zhang, R.P. Polym. Degrad. Stab. 2016, 129, 77–86.
12. Jian Xing Enhanced Oxidation Resistance of Polyphenylene Sulfide Composites Based on Montmorillonite Modified by Benzimidazolium Salt / Jian Xing, Zhenzhen Xu, Bingyao Deng. Polymers 2018, 10, 83; p. 11 of 15. doi:10.3390/polym1001008.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.020>**ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕПАРАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЦИС-ДИХЛОРОДИАММИНПЛАТИНЫ(II) И ЦИС-ДИАМИН(ЦИКЛОБУТАН-1,1-ДИКАРБОКСИЛАТ-О,О')ПЛАТИНА(II) С АРАБИНОГАЛАКТАНОМ И ИХ СМЕСЕЙ.**

Научная статья

Старков А.К.^{1,*}, Верещагин С.Н.², Кожуховская Г.А.³^{1, 2, 3} Институт химии и химической технологии СО РАН, Красноярск, Россия

* Корреспондирующий автор (kaz[at]icct.ru)

Аннотация

Изучены новые препараты на основе взаимодействия соли цис-дихлородиамминплатина(II) и соли цис-диамин(циклобутан-1,1-дикарбоксилат-О,О')платина(II) с арабиногалактаном. Установлено, что при термическом разложении новых препаратов и их механических смесей причиной увеличения тепловых эффектов, по сравнению с арабиногалактаном, является каталитическое влияние комплексов платины при окислении СО в СО₂. Показано, что препараты являются продуктами, содержащими комплексные соединения платины и арабиногалактана.

Ключевые слова: комплексное соединение платины, синтез, физико-химические свойства, амины и арабиногалактан.

THERMAL STABILITY STUDY OF DRUGS OBTAINED BASED ON INTERACTION OF CIS-DICHLORODIAMMINPLATIN (II) and CIS-DIAMINE (CYCLOBUTANE-1,1-DICARBOXYLATE-O, O') PLATINUM (II) WITH ARABINOGALACTAN AND THEIR MIXTURES

Research article

Starkov A.K.^{1,*}, Vereshchagin S.N.², Kozhukhovskaya G.A.³^{1, 2, 3} Institute of Chemistry and Chemical Technology, SB of RAS, Krasnoyarsk, Russia

* Corresponding author (kaz[at]icct.ru)

Abstract

New preparations based on the interaction of cis-dichlorodiammineplatin (II) salt and cis-diamine (cyclobutane-1,1-dicarboxylate-O, O') platinum (II) salt with arabinogalactan are studied in the paper. It is established that during thermal decomposition of new drugs and their mechanical mixtures, the catalytic effect of platinum complexes during the oxidation of CO in CO₂ is the cause of the increase in thermal effects, compared with arabinogalactan. It is shown that the preparations are products containing complex compounds of platinum and arabinogalactan.

Keywords: platinum complex compound, synthesis, physicochemical properties, amines and arabinogalactan.

Введение

Комплексные соединения цис-дихлородиамминплатины(II) (цис-платин) и цис-диамин(циклобутан-1,1-дикарбоксилат-О,О')платина(II) (карбоплатин) являются противоопухолевыми препаратами и применяются в клинической практике при лечении злокачественных заболеваний. Цис-платин обладает высокой почечной токсичностью и невысокой растворимостью. Карбоплатин - аналог цис-платина отличается от него по характеру проявления, наиболее эффективен при лечении тех же типов злокачественных заболеваний. Использование новых подходов к получению терапевтических препаратов, основанных на иммобилизации лекарственных средств на полимерных носителях, позволяет улучшить их фармакологические свойства – увеличить активность и время действия, снизить токсичность и побочные эффекты, повысить избирательность воздействия. В качестве носителя лекарственного препарата предлагается использовать полисахарид растительного происхождения арабиногалактан [12, С. 45-49], [13], [14, С. 478-485].

Установлено, что синтезированный препарат на основе взаимодействия цис-платина с арабиногалактаном обладает противоопухолевой активностью [15, С. 112-114]. Результаты показали, что он обладает способностью подавлять рост асцидных клеток карциномы Эрлиха. Кроме того препарат не оказывает токсичного эффекта на организм. Имеющий большую растворимость, чем цис-дихлородиамминплатина(II) продукт проявляет также большую эффективность. Для препаратов, используемых в медицине, предъявляются высокие требования по чистоте и стабильности при хранении.

В работе [16, С. 269-276] был получен новый чистый препарат, содержащий в эквимольном соотношении карбоплатин и арабиногалактан без примеси исходных веществ. На основании термографического исследования было установлено, что происходит увеличение тепловых эффектов при разложении препарата и его смеси по сравнению с арабиногалактаном. Высказано предположение, что данное увеличение связано с различным механизмом окисления углерода. Необходимо выявить причину этого явления.

В данной статье приведено исследование отходящих газов при разложении новых препаратов и их смесей, а также изучена их термическая устойчивость.

Экспериментальная часть

Синтез комплексного соединения цис-дихлородиамминплатины(II) проведен по способам [17], [18], [19]. Синтез цис-диамин(циклобутан-1,1-дикарбоксилат-О,О')платина(II) осуществлен по способу [20]. Арабиногалактан получен по способу [21]. Препараты 1 и 2 синтезированы по способу [16.С269-276].

Данные элементного анализа исходных веществ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Элементный анализ исходных веществ арабиногалактана, цис-дихлородиаминоплатины(II) (цис-платин) и цис-диамин(циклобутан-1,1-дикарбоксилат-О,О') платины(II) (карбоплатин)

№	Вещества	P _{теор.} %	P _{практ.} %	C _{теор.} %	C _{практ.} %	N _{теор.} %	N _{практ.} %	O _{теор.} %	O _{практ.} %	H _{теор.} %	H _{практ.} %	Cl _{теор.} %	Cl _{практ.} %
1	Арабиногалактан			45,04	45,93			49,58	50,51	5,80	5,86		
2	Цис-платин	65,02	65,15			9,33	9,41			2,01	2,04	23,63	23,86
3	Карбоплатин	52,55	52,60	19,39	19,45	7,54	7,60	17,23	17,33	3,23	3,27		

Содержание азота, углерода, водорода определяли на элементном микроанализаторе «NCSolAnalysersFLASHEA 1112 Series». Содержание хлора определяли методом Шённигера с последующим потенциометрическим титрованием раствором азотнокислого серебра. С, О, Н анализы выполняли на приборе «FLASHEA 1112 (ThermoQuestItalia)».

Препарат 1 получен при взаимодействии цис-дихлородиаминоплатины(II) с арабиногалактаном, а препарат 2 получен при взаимодействии цис-диамин(циклобутан-1,1-дикарбоксилат-О,О') платина(II) с арабиногалактаном по способу [16. С. 269-276]. Их механические смеси получены при смешивании комплексных соединений платины с арабиногалактаном в сухом виде при растирании в ступке. Содержание платины по металлу в механической смеси с препаратом 1 составляет 1,03%, а с препаратом 2 составляет 1,3%. Содержание платины в препаратах определяли путем сжигания их в муфеле до 1200°C в платиновых тиглях. Навески составляли 160 мг. По разности содержания платины между остатком после сжигания препаратов и их смесей и остатком после сжигания арабиногалактана определяли платину.

Порошковые рентгенограммы регистрировали на дифрактометре XpertPro (PANalytical, Нидерланды) с геометрией по Бреггу-Брентано, оснащенном полупроводниковым детектором PIXel с графитовым монохроматором. Использовали CuK α -излучение. Интервал съёмки от 10 до 90° с шагом 0,026°.

ИК спектры соединений регистрировали на ИК Фурье спектрометре IRTracer - 100 (Shimadzu, Япония) в области 4000-400 см⁻¹. Образцы для съёмки спектров готовили в матрице бромистого калия с навеской исследуемого образца 3,0 мг (навеска матрицы постоянна и равна 1 г). Условия приготовления образцов (время перемешивания с бромистым калием, давление прессования, время вакуумирования) одинаковы, толщины полученных таблеток постоянны (в пределах величины 1,150 ± 0,005 мм). Обработка спектральной информации осуществлялась с применением пакета программ LabSolutionIR. Собственное поглощение таблетки бромистого калия перед обработкой спектров образцов вычтено. Исследуемые образцы представляют собой смеси свободного арабиногалактана и комплекса платины. Для исключения полос поглощения свободного арабиногалактана в анализируемой смеси получены дифференциальные спектры с использованием подпрограммы «SpectrumSubtraction».

Термограммы соединений получали на приборе NET2SCHSTA 449 Ссмасс-спектральным анализатором отходящих газов QMS 403Св потоке смеси 20% O₂ - Ar. Нагревание проводили в интервале температур от 20 до 1000 °C со скоростью 10 °C в минуту. Масса навесок комплексов составляла 10 мг. Остав отходящих газов оценивался по изменению интенсивности пиков m/z = 18 (H₂O), 28 (CO+N₂+осколочный ион CO₂), 40 (Ar), 44 (CO₂). Дополнительно отслеживалось также поведение ионов с m/z = 30 (NO), 35,37 (Cl), 46 (NO₂), интенсивность которых находилась на уровне фона, а площадь соответствующих пиков составляла 1 % от площади пиков основных компонентов.

Интенсивность молекулярного иона CO (m/z = 28) рассчитывалась по уравнению

$$I(\text{CO}) = I(28, \text{эксп.}) - I(28, \text{фон}) - 0.114 \cdot I(44, \text{эксп.}),$$

где

$I(\text{CO})$ – текущая интенсивность молекулярного иона CO

$I(28, \text{эксп.})$ – текущая интенсивность иона m/z = 28

$I(28, \text{фон})$ – фоновая интенсивность иона m/z = 28

$I(44, \text{эксп.})$ – текущая интенсивность молекулярного иона CO₂ (m/z = 44)

Результаты и обсуждение

Новые препараты 1 и 2 и их механические смеси с арабиногалактаном были изучены методами РФА, ИК-спектроскопией и термогравиметрией.

Рентгенофазовый анализ показал, что в механических смесях цис-платина и арабиногалактана с содержанием платины 1.03% и карбоплатина и арабиногалактана с содержанием 1,30 % проявляются кристаллические фазы цис-платина и карбоплатина, а в препаратах с таким же содержанием платины, соответственно кристаллические фазы исходных комплексов не проявляются. Известно, что арабиногалактан рентгеноаморфен. Это указывает на то, что в препаратах 1 и 2 комплексные соединения платины связаны с арабиногалактаном, образуя новые продукты.

Проведено ИК-спектроскопическое исследование полученных препаратов 1 и 2 и их механических смесей. Установлено, что разностные спектры, полученные после вычитания из ИК-спектров механических смесей ИК-спектра арабиногалактана, идентичны ИК-спектрам исходных соединений цис-платина и карбоплатина. Для цис-платина в области валентных колебаний N-H- групп наблюдается две полосы поглощения при 3297 и 3232 см⁻¹ [22, Р. 36-43] а для карбоплатина три полосы при 3268, 3189 и 3145 см⁻¹ и две полосы колебания -С-О- группы при 1612 и 1595 см⁻¹ [7, С. 169-179]. Однако в разностных ИК-спектрах препаратов 1 и 2 полос исходных соединений платины не обнаружено. Данный результат может свидетельствовать о наличии в препаратах 1 и 2 связей этих комплексных соединений платины с арабиногалактаном. ИК спектры препаратов и их смесей приведены на рисунках 1 и 2.

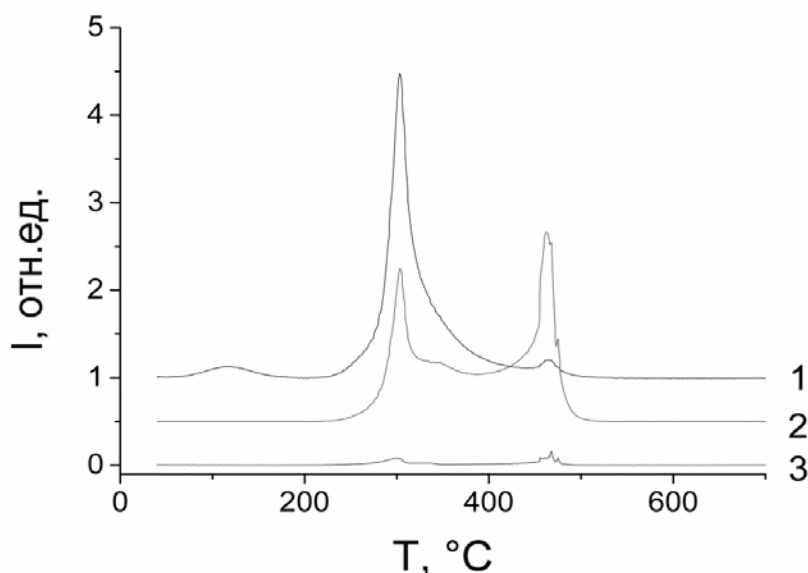


Рис. 1 – ИК спектр $\text{cis-Pt}[(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ (кривая 1), разностный ИК спектр препарата 1 и АГ (кривая 2), разностный ИК спектр механической смеси ($\text{cis-Pt}[(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ +АГ) и АГ (кривая 3)

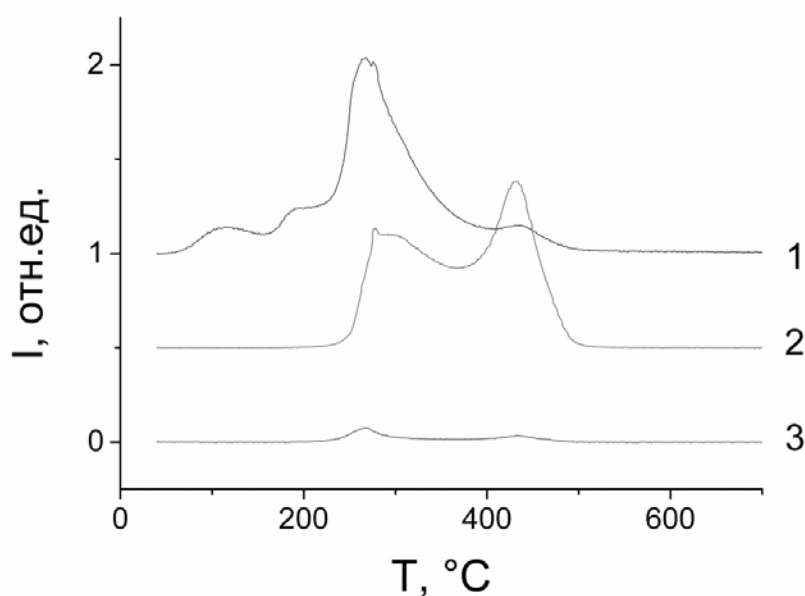


Рис. 2 – ИК спектр карбоплатина (кривая 1), разностный ИК спектр препарата 2 и АГ (кривая 2), разностный ИК спектр механической смеси (карбоплатин+АГ) и АГ (кривая 3)

Термическую устойчивость арабиногалактана, препаратов и их механических смесей изучали термогравиметрическим методом с фиксацией выделенных газов и воды. На рис 3 приведены масс-спектры молекулярных ионов H_2O ($m/z = 18$), CO_2 ($m/z = 44$), CO ($m/z = 28$), образующихся при разложении арабиногалактана. Разложение идет в два этапа. Первый сопровождается образованием H_2O , CO_2 и CO , второй этап сопровождается окислением углерода до CO и CO_2 .

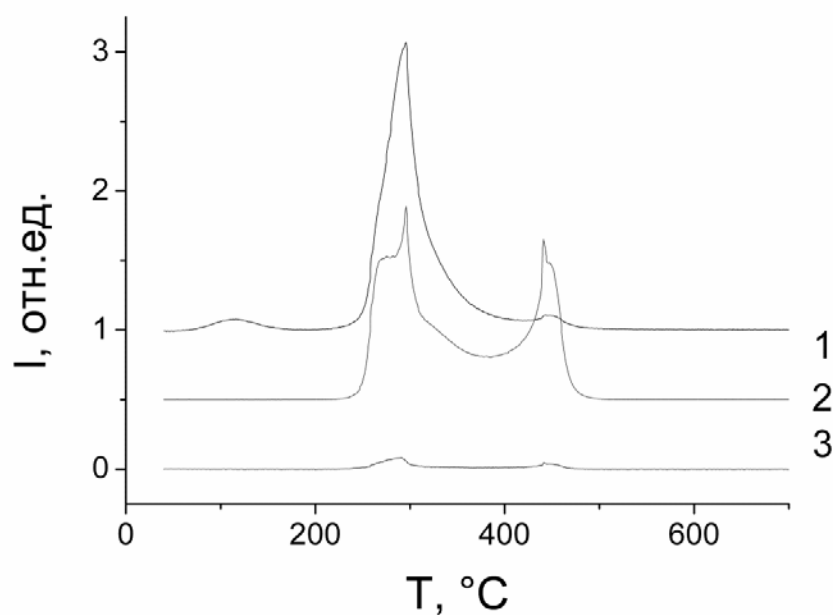


Рис. 3 – Температурная зависимость в масс-спектре молекулярных ионов H_2O ($m/z = 18$ кривая 1), CO_2 ($m/z = 44$ кривая 2), CO ($m/z = 28$ кривая 3) арабиногалактана

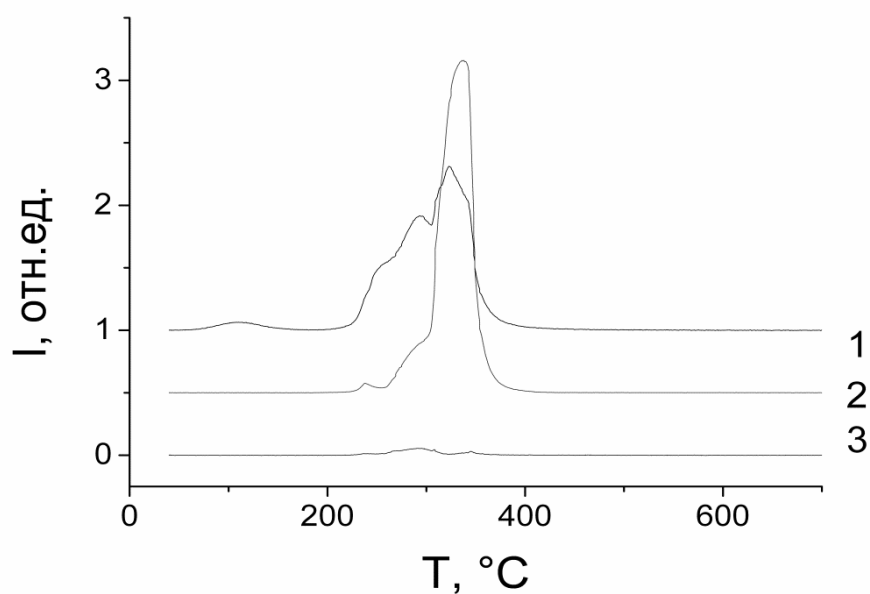


Рис. 4 – Температурная зависимость в масс-спектре молекулярных ионов H_2O ($m/z = 18$ кривая 1), CO_2 ($m/z = 44$ кривая 2), CO ($m/z = 28$ кривая 3) смеси цис-платина и арабиногалактана

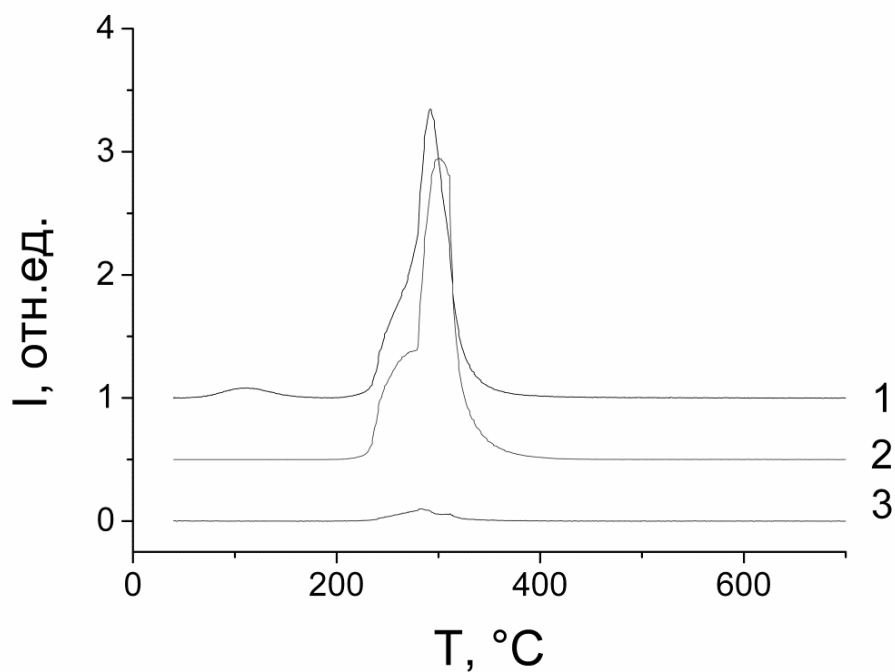


Рис. 5 – Температурная зависимость в масс-спектре молекулярных ионов H_2O ($m/z = 18$ кривая 1), CO_2 ($m/z = 44$ кривая 2), CO ($m/z = 28$ кривая 3) смеси карбоплатина и арабиногалактана

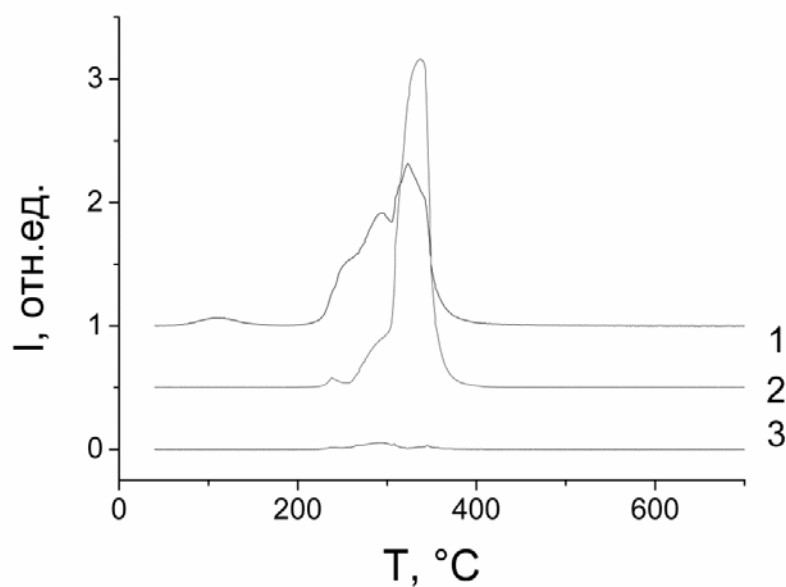


Рис. 6 – Температурная зависимость в масс-спектре молекулярных ионов H_2O ($m/z = 18$ кривая 1), CO_2 ($m/z = 44$ кривая 2), CO ($m/z = 28$ кривая 3) продукта цис-платина и арабиногалактана

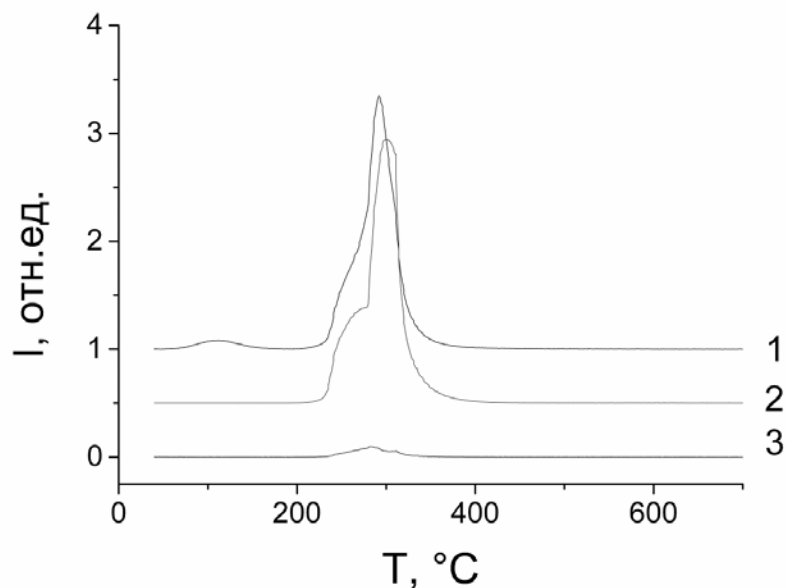


Рис. 7 – Температурная зависимость в масс-спектре молекулярных ионов H_2O ($m/z = 18$ кривая 1), CO_2 ($m/z = 44$ кривая 2), CO ($m/z = 28$ кривая 3) продукта карбоплатина и арабиногалактана

Аналогичные масс-спектры получены и для механических смесей цис-платина с арабиногалактаном и карбоплатина с арабиногалактаном рис.4 и 5. Отличие лишь в том, что присутствие комплексных соединений платины ускоряют процессы доокисления CO в CO_2 . Масс-спектры для полученных препаратов отличаются от масс спектров приведенных выше рисунков 6 и 7 тем, что разложение их идет в одну стадию. На основании этих данных можно сказать, что препараты являются продуктами взаимодействия комплексов платины с арабиногалактаном. В таблице 2 приведены характеристики разложения арабиногалактана, препаратов и их механических смесей при нагревании.

Таблица 2 – Температуры максимума окисления по стадиям (T_{m1} , T_{m2}), суммарные величины энтальпии превращения (ΔH) и удельных площадей пиков в масс-спектре для основных продуктов окисления исследованных систем

№	Образец	Pt %	Площадь пика в масс-спектре. А-сек/мг			T_{m1} , °C	T_{m2} , °C	- ΔH , Дж/г
			H_2O	CO_2	CO			
1	Арабиногалактан	-	$1.37 \cdot 10^{-7}$	$1.53 \cdot 10^{-7}$	$8.82 \cdot 10^{-9}$	333	478	8846
2	Препарат 1*	1.03	$1.38 \cdot 10^{-7}$	$1.52 \cdot 10^{-7}$	$7.12 \cdot 10^{-9}$	295		10859
3	Механическая смесь цис-платина и арабиногалактана	1.03	$1.37 \cdot 10^{-7}$	$1.52 \cdot 10^{-7}$	$7.20 \cdot 10^{-9}$	272, 308	440	11222
4	Препарат 2**	1.30	$1.36 \cdot 10^{-7}$	$1.60 \cdot 10^{-7}$	$7.04 \cdot 10^{-9}$	305		11516
5	Механическая смесь карбоплатина и арабиногалактана	1.30	$1.37 \cdot 10^{-7}$	$1.61 \cdot 10^{-7}$	$6.98 \cdot 10^{-9}$	269, 298	444	11850

Примечание: * - препарат 1, полученный взаимодействием цис-платина с арабиногалактаном; ** - препарат 2, полученный взаимодействием карбоплатина с арабиногалактаном

Приведены значения энтальпий протекающих процессов, а также площади пиков для H_2O , CO_2 и CO . Из данных таблицы 2 видно, что площадь пика выделившегося CO для арабиногалактана больше, чем площадь пиков CO для механических смесей. Это связано с присутствием в механических смесях комплексов платины, которые катализируют процессы окисления CO до CO_2 , как было отмечено выше. Разложение препаратов, полученных на основе взаимодействия цис-платина и карбоплатина с арабиногалактаном, происходит в один этап. Это указывает на то, что эти препараты являются продуктами взаимодействия комплексов платины с арабиногалактаном, что подтверждается значениями данных ΔH для механических смесей, которые выше, чем для препаратов.

Закключение

Изучены новые препараты на основе взаимодействия соли цис-дихлородиамминплатина(II) и соли цис-диамин(циклобутан-1,1-дикарбоксилат-О,О')платина(II) с арабиногалактаном. Установлено, что при термическом разложении новых препаратов и их механических смесей причиной увеличения тепловых эффектов, по сравнению с арабиногалактаном, является каталитическое влияние комплексов платины при окислении CO в CO_2 . Препараты устойчивы до 300°C. Показано, что препараты являются продуктами, содержащими комплексные соединения платины и арабиногалактана.

Препараты 1 и 2 проявляют противоопухолевую активность, и являются более эффективными, обладают меньшей токсичностью. Они более растворимы по сравнению с цис-платином и карбоплатином. Могут быть использованы при лечении злокачественных заболеваний.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Rosenberg W. Platinum compounds: A new class of potent antitumor agents. / Rosenberg W., Van Camp L., Trosko J.E., Mansoor V.N. // *Nature*. - 1969. - V.222. - P.385-386.
2. Pil P. Learning from the past teaching old platinum compounds new tricks. / Pil P., Lippard S.J., Bertino J.R. // *Encyclopedia of Cancer*. Education Academic Press: San Diego. C.A. - 1997. - V.1. - P.392-410.
3. Boulikas T. Recent clinical trials using cisplatin, carboplatin and their combination chemotherapy drugs. / Boulikas T., Vougiouka M. // *Oncology Reports*. - 2004. - V.11- P. 559.
4. Cleare M.J. Studies on the antitumor cytivity of group VIII transition metal complexes Part 1 Platinum(II) complexes. / Cleare M.J., Hoeschele J.D. // *Bioinorganic chemistry*. - 1973. - V.2. - P. 187-210.
5. Cleare M.J. Transition metal complexes in cancer chemotherapy. / Cleare M.J. // *Coordination chemistry Reviews*. - 1974. - V.12. - P. 349-405.
6. Justin J. Synthetic Methods for the Preparation of Platinum Anticancer Complexes / Justin J. Wilson and Stephen J. Lippard // *Chemical Reviews* - 2014. - Vol.114(8), -P. 4470-4495.
7. Rafal Wysokinski. Electronic structure, Raman and infrared spectra, and vibrational assignment of carboplatin. Density functional theory studies. / Rafal Wysokinski, Janina Kuduk-Jaworska, Danuta Michalska // *Journal of Molecular Structure: Theochem*-2006. - Vol.758, -P.169-179.
8. Pat 5336506 A US, Josephson L. Targening of therapeutic agents using polysaccharides. / Josephson L., Groman E.V., Jung C., Lewis J.M. // *Publ.* 09.08.94.
9. Александрова Г.П. Синтез железо(II,III) содержащих производных арабиногалактана. / Александрова Г.П., Грищенко Л.А., Тюкавкина Н.А. // *Журнал общей химии*. - 2002. - Т.72. - №9. С. 1569-1573.
10. Пат 2194715 Российская Федерация МПК C08B 37/00 Металлопроизводные арабиногалактана, способ получения металлопроизводных арабиногалактана. / Александрова Г.П., Медведева С.А., Грищенко Л.А. и др.; заявитель и патентообладатель Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН - № 2194715 заявл.08.04.00., опубл. 20.12.02.
11. Пат № 2406508 С1. Российская Федерация, МПК A61K 31/715 Способ получения Pt-производного арабиногалактана. / Старков А.К., Когай Б.Е.; заявитель и патентообладатель Когай Борис Евгеньевич – 2009141425/15 заявл. 09.11.09.; опубл. 20.12.10., Бюл. №35 – 4с.
12. Медведева С.А. Арабиногалактан лиственницы – перспективная полимерная матрица для биогенных металлов. / Медведева С.А., Александрова Г.П., Дубровина В.И. и др. // *Butlerov Communication*. - 2002. - №7. - P.45-49.
13. Арифходжаев А.Д. Галактан и галактансодержащие полисахариды высших растений. / Арифходжаев А.Д. // *Химия природных соединений* - 2000. - № 3. - С. 183-191.
14. Grieshop C.M. Oral administration of arabinogalactan affects immune status and fecal microbial population delivery / Grieshop C.M., Flickiger E.A., Fahey G.C. // *Journal of Nutrition* - 2002. - Vol.132. - № 3. - P. 478-485-2.
15. Старков А.К. Противоопухолевый эффект комплекса арабиногалактана с платиной. / Старков А.К., Замай Т.Н., Савченко А.А. и др. // *Доклады Академии наук* - 2016, - Т.467, № 1, - С.112-114.
16. Старков А.К. Продукт взаимодействия комплекса цис-диамин(циклобутан-1,1-дикарбоксилат-О,О')платина(II) с арабиногалактаном. / Старков А.К., Кожуховская Г.А., Павленко Н.И. и др. // *Журнал СФУ серия «Химия»*. - 2018. - Т.8., №2, - С.269-276.
17. Авторское свидетельство СССР 1445144 А1 (51)4 С 07 F 15/00. Бис-(μ-оксалато)тетраамминплатина(II) как промежуточный продукт в синтезе цис-платина и способ ее получения. / Старков А.К., Кирик С.Д., Казбанов В.И.; заявитель и патентообладатель Красноярск. Институт химии и химической технологии СО АН СССР - № 991705 кл. С1 G 55/00 заявл. 08.04.86. опубл. 15.08.1988. Бюл. ДСП.
18. Авторское свидетельство СССР № 1640920 (51)5 С 01 G 55/00. Л.М., Способ очистки цис-диамминдихлорплатины(II). / Старков А.К., Казбанов В.И., Карпова Н.В. и др.; заявитель и патентообладатель Красноярск. Институт химии и химической технологии СО АН СССР и Государственный центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт драгоценных металлов и алмазов - № 1640920, заявл. 20.02.89.; опубл. 08.12.90, Бюл. ДСП
19. Пат. 2292210. Российская Федерация. МПК A61K 33/24 Способ получения стерилизованной монокристаллической цис-дихлородиамминплатины(II). / Казбанов В.И., Старков А.К., Кожуховская Г.А. и др. заявитель и патентообладатель Красноярск. Институт химии и химической технологии СО РАН - № 2292210, заявл. 03.05.05; опубл. 27.01.2007. Бюл. № 3–4с.
20. Патент № 2330039 Российская Федерация. МПК C07F 15/00 Способ получения цис-диаммино(циклобутан-1,1-дикарбоксилат-О,О')платина(II) / Мамонов С.Н.; заявитель и патентообладатель ОАО Красноярский завод цветных металлов им. В.Н. Гулидова. - № 2330039, заявл. 19.12.06. опубл. 27.07.08.
21. Пат. 2143437 Российская Федерация, МПК C08B 1/00 Способ получения высокочистого арабиногалактана. / Бабкин В.А., Остроухова Л.А., Медведева С.А. и др.; заявитель и патентообладатель Иркутский институт химии СО РАН - № 2143437, заявл. и опубл. 27.12.99.
22. Nakamoto K. Infrared Studies of Ligand-ligand Interaction in Digalogenodiammineplatinum(II) Complexes. / Nakamoto K., Mc Curhy R.J., Fujito J., Condrate R. // *Journal of Inorganic Chemistry*. - 1965. - V. 4. № 1. -P. 36-43.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Rosenberg W. Platinum compounds: A new class of potent antitumor agents / Rosenberg W., Van Camp L., Trosko J.E., Mansoor V.N. // *Nature*. - 1969. - V.222. - P.385-386.
2. Pil P. Learning from the past teaching old platinum compounds new tricks. / Pil P., Lippard S.J., Bertino J.R. // *Encyclopedia of Cancer*. Education Academic Press: San Diego. C.A. - 1997. - V.1. - P.392-410.
3. Boulikas T. Recent clinical trials using cisplatin, carboplatin and their combination chemotherapy drugs. / Boulikas T., Vougiouka M. // *Oncology Reports*. - 2004. - V.11- P. 559.

4. Cleare M.J. Studies on the antitumor cytivity of group VIII transition metal complexes Part 1 Platinum(II) complexes. / Cleare M.J., Hoeschele J.D. // *Bioinorganic chemistry*. - 1973. - V.2. - P. 187-210.
5. Cleare M.J. Transition metal complexes in cancer chemotherapy. / Cleare M.J. // *Coordination chemistry Reviews*. - 1974. - V.12. - P. 349-405.
6. Justin J. Synthetic Methods for the Preparation of Platinum Anticancer Complexes / Justin J. Wilson and Stephen J. Lippard // *Chemical Reviews*. - 2014. - Vol.114(8), -P. 4470-4495.
7. Rafal Wysokinski. Electronic structure, Raman and infrared spectra, and vibrational assignment of carboplatin. Density functional theory studies. / Rafal Wysokinski, Janina Kuduk-Jaworska, Danuta Michalska // *Journal of Molecular Structure: Theochem*. - 2006. - Vol.758, -P.169-179.
8. Pat 5336506 A US, Josephson L. Targening of therapeutic agents using polysaccharides. / Josephson L., Groman E.V., Jung C., Lewis J.M. // *Publ.* 09.08.94.
9. Aleksandrova G.P. Sintez zhelezo(II,III) soderzhashchih proizvodnyh arabinogalaktana [Synthesis of iron (II, III) containing derivatives of arabinogalactan] / Aleksandrova G.P., Grishenko L.A., Tiukavkina N.A. // *Journal of General Chemistry*. - 2002. - Vol.72. № 9, - P.1569-1573 [in Russian]
10. Pat 2194715 Rossijskaya Federaciya MPK S08V 37/00 Metalloproizvodnye arabinogalaktana, sposob polucheniya metalloproizvodnyh arabinogalaktana [Pat 2194715 Russian Federation MPK C08B 37/00. Metal derivative esofar abinogalactan, a method for produc in gmetal derivativees far abinogalactan] / Aleksandrova G.P., Medvedeva S.A., Grishenko L.A., and other., the applicant and the patentee Irkutsk. Institute of Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences - № 2194715, appl. 08.04.00. publ. 20.12.02 [in Russian]
11. Pat № 2406508 S1. Rossijskaya Federaciya, MPK A61K 31/715 Sposob polucheniya Pt-proizvodnogo arabinogalaktana [Patent 2406508 Russian Federation MPK A61K 31/715 A method of produc in a arabinogalactan] / Starkov A.K., Kogai B.E.; the applicant and the patentee Krasnojarsk Kogai Boris Evgenievich - № 2406508; appl. 09.11.09., publ.20.12.10. Bul.Number 35 – 4p. [in Russian]
12. Medvedeva S.A. Arabinogalaktan listvennicy – perspektivnaya polimernaya matrica dlya biogennyh metallov [Larch arabinogalactan is a promising polymer matrix for biogenic metals]. / Medvedeva S.A., Aleksandrova G.P., Dubrovina V.I. and others // *Butlerov Communication*. - 2002. - №7. -P.45-49.[in Russian]
13. Arifchodzaev A.D. Galaktan i galaktansoderzhashchie polisaharidy vysshih rastenij [Galactan and galactan-containing polysaccharides of higher plants]. / *Chemistry of Natural Compounds*- 2000. - № 3. -P. 183-191 [in Russian]
14. Grieshop C.M. Oral administration of arabinogalactan affects immune status and fecal microbial population delivery [Oral administration of arabinogalactan affects immune status and fecal microbial population delivery] / Grieshop C.M., Flickiger E.A., Fahey G.C. // *Journal of Nutrition* - 2002. - Vol.132. - № 3. - P. 478-485-2.
15. Starkov A.K. Protivopuholevyj effekt kompleksa arabinogalaktana s platinoj [The antitumor effect of complex arabinogalactan with platinum]. / Starkov A.K., Zamai T.N., Savchenko A.A. and others. // *Russian Journal Doklady Akademii Nauk*- 2016. - Vol.467(1). - P.112-114. [in Russian].
16. Starkov A.K. Produkt vzaimodejstviya kompleksa cis-diamin(ciklobutan-1,1-dikarboksilat-O,O')platina(II) s arabinogalaktanom [The product produced by interaction of the cis-diammin(cyclobutane 1,1 dicarboxylato) platinum(II) with arabinogalactan]. / Starkov A.K., Kozuchovskaya G.A., Pavlenko N.I. and other // *Journal of Siberian Federal University. Chemistry*. - 2018. - Vol.11(2), - P. 269-276. [in Russian]
17. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR 1445144 A1 (51)4 S 07 F 15/00. Bis-(μ-oksالات)tetraamminplatina(II) kak promezhutochnyj produkt v sinteze cis-platina i sposob ee polucheniya [The author's invention of the USSR 1445144 A1 (51)4 C 07 F 15/00. Bis-(μ-oxalato) tetraamminplatinum (II) as an intermediate in the synthesis of cis-plptin and the process for its preparation] / Starkov A.K., Kirik S.D., Kazbanov V.I.; the applicant and the patentee Krasnojarsk. Institute of Chemistry and Chemical Technology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences - № 1445144, appl. 08.04.86; publ.15.08.1988 . [in Russian]
18. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR № 1640920 (51)5 S 01 G 55/00 [The author's invention of the USSR 1640920 A method for purifying cis-diaminedichloroplatinum (II)] / Starkov A.K., Kazbanov V.I. Karpova N.V. and others ;the applicant and the patentee Krasnojarsk. Institute of Chemistry and Chemical Technology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences and The State Central research and design Institute of precious metals and diamonds – appl. 24.02.89., publ. 08.12.1990. [in Russian]
19. Pat. 2292210. Rossijskaya Federaciya. MPK A61K 33/24 Sposob polucheniya sterilizovannoj monokristallicheskoj cis-dihlorodiamminplatiny(II) [Pat. 2292210 Russian Federation MPK A61K 33/24 Method for the preparation of sterilized single-crystal cis-dichlorodiammine platinum (II)]. / Kazbanov V.I., Starkov A.K., Kozuchovskaya G.A. and other. the applicant and the patentee Krasnojarsk. Institute of Chemistry and Chemical Technology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences - № 2292210, appl. 03.05.05, publ. 27.01.07. Bul. №3 – 4p [in Russian]
20. Patent № 2330039 Rossijskaya Federaciya. MPK S07F 15/00 Sposob polucheniya cis-diammino(ciklobutan-1,1-dikarboksilat-O,O')platina(II) [Patent 2330039 Russian Federation. MPK C07F 15/00 A method of producing a cis-diammin(cyclobutane 1,1 dicarboxylato)platinum(II)] / Mamonov C.N.; the applicant and the patentee ISC Krasnoyarsk plant of non-ferrous metals. of V. N. Gulidova - № 2330039, appl. 19.12.06. publ. 27.07.08 [in Russian]
21. Pat. 2143437 Rossijskaya Federaciya, MPK S08V 1/00 Sposob polucheniya vysokochistogo arabinogalaktana [Pat. 2143437 Russian Federation, MPK C08B 1/00.] / A method of producing a high clean arabinogalactan. Babkin V.A., Ostrouchova L.A., Medvedeva S.A. and others ,the applicant and the patentee Irkutsk. Institute of Chemistry Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences № 2143437, appl. And publ. 27.12.99 [in Russian]
22. Nakamoto K. Infrared Studies of Ligand-ligand Interaction in Digalogenodiammineplatinum(II) Complexes. / Nakamoto K., Mc Curhy R.J., Fujito J., Condrate R. // *Journal of Inorganic Chemistry*. - 1965. - V. 4. № 1. -P. 36-43.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / BIOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.021>

ИССЛЕДОВАНИЕ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ И БИАТЛОНИСТОВ ПОДРОСТКОВОГО ВОЗРАСТА

Научная статья

Нененко Н.Д.^{1,*}, Астраханцев А.А.²¹ ORCID: 0000-0003-4535-3435;^{1,2} Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия

* Корреспондирующий автор (n_nenenko[at]ugrasu.ru)

Аннотация

В данной работе проведена оценка психофизиологического статуса спортсменов лыжников-гонщиков и биатлонистов подросткового возраста в соревновательный период. Биатлонисты подросткового возраста превосходили сверстников, специализировавшихся в лыжных гонках, по скорости простой сенсорно-моторной реакции и скорости реакции различения, кроме того юные биатлонисты отличались большей точностью выполнения заданий в обоих тестах (коэффициентом Уиппла). Выявленные особенности психофизиологических статусов спортсменов-подростков зимних видов спорта могут выступать в качестве информативных критериев для переквалификации лыжников к занятиям биатлоном.

Ключевые слова: психофизиологический статус, лыжные гонки, биатлон, подростковый возраст.

RESEARCH OF PSYCHOPHYSIOLOGICAL FEATURES OF TEENAGER RACING SKIERS AND BIATHLONISTS

Research article

Nenenko N.D.^{1,*}, Astrakhantsev A.A.²¹ ORCID: 0000-0003-4535-3435;^{1,2} Ugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia

* Corresponding author (n_nenenko[at]ugrasu.ru)

Abstract

In this paper, we evaluate the psychophysiological status of teenager athletes in racing skiing and biathlon during the competitive period. Adolescent biathletes are superior compared to their peers who specialized in skiing in terms of speed of a simple sensory-motor reaction and the speed of a discrimination reaction; in addition, young biathletes were more accurate in completing tasks in both tests (Whipple coefficient). The revealed features of the psychophysiological status of winter sports teenagers can serve as informative criteria for the retraining of skiers to biathlon.

Keywords: psychophysiological status, skiing, biathlon, adolescence.

Введение

Подростковый период онтогенеза характеризуется бурным развитием физических способностей детей и является очень благоприятным для целенаправленных занятий большинством видов физической активности. В то же время интенсивные нейроэндокринные перестройки в организме подростков позволяют рассматривать спорт как стресс-фактор, который может, как улучшить, так и ухудшить течение биологических и психофизиологических процессов [1, С. 412], [2, С. 256], [3, С. 136]. При этом остро встает вопрос о соответствующем психофизиологическом контроле за юными спортсменами.

Лыжные гонки и биатлон, несмотря на внешнюю схожесть, существенно отличаются друг от друга. Специфика биатлона – это включение разнохарактерных нагрузок, а именно лыжной гонки и стрельбы из мелкокалиберной винтовки в статическом положении на огневых рубежах. Эти два вида мышечной деятельности отличаются друг от друга структурой, продолжительностью и характером энергообеспечения, что предъявляет к занимающимся различные требования относительно уровня развития функциональных и психофизиологических качеств [4, С. 296], [5, С. 44].

В связи с этим, **целью данного исследования** явилось изучение психофизиологических особенностей лыжников-гонщиков и биатлонистов подросткового возраста.

Методы и принципы исследования

Экспериментальные исследования при решении поставленных в работе задач проводились на базе лаборатории по направлению «Физическая культура» (бакалавриат и магистратура) Гуманитарного института североведения ФГБОУ ВО «Югорского государственного университета».

В исследовании принимали участие 16 юных спортсменов возрасте 12-13 лет. В зависимости от характера спортивной специализации испытуемые были разделены на две группы: биатлонисты (8 человек), лыжники-гонщики (8 человек). Стаж занятий в группах спортсменов не различался и соответствовал 3,3 и 3,6 годам, соответственно.

Оценка психофизиологического статуса юных спортсменов была проведена при помощи программно-аппаратного комплекса «ПсихоТест» компании «Нейрософт» и включала в себя оценку психомоторных показателей по результатам тестирования простой зрительно-моторной реакции и реакции выбора; и стрессоустойчивости испытуемых по опросникам Холмса-Рагне и Т. Немчина. Полученные данные представлены в таблицах в виде средней арифметической и стандартного отклонения. Достоверность различий показателей между двумя группами

оценивали в зависимости от соответствия сравниваемых выборок нормальному распределению с помощью параметрического t-критерия Стьюдента.

Основные результаты

Лыжные гонки и биатлон занимают одну из ведущих позиций в спортивной жизни. Начало занятий лыжным спортом приходится на 10-11 лет и может существенно влиять на процессы развития систем организма. Различия в специфике лыжных гонок и биатлона предъявляют к занимающимся неодинаковые требования в уровне развития физиологических и психофизиологических качеств [6, С. 64], [7, С. 504]. Вместе с тем, чрезвычайно важно знать возрастные, морфофункциональные и психофизиологические особенности развития ребенка для того, чтобы максимально полно учитывать его возможности при планировании и проведении педагогических, гигиенических, оздоровительных и спортивных мероприятий [2, С. 256], [8, С. 29].

В результате сопоставления результатов исследования простой сенсомоторной реакции в группах испытуемых выявлено, что биатлонисты отличаются меньшим ее временем относительно лыжников-гонщиков, $246,36 \pm 17,76$ мс и $305,38 \pm 27,25$ мс, соответственно ($p < 0,05$). Выполнение теста сопровождалось меньшим количеством ошибок, пропусков и преждевременных реакций у биатлонистов относительно лыжников пубертатного возраста. Интегральная оценка данных показателей проводилась с использованием коэффициента точности Уиппла, который был также несколько выше у биатлонистов относительно лыжников, $0,93 \pm 0,05$ и $0,90 \pm 0,08$, соответственно (см. таблицу 1)

Таблица 1 – Показатели простой сенсомоторной реакции лыжников-гонщиков и биатлонистов пубертатного возраста

Показатель	Спортсмены-лыжники (n=8)	Спортсмены-биатлонисты (n=8)
Среднее значение времени реакции, мс	$305,38 \pm 27,25$	$246,36 \pm 17,76^*$
Общее число ошибок	$1,67 \pm 1,51$	$1,17 \pm 0,75$
Число пропусков	$0,33 \pm 0,52$	$0,17 \pm 0,41$
Число преждевременных нажатий	$1,33 \pm 1,37$	$1,00 \pm 0,63$
Коэффициент точности Уиппла	$0,90 \pm 0,08$	$0,93 \pm 0,05$
Оценка работоспособности по скорости реакции, мс	$288,83 \pm 82,15$	$257,33 \pm 53,59$

Примечание: *различия достоверны ($p < 0,05$) между соответствующими показателями первой и второй групп

Психомоторные показатели, оцененные у спортсменов-подростков по методике «Реакция различения» были также несколько выше у биатлонистов относительно сверстников, занимающихся лыжными гонками. Биатлонисты пубертатного возраста превосходили ровесников лыжников по общей скорости реакции на предъявляемый стимул и по времени реакции на зеленый стимул: $379,23 \pm 58,42$ мс и $452,27 \pm 67,66$ мс ($p < 0,05$), $347,67 \pm 57,00$ мс и $449,17 \pm 36,92$ мс ($p < 0,05$), соответственно. Время реакции на красный стимул в группах испытуемых значительно не различалось. Показатели точности выполнения теста реакция различения, а именно, общее число ошибок, число преждевременных реакций, число ложных реакций, были незначительно выше у лыжников относительно биатлонистов, при этом, интегральный показатель точности выполнения заданий – коэффициент Уиппла, был несколько выше у биатлонистов ($0,93 \pm 0,02$) относительно лыжников ($0,89 \pm 0,09$) (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Показатели реакции различения лыжников-гонщиков и биатлонистов пубертатного возраста

Показатель	Спортсмены-лыжники (n=8)	Спортсмены-биатлонисты (n=8)
Среднее значение реакции, мс	$452,27 \pm 67,66$	$379,23 \pm 58,42^*$
Время реакции (красная), мс	$466,00 \pm 121,28$	$414,00 \pm 68,31$
Время реакции (зеленая), мс	$449,17 \pm 36,92$	$347,67 \pm 57,00^*$
Общее число ошибок	$5,17 \pm 1,17$	$7,67 \pm 6,95$
Число преждевременных реакций	$1,33 \pm 1,51$	$2,50 \pm 3,02$
Число пропусков	$0,67 \pm 1,21$	$0,50 \pm 1,22$
Число ложных реакций	$3,17 \pm 2,23$	$4,67 \pm 3,98$
Коэффициент точности Уиппла	$0,89 \pm 0,09$	$0,93 \pm 0,02$

Примечание: *различия достоверны ($p < 0,05$) между соответствующими показателями первой и второй групп

При относительной оценке результатов теста «Реакция различения», обнаружено, что 50% биатлонистов имели высокую скорость сенсомоторной реакции, 50% - нормальную. В то время как у 50% лыжников-гонщиков скорость сенсомоторной реакции была оценена как низкая, у 37,5% - нормальная, и лишь у 12,5% - высокая.

Стрессоустойчивость – это способность выдерживать психофизиологические нагрузки без ущерба для физического и психического здоровья [9, С. 27], [10, С. 23]. С целью оценки стрессоустойчивости спортсменов-подростков, специализирующихся в зимних видах спорта, были использованы методики Холмса-Раге и Т. Немчина.

Опросник Холмса-Раге оценивает степень стрессорной нагрузки, испытываемой спортсменами. В момент обследования данный показатель был значительно ниже у лыжников-гонщиков относительно биатлонистов. При этом, индекс нервно-психического напряжения Т.Немчина в группах испытуемых не различался (см. таблицу 3).

Таблица 3 – Показатели психоэмоционального состояния лыжников-гонщиков и биатлонистов пубертатного возраста

Показатель	Спортсмены-лыжники (n=8)	Спортсмены-биатлонисты (n=8)
Степень стрессовой нагрузки, баллы	69,83±71,96	235,00±34,20*
Индекс нервно-психического напряжения, баллы	40,17±4,58	36,20±2,41

Примечание: *различия достоверны ($p < 0,05$) между соответствующими показателями первой и второй групп

При относительной оценке стрессоустойчивости лыжников-гонщиков и биатлонистов пубертатного возраста обнаружено, что в момент тестирования 62,5% лыжников-гонщиков испытывали низкую степень стрессовой нагрузки, 37,5% - среднюю; биатлонисты отличались более разнообразной стресс-реактивностью: для 50% была характерна средняя степень стрессовой нагрузки, для 12,5% - низкая, для 37,5% - высокая. Результаты исследования отражают сниженную степень сопротивления психоэмоциональным нагрузкам у биатлонистов.

Таким образом, в ходе исследования выявлено лучшее развитие психомоторных функций у биатлонистов относительно лыжников, что, вероятно, обусловлено спецификой биатлона, успешность спортсменов в котором обусловлена, в том числе, и скоростью переключения с циклических динамических нагрузок на статические. При этом юных биатлонистов отличала меньшая стрессоустойчивость относительно лыжников.

Заключение

В данной работе представлены результаты, свидетельствующие о психофизиологических особенностях представителей внешне схожих, однако, различных видов спорта. Выявлено, что биатлонисты превосходят лыжников-гонщиков по большинству психомоторных показателей, оцененных по методикам «реакция выбора» и «реакция различения». Сделано предположение, что психомоторные показатели являются информативными индикаторами для проведения спортивного отбора в учебно-тренировочные группы биатлонистов. Комплексный учет психофизиологических характеристик юных спортсменов позволяет индивидуализировать тренировочный процесс и повышает его эффективность.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Ильин Е.П. Психофизиология состояний человека: учеб пособие / Е.П. Ильин. – Москва: Питер, 2005. – 412 с.
2. Назарова Е.Н. Возрастная анатомия, физиология и гигиена: учеб пособие / Е.Н. Назарова. – Москва: Академия, 2013. – 256 с.
3. Гибадуллин И.Г. Динамика психо-физиологических показателей у юных лыжников-гонщиков 9-11 лет в условиях крайнего севера / И.Г. Гибадуллин, А.Ю. Дронь, К.М. Касумов и др. // Казанская наука. – 2016. – № 10. – С. 134-136.
4. Зубрилов Р.А. Стрелковая подготовка биатлониста: учеб пособие / Р.А. Зубрилов. – Москва: Олимп. лит., 2010. – 296 с.
5. Кучин Р.В. Особенности иммунного статуса юношей-лыжников, проживающих в условиях ХМАО-Югры / Р.В. Кучин, Н.Д. Нененко, Н.В. Черницына // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2015. – №5. – С.44-47
6. Мокропуло И.Ф. Тренировка лыжника-биатлониста: учеб пособие / И.Ф. Мокропуло. – Москва: Воениздат, 1973. – 64 с.
7. Листопад И.В. Лыжные гонки: учеб пособие / И.В. Листопад. – Москва: БГУФК, 2012. – 504 с.
8. Калмыков С.Г. Методические основы занятий по лыжной подготовке: учеб пособие / С.Г. Калмыков, О.У. Асербеков, А.А. Бирюков. – Саратов: «Амирит», 2017. – 108 с.
9. Шаяхметова Э.Р. Психофизиологические особенности повышения физической работоспособности боксеров высокой квалификации / Э.Р. Шаяхметова, Л.М. Матвеева, Р.М. Муфтахина // Теория и практика физической культуры. – 2015. – №1. – С. 27-29.
10. Минуллин А.З. Исследование психофизиологических особенностей адаптации боксеров 13-14 лет к соревновательному стрессу на фоне применения авторской программы / А.З. Минуллин, Д.З. Шибкова // Успехи современного естествознания. – 2014. – №1. – С. 23-26.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Il'in E.P. Psihofiziologiya sostoyaniy cheloveka [Psychophysiology of human conditions]: schoolbook / E.P. Il'in. – Moscow: Peter, 2005. – 412 p. [in Russian]
2. Nazarova E.N. Vozrastnaya anatomiya, fiziologiya i gigiena [Anatomy, Physiology and Hygiene]: schoolbook / E.N. Nazarova. – Moscow: Akademiya, 2005. – 256 p. [in Russian]
3. Gibadullin I.G. Dinamika psiho-fiziologicheskikh pokazatelej u yunyh lyzhnikov-gonshchikov 9-11let v usloviyah Krajnego Severa [The dynamics of the psycho-physiological parameters in young skiers-racers 9-11let in the Far North] / I.G. Gibadullin, A.YU. Dron', K.M. Kasumov i dr. // Kazanskaya nauka [Kazan science]. – 2016. – №10. – P. 134-136. [in Russian]
4. Zubrilov R.A. Strelkovaya podgotovka biatlonista / [Shooting training biathlete]: schoolbook / R.A. Zubrilov. – Moscow: Olimp. lit, 2010. – 296 p. [in Russian]
5. Kuchin R.V. Osobennosti immunnogo statusa yunoshej-lyzhnikov, prozhivayushchih v usloviyah HMAO-Yugry [Features of the immune status of young men skiers living in Khanty-Mansiysk District-Yugra] / E R.V. Kuchin, N.D. Nenenko, N.V. Chernicyna // Fizicheskaya kul'tura: vospitanie, obrazovanie, trenirovka [Physical culture: education, education and training]. – 2015. – №5. – P. 44-47. [in Russian]

6. Mokropulo I.F. Trenirovka lyzhnika-biatlonista [Train-skier biathlete] : schoolbook / I.F. Mokropulo. – Moscow: Voenizdat, 1973. - 64 p. [in Russian]
7. Listopad I.V. Lyzhnye gonki [Ski race] : schoolbook / I.V. Listopad. – Moscow: BGUFK, 2012. - 504 p. [in Russian]
8. Kalmykov S.G. Metodicheskie osnovy zanyatij po lyzhnoj podgotovke [Methodical bases of preparation of the ski lessons] : schoolbook / .G. Kalmykov, O.U. Aserbekov, A.A. Biryukov. – Saratov: «Amirit», 2017. – 108 p. [in Russian]
9. Shayakhmetova E. Sh. Psihofiziologicheskie osobennosti povysheniya fizicheskoy rabotosposobnosti bokserov vysokoj kvalifikacii [Psychophysiological features of increasing the physical performance of highly qualified boxers] / E. Sh.. Shayahmetova, L. M. Matveeva, R. M. Muftahina // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury [Theory and practice of physical culture]. – 2015. - №1. – P. 27-29. [in Russian]
10. Minullin A. Z. Issledovaniye psikhofiziologicheskikh osobennostey adaptatsii bokserov 13-14 let k sorevnovatel'nomu stressu na fone primeneniya avtorskoy programmy [Study of the psychophysiological features of the adaptation of boxers 13-14 years to competitive stress on the background of the application of the author's program] / A. Z. Minullin. D. Z. Shibkova // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Successes of modern natural science] – 2014.– №1. – P. 23-26. [in Russian].

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.022>

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ЙОДДЕФИЦИТНЫХ СОСТОЯНИЙ У ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Научная статья

Попова Н.М.¹, Духтанов И.В.², Хузина Л.Ф.^{3,*}, Назмиева А.Ш.⁴³ ORCID: 0000-0001-5025-2343;⁴ ORCID: 0000-0001-5658-5165;^{1, 2, 3, 4} ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия», Ижевск, Россия

* Корреспондирующий автор (khuzina-l2013[at]yandex.ru)

Аннотация

В настоящее время проблема йоддефицита остается весьма значимой, что связано с высокой степенью его распространения, широким спектром проявлений и последствий, для развития которого наиболее уязвимыми являются дети. В данной статье представлены ключевые вопросы о роли йода и гормонов щитовидной железы в функционировании организма и последствиях йодного дефицита. Приведен спектр йоддефицитной патологии, освещены данные о распространенности йоддефицитных состояний детей и подростков и методах, использованных нами в ходе выполнения работы. Исследование проводили среди детей школьного возраста (от 7 до 12 лет), проходившие лечение в санатории «Ласточка» города Ижевск. Для выявления группы риска использовали методику, разработанную Хлебниковой Л.Н., которая представляет собой таблицу с показателями и диагностическим коэффициентом (ДК).

Ключевые слова: йоддефицитные состояния, распространенность, дети школьного возраста, группа риска, диагностический коэффициент.

PREVALENCE OF IODINE DEFICIENCY STATES IN SCHOOL CHILDREN

Research article

Popova N.M.¹, Dukhtanov I.V.², Khuzina L.F.^{3,*}, Nazmieva A.Sh.⁴³ ORCID: 0000-0001-5025-2343;⁴ ORCID: 0000-0001-5658-5165;^{1, 2, 3, 4} FSBEI of HE "Izhevsk State Medical Academy," Izhevsk, Russia

* Corresponding author (khuzina-l2013[at]yandex.ru)

Abstract

Currently, the problem of iodine deficiency remains very significant, which is associated with a high degree of its prevalence, a wide range of manifestations and consequences, especially among children who are most vulnerable. This article presents key questions on the role of iodine and thyroid hormones in the functioning of the body and the consequences of iodine deficiency. The spectrum of iodine deficiency pathology is presented, data on the prevalence of iodine deficiency states of children and adolescents and the methods used in the course of work are highlighted. The study was conducted among school-aged children (from 7 to 12 years old) who underwent treatment at the Lastochka Sanatorium in Izhevsk. We used the technique developed by Khlebnikova L.N. – a table with indicators and a diagnostic coefficient (DC) – to identify the risk group.

Keywords: iodine deficiency states, prevalence, school-aged children, risk group, diagnostic coefficient.

Введение

Йод входит в структуру тиреоидных гормонов, которые обеспечивают нормальный рост и полноценное развитие, посредством специфического влияния на экспрессию генов и скорость дифференцировки клеток [1], [2], [3].

Йоддефицит возникает в случае, когда человек не получает достаточное его количество с продуктами питания [2].

Йоддефицитными заболеваниями (ЙДЗ), по определению ВОЗ, обозначаются все патологические состояния, развивающиеся в популяции в результате йодного дефицита, которые могут быть предотвращены при нормализации потребления йода (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Спектр йододефицитной патологии (ВОЗ, 2007)

Внутриутробный период	Аборты Мертворождение Врожденные аномалии Повышение перинатальной и детской смертности Эндемический кретинизм (умственная отсталость, глухонмота, косоглазие, гипотиреоз, карликовость) Психомоторные нарушения
Новорожденные	Неонатальный гипотиреоз Замедление умственного развития Повышение поглощения радиоактивного йода при ядерных катастрофах
Дети и подростки	Зоб (Субклинический) гипо- и гипертиреоз Нарушения умственного и физического развития Повышение поглощения радиоактивного йода при ядерных катастрофах
Взрослые	Зоб и его осложнения Гипотиреоз Спонтанный гипертиреоз пожилых Йодиндуцированный тиреотоксикоз Когнитивные нарушения Повышение поглощения радиоактивного йода при ядерных катастрофах

Йодный дефицит и обусловленные им заболевания формируют широкий спектр медико-социальных проблем на территории Российской Федерации (РФ) [4]. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) признала их одной из важнейших проблем здравоохранения [5]. По распространенности среди неинфекционной патологии эндемический зоб занимает одно из первых мест [4]. Наибольшую опасность йодный дефицит представляет для детей и подростков, а также женщин репродуктивного возраста [6].

Недостаток йода приводит к серьезным последствиям, связанным с процессами развития и формирования организма человека. Так, морфологические изменения основных структур головного мозга в период дифференциации и созревания, которые преобразуются в нарушения интеллектуального, нервно-психического и моторного развития ребенка различной степени тяжести, обусловлены негативным влиянием дефицита йода на плод [7].

Наиболее остро проблема нехватки йода и эутиреоидного зоба проявляется в предгорных и горных местностях. Поволжье относится к зоне йододефицита средней тяжести [8].

Актуальность исследования состоит в том, что полученные нами результаты по выявлению распространенности йододефицитных состояний позволят привлечь большее внимание на наличие данной проблемы и принять меры по его раннему выявлению с целью улучшения здоровья населения.

Цель исследования

Определить группу риска по ЙДС с помощью прогностической таблицы, составленной Хлебниковой Л.Н., включающей тесты, цветовую диагностику, активность буккального эпителия (БЭ) и выявить распространенность йододефицитных состояний (ЙДС) у детей школьного возраста.

Материалы и методы

Общий объем наблюдений составил 173 ребенка. Для оценки психологического статуса и умственной работоспособности были использованы восьмицветовой тест Люшера, в котором выделяют 2 спектра цветов: веселый (желтый, красный, зеленый) и грустный (синий, фиолетовый, серый), и корректурная таблица Анфимова в модификации С.М.Громбаха. Общекинетическую активность буккального эпителия определяли под воздействием переменного электрического поля и с добавлением «Йодинола». Для распределения детей по группам использовали методику, разработанную Хлебниковой Л.Н., которая представляет собой таблицу с показателями и ДК [9]. Полученные данные обрабатывались параметрическими методами статистического анализа (при нормальном распределении для двух независимых выборок и для сравнения связанных, зависимых совокупностей). Для определения разностного критерия Стьюдента вычисляли разности: средне-арифметическую, стандартное отклонение разности, стандартную ошибку разности средних, t - достоверность, p - уровень значимости (вероятность ошибки); $t < 2$ ($p > 0,05$) – различия статистически не значимы; $t > 2$ ($p < 0,05$) – различия статистически значимы, при $t > 2,6$ ($p < 0,01$), при $t > 3,3$ ($p < 0,001$). Статистическая обработка результатов проводилась с использованием прикладной статистической программы Excel-2010.

Результаты исследования и их обсуждение

На основе прогностической таблицы по сумме ДК из 173 обследованных детей, группа здоровых детей составила 6,9%, группа, тяготеющая к риску (ГТР) – 76,9%, 16,2% - вошли в группу риска (ГР) (см. рисунок 1).

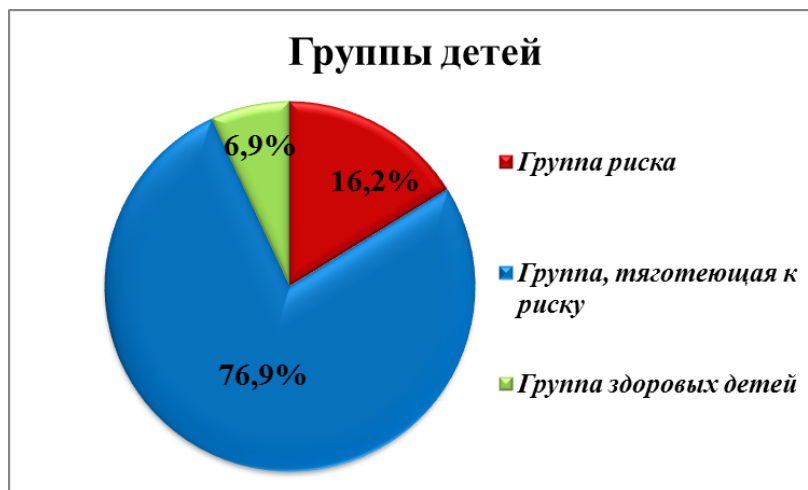


Рис. 1 – Распределение детей по группам

По оценочной таблице физического развития наблюдали, что дети, составляющие группу здоровых, имели более высокие показатели – 91,7%, по сравнению с детьми ГР – 35,7% ($p < 0,001$).

По отклонению в массе тела провели оценку гармоничности физического развития. Гармонично развиты 78,6% детей ГР и 100% в группе здоровых детей ($p < 0,05$). Дисгармоничное и резко дисгармоничное развитие в ГР и группе здоровых детей – соответственно 21,4% и 0% ($p < 0,05$) (см. рисунок 2).

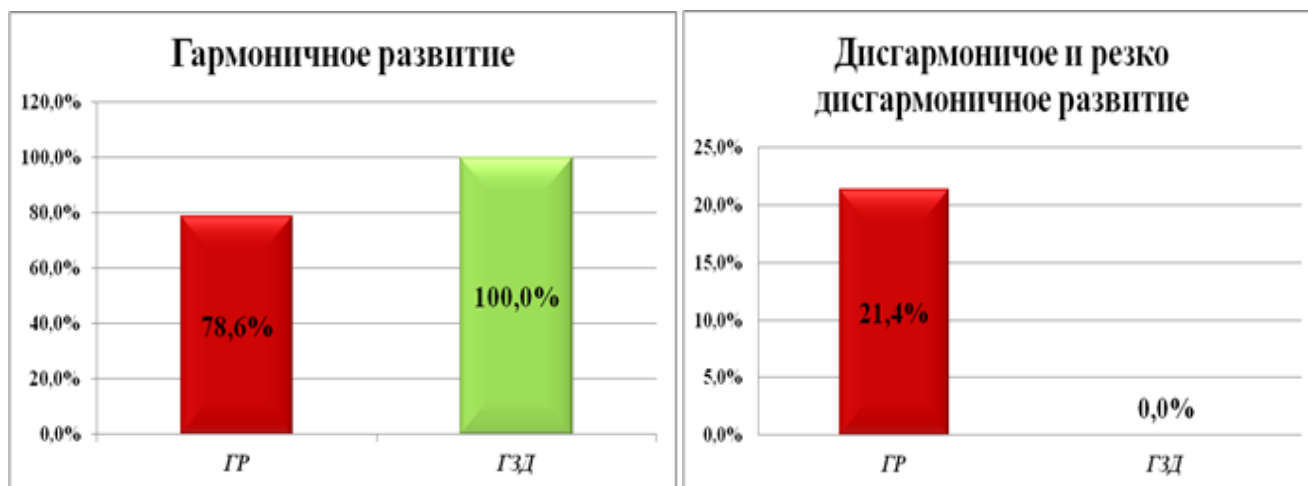


Рис. 2 – Оценка гармоничности физического развития детей ГР и ГЗД

Провели анализ историй болезни детей детского республиканского санатория “Ласточка” г. Ижевск. По данным медицинских карт, в ГР и ГТР детей, имеющих хронические заболевания, было достоверно больше чем в группе здоровых – соответственно 47,8% и 8,3% ($p < 0,001$). В ГР и ГТР – 7,5% детей с миопией, в группе здоровых – детей с миопией составило 0% ($p < 0,001$). Детей с плоскостопием в ГР и ГТР было достоверно больше, чем в группе здоровых – соответственно 16,7% и 0% ($p < 0,001$).

По корректурной таблице Анфимова в модификации С.М. Громбаха получены следующие результаты: среднее количество ошибок на синем фоне у детей ГР – 6,8, у здоровых – 2,4, у ГТР – 6,7; на белом фоне соответственно – 7,6, 1,8 и 7,2 (см. рисунок 3).



Рис. 3 – Оценка умственной работоспособности детей ГР, ГТР и ГЗД

Для определения психофизиологического состояния был проведен восьмицветовой тест Люшера, в котором выделяют 2 спектра цветов: веселый (желтый, красный, зеленый) и грустный (синий, фиолетовый, серый). Были получены следующие данные: 82,1% детей ГР выбрали цвета грустного спектра, 17,9% – веселого спектра; в группе здоровых детей – 8,3% выбрали грустного, 91,7% веселого спектра ($p < 0,001$), в ГТР – 56,4% выбрали веселого, 43,6% грустного спектра ($p < 0,001$) (см. рисунок 4).

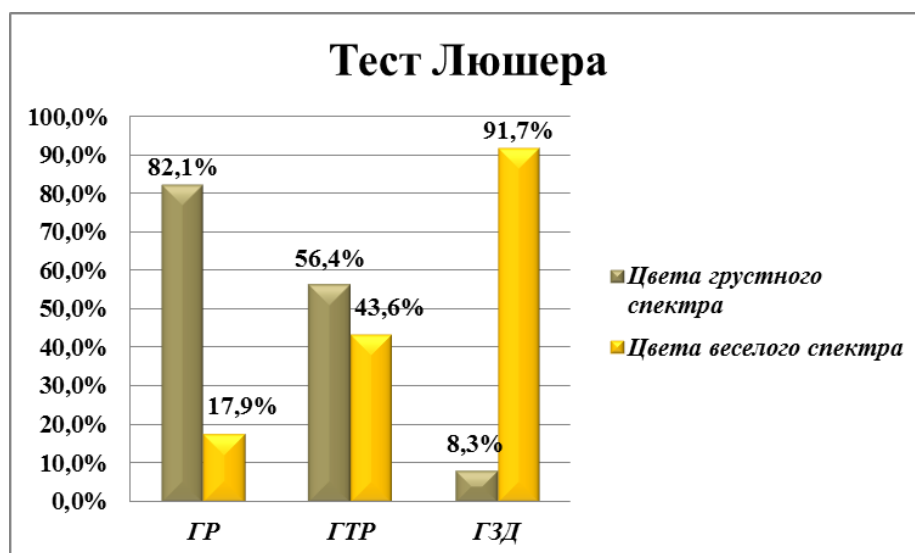


Рис. 4 – Оценка психологического статуса детей ГР, ГТР и ГЗД

После оценки БЭ были получены следующие результаты: у здоровых детей размеры клеток БЭ меньше по диаметру, в отличие от детей ГР и ГТР (см. рисунок 5, 6).

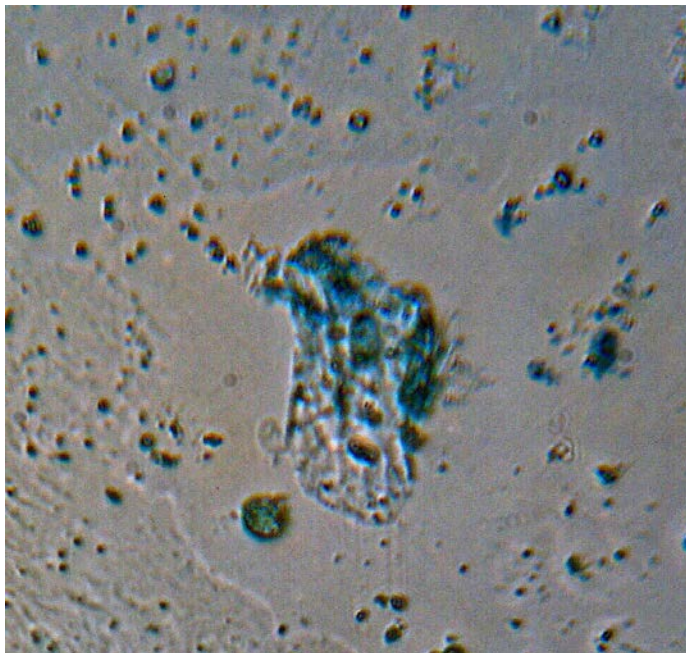


Рис. 5 – Буккальные клетки группы здоровых детей



Рис. 6 – Буккальные клетки детей ГР и ГТР

У детей с ЙДС отмечалась сниженная активность БЭ на воздействие переменного электрического поля и более значимая реакция клеток БЭ на «Йодиол». Поступление в клетку йода и повышение электрического потенциала структур клетки можно рассматривать как основополагающую причину увеличения общей кинетической активности БЭ.

Заключение

Таким образом, в ходе исследования нами было выявлено, что:

1. Больше половины протестированных нами детей (93,1%) вошли в группу риска и группу, тяготеющую к риску, что говорит о высокой распространенности ЙДС, мониторинг которого позволит совершенствовать систему профилактических мероприятий.

2. У детей показатели физического развития низкие и ниже среднего. Большая часть детей ГР и ГТР имеют хронические заболевания, кроме того, число детей с миопией и плоскостопием в выше указанных группах больше по сравнению с группой здоровых.

3. Данные диагностические приемы, включающие тесты, цветовую диагностику, активность БЭ, можно использовать при профосмотрах в школе для ранней диагностики йоддефицитных состояний, что позволит на первых этапах провести соответствующую профилактику с целью снижения уровня заболеваемости, уменьшения нарушения психического, умственного развития детей и предупреждения школьной дезадаптации и неуспеваемости.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Ковальжина Л.С. Региональные профилактические программы как инструмент социального управления здоровьем населения / Ковальжина Л.С. // Общество: социология, психология, педагогика. – 2016. – №12. – С. 22-24.
2. Платонова Н.М. Йодный дефицит: современное состояние проблемы / Платонова Н.М. // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2015. – Т. 11. – №1. – С.12-21.
3. Eastman CJ, Zimmermann MB. The Iodine Deficiency Disorders. In: De Groot LJ, Chrousos G, Dungan K, et al., editors. Endotext. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2000.
4. Шарапова О.В. Йододефицитные заболевания у детей в Российской Федерации / Шарапова О.В., Дедов И.И., Корсунский А.А. и др. // Вопросы современной педиатрии. – 2004. – №3. – С.8-14.
5. Фадеев В.В. Генетические факторы в патогенезе йододефицитного зоба / Фадеев В.В., Абрамова Н.А. // Проблемы эндокринологии. – 2004. – Т. 50. – № 1. – С. 51-55.
6. Ковальжина Л.С. Модели поведения населения в сфере профилактики йодного дефицита / Ковальжина Л.С. // Современные исследования социальных проблем. – 2015. – №7. – С. 74-85.
7. Белых Н.А. Йодный дефицит и интеллект ребенка: механизмы негативного влияния и пути профилактики / Белых Н.А. // Наука молодых – Eruditio Juvenium. – 2017. – Т. 5, №2. – С. 251-264.
8. Краснов В.М. Современное состояние проблемы йододефицитных заболеваний / Краснов В.М. // Педиатрическая фармакология. – 2010. – Т. 7. – №1. – С. 108-112.
9. Хлебникова Л.Н. Профилактика донозологической формы йододефицитного состояния у детей предпубертатного возраста: Автореф. дис. ... канд. мед. наук / Л.Н. Хлебникова. – Москва, 2007. – 25с.
10. Платонова Н. М. Йододефицитные состояния (профилактика, диагностика, лечение и мониторинг) : Автореф. дис. ... докт. мед. наук / Н. М. Платонова. – Москва, 2010. – 47с.
11. Трошина Е.А. Профилактика заболеваний, связанных с дефицитом йода в группах высокого риска их развития: современные подходы / Трошина Е.А. // Педиатрическая фармакология. – 2010. – Т. 7. – №3. – С. 46–50.
12. Трошина Е.А. Профилактика йододефицитных заболеваний в группах высокого риска их развития / Трошина Е.А. // Трудный пациент. – 2013. – Т. 11. – №2-3. – С. 12-15.
13. Касаткина Э.П. Йододефицитные заболевания: генез, профилактика, лечение / Касаткина Э.П. // Фарматека. – 2003. – №8. – С.10-13.
14. Богданьянц М.В. Профилактика и прогнозирование йододефицитных заболеваний у детей дошкольного возраста в условиях йодного дефицита и антропогенной нагрузки: Автореф. дис. ... канд. мед. наук / М.В. Богданьянц. – Астрахань, 2007. – 24с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Koval'zhina L.S. Regional'nye profilakticheskie programmy kak instrument sotsial'nogo upravleniya zdorov'em naseleniya [Regional prevention programs as a social public-health management tool] / Koval'zhina L.S. // Obshchestvo: sotsiologiya, psikhologiya, pedagogika [Society: sociology, psychology, pedagogics]. – 2016. – №12. – P. 22-24. [in Russian]
2. Platonova N.M. Yodnyy defitsit sovremennoe sostoyanie problem [Iodine deficiency: the current status of the problem] / Platonova N.M. // Klinicheskaya i eksperimental'naya tireoidologiya [Clinical and experimental thyroidology]. – 2015. – V. 11. – №1. – P. 12-21. [in Russian]
3. Eastman CJ, Zimmermann MB. The Iodine Deficiency Disorders. In: De Groot LJ, Chrousos G, Dungan K, et al., editors. Endotext. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2000.
4. Sharapova. O.V. Yododefitsitnye zabolevaniya u detey v Rossiyskoy Federatsii [Iodine deficiency-related diseases in children in the Russian Federation] / Sharapova O.V., Dedov I.I., Korsunskiy A.A. and others. // Voprosy sovremennoy pediatrii [Current pediatrics]. – 2004. – №3. – P. 8-14. [in Russian]
5. Fadeev V.V. Geneticheskie faktory v patogeneze yoddefitsitnogo zoba [Genetic factors in the pathogenesis of iodine deficiency-induced goiter] / Fadeev V.V., Abramova N.A. // Problemy endokrinologii [Issues of endocrinology]. – 2004. – V. 50. № 1. – P. 51-55. [in Russian]
6. Koval'zhina L.S. Modeli povedeniya naseleniya v sfere profilaktiki yodnogo defitsita [Population behavioral models in the field of iodine deficiency prevention] / Koval'zhina L.S. // Sovremennye issledovaniya sotsial'nykh problem [Modern studies of social issues]. – 2015. – №7. – P. 74-85. [in Russian]
7. Belykh N. A. Yodnyy defitsit i intellekt rebenka: mekhanizmy negativnogo vliyaniya i puti profilaktiki [Iodine deficiency and child intelligence: detrimental effect mechanisms and prevention methods] / Belykh N. A. // Nauka molodykh [Eruditio Juvenium] – 2017. – V. 5, №2. – P. 251-264 [in Russian]
8. Krasnov V.M. Sovremennoe sostoyanie problem yoddefitsitnykh zabolevaniy [Current status of the iodine deficiency-related disease problem] / Krasnov V.M. // Peditricheskaya farmakologiya [Pediatric pharmacology]. – 2010. – V. 7. – №1. – P. 108-112. [in Russian]
9. Khlebnikova L.N. Profilaktika donozologicheskoy formy yoddefitsitnogo sostoyaniya u detey predpubertatnogo vozrasta [Prevention of a prenosological form of the iodine deficiency-related condition in prepubertal children] : Abstract of diss...of MD / L.N. Khlebnikova. – Moscow, 2007. –25 p. [in Russian]
10. Platonova N.M. Joddefitsitnye sostoyaniya (profilaktika, diagnostika, lechenie i monitoring) [Iodine deficiency-related conditions (prevention, diagnosis, treatment and monitoring)] : Abstract of diss...of MD / N.M. Platonova – Moscow, 2010. – 47 p. [in Russian]

11. Troshina E.A. Profilaktika sabolevaniy, svyazannykh s defitsitom joda v gruppakh vysokogo riska ikh rasvitiya: sovremennye podkhody [Prevention of the diseases related to iodine deficiency in high-risk groups: modern approaches] / Troshina E.A. // *Pediatricheskaya farmakologiya* [Pediatric pharmacology]. - 2010. - V. 7. - №3. - P. 46–50. [in Russian]
12. Troshina E.A. Profilaktika yoddefitsitnykh zabolevaniy v gruppakh vysokogo riska ikh rasvitiya [Prevention of iodine deficiency-related diseases in high-risk groups] / Troshina E.A. // *Trudnyy patsient* [A difficult patient]. – 2013. – V. 11. - №2-3. – P. 12-15. [in Russian]
13. Kasatkina E.P. Yoddefitsitnye zabolevaniya: genez, profilaktika, lechenie [Iodine deficiency-related diseases: genesis, prevention and treatment] / Kasatkina E.P. // *Farmateka* [Pharmacy]. - 2003. - №8. - P.10-13. [in Russian]
14. Bogdan'yants M. V. Profilaktika i prognozirovaniye yoddefitsitnykh zabolevaniy u detey doshkol'nogo vozrasta v usloviyakh jodnogo defitsita i antropogennoy nagruzki [Prevention and forecasting of iodine deficiency-related diseases in pre-school children in the conditions of iodine deficiency and anthropogenic stress, Astrakhan] : Abstract of diss. ... of MD / M.V. Bogdan'yants– Astrakhan, 2007. – 24p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.023>

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ

Научная статья

Качанов Д.А.^{1,*}, Манюшина В.М.², Соловых Т.С.³, Чернова К.А.⁴, Мкртчян Г.В.⁵

¹ORCID: 0000-0003-1528-1899;

^{1, 2, 3, 4, 5} ФГБОУ ВО СЗГМУ имени И.И. Мечникова Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

* Корреспондирующий автор (Dmitrii.Kachanov[at]szgmu.ru)

Аннотация

Организм медицинского работника находится в окружении неблагоприятных факторов производственной среды, под влиянием которых возможно развитие различных психофизиологических дисфункций. В данной статье был проведен анализ напряженности труда медицинских работников нескольких больниц г. Санкт-Петербурга с выявлением у них психосоматических патологий. На основании полученных результатов было сделан вывод о том, что сотрудники обследованных больниц в средней степени адаптированы к стрессовым воздействиям на свой организм.

Ключевые слова: напряженность труда, медицинские работники, производственные факторы, психосоматические патологии.

INFLUENCE OF PRODUCTION FACTORS ON THE STATE OF A MEDICAL SPECIALIST'S ORGANISM

Research article

Kachanov D.A.^{1,*}, Manyushina V.M.², Solovykh T.S.³, Chernova K.A.⁴, Mkrtchyan G.V.⁵

¹ORCID: 0000-0003-1528-1899;

^{1, 2, 3, 4, 5} FSBEI of HE NWSMU named after I.I. Mechnikov Ministry of Health of Russia, St.Petersburg, Russia

* Corresponding author (Dmitrii.Kachanov[at]szgmu.ru)

Abstract

The body of a medical specialist is surrounded by adverse factors of the working environment, under the influence of which the development of various psychophysiological dysfunctions is likely. In this article, the authors conducted the analysis of the labor intensity of medical specialists in several hospitals in St. Petersburg with the identification of psychosomatic pathologies. Based on the obtained results, it was concluded that the staff of the examined hospitals are averagely adapted to stressful effects on their bodies.

Keywords: labor intensity, medical specialists, production factors, psychosomatic pathologies.

Введение

Современная медицина требует от медработника быстрой смены вида деятельности, работы в различных условиях и под влиянием неблагоприятных факторов производственной среды. К таким факторам относятся нервно-эмоциональное напряжение, возможность травматизма, суточный режим работы, высокое напряжение анализаторных систем. А нагрузки, превышающие адаптивные возможности здорового человека, способны вызывать многочисленные психофизиологические дисфункции. Стрессовые воздействия на организм медицинских работников требуют особого внимания, поскольку на сегодняшний день не существует единой организационной системы их профессиональной безопасности.

Цель

В рамках данного исследования произведён анализ напряженности труда и оценка психофизиологического состояния медицинских работников, и выявление у них психосоматических патологий.

Методы и принципы исследования

Было обследовано 200 медицинских работников (100 мужчин, 100 женщин, средний возраст – 38,2±7,7), различного стажа работы и не предъявляющих никаких жалоб на состояние своего здоровья. Исследование проводилось на базах пяти больниц Санкт-Петербурга, в каждой из которых отбирались сотрудники 4 отделений: терапевтического, травматологического, хирургического и урологического. В работе использованы методические подходы, дающие характеристику состояния здоровья медработников, с применением некоторых физиологических и психологических параметров: 1) сбор анамнеза; 2) измерение артериального давления (АД) и частоты пульса (ЧП), подсчет индекса Руфье – для установления разницы уровня напряженности до и после работы; 3) методика простой зрительно-моторной реакции; 4) шкала самооценки Спилберга-Ханина – для оценки реактивной тревожности; 5) корректурный тест Анфимова – для выявления уровня умственной работоспособности; 6) тест жизнестойкости – для изучения ресурсов личности в процессе совладания с трудными жизненными ситуациями. Все обследуемые медицинские работники по возрасту и стажу работы были распределены на 4 группы:

I группа- возраст - 21-30 лет, стаж – 1-6 лет (17 человек);

II группа – возраст - 31-40 лет, стаж 7-20 лет (102 человека);

III группа – возраст - 41-50 лет, стаж – 21-29 лет (49 человек);

IV группа – возраст - более 51 года, стаж – более 30 лет (32 человека).

Основные результаты и обсуждение

Исследование состояния медперсонала до и после работы выявило их достаточную адаптацию к различным факторам внешней среды. Так, оценивая показатели АД до работы, были получены следующие результаты:

наибольшие показатели выявлены у медработников хирургических отделений ($127.4 \pm 2.79 / 75.6 \pm 1.82$), далее идут работники травматологических ($125.6 \pm 1.76 / 73.1 \pm 2.50$), затем урологических отделений ($121.3 \pm 1.80 / 72.1 \pm 1.48$), и наименьшие значения АД выявлены у сотрудников терапевтических отделений ($119.2 \pm 1.57 / 70.3 \pm 2.31$) (рис. 1). Измеряя АД после рабочего дня, было установлено незначительное, статистически достоверное повышение уровня как систолического, так и диастолического артериального давления во всех отделениях: в хирургии – на $1.9 \pm 0.12 / 2.4 \pm 0.25$, в травматологии – на $1.6 \pm 0.1 / 1.9 \pm 0.4$, в урологии – на $1.5 \pm 0.06 / 1.2 \pm 0.21$, в терапии – на $1.3 \pm 0.07 / 1.8 \pm 0.3$ (рис. 1). Подобная динамика отмечалась и у показателя частоты пульса. В среднем высокая ЧП отмечалась у медработников хирургических отделений, а самая низка ЧП обнаружена у сотрудников терапевтических отделений (рис. 2). После измерения артериального давления и подсчета частоты пульса медработникам предлагалось пройти пробу Руфье. У обследуемого, находящегося в положении лежа на спине, в течение 5 минут, определяют частоту пульса за 15 секунд (P_1), затем испытуемый выполняет 30 приседаний, после окончания которых он ложится, и у него вновь подсчитывают частоту пульса за 15 секунд (P_2). После этого подсчитывают еще раз ЧП, но уже за последние 15 секунд периода восстановления (P_3). Индекс Руфье рассчитывают по формуле:

$$\text{Индекс Руфье} = \frac{4 \times (P_1 + P_2 + P_3) - 200}{10}$$

и далее оценивают по шкале от 0 до 15 баллов. Результат менее 3 баллов говорит о хорошей работоспособности; 3-6 – о средней; 7-9 – об удовлетворительной; 10-14 – о плохой и указывает на среднюю сердечную недостаточность; более 15 – указывает на сильно выраженную сердечную недостаточность.

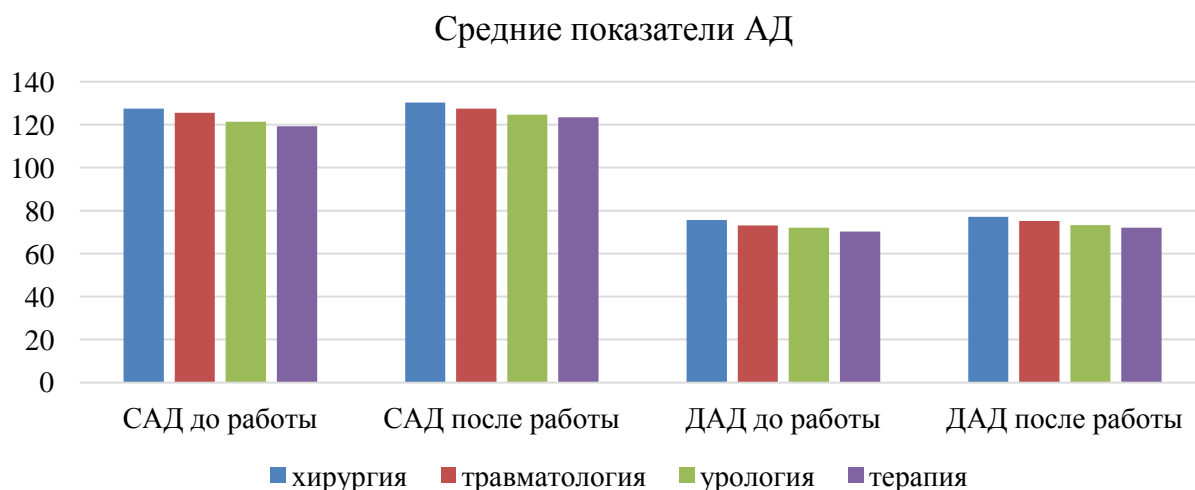


Рис. 1 – Средние показатели систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления у медперсонала до и после работы

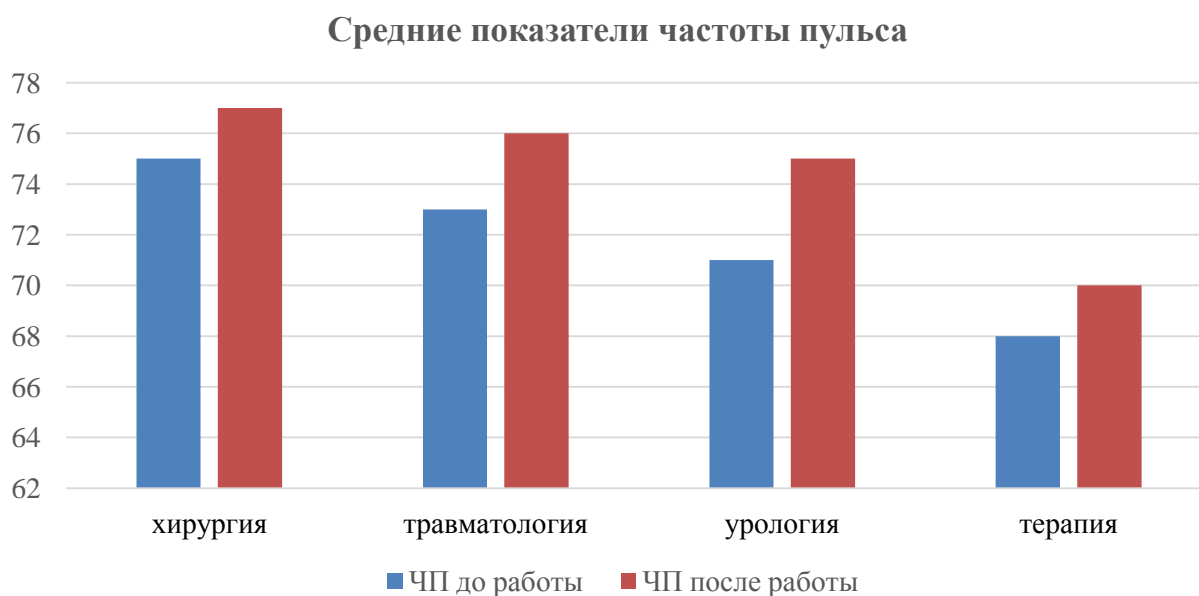


Рис. 2. – Средние показатели частоты пульса (ЧП) у медперсонала до и после работы

У всех медицинских работников всех 4 исследуемых отделений до работы выявлена хорошая работоспособность, переходящая в среднюю после трудового дня (рис. 3).

Средние показатели индекса Руфье

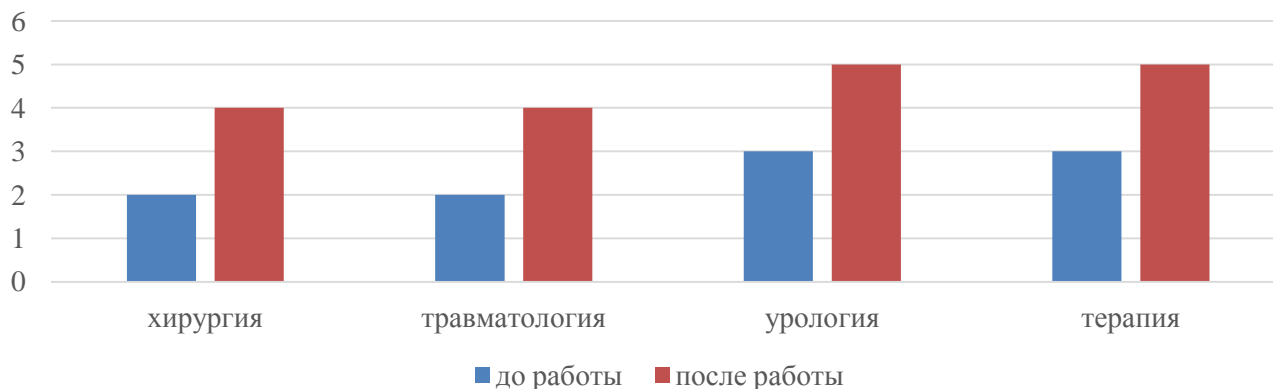


Рис. 3. – Средние показатели индекса Руфье, рассчитанного у медработников до и после работы

Время, потраченное на выполнение зрительно-моторного теста, было наименьшим у работников хирургических отделений (402-415 мс – до работы и 407-418 мс – после). Результаты выполнения этой методики у лиц вышеназванной профессиональной группы были самыми точными. Далее показатели затраченного времени распределились следующим образом: урологические > травматологические > терапевтические отделения (рис. 4).

Изменения времени прохождения ЗМТ

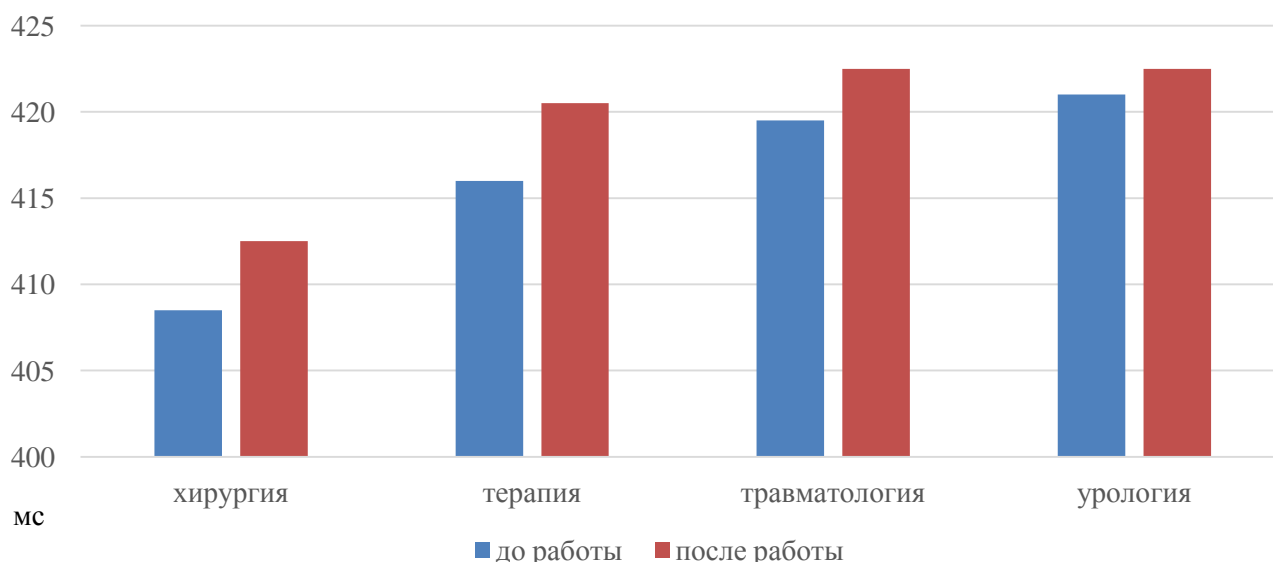


Рис. 4. – Время прохождения зрительно-моторного теста (ЗМТ) до и после работы

Умственная работоспособность зависит от напряженности функционирования сенсорных систем, которые воспринимают информацию, от состояния мышления, внимания и памяти. Изучение умственной работоспособности человека помогает контролировать функциональное состояние центральной нервной системы и ее изменения под влиянием различных факторов производственной среды.

Для оценки уровня умственной работоспособности медицинского персонала было использовано 4-минутное дозированное задание (корректурный тест Анфимова).

Результаты тестирования для каждого отделения представлены в таблице 1. Тест показал незначительное снижение показателя устойчивости внимания к концу рабочего дня у медработников всех исследуемых отделений (рис. 5).

Таблица 1 – Результаты тестирования

Отделения	Количество просмотренных знаков		Количество допущенных ошибок	
	До работы	После работы	До работы	После работы
Хирургические	1209-1301	1140-1251	0-1	0-1
Травматологические	1201-1287	1147-1234	0-1	0-2
Урологические	1187-1280	1151-1279	0-1	0-2
Терапевтические	1205-1299	1187-1258	0-1	0-1

Средний показатель реактивной тревожности в начале рабочего дня в каждом отделении был разным: более высокие показатели отмечены у медработников хирургических отделений (53.6 ± 1.4), самые низкие – у медработников терапевтических отделений (50.6 ± 1.0). В конце рабочего подобная динамика сохранилась (табл. 2.).

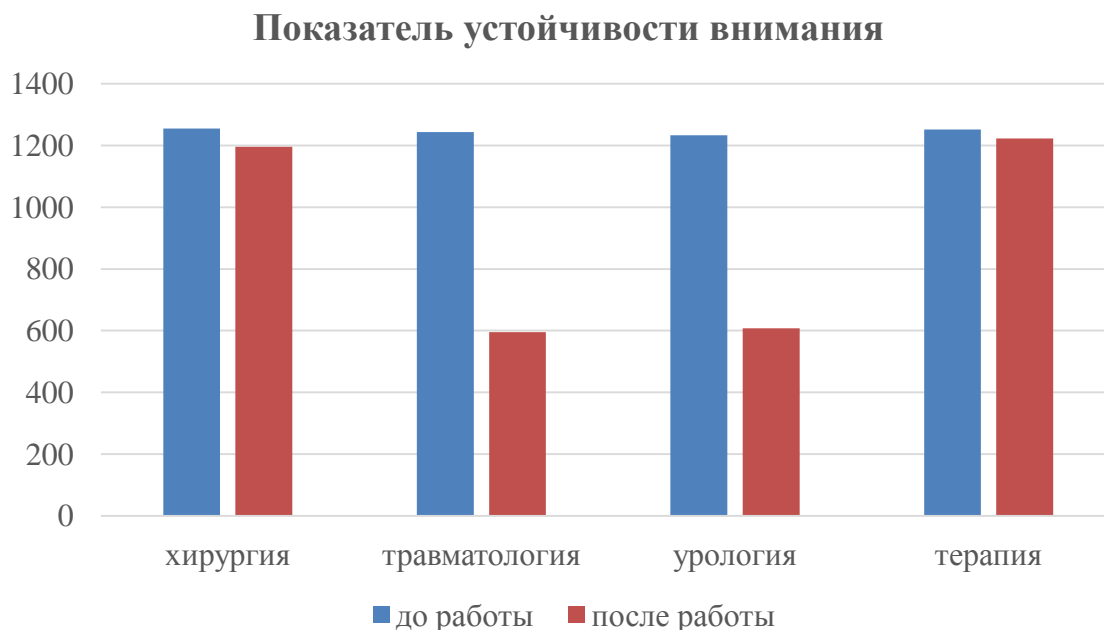


Рис. 5. – Средние показатели устойчивости внимания медицинских работников к началу и концу трудового дня.

Таблица 2 – Изменения показателей реактивной тревожности до и после работы

Отделения	До работы	После работы
Хирургические	53.6 ± 1.4	60.7 ± 2.4
Травматологические	52.7 ± 1.2	58.8 ± 1.9
Урологические	50.8 ± 0.8	53.4 ± 1.2
Терапевтические	50.6 ± 1.0	52.3 ± 0.8

Что же касается теста жизнестойкости, то основываясь на его результатах, можно судить о высоких показателях вовлеченности в производственный процесс и контроля над происходящим у всего медперсонала.

Неотъемлемой частью обследования был сбор анамнестических данных о состоянии здоровья медработников. При обследовании сотрудников до начала рабочего дня каждый из них чувствовал себя бодрым и готовым к напряженному дню. После же, в конце трудовой смены, отмечалась вялость и незначительная раздраженность. По результатам расспроса у многих медработников были выявлены психосоматические заболевания (табл. 3).

Таблица 3 – Распространенность психосоматических заболеваний у обследуемых медицинских работников.

Группы обследуемых	Количество человек в группе	Гастрит	ЯБЖ и двенадцатиперстной кишки	ГБ	Вегето-сосудистая дистония
I (21-30 лет)	17	16	-	-	10
II (31-40 лет)	102	98	10	-	57
III (41-50 лет)	49	45	5	-	40
IV (старше 51 года)	32	32	1	2	30

Примечание: ЯБЖ – язвенная болезнь желудка; ГБ – гипертоническая болезнь

Заключение

На основании полученных результатов можно говорить о том, что сотрудники обследованных больниц в средней степени адаптированы к стрессовым воздействиям на свой организм. Для успешной трудовой деятельности у медработников подключаются высшие центры коры головного мозга, которые вмешательством в регуляторную деятельность активизируют функционирование ряда систем для достижения полезного приспособительного результата. Ослабление функционального состояния центральной нервной системы происходит при развитии умственного утомления, связанного у медицинских работников с напряженной и сложной умственной работой. А прогрессирующее утомление и переход его в переутомление относится к патологическим состояниям, которые могут привести к снижению усвоения информации, памяти, концентрации внимания, а также к нервно-психической дезадаптации, что в свою очередь может привести к развитию многих психосоматических заболеваний.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Глебова Е.В. Производственная санитария и гигиена труда: учеб. пособие / Глебова Е.В. – М. : Academia, 2014. – 352 с.
2. Локтионов В.Р. Физиологическая оценка и прогноз напряженности труда медработников центра крови : дис. ... канд. мед. уау / Локтионов В.Р.. – Караганда, 2005. – 182 с.
3. Рыжикова М.С. Психофизиологические показатели медицинских работников с разными биологическими ритмами / Рыжикова М.С. // Вестник психофизиологии. – 2015. - №4. – С. 105-106.
4. Измеров Н.Ф. Гигиена труда : учебник / Измеров Н.Ф., Кириллов В.Ф. – М. : ГЭОТАР-Медиа. – 2010. – 592 с.
5. Качанов Д.А. Физиологическая оценка напряженности труда медицинских работников / Качанов Д.А. // Молодежь и медицинская наука в XXI веке: сборник трудов XVIII Всероссийской научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием. Под ред. И.В. Шешунова, Н.К. Мазиной, Ю.В. Кислицина. – 2017. – С. 317-318.
6. Кожевников С.Н. и соавт. Условия труда и здоровье медицинских работников — социально-гигиенические аспекты / Кожевников С.Н. // Здоровье населения и среда обитания. - 2013. - №5 (242). – С. 19-20.
7. Величковский Б.Т. Жизнеспособность нации. Особая роль трудовой мотивации и социального стресса / Величковский Б.Т. // Материалы VII Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье». - 2008. - С. 6—18.
8. Полунина Н.В. Медико-социальные факторы риска и их профилактика / Полунина Н.В. // Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. - 2001. - № 3. - С. 10—12.
9. Казей Э.К. Комплексная гигиеническая оценка условий труда медицинских работников, занятых в кабинетах магнитно-резонансной томографии / Казей Э.К. // Здоровье и окружающая среда. – 2013. - №23. – С. 28-33.
10. Сейдуанова Л.Б. Оценка напряженности в трудовой деятельности врачей общей практики / Сейдуанова Л.Б. // Вестник Казахского Национального медицинского университета. – 2017. - №4. – С.339-341.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Glebova E.V. Proizvodstvennaya sanitariya i gigiyena truda: ucheb. posobiye [Industrial sanitation and occupational health: textbook. Allowance] / Glebova E.V. – M.: Academia, 2014. – 352 p. [in Russian]
2. Loktionov V.R. Fiziologicheskaya otsenka i prognoz napryazhennosti truda medrabotnikov tsentra krovi [Physiological assessment and prognosis of labor intensity of blood center health workers] / Loktionov V.R.: Thesis of PhD in Medicine – Karaganda, 2005. – 182 p. [in Russian]
3. Ryzhikova M.S. Psikhofiziologicheskiye pokazateli meditsinskikh rabotnikov s raznymi biologicheskimi ritmami [Psychophysiological indicators of medical workers with different biological rhythms] / Ryzhikova M.S. // Vestnik psikhofiziologii [Bulletin of psychophysiology]. – 2015. – No. 4. – P. 105-106. [in Russian]
4. Izmerov N.F. Gigiyena truda : uchebnik [Occupational health: a textbook] / Izmerov N.F., Kirillov V.F. – M.: GEOTAR-Media. – 2010. – 592 p. [in Russian]
5. Kachanov D.A. Fiziologicheskaya otsenka napryazhennosti truda meditsinskikh rabotnikov [Physiological assessment of the intensity of labor of medical workers] / Kachanov D.A. // Molodezh' i meditsinskaya nauka v XXI veke: sbornik trudov XVIII Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiyem [Youth and medical science in the XXI century: collection of works of the XVIII All-Russian scientific conference of students and young scientists with international participation]. Ed. by I.V. Sheshunova, N.K. Mazinoy, Yu.V. Kislitsin. – 2017. – P. 317-318. [in Russian]
6. Kozhevnikov S.N. Usloviya truda i zdorov'ye meditsinskikh rabotnikov — sotsial'no-gigiyenicheskiye aspekty [Working conditions and the health of medical workers are socio-hygienic aspects] / Kozhevnikov S.N. // Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya [Public health and habitat]. – 2013. – No. 5 (242). – P. 19-20. [in Russian]
7. Velichkovsky B.T. Zhiznesposobnost' natsii. Osobaya rol' trudovoy motivatsii i sotsial'nogo stressa [Vitality of nation. Special role of labor motivation and social stress] / Velichkovsky B.T. // Materialy VII Vserossiyskogo kongressa «Professiya i zdorov'ye» [Materials of the VII All-Russian Congress "Profession and Health"]. – 2008. – P. 6-18. [in Russian]
8. Polunina N.V. Mediko-sotsial'nyye faktory riska i ikh profilaktika [Medical and social risk factors and their prevention] / Polunina N.V. // Profilaktika zabolevaniy i ukrepleniye zdorov'ya [Disease prevention and health promotion] - 2001. – No. 3. – P. 10-12. [in Russian]
9. Kazey E.K. Kompleksnaya gigiyenicheskaya otsenka usloviy truda meditsinskikh rabotnikov, zanyatykh v kabinetakh magnitno-rezonansnoy tomografii [Comprehensive hygienic assessment of working conditions of medical workers employed in magnetic resonance imaging cabinets] / Kazey E.K. // kabinetakh magnitno-rezonansnoy tomografii. // [Health and environment]. – 2013. – No. 23. – P. 28-33. [in Russian]
10. Seyduanova L.B. Otsenka napryazhennosti v trudovoy deyatel'nosti vrachey obshchey praktiki [Assessment of tension in labor activity of general practitioners] / Seyduanova L.B. // Vestnik Kazakhskogo Natsional'nogo meditsinskogo universiteta [Bulletin of the Kazakh National Medical University]. – 2017. – No. 4. – P.339-341. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.024>

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЛИЯНИЯ МЕТОДА ПАРЕНТЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА МЕТАБОЛИЗМ ПАЦИЕНТОВ С ОСТРЫМ ТЯЖЕЛЫМ ПАНКРЕАТИТОМ

Научная статья

Сорокина Е.Ю.^{1,*}, Бельх Л.С.²

¹ ORCID: 0000-0002-7374-0507;

¹ ГУ «Днепропетровская медицинская академия МЗ Украины», Днепр, Украина;

² Днепропетровское клиническое объединение скорой медицинской помощи, Днепр, Украина

* Корреспондирующий автор (sorokinaeu[at]ukr.net)

Аннотация

Проанализированы данные пациентов с тяжелым острым панкреатитом (ОП), которые были пролечены за период с 2014 по 2018 гг. Пациентам, у которых на вторые сутки проведения интенсивной терапии наблюдались явления кишечной недостаточности, что делало невозможным проведение раннего энтерального питания, нутритивная поддержка начиналась с проведения полного парентерального питания (ППП). В зависимости от вида смеси, которая использовалась в качестве нутритивной поддержки, больные были разделены на подгруппы: подгруппа 1 (n = 22) - больные, получившие трехкомпонентные смеси в специальных мешках для ППП. Подгруппа 2 (n = 20) - больные, которые для проведения ППП получили трехкомпонентные смеси с повышенным содержанием w-3 жирных кислот. Подгруппа 3 (контрольная) - больные (n = 25), у которых проводилось ППП отдельными модулями из углеводов, аминокислот и липидов.

Проведение модульного ПП не обеспечивало билковосберегающий эффект на фоне гиперкатаболизма, обусловленном течением тяжелого ОП, сопровождалось увеличением количества осложнений течение ранней фазы заболевания (R = 0,797, p = 0,005) и увеличением длительности госпитализации (R = 0,643, p = 0,051).

Добавление w-3 ЖК в состав смесей в трехкамерных мешках для проведения парентерального питания способствовало более быстрому восстановлению уровня общего белка, альбумина и глюкозы сыворотки крови на фоне течения тяжелого ОП (R = 0,783, p = 0,037).

Ключевые слова: острый панкреатит, нутритивная поддержка, парентеральное питание, w-3 жирные кислоты.

COMPARATIVE ANALYSIS OF INFLUENCE OF PARENTERAL NUTRITION METHOD ON METABOLISM OF PATIENTS WITH ACUTE SEVERE PANCREATITIS

Research article

Sorokina E.Yu.^{1,*}, Belykh L.S.²

¹ ORCID: 0000-0002-7374-0507;

¹ State Institution "Dnepropetrovsk Medical Academy of the Ministry of Health of Ukraine," Dnipro, Ukraine;

² Dnepropetrovsk Clinical Association of Emergency Medical Service, Dnipro, Ukraine

* Corresponding author (sorokinaeu[at]ukr.net)

Abstract

The authors analyzed the data on patients with severe acute pancreatitis (AP) who were treated during the period from 2014 to 2018. Nutritional support was started with full parenteral nutrition (FPN) for patients who showed symptoms of intestinal insufficiency on the second day of intensive care, which made it impossible to conduct early enteral nutrition. Depending on the type of mixture that was used as nutritional support, patients were divided into subgroups: subgroup No.1 (n = 22) included patients who received three-component mixtures in special bags for FPN. Subgroup No.2 (n = 20) included patients who received triple-component mixtures with increased content of w-3 fatty acids for FPN. Subgroup No.3 (control) included patients (n = 25) who got FPN with separate modules of carbohydrates, amino acids, and lipids.

Conducting modular PN did not provide a protein-saving effect against the background of hypercatabolism caused by severe AP, was accompanied by an increase in the number of complications during the early phase of the disease (R = 0.797, p = 0.005) and an increase in the length of hospitalization (R = 0.643, p = 0.051).

The addition of w-3 FA to the composition of mixtures in three-chamber bags for parenteral nutrition contributed to a more rapid restoration of the level of total protein, albumin, and blood glucose in the presence of severe AP (R = 0.783, p = 0.037).

Keywords: acute pancreatitis, nutritional support, parenteral nutrition, w-3 fatty acids.

Введение

По данным Рекомендаций по лечению тяжелого острого панкреатита (2019), у 20–30% пациентов развивается тяжелая форма острого панкреатита (ОП), при котором частота госпитальной смертности составляет около 15%, зачастую обусловлена дисфункцией одного или нескольких органов, требующей интенсивной терапии [7]. Развитие панкреонекроза связано с ухудшением функций органов, и он встречается примерно у 20–40% пациентов с тяжелым ОП.

Наиболее часто используемой системой классификации для ОП на сегодняшний день является пересмотренная классификация Атланты и определений на основе международного консенсуса 2012 года [5]. Согласно данной классификации выделяются: легкий ОП, который не имеет органной недостаточности, местных или системных осложнений и обычно проходит в течение первой недели. Умеренно тяжелый ОП, который характеризуется наличием

преходящей органной недостаточности, локальных осложнений или обострения сопутствующей патологии. Тяжелый ОП – определяется наличием стойкой органной недостаточности (>48 часов).

Ранняя фаза ОП делится на IA (первая неделя заболевания) и IB (вторая неделя заболевания). С 14-х суток от начала заболевания в поджелудочной железе и в забрюшинной клетчатке начинают формироваться секвестры (фаза секвестрации).

Основные вопросы, которые рекомендовано ставить при проведении интенсивной терапии (ИТ), это [7]:

1. Какие показания к госпитализации в ОАИТ?
2. Когда показана жидкостная ресусцитация и какой раствор следует употреблять? Какова оптимальная скорость инфузии начальной реанимации? Какой фармакологический подход предпочтителен к устойчивому шоку?
3. Какой правильный подход к контролю боли?
4. Какие показания к ИВЛ?
5. Какой медицинский подход к синдрому брюшной гипертензии? Какова роль таких препаратов, как аналоги соматостатина?
6. Энтеральное питание (ЭП): какие показания, какой тип питания следует употреблять и какой самый лучший способ введения ЭП?

Залогом асептического течения ОДП служит метаболическое обеспечение высокоэнергетических иммунных реакций [6].

Энтеральное питание (ЭП) рекомендуется для предотвращения кишечной недостаточности и инфекционных осложнений. Согласно рекомендациям, у больных следует избегать полного парентерального питания (ППП), но следует учитывать, что комбинация парентерального питания (ПП) позволяет достичь потребности в калориях и белках, если ЭП не полностью переносится [7].

Однако, ППП следует назначать максимально быстро, при наличии показаний к лечебному питанию и противопоказаний к назначению ЭП [1]. В методических рекомендациях ESPEN guideline: Clinical nutrition in surgery (2017) отмечается, что целесообразно использовать контейнеры «три-в-одном» при проведении ППП [2].

Согласно рекомендациям ESPEN guidelines on parenteral nutrition: surgery (2009) для профилактики гнойно-септических осложнений рекомендуется использовать растворы, содержащие жировую эмульсию 3 поколения, обогащенную омега-3 жирными кислотами (w-3 ЖК) [3]. Обогащенные рыбьим жиром липидные эмульсии снижают продолжительность пребывания в стационаре пациентов с критическими состояниями [8].

Методы и принципы исследования

Проанализированы данные пациентов с тяжелым острым панкреатитом, которые были госпитализированы в отделение интенсивной терапии (ОИТ) Днепровского клинического объединения скорой медицинской помощи за период с 2014 по 2018 годы.

Пациентам, у которых на вторые сутки проведения интенсивной терапии сохранялись явления кишечной недостаточности, что делало невозможным проведение раннего энтерального питания, нутритивная поддержка начиналась с проведения полного парентерального питания. Рандомизации больных в подгруппы проводилась в зависимости от вида смеси, которая использовалась в качестве нутритивной поддержки:

Подгруппа 1 (n=19) – больные с тяжелым острым панкреатитом, получившие трехкомпонентные смеси в специальных мешках для ППП.

Подгруппа 2 (n=17) – больные, которые для проведения ППП получили трехкомпонентные смеси с повышенным содержанием w-3 жирных кислот.

Подгруппа 3 – больные (n=21), у которых проводилось ППП отдельными модулями из углеводов, аминокислот и липидов.

Критерии включения – госпитализация в ОИТ на протяжении первых суток от начала заболевания. Точки контроля: при поступлении больного в ОИТ, через 24 часа после начала ИТ (2 сутки), 3, 5, 7, 14, 21 сутки.

Проводили мониторинг основных клинических показателей: частота дыхания (ЧД в 1 мин), сатурация (StO₂%), температура тела (°C), частота сердечных сокращений (ЧСС, уд / мин), артериальное давление (АД, мм рт. ст.). Оценивали тип гемодинамики по данным реографии, признаки диспептического синдрома, пареза кишечника и уровень внутрибрюшного давления (ВБД, мм рт. ст.), диурез (мл/ч).

Определяли активность альфа-амилазы в сыворотке крови, уровень диастазы в моче. Клинико-лабораторные показатели включали общий анализ крови и глюкозу крови, биохимический анализ крови (уровень общего белка и альбумина, креатинина, мочевины, трансаминаз и билирубина), показатели системы гомеостаза (коагулограммы), липидограмму (уровень холестерина, триглицеридов сыворотки крови, индекс атерогенности), уровень электролитов (Na⁺, Cl⁻, K⁺, ммоль/л) и показатели кислотно-щелочного состояния.

Всем больным проводилась стандартная ИТ: зондирование для декомпрессии желудка, коррекция дегидратации сбалансированными кристаллоидами под динамическим гемодинамическим мониторингом, контроль боли обеспечивался проведением мультимодальной анальгезии (нестероидные противовоспалительные препараты в комбинации со спазмолитиками, продленная эпидуральная анальгезия), контроль дыхательной недостаточности (респираторная терапия), антимикробная терапия, подавление секреции желудка (ингибиторы протонной помпы) и поджелудочной железы (октреотид 0,1 мг подкожно 3 раза в течение 3 суток), профилактика тромбозов осложнений, стимуляция перистальтики, выбор метода нутритивной поддержки в зависимости от функции желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), эндоскопическое установление зонда за дуоденоюнальный изгиб при принятии решения проведения трофического ЭП. При необходимости проведения хирургического лечения операциями выбора были – диагностическая лапароскопия и дренирование брюшной полости.

Функция ЖКТ определялась на основании исходных показателей болевого, диспептического синдрома (тошнота, рвота, диарея, вздутие живота и нарушение перистальтики), уровня внутрибрюшного давления (ВБД, мм рт. ст.) и остаточного объема желудка (мл).

Для описания первичного массива данных использовали результаты описательной статистики. Для количественных данных проверку гипотезы о нормальном законе распределения случайной величины проводили по критерию Шапиро-Уилка. В случаях нормального закона распределения данных статистические характеристики были представлены в виде: объема выборки (n - количество наблюдений), средней арифметической (M), стандартной ошибки средней (m), стандартного отклонения (standard deviation - SD), 95% доверительного интервала для средней (95% confidence interval - $CI_{min}-CI_{max}$), коэффициента вариации (C , %).

В случаях отклонения гипотезы о нормальном законе распределения данных приводили: значение медианы (Me), нижний квартиль 25% (lower quartile - LQ), верхний квартиль 75% (high quartile - HQ). Статистические характеристики подавались в тексте в виде: $M \pm m$ или Me (25%; 75%).

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета программ статистического анализа STATISTICA v.6.1 (Statsoft Inc., США).

Основные результаты

Этиологическим фактором развития ОП у больных группы исследования на фоне алиментарного (81,1%) были: избыточное потребление алкоголя (45,9%), билиарный ОП (10,8%), острый идиопатический панкреатит регистрировался у 2,7% случаев.

Сопутствующая патология определена в 99% пациентов с ОП. Превалировала сопутствующая патология со стороны сердечно-сосудистой системы (78,4%). У этих больных также регистрировали сопутствующую патологию со стороны дыхательной системы (10,8%), желудочно-кишечного тракта (17,0%), сопутствующий сахарный диабет (СД) II типа (16,2%) случаев. При этом определено, что у 75,7% больных регистрировалась полиморбидная патология.

У всех пострадавших были проанализированы гендерные и антропометрические показатели (Табл. 1). Определено, что 68% с ОП были мужчины, 32% – женщины. Пациенты подгрупп исследования достоверно не отличались по возрасту, весовым показателям и индексу массы тела (ИМТ).

Таблица 1 – Антропологические показатели пациентов подгрупп сравнения

Статистический показатель	Подгруппа 1	Подгруппа 2	Подгруппа 3	Межгрупповые отличия
Возраст, годы $M \pm m$ Me (25 %; 75 %)	50,1 \pm 4,8 53,0 (32,7; 64,0)	41,3 \pm 3,2 45,5 (32,7; 48,0)	47,3 \pm 2,5 47,0 (38,5; 55,0)	$p_{1,2}=0,146$ $p_{1,3}=0,611$ $p_{2,3}=0,158$
Масса, кг $M \pm m$ Me (25 %; 75 %)	93,9 \pm 4,3 96,5 (80,0; 106,3)	86,3 \pm 5,3 86,0 (78,3; 94,8)	86,3 \pm 3,4 84,0 (77,5; 95,0)	$p_{1,2}=0,280$ $p_{1,3}=0,177$ $p_{2,3}=0,996$
Рост, $M \pm m$, см Me (25 %; 75 %)	171,8 \pm 2,6 172,3 (165,5; 178,0)	172,9 \pm 3,9 177,0 (161,0; 183,7)	174,8 \pm 2,4 178,0 (167,0; 186,0)	$p_{1,2}=0,825$ $p_{1,3}=0,408$ $p_{2,3}=0,689$
ИМТ, $M \pm m$ Me (25 %; 75 %)	31,9 \pm 1,7 31,2 (28,3; 34,0)	29,1 \pm 1,9 28,4 (25,3; 31,2)	27,1 \pm 1,1 27,8 (25,2; 31,8)	$p_{1,2}=0,264$ $p_{1,3}=0,082$ $p_{2,3}=0,736$

Для исключения факторов, которые могут повлиять на результат анализа влияния нутритивной поддержки обнаружено, что при госпитализации пациенты имели острый тяжелый панкреатит, средние значения АРАСРЕ у пациентов 1, 2 и 3 подгрупп были 18,3 \pm 0,3 ед., 18,6 \pm 0,3 ед. и 18,0 \pm 0,5 ед., соответственно. Средние значения амилазы крови у пациентов 1, 2 и 3 подгрупп превышали верхнюю границу нормы в 3 раза (до 133,1 \pm 31,7 мккатал/л, 91,0 \pm 26,4 мккатал/л, 73,2 \pm 9,6 мккатал/л, соответственно), диастазы мочи – более чем в 5 раз (до 594,3 \pm 79,4 мккатал/л, 776,9 \pm 143,7 мккатал/л, 695,8 \pm 85,7 мккатал/л, соответственно).

Через 1 сутки проведения ИТ у больных 1 и 2 групп наблюдения достоверно снизились средние значения α -амилазы сыворотки крови на 55,9% и 65,7% соответственно ($p_1=0,009$ и $p_2<0,001$) и диастазы мочи на 10,8% и 16,8% ($p_1=0,016$ и $p_2=0,003$), соответственно. Полная нормализация уровня α -амилазы сыворотки крови у пациентов 1 и 2 групп регистрировалась на 7 сутки ИТ, когда ее средние значения были 22,0 \pm 2,1 мккатал/л и 26,1 \pm 2,4 мккатал/л, соответственно. Полная нормализация уровня диастазы мочи была на 14 день проведения ИТ (80,1 \pm 10,9 мккатал/л и 88,2 \pm 14,0 мккатал/л, соответственно). Уровень показателей был в пределах нормы весь последующий период наблюдения.

При госпитализации у пациентов с ОП наблюдалась гемоконцентрация, когда средние значения гематокрита крови у больных подгрупп 1, 2 и 3 были в пределах 49,7 \pm 1,1%, 49,0 \pm 1,3% и 48,1 \pm 1,3%, соответственно. Проведение инфузионной терапии в течение 1 суток интенсивной терапии у этих больных в объеме 3059,2 \pm 222,4 мл, 3230,0 \pm 183,6 и 3043,3 \pm 196,5 мл ($p_{1,2}=0,560$, $p_{1,3}=0,958$ и $p_{2,3}=0,494$) позволило снизить уровень Ht крови на 7,4%, 5,7 и 5,2%, соответственно. На 3 сутки средние значения Ht крови у больных 1 подгруппы достигали 43,8 \pm 0,9 ($p=0,001$ до исходного уровня), 2 подгруппы - 44,7 \pm 0,9% ($p=0,016$ до исходного уровня), 3 подгруппы – 43,8 \pm 0,8 ($p=0,001$ до исходного уровня). При этом средние значения не отличались статистически достоверно ($U=57,5$, $p=0,864$). Данные изменения можно объяснить использованием эффективного объема инфузионной терапии в комплексе интенсивной терапии (ИТ). Это позволяло корректировать гемоконцентрацию на фоне гиповолемии, которая развивалась в первых сутках заболевания у больных с ОП.

Таким образом, определено, что больные исследуемых подгрупп имели достоверной разницы показателей общих факторов, которые отражали тяжесть ОП при госпитализации.

При госпитализации уровень внутрибрюшного давления превышал норму на 23,8%. Динамику уровня ВБД у больных с тяжелым ОП в подгруппах представлено на рис. 1.

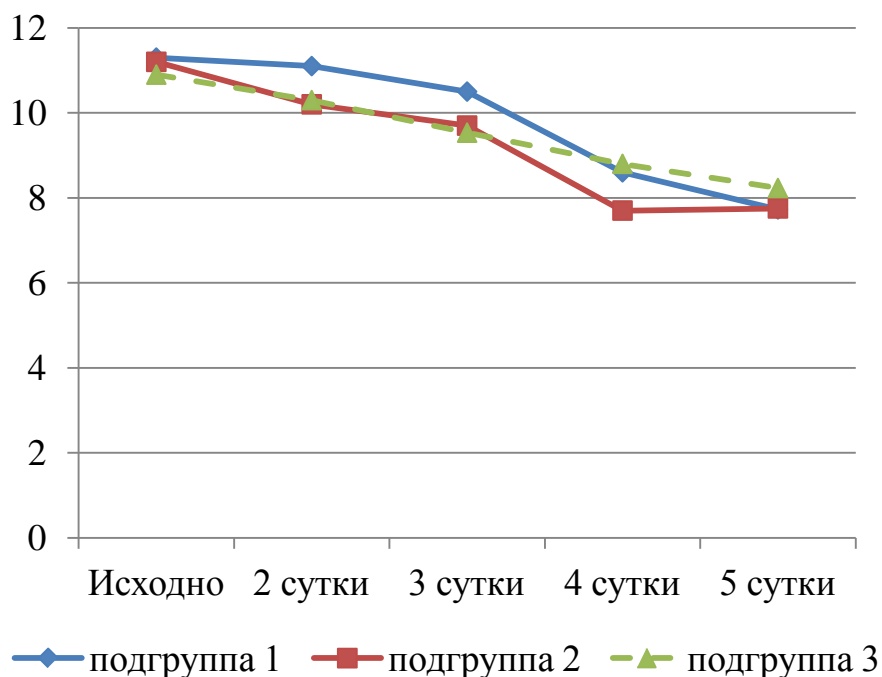


Рис. 1 – Динамика уровня внутрибрюшного давления у больных с тяжелым ОП

Остаточное достоверное снижение средних значений ВБД регистрировали только на 4 сутки до $8,8 \pm 0,5$ мм рт.ст. ($p < 0,001$) с нормализацией показателя на 5 сутки ИТ. Таким образом, средние значения ВБД превышали значения нормы до 5 суток ИТ, в связи с чем полное ПП было методом выбора нутритивного обеспечения у больных 1, 2 и 3 подгрупп наблюдения.

При поступлении у пациентов с тяжелым ОП регистрировали развитие синдрома гиперкатаболизма, когда уровень кортизола крови у больных подгрупп 1, 2 и 3 превышал показатели нормы в 1,8 ($1212,5 \pm 45,5$ нмоль/л), 1,7 ($1117,4 \pm 70,4$ нмоль/л) и 1,9 ($1230,8 \pm 74,5$ нмоль/л) раз, соответственно. На фоне проведения ИТ средние значения кортизола крови снижались на 3 и 5 сутки заболевания, достигали значений нормы на 14 сутки ($p < 0,001$ до исходного уровня), когда средние значения составили в 1 подгруппе – $552,2 \pm 50,5$ нмоль/л, во 2 подгруппе – $558,2 \pm 46,4$ нмоль/л и в 3 подгруппе – $614,3 \pm 38,4$ нмоль/л. Различия между подгруппами были не достоверные ($p = 0,910$).

При поступлении у пациентов 1 группы уровень общего белка (ОБ) крови был в пределах нормы и достоверно не отличался между подгруппами. На 1 сутки ИТ у больных 1, 2 и 3 подгрупп уровень ОБ крови уменьшился на 7,1% ($p = 0,008$), 7,6% ($p = 0,062$) и 7,6% ($p = 0,006$), соответственно. Снижение уровня ОБ крови наблюдалось на 3 сутки заболевания – до $56,3 \pm 1,0$ г/л у больных 1 подгруппы ($p = 0,009$), до $56,8 \pm 0,9$ г/л ($p = 0,317$), у больных 2 подгруппы, у больных 3 подгруппы – до $57,8 \pm 0,7$ г/л ($p = 0,008$), различия между подгруппами были не достоверными.

При проведении канонической корреляции, выявлена взаимосвязь между гипопроотеинемией, которая сохранялась в течение 3, 5, 7 и 14 суток течения ОП и развитием осложнений ($R_c = 0,797$, $p = 0,005$), проявлениями СПОН более 48 часов ($R = 0,722$, $p = 0,033$) и увеличением сроков госпитализации ($R = 0,643$, $p = 0,051$).

Тенденция к увеличению уровня ОБ регистрировалась на 7 сутки ИТ у больных 2 подгруппы до $60,0 \pm 1,5$ г/л ($p = 0,028$ к предыдущему этапу), среднее значение которого превышали показатели больных подгрупп 1 и 3 ($p_1 = 0,075$ и $p_2 = 0,037$, соответственно). На 14 сутки заболевания отмечался рост средних значений ОБ сыворотки крови для подгрупп 1 и 2 до $58,3 \pm 2,1$ г/л и $63,4 \pm 1,8$ г/л, соответственно. Различия между подгруппами были не достоверными за счет большого разброса значений ($U = 28,5$, $p = 0,069$). Медиана показателя на этом этапе была, соответственно, 61,0 г/л (56,0; 62,5) и 64,0 г/л (60,0; 68,0). Значение медианы ОБ крови больных 3 подгруппы были 59,0 г/л (54,7; 62,0). На 21 сутки средние значения Ме ОБ крови составляли у больных 1 подгруппы – 63,0 г/л (58,0; 64,0), 2 подгруппы – 67,0 г/л (64,0; 72,0) и 3 подгруппы – 59,0 г/л (54,7; 62,0). Таким образом, уровень ОБ сыворотки у пациентов 2 подгруппы превышал показатели больных 1 и 3 подгрупп на 6,0% и 11,9%, соответственно. Можно предположить, что добавление w-3 ЖК в составе ППП трехкамерными мешками способствует более быстрому восстановлению уровня общего белка крови на фоне течения тяжелой ОП.

По данным ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit (2019) определено, что уровень альбумина крови является маркером тяжести состояния и отражает воспалительный статус [4]. Поэтому провели анализ динамики уровня альбумина в зависимости от схемы ППП у пациентов с тяжелым панкреатитом.

При госпитализации уровень А крови у больных 1 и 3 подгрупп был на нижней границе нормы ($30,2 \pm 1,2$ г/л и $30,8 \pm 0,5$ г/л, соответственно), средние значения альбумина крови у больных 2 подгруппы были ниже нормы ($28,5 \pm 0,8$ г/л). На 3 сутки ИТ тяжелого ОП уровень альбумина крови уменьшался ($p_1 = 0,044$, $p_2 = 0,366$ и $p_3 = 0,001$ до предыдущего этапа). На 5 сутки у больных 2 подгруппы средние значения альбумина крови достоверно увеличились до $30,7 \pm 0,5$ г/л

($p_2=0,025$ к предыдущему этапу) и превышали значения его исходного уровня. На 14 сутки наблюдения средние значения альбумина пациентов 1 и 2 подгрупп были выше нижней границы нормы и составляли $31,6\pm 2,3$ г/л и $36,5\pm 1,5$ г/л, соответственно ($p_{1,2}=0,179$). У пациентов подгруппы 3 наоборот уровень альбумина крови продолжал снижаться до $25,3\pm 1,6$ г/л ($p_3<0,001$ до исходного уровня) и был достоверно меньше по сравнению с пациентами, которым ППП проводилось с использованием трёхкамерных мешков ($p_{1,3}=0,038$ и $p_{2,3}<0,001$).

По данным канонической корреляции определена тенденция между гипоальбуминемией, которая регистрировалась на 5 и 14 сутки заболевания и развитием осложнений ($R=0,584$, $p=0,090$), проявлениями СПОН более 48 часов ($R=0,536$, $p=0,067$) и увеличением длительности госпитализации ($R=0,536$, $p=0,057$).

Таким образом, на фоне тяжелого острого панкреатита с первого дня заболевания имела место тенденция к гипоальбуминемии, которая нарастала до 3 суток на фоне проведения ИТ. У больных, которым проводили ППП смесями, сбалансированными по микронутриентам (белки, жиры и углеводы) в трёхкамерных мешках, уровень альбумина начинал увеличиваться на 5 сутки ИТ, и достигал нормы на 14 сутки. Проведение модульного ППП не обеспечивало белковосберегающий эффект, сопровождалось увеличением количества осложнений ОП в течение ранней фазы заболевания ($R=0,797$, $p=0,005$) и увеличением сроков госпитализации у больных с ОП ($R=0,643$, $p=0,051$).

При поступлении у больных с тяжелым ОП регистрировали развитие стрессиндуцированной гипергликемии, когда уровень глюкозы сыворотки крови у больных 1 подгруппы был – $11,3\pm 0,8$ ммоль/л, 2 подгруппе – $10,2\pm 0,5$ ммоль/л и в 3 подгруппе – $10,0\pm 0,6$ ммоль/л. Проведение ИТ в течение первых суток сопровождалось достоверным снижением уровня гликемии, соответственно, на 20,4% ($p=0,032$), 14,7% ($p=0,062$) и 10,6% ($p=0,028$ к предыдущему этапу). На 3 сутки уровень глюкозы крови продолжал снижаться у пациентов 2 и 3 подгрупп до $7,2\pm 2,2$ ммоль/л ($p=0,043$) и $7,4\pm 0,4$ ммоль/л ($p=0,031$), соответственно. У пациентов 1 подгруппы средние значения оставались в пределах $8,9\pm 0,4$ ммоль/л ($p_{1,2}=0,001$, $p_{1,3}=0,011$). На 5 сутки у больных 1, 2 и 3 подгрупп средние значения глюкозы крови снизились на 30%, 33% и 20% по отношению к исходному уровню. Более выраженная тенденция к нормализации уровня глюкозы крови наблюдалась у больных 2 подгруппы, когда ее средний уровень достигал $5,8\pm 0,6$ ммоль/л на 14 сутки заболевания. На 21 сутки средние значения глюкозы сыворотки крови были для 1 подгруппы – $5,9\pm 0,8$ ммоль/л, 2 подгруппы – $5,5\pm 0,8$ ммоль/л, 3 подгруппы – $6,3\pm 0,7$ ммоль/л, различия между подгруппами были недостоверны ($p_{1,2}=0,427$, $p_{1,3}=0,702$ и $p_{2,3}=0,483$).

Таким образом, тяжелый ОП с 1 суток сопровождался развитием стресс-индуцированной гипергликемии, уровень которой начинал достоверно снижаться на фоне проведения ИТ уже через сутки после госпитализации. Более выраженная динамика по нормализации уровня глюкозы крови наблюдали у больных 2 подгруппы.

По данным канонической корреляции определено, что на более выраженную динамику уровня глюкозы крови со 2 до 14 суток ИТ влиял метод ППП с использованием трёхкамерных мешков с повышенным содержанием w-3 ЖК ($R_c=0,783$, $p=0,037$). Таким образом, можно предположить, что добавление w-3 ЖК в состав ППП способствует более быстрой нормализации уровня гликемии на фоне течения тяжелого ОП.

Исследуя динамику креатинина сыворотки крови обнаружено, что у пациентов 1, 2 и 3 подгрупп с тяжелым ОП с момента госпитализации наблюдалось повышение его уровня до $152,6\pm 20,5$ мкмоль/л, $125,4\pm 10,0$ мкмоль/л и $152,4\pm 22,4$ мкмоль/л, соответственно. Через сутки проведения ИТ регистрировали снижение уровня креатинина сыворотки крови у всех больных с ОП, более выраженное у больных 2 подгруппы ($106,4\pm 8,7$ мкмоль/л). Различия между группами были статистически достоверны ($p_{1,2}=0,024$ и $p_{2,3}=0,064$). Дальнейшее достоверное снижение средних значений креатинина крови регистрировали на 3 сутки ИТ у больных подгрупп 1 и 3 ($p_1=0,041$ и $p_3=0,064$ до исходного уровня). С 7 суток уровень креатинина крови был в пределах нормы у всех больных с тяжелым ОП.

Определено, что у больных с тяжелым ОП 1 и 2 подгрупп, которым проводили ППП с использованием трёхкамерных мешков, общий срок стационарного лечения был $27,5\pm 2,7$ дней и $22,1\pm 0,8$ дней, соответственно, и был статистически значимо меньше, чем у пациентов, которым проводилось ППП с использованием модульных систем ($35,5\pm 7,7$ дней) ($p_{1,2}=0,001$, $p_{1,3}<0,001$, $p_{2,3}<0,001$).

Заключение

Течение тяжелого острого панкреатита с 1 суток сопровождается развитием синдрома гиперкатаболизма, когда уровень кортизола крови у больных 1, 2 и 3 подгрупп исследования превышал показатели нормы в 1,8, 1,7 и 1,9 раз, соответственно. Это сопровождалось стресс-индуцированной гипергликемией с 1 суток заболевания, нарастанием гипопроteinемии и гипоальбуминемии со 2 суток заболевания.

На фоне проведения ППП с использованием смесей в трёхкамерных мешках, сбалансированными по макронутриентам, средние значения альбумина и общего белка крови начинали увеличиваться на 5 сутки заболевания, достигая нормы на 14 и 21 сутки, соответственно.

Проведение модульного ПП не обеспечивало белковосберегающий эффект на фоне гиперкатаболизма, обусловленном течением тяжкого ОП, сопровождалось увеличением количества осложнений течение ранней фазы заболевания ($p=0,005$) и увеличением длительности госпитализации ($p=0,051$).

Добавление w-3 ЖК в состав смесей в трёхкамерных мешках для проведения парентерального питания способствовало более быстрому восстановлению уровня общего белка, альбумина и глюкозы сыворотки крови на фоне течения тяжелого ОП.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. ESPEN guideline: Clinical nutrition in surgery / A. Weimann, M. Braga, F. Carli, T. Higashiguchi, M. Hübner, S. Klek, A. Laviano, O. Ljungqvist, D.N. Lobo, R. Martindale, D.L. Waitzberg, S.C. Bischoff, P. Singer // *Clinical Nutrition*. – 2017. – Vol. 36. – P. 623-650.
2. ESPEN guideline: Clinical nutrition in surgery / Weimann A., Braga M., Carli F. and others // *Clinical Nutrition*. – 2017. – Vol. 36. – P. 623-650.
3. ESPEN guidelines on parenteral nutrition: surgery / Braga M., Ljungqvist O., Soeters P., Fearon K., Weimann A., Bozzetti F. // *Clin Nutr*. – 2009. – Vol. 28. – P. 378-386.
4. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit / Singer P., Blaser A.R., Berger M.M. and others // *Clinical Nutrition*. – 2019. – Vol. 38. – P. 48-79.
5. Classification of acute pancreatitis-2012: revision of the Atlanta classification and definitions by international consensus / Banks P.A., Bollen T.L., Dervenis C., Gooszen H.G., Johnson C.D., Sarr M.G. and others // *Gut*. – 2013/ - Vol. 62. – P. 102–111. doi: 10.1136/gutjnl-2012-302779.
6. Guidelines for the provision and assessment of nutrition support therapy in the adult critically ill patient: Society of Critical Care Medicine (SCCM) and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (ASPEN) / McClave S.A., Martindale R.G., Vanek V.W. and others. // *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. – 2009. – Vol. 33. – P. 277-316.
7. 2019 WSES guidelines for the management of severe acute pancreatitis / A. Leppäniemi, M. Tolonen, A. Tarasconi et al // *World Journal of Emergency Surgery*. – 2019. – N. 14: 27 doi: 10.1186/s13017-019-0247-0.
8. 9 w-3 fatty acid-enriched parenteral nutrition regimens in elective surgical and ICU patients: a meta-analysis / L. Pradelli, K. Mayer, M. Muscaritoli, A.R Heller // *Critical Care*. – 2012. – 16: R184. doi:10.1186/cc11668.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.025>**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ТФЭ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ ПРОИЗВОДНОГО 3-ГИДРОКСИ-3-ПИРРОЛИН-2-ОНА ИЗ ПЛАЗМЫ КРОВИ**

Научная статья

Булгакова Е.А.^{1,*}, Карпенко Ю.Н.²^{1,2} Пермская государственная фармацевтическая академия, Пермь, Россия

* Корреспондирующий автор (bulgakova_pfa[at]mail.ru)

Аннотация

Высокий рост заболеваний, связанных с нарушениями основных когнитивных функций, обуславливает необходимость поиска и внедрения в медицинскую практику новых и эффективных ноотропных препаратов.

Синтезированное в Пермской государственной фармацевтической академии биологически активное соединение 1-аминокарбонилметил-4-ацетил-5-(4-бромфенил)-3-гидрокси-3-пирролин-2-он было рекомендовано для доклинических исследований как потенциальное ноотропное средство.

В настоящее время широкое применение в практике доклинических исследований для изолирования лекарственных препаратов из биологических жидкостей находит метод твердофазной экстракции (ТФЭ), позволяющий сочетать изолирование и очистку от соэкстрактивных веществ биологической матрицы.

Ключевые слова: твердофазная экстракция, высокоэффективная жидкостная хроматография, валидация биоаналитических методик.

USE OF SFE METHOD FOR THE EXTRACTION OF A DERIVAT OF 3-HYDROXY-3-PYRROLIN-2-ONE FROM BLOOD PLASMA

Research article

Bulgakova E.A.^{1,*}, Karpenko Yu.N.²^{1,2} Perm State Pharmaceutical Academy, Perm, Russia

* Corresponding author (bulgakova_pfa[at]mail.ru)

Abstract

The high growth of diseases associated with impaired basic cognitive functions necessitates the search and implementation of new and effective nootropic drugs in medical practice.

The biologically active compound of 1-aminocarbonylmethyl-4-acetyl-5-(4-bromophenyl)-3-hydroxy-3-pyrrolin-2-one synthesized at the Perm State Pharmaceutical Academy was recommended for preclinical studies as a potential nootropic agent.

Currently, the practice of preclinical studies for the isolation of drugs from biological fluids is widely used in solid-phase extraction (SPE), which allows one to combine isolation and purification from coextracting substances of the biological matrix.

Keywords: solid-phase extraction, high-performance liquid chromatography, validation of bioanalytical methods.

В современном мире существенно возросла проблема, связанная с увеличением числа заболеваний и пограничных состояний, которые сопровождаются нарушением функций мозга. Для ее решения требуется разработка и внедрение в медицинскую практику новых и эффективных ноотропных препаратов.

В настоящее время на этапе доклинических исследований в качестве потенциального ноотропа находится соединение КОН-2 (1-аминокарбонилметил-4-ацетил-5-(4-бромфенил)-3-гидрокси-3-пирролин-2-он (5), синтезированное в Пермской государственной фармацевтической академии под руководством профессора Гейна В.Л. [3].

При проведении фармакокинетических исследований важной задачей является разработка методик определения лекарств в биологических жидкостях и тканях. Для изолирования лекарственных препаратов из биологических жидкостей широкое применение находит метод твердофазной экстракции (ТФЭ) [6], [7]. Данный способ пробоподготовки сочетает в себе не только извлечение анализируемого вещества, но и очистку от соэкстрактивных веществ, что позволяет получать высокоочищенные пробы, пригодные для анализа методом высокоэффективной жидкостной хроматографии [1], [8].

Целью данной работы явилась разработка и валидация методики изолирования КОН-2 из плазмы крови методом ТФЭ.

Изучение условий изолирования КОН-2 методом твердофазной экстракции проводили на картриджах для твердофазной экстракции Strata C18-E (Phenomenex). Данные патроны упакованы сорбентом на основе силикагеля с привитой обращенной фазой C18. Пробоподготовку осуществляли на установке для твердофазной экстракции с вакуумной камерой на 10 позиций VACMASTER.

Анализ полученных извлечений проводили на жидкостном хроматографе «Shimadzu LC-20», снабженным колонкой с обращено-фазным сорбентом и спектрофотометрическим детектором (диодная матрица).

При разработке методики учитывались следующие факторы: условия подготовки патрона (кондиционирование, удаление соэкстрактивных веществ плазмы), состав элюента и условия элюирования целевого компонента.

Предварительно были изучены условия твердофазной экстракции КОН-2 из водных растворов. Для этого были проанализированы водные растворы КОН-2 с концентрацией 5 мкг/мл.

Пробоподготовка включала следующие стадии: кондиционирование патрона; загрузка анализируемого образца; промывка патрона от соэкстрактивных веществ; элюирование анализируемого вещества.

На этапе кондиционирования через патрон последовательно со скоростью 1 мл/мин пропускали 1 мл метанола и 1 мл воды. Далее загружали 1 мл водного раствора КОН-2 с концентрацией 5 мкг/мл. Для промывки патрона использовали 10% раствор метанола (1 мл) и воду (1 мл). В качестве элюентов были апробированы метанол и ацетонитрил. Элюирование осуществляли двумя порциями растворителя – 1 и 0,5 мл. Результаты анализа полученных элюатов отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание КОН-2 в элюатах при ТФЭ на патронах StrataC18-E

Элюент		Степень извлечения КОН-2 из водного раствора, % (n=6)
Метанол	1,0 мл	23,37 ± 1,26
	0,5 мл	3,72 ± 0,78
Ацетонитрил	1,0 мл	26,81 ± 0,74
	0,5 мл	-

Установлено, что 1 мл растворителя недостаточно для полного элюирования КОН-2 метанолом, и более 3% аналита обнаруживается после повторного элюирования 0,5 мл растворителя.

Также были проанализированы фракции, полученные на этапе промывки 10% метанолом и водой. Установлено, что значительная часть КОН-2 (более 20%) теряется на данной стадии. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание КОН-2 в «промывочных» фракциях

«Промывочные» фракции	Содержание КОН-2, % (n=6)
10% раствор метанола	23,37
Вода дистиллированная	3,72

Чтобы снизить потери аналита на этапе промывки патрон после загрузки образца промывали 0,01М раствором кислоты хлористоводородной и водой дистиллированной. Использование кислоты привело к лучшей сорбции КОН-2 на сорбенте (за счет перехода вещества в молекулярную форму) и отсутствию анализируемого вещества в «промывочных» фракциях.

Для увеличения выхода КОН-2 на этапе элюирования нами были апробированы метанол и ацетонитрил, подщелоченные аммиаком водным до pH 10, с целью перевода вещества в ионизированное состояние. В случае использования подщелоченного метанола степень экстракции КОН-2 возросла до 74%.

Данные условия были апробированы на модельных смесях плазмы крови с концентрацией КОН-2 5 мкг/мл. Установлено, что использование на этапе промывки патрона от соэкстрактивных веществ 0,01М раствора кислоты хлористоводородной и воды дистиллированной, и элюирование метанолом, подщелоченным аммиаком водным до pH 10 позволило извлечь более 62 % аналита.

Таким образом, на основании проведенных исследований нами предложена следующая схема изолирования КОН-2 из плазмы крови методом твердофазной экстракции:

- Кондиционирование патрона путем последовательного промывания 1 мл метанола и 1 мл воды очищенной.
- Загрузка патрона 1 мл плазмы.
- Промывка патрона с целью удаления белков и других эндогенных компонентов плазмы 1 мл 0,01 М раствора кислоты хлористоводородной и 1 мл воды очищенной.
- Элюирование сорбированных аналитов 1,5 мл метанола pH 10.

Валидация

Валидацию разработанной биоаналитической методики проводили в соответствии с современными требованиями [2], [4], [5] по следующим параметрам: специфичность, линейность, правильность, прецизионность, предел обнаружения и количественного определения.

Для определения специфичности разработанных условий проводили анализ стандартных растворов КОН-2 (5 мкг/мл), холостого образца плазмы крови и модельной смеси плазмы с известным содержанием аналита. Примеры хроматограмм приведены на рис. 1.

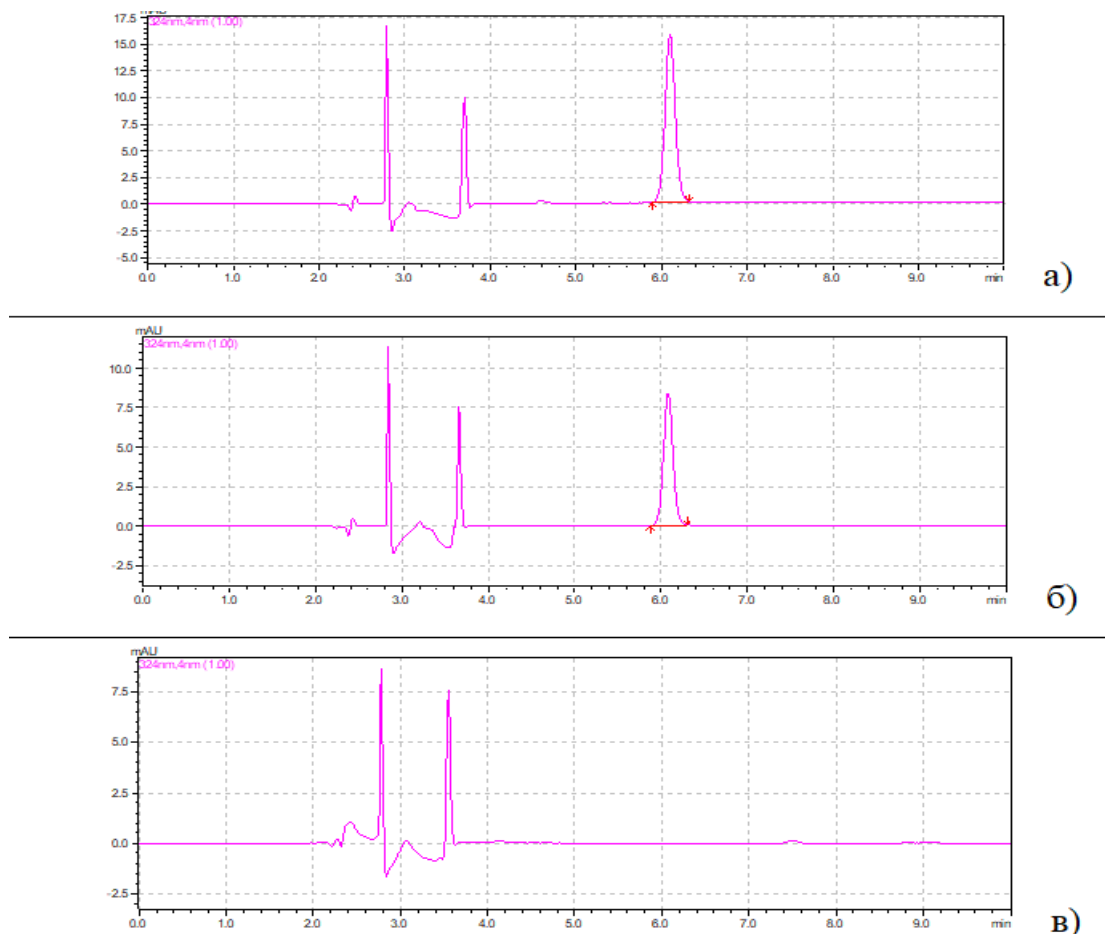


Рис. 1 – Хроматограммы: а) стандартного раствора КОН-2 (5 мкг/мл); б) извлечения из модельной смеси плазмы крови с КОН-2 (5 мкг/мл); в) извлечения из холостой пробы плазмы крови

Идентификацию пика КОН-2 проводили по времени удерживания и УФ- спектру, сравнивая с аналогичными параметрами стандартного раствора вещества. Анализ хроматограммы извлечения из холостой пробы плазмы крови показал отсутствие мешающих пиков на месте выхода исследуемых соединений.

Для установления линейности методики были проанализированы 7 образцов модельных смесей плазмы с содержанием КОН-2 в диапазоне 0,2 – 10 мкг/мл. Образцы готовили к анализу в соответствии с разработанной методикой пробоподготовки и хроматографировали по 3 раза. Результаты определения линейности приведены на рис. 2.

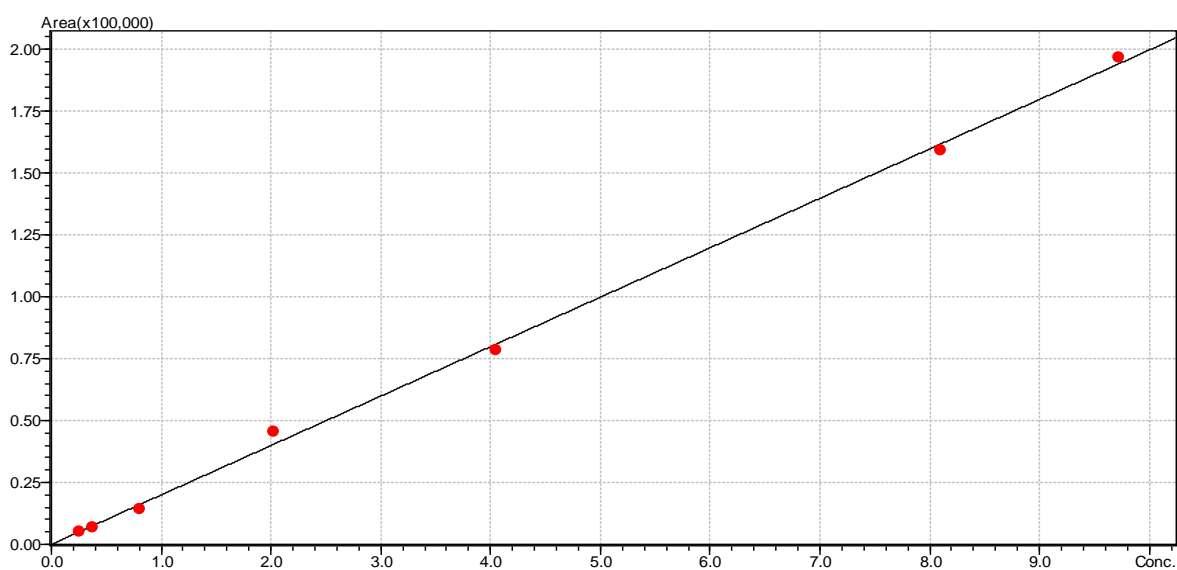


Рис. 2 – Калибровочный график количественного определения КОН-2

Коэффициент корреляции составил 0,9987315, что подтверждает линейность методики в указанном диапазоне концентраций. Уравнение калибровочного графика имеет вид $Y = 1972,49 \cdot X$ (Y – площадь пика, X – концентрация, мкг/мл).

Предел обнаружения КОН-2 при использовании разработанной методики – 0,1 мкг/мл, предел количественного определения – 0,2 мкг/мл.

Для оценки пригодности методики по параметрам прецизионность и правильность были приготовлены 6 модельных биообразцов на 4 уровнях концентраций КОН-2. Пробоподготовку образцов осуществляли в соответствии с предложенной методикой. Прецизионность и правильность методики оценивалась по величинам относительного стандартного отклонения (RSD,%) и относительной величине систематической ошибки (δ ,%), соответственно (таблица 3).

Таблица 3 – Оценка правильности и прецизионности методики определения КОН-2 в плазме крови

Концентрация КОН-1 в модельной смеси, мкг/мл	\bar{X} (n = 6)	SD	RSD, %	ε , %
0,29	0,26	0,019	7,2976	-10,3
0,44	0,44	0,0469	10,6265	0
4,42	4,53	0,3111	6,8616	2,49
6,94	6,95	0,4759	6,8465	0,14

Полученные величины относительного стандартного отклонения и относительной погрешности не превышают 15%, что соответствует требованиям действующих руководств.

Таким образом, предложена высокочувствительная и эффективная методика изолирования КОН-2 из плазмы крови, соответствующая современным требованиям валидации биоаналитических методик.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Динамическое концентрирование органических веществ на неполярных сорбентах / О.А.Филиппов [и др.] // Журн. аналит. химии. – 2003. – Т. 58, №5. – С. 454-479.
2. Руководство по экспертизе лекарственных средств. Том первый / А. Н. Миронов - Москва: Гриф и К, 2013. – 328 с.
3. Шуклина Н.С. Поиск соединений, обладающих ноотропной активностью, в ряду 3-пирролин-2-онов: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 14.00.25 / Шуклина Наталья Сергеевна. – Пермь, 2001. – 21 с.
4. Guidance for Industry: Bioanalytical method validation / U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research (CDER). U.S. Government Printing Office. Washington, DC, 2001. – 25 p.
5. Guideline on validation of bioanalytical methods (draft) / European Medicines Agency. Committee for medicinal products for human use. London, 2009. – 23 p.
6. McDonald P.D. Solid Phase Extraction Applications guide and Bibliography. / McDonald P.D., E.S.P Bouvier. // A Resource for Sample Preparation Methods Development / Waters, Milford, MA, 1995. – 420 p.
7. Soltes L. Effective One/Two Step Purification of Various Materials by Solid-phase Extraction Soltes, L., Seville B. // Biomedical Chromatography. -1997. - Vol. 11. - P. 348–351.
8. Żwir-Ferenc A. Solid phase extraction technique – trends, opportunities and applications (Review) / Żwir-Ferenc A., Biziuk M. / Polish J. of Environ. Stud. – 2006. - Vol. 15, No. 5. – P. 677-690.

Список литературы на английском языке / References in English:

1. Dinamicheskoye kontsentrirvaniye organicheskikh veshchestv na nepolyarnykh sorbentakh [Dynamic concentration of organic substances on non-polar sorbents] / O.A. Filippov // Zh. analyt. Khimii. [Journal of Analytical Chemistry] – 2003. – V. 58, No. 5. – P. 454-479. [in Russian]
2. Rukovodstvo po ekspertize lekarstvennykh sredstv. Tom pervyy [Guidelines for examination of medicines. Volume One] / A. N. Mironov – Moscow: Grif and K, 2013. – 328 p. [in Russian]
3. Shuklina N.S. Poisk soyedineniy, obladayushchikh nootropnoy aktivnost'yu, v ryadu 3-pirrolin-2-onov [Search for compounds with nootropic activity in the series 3-pyrrolin-2-ones] / Shuklina N.S. Abstract of PhD in Biology: 14.00.25 / Shuklina Natalya Sergeevna. – Perm, 2001. – 21 p. [in Russian]
4. Guidance for Industry: Bioanalytical method validation / U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research (CDER). U.S. Government Printing Office. Washington, DC, 2001. – 25 p.
5. Guideline on validation of bioanalytical methods (draft) / European Medicines Agency. Committee for medicinal products for human use. London, 2009. – 23 p.
6. McDonald P.D. Solid Phase Extraction Applications guide and Bibliography. / McDonald P.D., E.S.P Bouvier. // A Resource for Sample Preparation Methods Development / Waters, Milford, MA, 1995. – 420 p.
7. Soltes L. Effective One/Two Step Purification of Various Materials by Solid-phase Extraction Soltes, L., Seville B. // Biomedical Chromatography. -1997. - Vol. 11. - P. 348–351.
8. Żwir-Ferenc A. Solid phase extraction technique – trends, opportunities and applications (Review) / Żwir-Ferenc A., Biziuk M. / Polish J. of Environ. Stud. – 2006. - Vol. 15, No. 5. – P. 677-690.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.026>

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА СУРФАГОН НА КОРОВАХ И СВИНОМАТКАХ, ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ОПЛОДОТВОРЯЕМОСТИ ПОСЛЕ ОСЕМЕНЕНИЯ

Научная статья

Соловьева А.И.¹, Шалгимбаев А.Б.²
^{1,2} Смоленского НИИСХ, Смоленск, Россия

* Корреспондирующий автор (marinamelnikova1985[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье представлены данные, полученные в результате применения препарата сурфагон, различных фирм производителей. Исследуемые препараты содержат в своем составе гормональные вещества, которые стимулируют и регулируют половую функцию самок продуктивных животных. Испытания проводили в подсобном хозяйстве Смоленской области на коровах бурой швицкой породы и свиноматках крупной белой породы, при естественной случке под контролем человека. Проведен анализ полученных в результате эксперимента результатов.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, свиньи, осеменение, естественное спаривание, индукция овуляции, сурфагон, оплодотворяемость.

EFFICIENCY OF SURFAGON DRUG ON COWS AND PIGS, IN INCREASING FERTILITY AFTER INSEMINATION

Research article

Soloviev A.I.¹, Shalgimbaev A.B.²
^{1,2} Smolensk Research Institute of Agriculture, Smolensk, Russia

* Corresponding author (marinamelnikova1985[at]yandex.ru)

Abstract

The paper presents data obtained as a result of the use of Surfagon drugs of various manufacturers. The studied preparations contain hormonal substances that stimulate and regulate the sexual function of female productive animals. The tests were carried out in the subsidiary farm of the Smolensk region on cows of brown Schwyz breed and sows of large white breed, with natural mating under human control. The analysis of the results obtained as a result of the experiment is carried out as well.

Keywords: cattle, pigs, insemination, natural mating, induction of ovulation, Surfagon, fertilization.

Введение

В настоящее время на рынке гормональных препаратов для стимуляции половой функции продуктивных животных представлен целый спектр таких средств: гонадотропины (СЖК, КЖК, гравогормон, хориальный гонадотропин), нейротропные вещества (карбахоллин, прозерин, фурамон), тканевые стимуляторы (взвеси и экстракты из печени, семенников, селезенки; нитрированная кровь, молозиво) и др. Любая стимуляция половой функции продуктивных животных дает, как правило, хороший результат, но только в том случае, если применяется строго согласно инструкции и на фоне хорошего кормления и правильного содержания животных. Отметим, что превышение рекомендованных доз, либо отклонение от инструкции по применению может привести к биологической кастрации животного, как временной, так и постоянной. [3, С. 28], [6, С. 35], [7, С. 12].

Направленная регуляция воспроизводительных функций животных основывается на способности половых и гонадотропных гормонов вызывать преждевременное половое созревание, суперовуляцию, стимуляцию и торможение охоты. Основоположителем создания гормонального метода повышения плодовитости с/х животных является М. Завадовский. Большой вклад в его развитие внесли многие отечественные авторы. Метод позволяет регулировать продолжение сервис – периода, цикличность, синхронность прихода маток в охоту и повышает плодовитость более чем в 1,5 раза. [1, С. 9], [2, С. 3], [10, С. 66].

Поэтому к выбору оптимального средства для стимуляции половой функции самок продуктивных животных необходимо подходить с особой тщательностью. Возникновение ошибок в подборе и использование медикаментозных средств может привести к значительным экономическим потерям, независимо от размера и типа ведения хозяйственной деятельности. [9, С. 74], [8, С. 51].

Методы и принципы исследования

Целью исследования было выявление оптимального препарата для повышения оплодотворяемости коров и свиноматок в подсобном хозяйстве Смоленское областное государственное бюджетное учреждение «Дрюцкий психоневрологический интернат», в июле 2017 года на коровах бурой швицкой породы и на свиноматках крупной белой породы.

На момент исследования в хозяйстве содержалось 18 голов коров, в возрасте от 4 до 7 лет и примерной живой массой 450 кг и 1 бык-производитель. В качестве типа осеменения использовали естественное спаривание под контролем человека (ручная случка) [9, С. 74], [10, С. 66]. Также в хозяйстве находились 30 голов свиноматок большой белой породы примерной массой 250 кг и два помесных хряка-производителя породы ландрас/большая белая. Нагрузка на производителей составляла 7 самок в месяц, что соответствует умеренной нагрузке на взрослое животное. Стимуляцию половой функции коров проводили с целью повышения процента осеменения самок в стаде, а также для синхронизации времени осеменения и, следовательно, дальнейших родов. Поголовье было поделено на две

группы по 9 голов в каждой, первая получала препарат сурфагон, производства ООО «НПК «Асконт+» [4], вторая – сурфагон производства ЗАО «Мосагроген» [5].

Препараты вводили согласно инструкции, а именно: однократно 50 мкг на голову на 10 день после отела, а далее на 3, 5, и 9 дни после осеменения в дозе 25 мкг на животное.

Далее животных осеменяли под контролем человека, фиксировали дату осеменения и номер животного. Осеменение проводили в течение 10 дней, при этом нагрузка на быка-производителя составила две коровы день, однократная садка. Наличие стельности определяли через месяц после осеменения методом ректального исследования.

На свиноматках исследование провели по следующей схеме: через 6 суток после отъема вводили 800 МЕ фоллигон, а после выявления половой охоты, перед осеменением – сурфагон в дозе 10 мкг на голову.

Свиноматки были поделены на три группы. Группа 1 получала препарат сурфагон производства ООО «НПК «Асконт+» [5], группа 2 – сурфагон производства ЗАО «Мосагроген» [4], группа 3 – служила контролем и оставалась без какой-либо медикаментозной обработки. В каждой группе было по 10 голов.

Во всех случаях животные находились на стандартном рационе хозяйства, вода была в постоянном доступе, визуально – клинически здоровы.

Основные результаты

Приведем данные по осеменению коров в виде таблицы.

Таблица 1 – Результаты эффективности осеменения коров, после применения им препарата сурфагон разных фирм производителей

№ группы, препарат	Количество животных в группе	Количество стельных коров в группе	Количество неосемененных коров	Процент осемененных коров
1 (сурфагон производства «НПК «Асконт+»)	9	9	0	100
2 (сурфагон производства «Мосагроген»)	9	6	3	66,6

В таблице 1 хорошо отражены данные, полученные при использовании на коровах стимулятора половой функции сурфагона.

Для наглядности приведем полученные данные в виде графика (рис. 1).

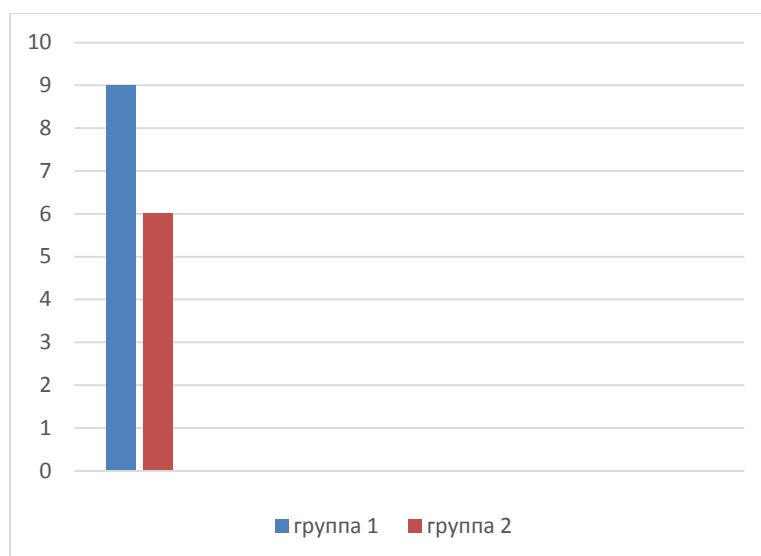


Рис. 1 – Количество осемененных коров в первой и во второй группах

Таким образом, сделаем вывод, что препарат сурфагон производства «НПК «Асконт+» оказался более эффективен, т.е. процент осемененных животных был больше, чем при использовании препарата сурфагон производства «Мосагроген», а именно: 100 и 66,6% соответственно.

Аналогичный опыт был проведен на свиноматках того же подсобного хозяйства. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты эффективности осеменения свиноматок, после применения им препарата сурфагон разных фирм производителей

№ группы, препарат	Количество животных в группе	Количество стельных коров в группе	Количество неосемененных коров	Процент осемененных коров
1 (сурфагон производства «НПК «Асконт+»)	10	10	0	100
2 (сурфагон производства «Мосагроген»)	10	7	3	70
3 (без обработки)	10	7	3	70

Приведем полученный результат в виде графика.

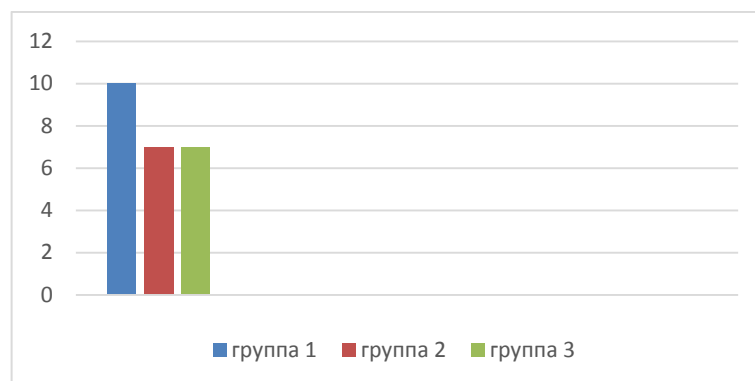


Рис. 2 – Количество осемененных животных

Рассматривая таблицу 2, можно сделать вывод, что препарат сурфагон, производства ЗАО «Мосагроген» [2] не оказал положительного эффекта на процент осеменения свиноматок (70% в опыте и 70% в контроле) по сравнению с таковым при применении сурфагона производства ООО «НПК «Асконт+» [3].

Заключение

В ходе исследования эффективности двух аналогичных препаратов, но разных производителей был получен неравнозначный результат, а именно, группа 1, и в случае испытания на коровах, и в случае испытания на свиноматках показала наилучший, стопроцентный результат по осеменению, группа 2, в случае с коровами, показала меньший процент осеменения, а именно 66,6%, а группа 3 (свиноматки) по процентному количеству осемененных голов находилась на уровне контрольной группы, которая вообще не получала какого-либо стимулирования половой функции. Можно предположить, что эта разница обусловлена разницей в действующих веществах. Так, сурфагон производства ООО «Мосагроген» в своем составе содержит аларелин, а сурфагон производства ООО «НПК «Асконт+» в качестве действующего вещества содержит люлиберина ацетат (гонадорелин). Возможно, различия в последовательности аминокислот в молекуле действующего вещества обуславливают различия в их терапевтической эффективности и функционировании в организме животного.

При этом цена на оба используемых в исследовании препарата примерно одинаковая. Таким образом, для данного хозяйства и при данных условиях содержания животных оптимальным препаратом для стимуляции половой функции коров и свиноматок будет являться препарат сурфагон, который был использован первой группе животных.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Авдеев А.Ю. Влияние стимуляции обменных процессов пептидными биокорректорами на воспроизводительную функцию молочных коров. Дисс. на соиск. уч. степени канд. биол. наук. / Авдеев А.Ю. // Белгород, 2015.
2. Гавриленко Н.Н. Бесплодие у коров в хозяйствах Дальневосточного федерального округа, автореферат дисс. на соискание уч. степени д. вет. Наук / Гавриленко Н.Н. // Казань, 2011.
3. Гончаров В.П. Акушерство, гинекология и биотехника размножения животных / Гончаров В.П., Черепяхин Д.А. КолосС, Москва, 2004.
4. Инструкция по применению ветеринарного препарата Сурфагон для повышения оплодотворяемости и лечения гинекологических болезней у самок сельскохозяйственных животных. Производитель ЗАО «Мосагроген». Регистрационный номер ПВР-2-1/00614.
5. Инструкция по применению ветеринарного препарата Сурфагон для повышения оплодотворяемости и лечения гинекологических болезней у самок сельскохозяйственных животных. Производитель ООО «НПК «Асконт+». Регистрационный номер 32-3-21.13-1506 № ПВР-3-0.1/00614/

6. Комлацкий В. И. Биология и этология свиней / Комлацкий В. И., Величко Л. Ф., Величко В. А. // Учебное пособие, Краснодар КубГАУ, 2017
7. Некрасов Г.Д. Акушерство, гинекология и биотехника воспроизводства животных. Учебное пособие, Издательство АГАУ / Некрасов Г.Д., Суманова И.А. // Барнаул 2007.
8. Студенцов А. П. Ветеринарное акушерство, гинекология и биотехника размножения. Практикум. 7-е издание, переработанное и дополненное / Студенцов А. П., Шипилов В. С., Никитин В. Я. И др. // Москва «КОЛОС» 1999.
9. Судаков В.Г. Синхронизация охоты и осеменения половозрелых телок в зимне-стойловый период в условиях промышленного скрещивания «Аграрный вестник Урала» / Судаков В.Г., Голомолзин В.Д., Лопухова У.М. № 6 (48), 2008.
10. Христиановский П.И. Изменения содержания прогестерона в крови коров и телок под влиянием гормональных препаратов и физиотерапии / Христиановский П.И., Гребенюк С.Е., Белименко В.В. «Российский ветеринарный журнал», №3, 2014.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Avdeev A.Yu. Vliyaniye stimulyatsii obmennyykh protsessov peptidnymi biokorrektorami na vosproizvoditel'nyuyu funktsiyu molochnykh korov [Effect of Stimulation of Metabolic Processes by Peptide Biocorrectors on Reproductive Function of Dairy Cows]. Thesis of PhD in Biology / Avdeev A.Yu. // Belgorod, 2015. [in Russian]
2. Gavrilenko N.N. Besplodiye u korov v khozyaystvakh Dal'nevostochnogo federal'nogo okruga [Infertility in cows on farms of Far Eastern Federal District] / Abstract of thesis of PhD in Veterinary Medicine and Science / Gavrilenko N.N. // Kazan, 2011. [in Russian]
3. Goncharov V.P. Akusherstvo, ginekologiya i biotekhnika razmnzheniya zhivotnykh [Obstetrics, gynecology, and biotechnology of animal reproduction] / Goncharov V.P., Cherepakhin D.A. KolosS, Moscow, 2004. [in Russian]
4. Instruktsiya po primeneniyu veterinarnogo preparata Surfagon dlya povysheniya oplodotvoryayemosti i lecheniya ginekologicheskikh bolezney u samok sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Instructions for the use of the Surfagon veterinary drug to increase fertility and the treatment of gynecological diseases in female farm animals]. Manufacturer ZAO Mosagrogen. Registration number PVR-2-1 / 00614. [in Russian]
5. Instruktsiya po primeneniyu veterinarnogo preparata Surfagon dlya povysheniya oplodotvoryayemosti i lecheniya ginekologicheskikh bolezney u samok sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Instructions for the use of the Surfagon veterinary drug to increase fertility and the treatment of gynecological diseases in female farm animals]. Manufacturer LLC "NPK" Askont + ". Registration number 32-3-21.13-1506№PVR-3-0.1 / 00614 / [in Russian]
6. Komlatsky V. I. Biologiya i etologiya sviney, Uchebnoye posobiye [Biology and Ethology of Pigs, Textbook] / Komlatsky V. I., Velichko L. F., Velichko V. A. Krasnodar Kuban State Agrarian University, 2017 [in Russian]
7. Nekrasov G.D. Akusherstvo, ginekologiya i biotekhnika vosproizvodstva zhivotnykh [Obstetrics, gynecology and biotechnology of animal reproduction] / G.D. Nekrasov, I. Sumanova Textbook, Publishing House of Agrarian University of Ukraine // Barnaul 2007. [in Russian]
8. Studentsov A. P. Veterinarnoye akusherstvo, ginekologiya i biotekhnika razmnzheniya [Veterinary obstetrics, gynecology and biotechnology of reproduction] / Studentsov A. P., Shipilov V. S., Nikitin V. Ya. Et al. Workshop. 7th edition, revised and supplemented // Moscow "KOLOS" 1999. [in Russian]
9. Sudakov V.G. Sinkhronizatsiya okhoty i osemeneniya polovozrelykh telok v zimne-stoylovyy period v usloviyakh promyshlennogo skreshchivaniya [Synchronization of hunting and insemination of sexually mature heifers in the winter-stall period under conditions of industrial crossing] / Sudakov V.G., Golomolzin V.D., Lopukhova U.M. // Agraranyy vestnik Urals [Agrarian Bulletin of the Urals], No. 6 (48), 2008. [in Russian]
10. Khristianovsky P.I. Izmeneniya soderzhaniya progesterona v krovi korov i telok pod vliyaniyem gormonal'nykh preparatov i fizioterapii [Changes in the progesterone content in the blood of cows and heifers under the influence of hormonal drugs and physiotherapy] / Khristianovsky P.I., Grebenyuk S.E., Belimenko V.V. // Rossiyskiy veterinarnyy zhurnal [Russian Veterinary Journal], No. 3, 2014. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.027>

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ В БРОЙЛЕРНОМ ПТИЦЕВОДСТВЕ

Научная статья

Тамбиев Т.С.^{1,*}, Гаринина Е.Р.², Филипских О.И.³

¹ORCID: 0000-0003-1561-231X;

^{1, 2, 3} Донской государственный аграрный университет, Персиановский, Россия

* Корреспондирующий автор (tim.tambieff-earl[at]yandex.ru)

Аннотация

На площадке репродукции птицефабрики, специализирующейся на выращивании бройлеров, была разработана и апробирована система ветеринарно-санитарных мероприятий по проведению обеззараживания поверхностей и оборудования птицеводческих помещений после завершения технологического цикла. В результате лабораторных исследований по контролю качества дезинфекции ветеринарно-санитарное состояние корпусов, где проводилась апробация разработанной схемы, было признано удовлетворительным, а применение комплекса ветеринарно-санитарных мероприятий – экономически целесообразным.

Ключевые слова: птицеводческие предприятия, ветеринарная санитария, технологическая дезинфекция, дезинвазия.

DISINFECTION OF EXTERNAL OBJECTS IN BROILER POULTRY

Research article

Tambiev T.S.^{1,*}, Garinina E.R.², Filipisky O.I.³

¹ORCID: 0000-0003-1561-231X;

^{1, 2, 3} Don State Agrarian University, Persianovsky, Russia

* Corresponding author (tim.tambieff-earl[at]yandex.ru)

Abstract

The authors developed and tested the system of veterinary and sanitary measures for the disinfection of surfaces and equipment of poultry facilities after the completion of the technological cycle at the reproduction site of a poultry farm specializing in broiler growing. As a result of laboratory studies on the quality control of disinfection, the veterinary and sanitary conditions of the buildings with the developed tested scheme were evaluated as satisfactory, and the use of a complex of veterinary and sanitary measures was economically feasible.

Keywords: poultry enterprises, veterinary sanitation, technological disinfection, disinfestation.

Введение

В настоящее время, в связи с реализацией национального проекта «Развитие агропромышленного комплекса», очень остро стоит вопрос решения проблемы нехватки мясной продукции в Российской Федерации. Одной из самой перспективной в данном отношении отраслей животноводства является птицеводство. Рост производства мяса птицы достигается в основном за счет увеличения разведения цыплят-бройлеров, которые на единицу массы затраченных кормов дают прирост живой массы в 4–6 раз больше, чем другие сельскохозяйственные животные. Но, к сожалению, современная технология промышленного птицеводства обуславливает значительную функциональную нагрузку на организм птицы, которая приводит к снижению его резистентности и иммунологической реактивности. В результате этого на многих птицефабриках отмечаются различного рода заразные заболевания птицы [1].

Огромную роль в возникновении болезней данной группы играет несоблюдение зооигиенических и ветеринарно-санитарных правил содержания птицы. Как правило, нерегулярное проведение дезинфекции и дезинвазии или полное их отсутствие в системе ветеринарно-санитарных мероприятий как составной части технологического процесса приводит к контаминации птицеводческих помещений условно-патогенными микроорганизмами и эймериями, являющимися на данный момент основными возбудителями заразных болезней птицы на крупных птицефабриках [2], [3], [4].

Кроме того, при нарушении ветеринарно-санитарных правил получения птицеводческой продукции происходит ее контаминация данными микроорганизмами, что в конечном итоге может привести к заболеванию людей и особенно детей. Поэтому на всех стадиях технологического процесса, от выращивания птицы, до ее убоя и переработки, а также фасовки готовой продукции, необходима целостная система ветеринарно-санитарного контроля, включающая основные мониторинговые исследования, в том числе по уровню содержания бактерий группы кишечной палочки, сальмонелл и золотистого стафилококка [5], [6], [7].

В настоящее время на птицефабриках по выращиванию и разведению бройлеров используются различные средства и методы санации помещений. Большинство исследователей считает, что в бройлерном птицеводстве после завершения технологического цикла необходимо выполнение целого комплекса ветеринарно-санитарных мероприятий, включающего в себя механическую очистку, мойку, дезинфекцию и дезинвазию оборудования и помещений в строгой последовательности.

Цель исследований – усовершенствование ветеринарно-санитарных мероприятий в цехах репродукции бройлерных птицефабрик.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились на площадке репродукции одной из птицефабрик Ростовской области. Объектами исследований являлись производственные помещения для содержания родительского стада бройлеров. Была разработана и апробирована комплексная система ветеринарно-санитарных мероприятий, включающая в себя механическую очистку, дезинфекцию и дезинвазию птицеводческих помещений после завершения технологического цикла (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Схема санации птицеводческих помещений для содержания родительского стада после завершения технологического цикла

№. п/п	Наименование работ	День после выгрузки птицы	Длительность в часах	Препараты
1	Обеззараживание подстилки и помета	5	1	каустическая сода 5%
2	Аэрозольная дезинфекция птичника парами формалина	6	4	формальдегид 38%
3	Механическая очистка помещения от подстилки и помета	30–31	18	–
4	Влажная дезинфекция по «грязному»	32	3	каустическая сода 5%
5	Мойка корпуса (потолка, стен и технологического оборудования)	90–94	38	«Интел Био фоам»
6	Контроль качества мойки (визуальный контроль) с составлением акта приемки	95	2	–
7	Дезинфекция, путем пеногенерирования (по «чистому»)	95	1	вирицид 5%
8	Обжиг сеток и пола	95	8	–
9	Влажная дезинфекция по «чистому»	96	2	каустическая сода 5%
10	Обработка пола 20% раствором свежегашеной извести с добавлением 2% раствора хлорной извести	96	8	свежегашеная известь 20%, хлорная известь 2%
11	Просушка корпуса	97	24	–
12	Аэрозольная дезинфекция птичника парами формалина	98	3	формальдегид 38%
13	Аэрозольная дезинфекция птичника парами формалина	120	4	формальдегид 38%
14	Лабораторный контроль качества дезинфекции	130	1	–

После проведения опытов по апробации разработанной системы с целью определения эффективности ветеринарно-санитарных мероприятий был проведен контроль качества обеззараживания птицеводческих корпусов в соответствии с МУ-13-5-2/0525 «Методическими указаниями по контролю качества ветеринарной дезинфекции объектов животноводства» от 15.07.2002 года. С этой целью брались пробы не позднее 2 часов после проведения дезинфекции с 10 различных участков помещения (пола, стен, потолка, оборудования, инвентаря и т. д.) и отправляли для лабораторного исследования бактериологическим методом. Контроль качества дезинфекции проводили по наличию роста на элективных питательных средах колоний бактерий группы кишечной палочки. Дезинфекцию признавали качественной, если бактериального роста не было во всех пробах.

Экономическую эффективность проведенных ветеринарно-санитарных мероприятий рассчитывали методом приведенных затрат в соответствии с «Методикой определения экономической эффективности ветеринарных мероприятий» (Ветеринарное Законодательство, т. 1, 2000).

Результаты исследований

Результат лабораторных исследований, проведенный после апробации разработанной системы ветеринарно-санитарных мероприятий показал, что дезинфекция корпусов, в которых проводились испытания, была признана качественной, так как при исследовании смывов с различных поверхностей и оборудования не было обнаружено бактерий группы кишечной палочки (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Результаты контроля качества технологической дезинфекции помещений для содержания родительского стада бройлеров

№ пробы	Место отбора пробы	Обнаружение БГКП	
		Величина допустимого уровня	Результат исследования
Корпус №1			
1	Потолок	Не допускаются	Не обнаружены
2	Боковая вентиляция	Не допускаются	Не обнаружены
3	Поилка	Не допускаются	Не обнаружены
4	Гнездо	Не допускаются	Не обнаружены
5	Взлетка	Не допускаются	Не обнаружены
6	Стена	Не допускаются	Не обнаружены
7	Кормушка куриная	Не допускаются	Не обнаружены
8	Кормушка петушиная	Не допускаются	Не обнаружены
9	Кормовой бункер	Не допускаются	Не обнаружены
10	Торцевая вентиляция	Не допускаются	Не обнаружены
Корпус №2			
1	Поилка	Не допускаются	Не обнаружены
2	Кормушка куриная	Не допускаются	Не обнаружены
3	Кормушка петушиная	Не допускаются	Не обнаружены
4	Гнездо	Не допускаются	Не обнаружены
5	Пол	Не допускаются	Не обнаружены
6	Стена	Не допускаются	Не обнаружены
7	Взлетка	Не допускаются	Не обнаружены
8	Торцевая вентиляция	Не допускаются	Не обнаружены
9	Боковая вентиляция	Не допускаются	Не обнаружены
10	Кормолиния	Не допускаются	Не обнаружены

Дальнейший расчет экономической эффективности проведенных ветеринарно-санитарных мероприятий показал, что разработанная система санации производственных корпусов является экономически целесообразной. Экономическая эффективность апробированной системы ветеринарно-санитарных мероприятий составила 32,28 рублей на 1 рубль затрат. То есть на 1 рубль материальных затрат была получена чистая прибыль в размере 31 рубля 28 копеек.

Заключение

В бройлерном птицеводстве после завершения технологического цикла необходимо строгое выполнение комплекса ветеринарно-санитарных мероприятий, включающего в себя механическую очистку, мойку, дезинфекцию и дезинвазию помещений и расположенного в них оборудования. Исследования, проведенные в цехе родительского стада бройлерной птицефабрики, показали высокую профилактическую и экономическую эффективность применения комплексной системы обеззараживания объектов внешней среды птицеводческих помещений.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Андреева А.В. Распространение кокцидиозной инвазии цыплят-бройлеров / А.В. Андреева, Э.Ф. Мулюкова // Актуальные проблемы агропромышленного производства: матер. межд. науч.-практ. конф. – Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2013. – С. 238–240.
2. Коссе В.Ф. Патоморфологические изменения в органах и тканях кур при ассоциативном течении инфекционных и инвазионных болезней / В.Ф. Коссе, О.Н. Полозюк // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2014. – № 3 (13). – С. 5–8.
3. Портянко А.В. Мониторинг заразных болезней птицы в Омской области / А.В. Портянко, А.А. Гофман, С.Б. Лыско, А.П. Красиков // Птицеводство. – 2017. – № 9. – С. 34–38.
4. Сафиуллин Р.Т. Комплексная программа против кокцидиозов птиц для снижения циркуляции резистентных форм эймерий на птицеводческой площадке / Р.Т. Сафиуллин, Т.Г. Титова, Т.А. Нуртдинова // Российский паразитологический журнал. – 2017. – Т. 41. – № 3. – С. 288–298.
5. Борисенкова А.Н. Программа обеспечения эпизоотического благополучия птицеводческих хозяйств в отношении бактериальных болезней птиц / А.Н. Борисенкова, Т.Н. Рождественская // 20 лет на благо промышленного птицеводства: сб. тр. – СПб.: Изд. дом «АВИВАК», 2010. – С. 75–85.
6. Журавель Н.А. Кадровое обеспечение контроля качества и безопасности в ветеринарно-санитарном отношении продукции птицеводства / Н.А. Журавель, А.В. Мифтахутдинов // АПК России. – 2018. – Т. 25. – № 1. – С. 138–142.
7. Новикова О.Б. Усовершенствование методов контроля эпидемиологически опасных и условно-патогенных микроорганизмов, выделяемых от птиц: автореф. дис. ... канд. вет. наук / О.Б. Новикова. – СПб, 2004. – 18 с.
8. Краснобаев Ю.В. Программа биобезопасности против кокцидиоза птицы / Ю.В. Краснобаев, А.А. Худяков // Птицеводство. – 2012. – № 2. – С. 45–46.

9. Ташбулатов А.А. Комплексная дезинвазия феностерилом при содержании ремонтного молодняка бройлерного стада / А.А. Ташбулатов, Р.Т. Сафиуллин // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. – 2016. – № 17 (17). – С. 458–460.

10. Ташбулатов А.А. Комплексная очистка, дезинвазия оборудования и помещений в бройлерном птицеводстве / А.А. Ташбулатов, Р.Т. Сафиуллин, Т.В. Гаврилова // Ветеринария. – 2016. – № 5. – С. 39–41.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Andreeva A.V. Rasprostraneniye koktsidioznoi invazii tsyplyat-broilerov [Prevalence of Coccidiosis of broiler chickens] / A.V. Andreeva, E.F. Mulykova // Aktual'nye problemy agropromyshlennogo proizvodstva: mater. mezhd. nauch.-prakt. konf. [Actual problems of agricultural production: materials of the international scientific and practical conference] – Kursk: publishing house Kursk. gos. s.-kh. ak., 2013. – P. 238–240. [in Russian]

2. Cosse V.F. Patomorfologicheskie izmeneniya v organakh i tkanyakh kur pri assotsiativnom techenii infektsionnykh i invazionnykh boleznei [Pathological changes in organs and tissues of chickens at the association for infectious and invasive diseases] / V.F. Cosse, O.N. Polozhuk // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Vestnik of Don State Agrarian University]. – 2014. – № 3 (13). – P. 5–8. [in Russian]

3. Portyanko A.V. Monitoring zaraznykh boleznei ptitsy v Omskoi oblasti [The Monitoring of Infectious Diseases of Poultry in Omsk Region] / A.V. Portyanko, A.A. Gofman, S.B. Lysko, A.P. Krasikov // Ptitsevodstvo [Poultry]. – 2017. – № 9. – P. 34–38. [in Russian]

4. Safiullin R.T. Kompleksnaya programma protiv koktsidiozov ptits dlya snizheniya tsirkulyatsii rezistentnykh form eimerii na pitsevodcheskoi ploshchadke [Complex program against the coccidiosis of birds to reduce the circulation of resistant forms of Eimeria spp. on the poultry ground] / R.T. Safiullin, T.G. Titova, T.A. Nurtdinova // Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal [Russian Journal of Parasitology]. – 2017. – V. 41. – № 3. – P. 288–298. [in Russian]

5. Borisenkova A.N. Programma obespecheniya epizooticheskogo blagopoluchiya pitsekhozyaistv v otnoshenii bakterial'nykh boleznei ptits [Program for ensuring the epizootic well-being of poultry farms in relation to bacterial diseases of poultry] / A.N. Borisenkova, T.N. Rozhdestvenskaya // 20 let na blago promyshlennogo pitsevodstva: sb. tr. [20 years for the benefit of industrial poultry farming: collection of works]. – SPb.: publishing house «AVIVAK», 2010. – P. 75–85. [in Russian]

6. Zhuravel N.A. Kadrovoe obespechenie kontrolya kachestva i bezopasnosti v veterinarno-sanitarnom otnoshenii produktov pitsevodstva [Staffing for controlling the quality and safety of poultry products concerning veterinary and sanitary aspects] / N.A. Zhuravel, A.V. Miftakhutdinov // APK Rossii [Agro-Industrial Complex of Russia]. – 2018. – V. 25. – № 1. – P. 138–142. [in Russian]

7. Novikova O.B. Uovershenstvovanie metodov kontrolya epidemiologicheskii opasnykh i uslovno-patogennykh mikroorganizmov, vydelyaemykh ot ptits [Improvement of control methods for epidemiologically dangerous and conditionally pathogenic microorganisms secreted from birds]: dis. abstr. ... of PhD in Veterinary Medicine and Science / O.B. Novikova. – SPb., 2004. – 18 p. [in Russian]

8. Krasnobaev Y.V. Programma biobezopasnosti protiv koktsidioza ptitsy [Biosecurity Program against Avian Coccidiosis] / Y.V. Krasnobaev, A.A. Hudyakov // Ptitsevodstvo [Poultry]. – 2012. – № 2. – P. 45–46. [in Russian]

9. Tashbulatov A.A. Kompleksnaya dezinvaziya fenosterilom pri sodержanii remontnogo molodnyaka broilernogo stada [Complex disinfection by fenosteril at maintenance of replacement broiler youngsters] / A.A. Tashbulatov, R.T. Safiullin // Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami [Theory and practice of struggle against parasitic diseases]. – 2016. – № 17 (17). – P. 458–460. [in Russian]

10. Tashbulatov A.A. Kompleksnaya ochistka, dezinvaziya oborudovaniya i pomeshchenii v broilernom pitsevodstve [Complex cleaning, disinvasion of the equipment and rooms in broiler poultry farming] / A.A. Tashbulatov, R.T. Safiullin, T.V. Gavrilova // Veterinariya [Veterinary]. – 2016. – № 5. – P. 39–41. [in Russian]

АКТИВИЗАЦИЯ РЕГУЛЯТОРОВ ФИНАНСОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ПЕНСИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Научная статья

Музаев М.З.¹, Денисова И.П.^{2,*}

² ORCID:0000-0002-4179-0390;

¹ Пенсионный фонд России, Ачхой-Мартановском район, Чеченская республика;

² ФГБОУ ВО «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ),
Ростов-на-Дону, Россия

* Корреспондирующий автор (denis8663[at]mail.ru)

Аннотация

В статье проводятся исследования отношений по поводу формирования финансовых ресурсов системы пенсионного страхования и пенсионного обеспечения, центральным звеном которой выступают источники формирования Пенсионного Фонда. Проанализирована практика финансирования социальных потребностей и определена необходимость внедрения инновационных механизмов пенсионного обеспечения.

Показано, что в целях обеспечения финансовой устойчивости системы пенсионного обеспечения необходимо активизировать финансовые и институциональные элементы пенсионной системы.

Перенос процессов и механизмов формирования эффективной финансовой системы пенсионного обеспечения обеспечит устойчивое функционирование социально-ориентированной экономики.

Ключевые слова: пенсионное обеспечение, пенсионная система, бюджет, доходы и расходы Пенсионного Фонда.

ACTIVATION OF FINANCIAL SOURCE REGULATORS IN PENSION PROVISION

Research article

Muzaev M.Z.¹, Denisova I.P.^{2,*}

² ORCID: 0000-0002-4179-0390,

¹ Pension Fund of Russia, Achkhoy-Martanovsky District, Chechen Republic;

² FSBEI of HE, Rostov State Economic University (RSEU), Rostov-on-Don, Russia

* Corresponding author (denis8663[at]mail.ru)

Abstract

The article investigates relations regarding the formation of financial resources of the pension insurance and pension system, the central links of which are the sources of the formation of the Pension Fund. The practice of financing social needs is analyzed; the need for the introduction of innovative pension mechanisms is also determined in the paper.

It is shown that in order to ensure the financial stability of the pension system, it is necessary to activate the financial and institutional elements of the pension system.

The transfer of processes and mechanisms for the formation of an effective financial system of pension provision will ensure the stable functioning of a socially-oriented economy.

Keywords: pension provision, pension system, budget, income, and expenses of the Pension Fund.

Введение

Эффективность финансового обеспечения пенсионной системы является показателем уровня жизни лиц пенсионного и предпенсионного возраста, стимулом к продолжению активной жизнедеятельности, показателем конкурентоспособности национальных стратегий социально-экономического развития.

Реформа системы пенсионного обеспечения затронула, в основном, распределительные элементы финансовой системы пенсионных прав и снизила бюджетную нагрузку и государственных обязательств поддержки государственных гарантий, расширила методы стимулирования позднего выхода на пенсию.

Наиболее результативными реформами, на наш взгляд, следует считать преобразования, которые позволяют запустить механизмы, четко учитывающие такие факторы, как: средняя продолжительность жизни населения в абсолютном выражении, продолжительность жизни до и после выхода на пенсию, возраст выхода на пенсию и соотносить эти показатели с размером активов и обязательств бюджетной системы по выплате пенсий.

На преобразования современной отечественной пенсионной системы, повышение ее устойчивости и эффективности определяющее воздействие оказывают демографические и социально-экономические факторы: несоответствие роста зарплаты и уровня инфляции, пресс демографической нагрузки, низкая производительность труда при высокой его интенсивности.

Данные предпосылки оказывают влияние на показатели производительности труда, на определение затрат трудовых ресурсов в зависимости от количества трудоспособных, застрахованных и объема администрирования страховых взносов. [1].

Названные детерминанты вызывают необходимость преобразования финансовых источников и институтов пенсионного обеспечения и пенсионного страхования, использования перераспределительных и корпоративно-накопительных принципов финансирования.

Методы и принципы исследования

В качестве методологической основы исследования использовались общенаучные диалектические методы познания, финансовый анализ, теоретико-практический подход, которые позволили охарактеризовать сущность финансового обеспечения системы пенсионных прав, обосновать и разработать практические рекомендации по внедрению инновационных финансовых продуктов в современной отечественной пенсионной системе.

Теоретической базой исследования послужили работы отечественных авторов А.К.Соловьева, Л.И. Ниворожкиной, Е.А.Мамий, А.В.Новикова, Ю.А.Герман, Ю.М. Горлиной [2],[3],[4],[5].

Результаты исследования

Центральным финансово-институциональным звеном системы как пенсионного обеспечения, так и всего государственного социального страхования является Пенсионный фонд, доходная база которого определяет эффективность доходной базой бюджета и внебюджетных фондов. Весомую часть расходов Пенсионного фонда составляют выплаты различных видов пенсий в текущем году. В состав текущих поступлений в Пенсионный фонд входят объёмы полученных страховых взносов, а также доходы, от инвестиционной деятельности, рис.1.



Рис. 1 – в Классификация поступлений в Пенсионный фонд России

Существующие на данный момент формы аккумулирования пенсионных накоплений ведут к отвлечению финансовых ресурсов от выполнения текущих обязательств, о чем свидетельствуют как кассовые разрывы, так и дискуссии по поводу управления дефицитом бюджета Пенсионного Фонда РФ. Этап пенсионной реформы, связанный с увеличением пенсионного возраста рассчитан на финансовый эффект от увеличения пенсионного возраста, однако это эффект может повысить возможные экономические и социальные риски, и усложнить методы оценки этих рисков.

Данная ситуация вызывает необходимость внедрения альтернативных механизмов и источников финансового обеспечения пенсионной системы.

Многие авторы, изучающие проблемы пенсионного обеспечения считают, что основная проблема вызывающая дискуссии в этой области – вопрос дефицита Пенсионного фонда РФ. Этот вопрос в свою очередь имеет ряд альтернативных решений:

- дифференциация индексации пенсий;
- борьба с сокрытиями заработной платы, информационное взаимодействие по раскрытию информации о самозанятых и нелегальных рабочих;
- пересмотр системы пенсионного обеспечения госслужащих с учетом повышения пенсионного возраста. [6]

Основными регуляторами сбалансированности доходов и расходов являются следующие факторы: размер пенсий; способы индексации; сроки изменения(повышения).

Финансовый механизм, основанный на автономности и разграничении бюджета Пенсионного фонда предполагает достоинства и определенные отрицательные моменты (Табл 1.).

Таблица 1 – Оценка характеристик автономности финансовых ресурсов Пенсионного Фонда

Достоинства	Недостатки
1. Преимущества распределительной системы 2. Контроль расчётов поступления средств в бюджет и расходования их. 3. Удобство планирования 4. Разнообразие источников погашения дефицита бюджета 5. Разнообразие источников пополнения средств Пенсионного фонда.	1. Устойчивое превышение расходной части 2. Наличие лагов бюджетных поступлений. 3. Наличие многосубъектности системы государственного регулирования и ежегодного принятия бюджета. 4. Дефицит источников пополнения доходов Пенсионного Фонда.

Денежные средства обязательного пенсионного страхования аккумулируются на счетах Пенсионного фонда Российской Федерации, открываемых в учреждениях Центрального Банка РФ, а при отсутствии учреждений мегарегулятора, в порядке, предусмотренном Федеральным законом от 21 июля 2005 года №94-ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд» [7]. Источниками дохода бюджета Пенсионного фонда Российской Федерации являются: страховые взносы; средства федерального бюджета; доходы от размещения (инвестирования) временно свободных средств обязательного пенсионного страхования; иные источники, не запрещенных законодательством Российской Федерации. [8]

Основная задача Пенсионного фонда Российской Федерации -назначение и обеспечение выплаты пенсий (пособий). С 1 января 2019 года пенсии в бюджете ПФР будут пополняться из нового источника — это так называемые «коррупционные» деньги: финансы, конфискованные вследствие разоблачения коррупционных правонарушений. Размер поступлений в доходную часть бюджета пенсионного фонда на 2019 год составляет соответственно 8333,3 и 8621,0 млрд. рублей.

Как следует из проекта бюджета пенсионного фонда на 2019 год, расходы запланированы в размере 8694,9 млрд. рублей (в 2018 году —8439,9).

Дефицит бюджета Пенсионного Фонда планируется в размере 23,23млрд рублей при формировании доходов в сумме 8 612,7 млрд рублей, расходов в сумме 8 635,9 млрд рублей (Табл.2.).

Таблица 2 – Основные показатели бюджета ПФР на 2019-2021 г.г.(тр.п.) [9]

Показатели	2019	2020	2021
ДОХОДЫ	8685,5	9036,9	9368,5
Взносы на страховые пенсии	5164,5	5410,3	5779,9
Трансферт из федерального бюджета	3425,9	3522,7	3477,4
В том числе на обязательное пенсионное страхование	1086,8	1119,6	1029,2
РАСХОДЫ	8783,3	9121,2	9441,4
В том числе:			
ПРОФИЦИТ(+), ДЕФИЦИТ (-)	-220 431 958,4	-196 693 255,9	-167 861 007,4

Планируется, что повышение возраста ухода на пенсию сможет увеличить собственные доходы Пенсионного фонда России на 287 млрд руб. в 2019 году по сравнению с 2018 годом, следовательно, трансферт из федерального бюджета на обязательное пенсионное страхование (ОПС) можно будет снизить, как следует из проекта «Основные направления бюджетной и налоговой политики на 2019–2021 годы» [10].

Дефицит бюджетных средств фонда будет равен 23 миллиардам рублей.

В 2019 г. объем подобных межбюджетных трансфертов составит 54.6 миллиардов рублей. Для материального обеспечения выплаты пенсий, пособий и иных социальных выплат запланировано провести межбюджетных трансфертов из казны на 3.3 триллиона рублей.

К сожалению, дефицит бюджетных средств – гораздо более частая ситуация, нежели профицит. Так дело обстоит и в большей части других стран. Обычно профицит достигается при экономической ситуации, которая близка к идеальной, что, разумеется, происходит нечасто.

Заключение

Оценка состояния бюджета пенсионного Фонда позволяет определить задачи, которые стоят перед всей пенсионной системой:

- поддержание соответствие между уровнем пенсий и заработных плат;
- упорядочение структуры пенсии, с дифференциацией на уровни финансирования;
- региональная привязка трудового стажа;
- формирование пенсионных прав и обязательств на основе актуарной сбалансированности.

В долгосрочной перспективе возможно расширение обязательных и добровольных видов краткосрочного и долгосрочного пенсионного страхования. Для этого, необходимо:

- модернизировать институциональную структуру пенсионной системы и более четко определить статус его субъектов;
- разработать комплекса мер по дальнейшему развитию дополнительного накопительного пенсионного страхования.

Требуются преобразования и в области тарифной политики, которая, как показывает практика, формируется без учета основного требования, предъявляемого к страховым пенсионным системам поддержания актуарной (текущей и долгосрочной обеспеченности) сбалансированности пенсионных обязательств и тем самым увеличивает зависимость ПФР от федерального бюджета, несущего по обязательствам Фонда субсидиарную ответственность. Данные мероприятия позволят повысить финансовую самостоятельность и устойчивость пенсионной системы.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Приказ Минэкономразвития России от 28.12.2018 N 748 "Об утверждении Методики расчета показателей производительности труда предприятия, отрасли, субъекта Российской Федерации и Методики расчета отдельных показателей национального проекта "Производительность труда и поддержка занятости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/law/> (дата обращения: 05.10.2019г.).
2. Ниворожкина Л.Н. Пенсионная реформа: проблемы и пути решения. / Ниворожкина Л.Н., Арженовский С.В., Синавская Т.Г. и др. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Общественные науки. – 2011. № 5. С.66-71.
3. Мамий Е.А. Актуальные проблемы реформирования пенсионной системы Российской Федерации. / Мамий Е.А., Новиков А.В. // Финансы и кредит. – 2014. №19 (595). С.26-31
4. Герман Ю.А. Проблемы оценки эффективности пенсионной системы / Герман Ю.А. // Экономика, Статистика, Информатика. – 2014. №6. С.22-27
5. Горлина Ю.М. Повышение пенсионного возраста: позитивные эффекты и вероятные риски / Горлина Ю.М., Ляшок В.Ю., Малевой Т.М. // Экономическая политика. – 2018. №1. С. 148-178
6. Соловьев А.К. Проблемы эффективности пенсионной системы России в условиях реформы / Соловьев А.К. // Мир новой экономики. – 2014. № 4. – С. 39–50.
7. Федеральный закон от 21 июля 2005 года №94-ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд». [Электронный ресурс]. – URL <http://www.consultant.ru/document/> (дата обращения: 05.10.2019г.).
8. Федеральный закон от 15.12.2001 N 167-ФЗ (ред. от 19.12.2016) "Об обязательном пенсионном страховании в Российской Федерации" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/document/> (дата обращения: 05.10.2019г.).
9. Федеральный закон "О бюджете Пенсионного фонда Российской Федерации на 2019 год и на плановый период 2020 и 2021 годов" от 28.11.2018 N 432-ФЗ. [Электронный ресурс]. – URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_308390 дата обращения: 05.10.2019 г.).
10. Официальный Сайт Комитета ГД по бюджету и налогам [Электронный ресурс]. – URL: <http://komitet-bn.km.duma.gov.ru/> (дата обращения: 05.10.2019г.).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Prikaz Minekonomrazvitiya Rossii ot 28.12.2018 N 748 "Ob utverzhdenii Metodiki rascheta pokazatelej proizvoditel'nosti truda predpriyatiya, otrasli, sub"ekta Rossijskoj Federacii i Metodiki rascheta otdel'nyh pokazatelej nacional'nogo proekta "Proizvoditel'nost' truda i podderzhka zanyatosti [Order of the Ministry of economic development of 28.12.2018 N 748 "On approval of Methodology of calculation of indicators of productivity of companies, industries, subjects of the Russian Federation and the calculation of separate indicators of the national project "Productivity and support employment"] [Electronic resource]. - URL: <http://www.consultant.ru/law/> (accessed 05.10.2019). [in Russian]
2. Nivorozhkina L. N. Pensionnaya reforma: problemy i puti resheniya [Pension reform: problems and solutions]. / Nivorozhkina L. N., Arzhenovsky S. V., Sinyavskaya T. G. and others // Proceedings of higher educational institutions. North Caucasus region. Social science. - 2011. No. 5. Pp. 66-71. [in Russian]
3. Mamiy E. A. Aktual'nye problemy reformirovaniya pensionnoj sistemy Rossijskoj Federacii [Actual problems of reforming the pension system of the Russian Federation]. / Mamiy E. A., Novikov A. V. // Finance and credit. - 2014. No. 19 (595). Pp. 26-31 [in Russian]
4. Herman Y. A. Problemy ocenki effektivnosti pensionnoj sistemy [Problems of assessment of efficiency of the pension system] / Herman Y. A. // Economics, Statistics, computer science. - 2014. No. 6. C-22-27. [in Russian]
5. Gorlin Yu M. Povyshenie pensionnogo vozrasta: pozitivnye efekty i veroyatnye riski [Raising the retirement age: the positive effects and possible risks]. / Gorlin Yu M, Lyashkov, V. Y., Maleva T. M. // Economic policy. - 2018. No. 1. Pp. 148-178 [in Russian]
6. Soloviev A. K. Problemy effektivnosti pensionnoj sistemy Rossii v usloviyah reformy [Problems of efficiency of pension system of Russia in the conditions of reform] / Soloviev A. K. // World of new economy. - 2014. No. 4. - Pp. 39-50. [in Russian]
7. Federal'nyj zakon ot 21 iyulya 2005 goda №94-F3 «O razmeshchenii zakazov na postavki tovarov, vypolnenie rabot, okazanie uslug dlya gosudarstvennyh i municipal'nyh nuzhd» [Federal law No. 94-F3 of 21 July 2005 on the placing of orders for the supply of goods, works and services for state and municipal needs]. [Electronic resource.] - URL <http://www.consultant.ru/document/> (accessed 05.10.2019). [in Russian]
8. Federal'nyj zakon ot 15.12.2001 N 167-FZ (red. ot 19.12.2016) "Ob obyazatel'nom pensionnom strahovanii v Rossijskoj Federacii" (s izm. i dop., vstup. v silu s 01.01.2017) [The Federal law of 15.12.2001 N 167-FZ (edition of 19.12.2016) "About obligatory pension insurance in the Russian Federation" (with change and extra, Intro. in force from 01.01.2017)] [Electronic resource]. - URL <http://www.consultant.ru/document/> (accessed 05.10.2019). [in Russian]
9. Federal'nyj zakon "O byudzhete Pensionnogo fonda Rossijskoj Federacii na 2019 god i na planovyj period 2020 i 2021 godov" ot 28.11.2018 N 432-FZ. [Federal law "on the budget of the Pension Fund of the Russian Federation for 2019 and for the planning period of 2020 and 2021" of 28.11.2018 N 432-FZ]. [Electronic resource.] – URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_308390 (accessed: 05.10.2019 g). [in Russian]
10. Oficial'nyj Sajt Komiteta GD po byudzhetu i nalogam [Official Website of the state Duma Committee on budget and taxes] [Electronic resource]. – URL: <http://komitet-bn.km.duma.gov.ru/> (accessed: 05.10.2019 g). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.029>

ТИПОЛОГИЗАЦИЯ ИНФРАСТРУКТУРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АГРАРНЫХ СИСТЕМ

Научная статья

Запорожец Д.В.¹, Звягинцева О.С.^{2,*}

^{1,2} Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

* Корреспондирующий автор (o-zvyagintseva[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье рассмотрены подходы к типологизации инфраструктурного обеспечения аграрного бизнеса и сельских территорий. Целью исследования является идентификация приоритетных направлений развития инфраструктурного обеспечения аграрного сектора экономики, объектом которого выступают аграрные экономические системы различного уровня. В качестве предмета исследования можно выделить как отдельные элементы инфраструктуры, так и их совокупность. Предложен авторский подход к семантически обусловленному разделению инфраструктуры на три группы: производственную, интегрирующую и социальную. Типологизованная схема инфраструктурного обеспечения аграрных экономических систем может стать основой для диагностики текущего состояния инфраструктуры и определения приоритетных направлений развития аграрного бизнеса и сельских территорий.

Ключевые слова: инфраструктурное обеспечение, аграрный бизнес, сельские территории, интеграция, аграрная социально-экономическая система.

TYPOLOGY OF INFRASTRUCTURE SUPPORT OF AGRICULTURAL SYSTEMS

Research article

Zaporozhets D.V.¹, Zvyagintseva O.S.^{2,*}

^{1,2} Stavropol state agrarian University, Stavropol, Russia

* Corresponding author (o-zvyagintseva[at]yandex.ru)

Abstract

The article considers approaches to typologization of infrastructure support of agricultural business and rural areas. The aim of the study is to identify priority areas of development of infrastructure support of the agricultural sector of the economy, the object of which are agricultural economic systems of different levels. As a subject of research can be identified as individual elements of infrastructure, and their totality. The author's approach to the semantically conditioned division of infrastructure into three groups is proposed: production, integrating and social. The typologized scheme of infrastructure support of agrarian economic systems can become a basis for diagnostics of the current state of infrastructure and definition of priority directions of development of agrarian business and rural territories.

Keywords: infrastructure support, agricultural business, rural areas, integration, agricultural socio-economic system.

Introduction

Infrastructure (from the Latin *infra* - below, under the *structura* - structure, location) is a term that appeared in the economic literature in the late 40s of the 20th century to denote the complex of economic sectors serving the industrial and agricultural sectors. production (construction of highways, canals, ports, bridges, airfields, warehouses, energy facilities, railway transport, communications, water supply and sewerage, general and vocational education, expenditures on science, healthcare, etc.). The term infrastructure is borrowed from the military vocabulary, where it denotes a complex of rear facilities supporting the actions of the armed forces [2].

Methods

The following foreign scientists began to pay attention to the formation and development of infrastructure support for business in the mid-twentieth century: D. Clark, M. Marshall, R. Frey, and others. I. Mayergoiza, E. Alaeva and S. Debabova should be singled out among Russian specialists. They interpreted the infrastructure as a branch of transport, communications, logistics, institutional and services.

Various approaches to the definition of innovation infrastructure are considered in the work of D. S. Sokolov and N. S. Tomilina [12]: through its elements, objects and organizations, institutions, the environment of innovation, then combining these approaches in their own definition. But at the same time, the authors limit the functions of the innovation infrastructure only to the creation of conditions for innovative development, assigning a passive role to the innovation structure in the innovative development of economic systems.

In the work of P. V. Arefyev [1] it is indicated that "innovative infrastructure should perform the functions of support, maintenance and assistance to innovative projects and processes".

M. A. Khacheyan [13] identifies the following functions of innovation infrastructure: providing conditions for an effective innovation cycle; stimulating innovative development; integration; social.

We believe that the structure and content of the functions of the innovation infrastructure is determined by the research objectives, the author's position, but in all cases it is necessary to take into account the fact that functions determine the structure of the system, and therefore the appearance of the innovative structure is determined by its functional content. In our opinion, innovative infrastructure should ensure the implementation of the following functions: intellectual, information, production and technological, investment, sales, integration.

In their scientific works, they revealed and identified the main properties and features of the infrastructure support of business:

1. The serving value of the infrastructure;
2. The unevenness of the territorial distribution of objects;
3. Infrastructure potential of the region;
5. Systematic development;
6. The inertia of formation and development;
7. Interlinking value of infrastructure;
8. Communicative infrastructure;
9. Historicity (connection of infrastructure with a certain stage of development of society, i.e. as society develops, infrastructure is filled with new content).

Native economic science subdivides the infrastructure of two large groups: production and non-production (social). The first group includes such elements as: transport infrastructure (railways and highways), water supply networks, power grids, communication channels. To the second group we should include industries that are implicitly related to the production process, but that nevertheless play a huge role in the development of the economy of any state: education, healthcare, etc.

And if the production infrastructure acts as an equal subject of economic relations, then one of the distinguishing features of social infrastructure is its dual nature. On the one hand, without the development of non-productive infrastructure, the existence and effective development of production systems is impossible. On the other hand, the development and maintenance of these industries does not bring profit to those who invest capital in these industries in the short term. Because of this, in our opinion, it is expedient, considering the production and social infrastructures of the agrarian business in a systemic unity, to theoretically and methodically differentiate to take into account their specific features, first of all, in terms of their impact on the performance of business.

L.N. Deineka, A.N. Proclin in his work "Market Infrastructure of the Regions as a General Condition for the Functioning of Entrepreneurship" [8] depending on the functional purpose of services for business entities, the main components of the infrastructure include:

- financial infrastructure;
- communication;
- intermediary.

Although in modern conditions this classification is not sufficiently complete, for example, communication needs differentiation. So, in our opinion, it should be divided into separate components of information and logistics infrastructure.

Results

The economic characteristics of the infrastructure include the following characteristics:

1. A significant amount of investment with a long payback period;
2. Profit from capital investments in the creation of infrastructure elements due to high costs and long-term capital turnover is risk-uncertain;
3. The uncertain nature of the distribution of the economic effect.

The technical characteristics of business infrastructure include the following characteristics:

1. Transport inertness;
2. The scale and territorial distribution of infrastructure facilities.

These characteristics are particularly pronounced for the agrarian sector of the economy.

The infrastructure support of the agro-industrial complex can be represented as a system of economic and social conditions that ensure the development of the agricultural production process. Together it connects all spheres of the agro-industrial complex, reducing the time of circulation and production, in essence, forming it as a single system. Therefore, the effective functioning and development of the infrastructure of the agro-industrial complex is currently connected: firstly, with the substantive and structural-functional aspect of the infrastructure activities; secondly, with its present state; thirdly, with the role that it plays in the agrarian economy.

In the agricultural business, infrastructure development is a prerequisite for effective interaction between the subjects of main and auxiliary production, linking demand and ensuring the transformation of all types of resources into production factors.

The main features of the formation, functioning and development of the infrastructure of the agrarian business are: production isolation, which enhances the direct connection of the infrastructure elements and the main production; complementarity, as the possibility of different combination variants of the structure of infrastructure elements, taking into account the peculiarities of the main production development; the variety of forms is the autonomy and unity of organizational, informational, sectoral, and other construction, depending on the change in the structure of the main production [5].

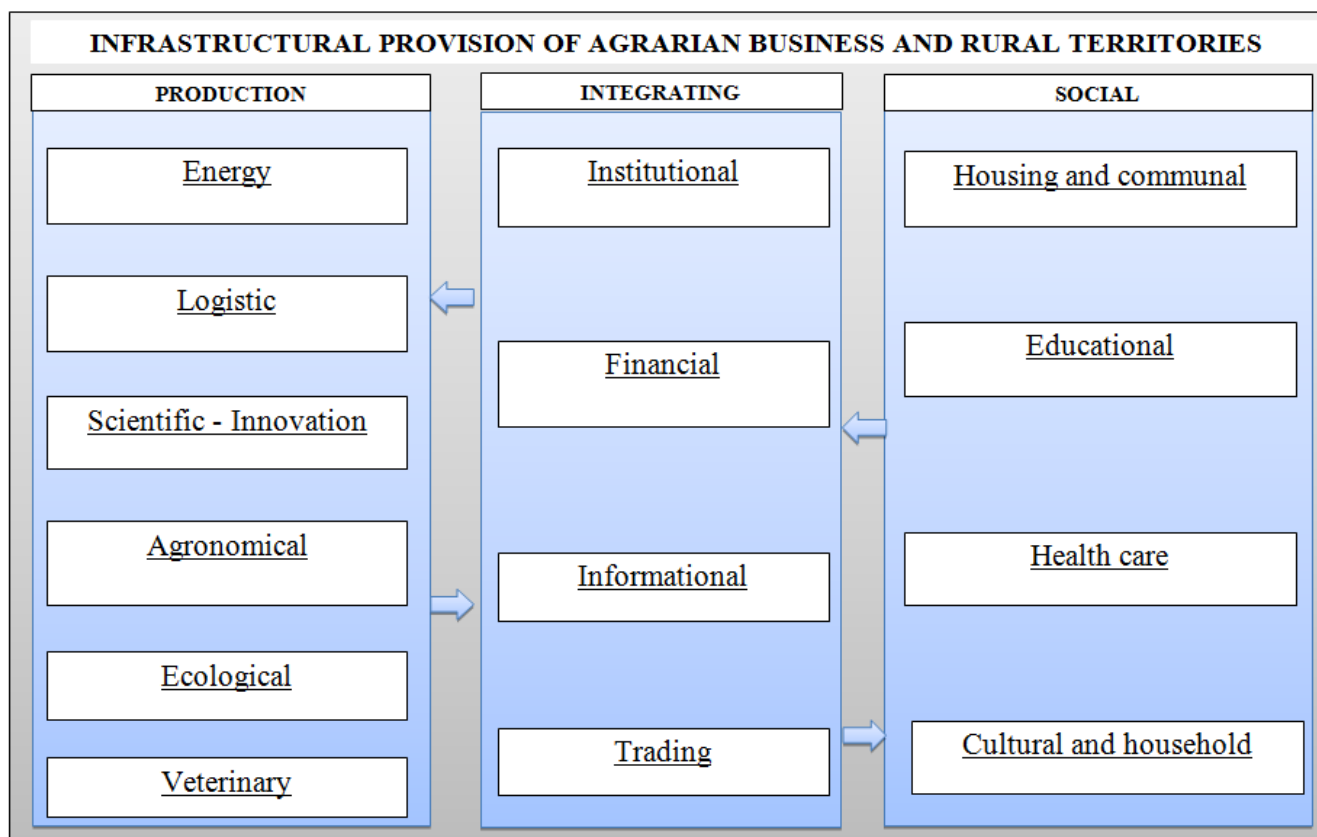


Figure 1 – Infrastructural provision of agrarian business and rural territories

Source: developed by the authors on the basis of the study

It should be noted that the functioning of all infrastructure elements should be coordinated and streamlined, so it is necessary, along with two large blocks of infrastructure support for the agricultural business (production and social infrastructure), to allocate a special block - an integrated infrastructure. In our opinion, it is the institutional, information, financial and trade infrastructures that are clearly dual in nature and together constitute the very integrating link between the industrial and social infrastructures and enterprises of the agro-industrial complex.

Considering the experience of researchers of this problem, identified during the analysis of areas of insufficient knowledge, we proposed the following typology of the infrastructure support of the agricultural business and rural areas (Figure 1), which includes production, social and integrating infrastructure.

The analysis showed that for the production infrastructure the following component composition takes place:

1. Energy infrastructure to which should include power plants and power grids, oil pipelines, gas stations, gas networks.
2. Logistics infrastructure, which includes the network of roads and railways, elevators, ports, logistics centers, warehouses, warehouses, vehicles, service organization.
3. The scientific innovation infrastructure includes research institutes, higher educational institutions, business incubators, venture funds, technology parks.
4. The agronomic infrastructure includes assortment stations and agrochemical services.
5. Environmental infrastructure includes organizations for environmental control and supervision, as well as plant protection services.
6. Along with agronomic and environmental one of the necessary elements of infrastructure support of the agricultural business is the veterinary infrastructure (veterinary services, veterinary pharmacies and veterinary hospitals).

Integrating infrastructure consists of the following elements:

1. Institutional infrastructure that includes various government agencies, a collection of legislative acts, courts of law, and law enforcement agencies.
2. Information infrastructure (channels and means of communication, postal communication, computer equipment, telecommunication networks, the Internet, information and computing and consulting centers, consulting companies, etc.).
3. Financial infrastructure (banks, leasing companies, insurance companies, investment companies, cooperatives, microfinance organizations).
4. Trade infrastructure to which it is possible to refer the agrofood markets, commodity exchanges, points of sale, shops, markets.

The most important condition for the development of the agricultural business and rural areas is the availability of objects not only of production but also of social infrastructure. The following types of social infrastructure of rural areas can be identified:

1. Housing and communal infrastructure that includes residential real estate objects, outbuildings, electricity and gas supply networks, communication channels, heat supply systems, water supply systems and drainage systems, sewage treatment plants, solid waste dump sites.

2. Educational (kindergartens, additional education courses, general education schools, organizations of primary vocational education, secondary special educational institutions, Higher educational institutions).

3. Health care (dispensaries, clinics, private medical offices and clinics, beauty centers)

4. Cultural and household infrastructure (houses of culture, clubs, households, beauty salons, hairdressers, bath-and-laundry facilities, catering organizations, places for recreation and recreation, sports facilities).

Conclusion

Considered the above components of the infrastructure support of the agrarian business, we conclude that it consists of many elements that have common characteristics, the main among which is activities aimed at ensuring the normal functioning and development of business and society within the territorial-economic entities. In this regard, it should also be noted that any socio-economic system consists of a large number of elements and connections, and in an agrarian economy, the infrastructure provision of a business can act as a connecting channel, as well as independent elements and for effective business there should be a minimum a set of elements and connections ensuring the normal functioning of any socio-economic system.

It is the infrastructure support of the agrarian business that unites the agro-industrial complex and rural territories into a single system.

One of the obstacles to the development of the domestic agrarian business, especially in the regions, is the lack or complete lack of infrastructure and their inconsistency with modern requirements and opportunities. Poor infrastructure development quite often has a far more significant impact on business development in a particular economic region than specialized government support for business activities.

Thus, one of the decisive factors for the successful development of the agrarian economy of the states as a whole and of the regions in particular is not so much the main production as the production and non-production infrastructure that ensures the processes of normal development of society. Consequently, the competitiveness of the territorial economy often depends heavily on the degree of development of infrastructure support and, therefore, for the successful development of the economy at the micro, meso, and macro levels, the functional content of the infrastructure support must be most complete.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Арефьев П. В. Инновационная инфраструктура современной индустриальной экономики: Дисс. на соиск. уч. степ. к.э.н. / Арефьев П. В. – Томск: ТГУ, 2007.

2. Байдаков А.Н. Прогнозные сценарии как необходимый компонент системы риск-менеджмента / Байдаков А.Н. Назаренко А. В. Запорожец Д.В. // Вестник АПК Ставрополя, №3(3), 2011, С 55-58

3. Байдаков А.Н. Системные аспекты развития предпринимательства в мобильной связи / Байдаков А.Н., Запорожец Д.В. // Региональная экономика: теория и практика. Финансы и кредит. Москва – 2009. – №23. – С. 2-8.

4. Байдаков А.Н. Прогностическое обеспечение управления аграрными экономическими системами: фрактальный подход / Байдаков А.Н., Назаренко А.В. // Вестник АПК Ставрополя. 2014. № 1 (13). С. 69-75.

5. Батралиев Р.К. Информационные ресурсы / Батралиев Р.К., Шлаев Д.В. // Информационные системы и технологии как фактор развития экономики региона 2013. с. 20-22.

6. Бинатов Ю.Г. Социо-экологические аспекты формирования экономических систем / Бинатов Ю.Г., Запорожец Д.В., Запорожец Е.Н. // в сборнике: Региональная экономика: проблемы и перспективы развития в современных условиях Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. 2013. С. 424-430.

7. Большая советская энциклопедия. - М.: Советская энциклопедия. 1969—1978

8. Дейнека Л.Н. Рыночная инфраструктура регионов как общее условие функционирования предпринимательства / Дейнека Л.Н., Проклин А.Н. // – Известия ЮФУ. Ростов-на Дону. 2013. 6

9. Запорожец Д.В. Показатели развития предпринимательства в мобильной связи / Запорожец Д.В. // Региональная экономика: теория и практика. Финансы и кредит. Москва – 2009. – №37. – С. 53-59.

10. Запорожец Д.В. Разработка предпринимательской идеи как фактор успешности ведения бизнеса / Запорожец Д.В. // В сборнике: Производственные, инновационные и информационные проблемы развития региона 2014. С. 119-122.

11. Назаренко А.В. Теоретические основы прогнозирования в социально-экономических системах / Назаренко А.В., Бабкина О.Н. // Проблемы экономики и менеджмента. 2013. № 12 (28). С. 95-98.

12. Соколов Д.С. Инновационная инфраструктура в современной России: понятие, содержание, особенности [Электронный ресурс] / Соколов Д.С., Томилина Н.С. // Инновационная наука. 2016. №1-1 (13). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnaya-infrastruktura-v-sovremennoy-rossii-ponyatie-soderzhanie-osobennosti> (дата обращения: 09.06.2017). КиберЛенинка URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnaya-infrastruktura-v-sovremennoy-rossii-ponyatie-soderzhanie-osobennosti> (дата обращения: 09.06.2017)

13. Хачеян, М. Элементы механизма формирования инвестиций в инновационную инфраструктуру /Хачеян М.А. 2007.-216-220 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Arefyev P. V. Innovatsionnaya infrastruktura sovremennoj industrial'noj ekonomiki: Diss. na soisk. uch. step. k.e.n. [Innovative infrastructure of modern industrial economy: Diss. on competition of a scientific degree. academic step. Ph. D] / Arefyev P. V. – Tomsk: Tomsk state University, 2007.

2. Baidakov A.N. Prognoznye scenariy kak neobhodimyj komponent sistemy risk-menedzhmenta [Forecast scenarios as a necessary component of the risk management system] / Baidakov A.N. Nazarenko A.V. Zaporozhets D.V. // Bulletin of the APK of Stavropol, № 3 (3), 2011, P 55-58

3. Baidakov A.N. Sistemnye aspekty razvitiya predprinimatel'stva v mobil'noj svyazi [System aspects of the development of entrepreneurship in mobile communications] / Baidakov A.N., Zaporozhets D.V. // Regional economy: theory and practice. Finance and credit. Moscow - 2009. - №23. - p. 2-8.
4. Baidakov A.N. Prognosticheskoe obespechenie upravleniya agrarnymi ekonomicheskimi sistemami: fraktal'nyj podhod [Predictive maintenance of management of agrarian economic systems: a fractal approach] / Baidakov A.N., Nazarenko A.V. // Bulletin of the agrarian and industrial complex of Stavropol. 2014. № 1 (13). Pp. 69-75.
5. Batraliev R.K. Informacionnye resursy [Information resources] / Batraliev R.K., Shlaev D.V. // Information systems and technologies as a factor in the development of the regional economy 2013. p. 20-22.
6. Binatov Yu.G. Socio-ekologicheskie aspekty formirovaniya ekonomicheskikh sistem [Socio-environmental aspects of the formation of economic systems] / Binatov Yu.G., Zaporozhets D.V., Zaporozhets E.N. // in the collection: Regional economy: problems and development prospects in modern conditions. Collection of scientific papers on the materials of the international scientific-practical conference. 2013. p. 424-430.
7. Bol'shaya sovetskaya enciklopediya [Great Soviet Encyclopedia]. - M.: Soviet encyclopedia. 1969-1978
8. Deineka L.N. Rynoch'naya infrastruktura regionov kak obshchee uslovie funkcionirovaniya predprinimatel'stva [Market infrastructure of the regions as a general condition for the functioning of entrepreneurship] / Deineka L.N., Proklin A.N. // - News of the SFU. Rostov-on-Don. 2013. 6
9. Zaporozhets D.V. Pokazateli razvitiya predprinimatel'stva v mobil'noj svyazi [Indicators of the development of entrepreneurship in mobile communications] // Zaporozhets D.V. / Regional Economics: Theory and Practice. Finance and credit. Moscow - 2009. - №37. - pp. 53-59.
10. Zaporozhets D.V. Razrabotka predprinimatel'skoj idei kak faktor uspešnosti vedeniya biznesa [Development of entrepreneurial ideas as a factor of the success of doing business] / Zaporozhets D.V. // In the collection: Production, innovation and information problems of the development of the region 2014. P. 119-122.
11. Nazarenko A.V. Teoreticheskie osnovy prognozirovaniya v social'no-ekonomicheskikh sistemah [Theoretical bases of forecasting in socio-economic systems] / Nazarenko A.V., Babkina O.N. // Problems of economics and management. 2013. № 12 (28). Pp. 95-98.
12. Sokolov D. S. Innovacionnaya infrastruktura v sovremennoj Rossii: ponyatie, sodержание, osobennosti [Innovative infrastructure in modern Russia: concept, content, features] [Electronic resource] / Sokolov D. S., Tomilina N. S. // Innovative science. 2016. No. 1-1 (13). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnaya-infrastruktura-v-sovremennoj-rossii-ponyatie-soderzhanie-osobennosti> Cyberleninka: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnaya-infrastruktura-v-sovremennoj-rossii-ponyatie-soderzhanie-osobennosti> (accessed: 09.06.2017)
13. Hacia, M. Elementy mekhanizma formirovaniya investicij v innovacionnuyu infrastrukturu [Elements of mechanism of forming of investment in innovative infrastructure] / Hacia M. A. 2007.- 216-220 p.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.030>

К ВОПРОСУ ОСОЗНАННОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ В ИНДУСТРИИ МОДЫ

Научная статья

Каюмова Р.Ф. *

ORCID: 0000-0001-9028-223X,

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

* Корреспондирующий автор (karufl[at]yandex.ru)

Аннотация

Приведены результаты анализа исследований в области сокращения производственного цикла изготовления одежды, а также последствий «быстрой моды» для потребителей и окружающей среды. Результаты исследований позволили выявить наиболее перспективные направления развития индустрии моды с точки зрения осознанного рационального потребления одежды и социально-ответственного отношения к производству одежды и окружающей среде. Реализация этих направлений позволяет минимизировать вредное воздействие человека на окружающую среду, обеспечить индивидуальный и рациональный подход к созданию и потреблению одежды. Вопросы нуждаются в дальнейшем исследовании.

Ключевые слова: «быстрая мода», жизненный цикл одежды, устойчивая мода, эко-мода, экологичный хлопчатник, кастомайзинг, социально-ответственное отношение к производству одежды.

ON QUESTION OF CONSCIOUS CONSUMPTION IN FASHION INDUSTRY

Research article

Kayumova R.F. *

ORCID: 0000-0001-9028-223X,

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

* Corresponding author (karufl[at]yandex.ru)

Abstract

The results of the research analysis in the field of shortening the production cycle of clothing manufacturing, as well as the consequences of the “fast fashion” for consumers and the environment are presented in the paper. The research results allowed the author to identify the most promising trends in the development of the fashion industry in terms of conscious rational consumption of clothing and a socially responsible attitude to clothing production and the environment. The implementation of these areas can minimize the harmful effects of man on the environment, provide an individual and rational approach to the creation and consumption of clothing. Questions need further research.

Keywords: “fast fashion,” the life cycle of clothes, sustainable fashion, eco-fashion, eco-friendly cotton, customizing, socially responsible attitude to the production of clothing.

Введение

Понятие «быстрая мода» давно и прочно вошло в нашу повседневную жизнь. Термин «быстрая мода» (fast fashion) появился в 90-х годах прошлого века. Как известно, быстрая мода – это обновление ассортимента изделий несколько раз в сезон. Разработка, производство, распределение и потребление модной одежды осуществляется в условиях постоянных изменений модных тенденций. Предприятия индустрии моды целенаправленно используют эти особенности и сознательно ускоряют темпы морального и физического устаревания модной одежды, сокращая продолжительность жизненного цикла продуктов, снижая физическую и социальную долговечность продукции и побуждая потребителя к обновлению гардероба. Лидерами в области «быстрой моды» являются фирмы испанской сети ZARA, шведской сети H&M, британской сети Primark и другие. Продолжительность жизненного цикла предметов одежды достигла 15 дней, за это же время полностью обновляется коллекция в салонах бутиков одежды названных марок. В настоящее время с целью повышения товарооборота субъекты мировой индустрии моды постоянно ускоряют темп обновления модных тенденций. Постоянная смена модных образов позволяют потребителям быстро обновлять гардероб и копировать супермоделей с подиумов Парижа и Милана. Интересы широких слоёв населения в целом игнорируются [1, С. 19]. Также масштабы вредного влияния производства и потребления одежды на окружающую среду поистине угрожающие.

Основная часть

Быстрая мода во многом упростила и удешевила процесс изготовления и потребления одежды. Жизненный цикл отдельных видов одежды сокращается до нескольких недель или даже 1-2 раза использования. Эти вещи прежде всего должны принести прибыль. Долговечные и надёжные вещи в эту систему не вписываются, так как владельцы не торопятся купить новые. Идеальный товар теперь – это тот, который после покупки очень быстро надоедает покупателю и «самоликвидируется», т.е. владелец полностью готов к новой покупке. Для активации покупки широко используются методы нейромаркетинга [1, С. 196]. Миф о необходимости бесперебойного потребления поддерживается агрессивной рекламой в средствах массовой информации.

Чтобы максимально удешевить процесс производства, изделия изготавливают из синтетических волокон. Подобные изделия быстро теряют форму и товарный вид. Последствия такого неосознанного потребления одежды плачевны.

Каждый год в Великобритании приобретается около 2 млн тонн одежды. Примерно такое же количество одежды продаётся в Германии. Приблизительно 1,2 млн тонн одежды попадает на свалку. Согласно данным Агентства по защите окружающей среды, в 2009 году на свалку в Америке попало 13 млн тонн текстиля. [2].

По данным журнала *One Green Planet*, текстильная промышленность является самой грязной после нефтедобывающей. Производство одежды ежедневно «съедает» огромное количество водных ресурсов. Вода, вместе с участвующими в процессе изготовления одежды красителями и отбеливающими препаратами, превращается в сточные воды, далее вся палитра химических элементов (формальдегиды, соединения металлов и т.д.) попадает в почву [3]. При стирке синтетической одежды образуется микропластик, который накапливается в атмосфере и почве нашей планеты.

В противовес быстрой моде появился термин устойчивой моды, она же этичная или эко-мода. Это современное движение активистов и молодых дизайнеров, объединённых желанием минимизировать вредное воздействие человека на окружающую среду и повысить социальную ответственность производителей одежды перед обществом [4, С. 12-16].

Много внимания уделяется европейскими предприятиями индустрии моды процессу производства так называемого органического, экологичного хлопчатника. Такой хлопок выращивается без химических пестицидов и удобрений, а одежда из него не наносит вред ни человеку, ни окружающей среде в процессе эксплуатации и утилизации. Кроме того, он легко подвергается переработке. Международная организация BCI (The Better Cotton Initiative) обучает фермеров эффективному производству хлопка без вредных химических веществ, заботясь о состоянии почвы и благополучии сотрудников [3]. Одежда из экологически чистого хлопка получает сертификаты в соответствии с международными стандартами OCS (Organic Content Standart), GOTS (Global Organic Textile Standart) и GRS (Global Recycle Standart). Такая продукция имеет соответствующую маркировку и более высокую продажную цену.

Согласно статистике, 95 % всего объёма одежды, отправляющейся на свалку, можно переработать [5, С. 16]. Бренды одежды H&M и Monki открыли пункты приёма старой и ненужной одежды в своих магазинах. При этом любой покупатель, сдающий старую одежду, получает купон на 10% скидку на покупку новой. Известный бренд в производстве одежды H&M открыл две эко линии *Conscious* и *Conscious Exclusive*. Эти линии одежды из переработанных текстильных материалов. Также создан бренд премиальной экологически чистой одежды строгого классического стиля *Cos* [3].

Одним из направлений, которое развивается как противоположное глобализации и обезличиванию индивидуальности, является кастомайзинг. В переводе с английского «нечто, сделанное по индивидуальному заказу». Кастомайзинг представляет собой обновление и декорирование вещей, вышедших в употреблении. Это можно сделать по-разному, простой вариант – это украшение изделия оригинальной отделкой без перекраивания. Более сложный вариант – это перекраивание изделия с целью получения новой вещи другого фасона и размера [6]. Во всех случаях продлевается срок службы изделия, оно становится более персонифицированным. Это достойная альтернатива бездумному и бесконтрольному потреблению. Кроме того, во всём мире растёт популярность сайтов, которые предлагают взаимный обмен различными вещами, в том числе одеждой, бывшей в употреблении.

Профессиональные дизайнеры тоже прибегают к кастомайзингу. В конце 80-х годов прошлого века Кэтрин Хэмнетт начала использовать в своих коллекциях органический хлопок. А в 1994 году Франко Москино представил коллекцию *Escouture*, в которой одежда также была создана из органического хлопка. Мартин Маржела часто использовал для создания своих нарядов винтажные вещи. Кусочки ткани от старых джинсов перешивались в юбки, старые подкладки из-под платьев становились материалом для брюк. В 2001 году дизайнер представил топ, выполненный из старых атласных перчаток (см. рис. 1). Подобный подход позволил рационально использовать старые вещи: не выбрасывать, а применять их для новых нарядов, тем самым способствуя безотходному производству (см. рис. 2). Дизайнер из Бельгии Мейсон Мартин Марджела предлагал свитера из перчаток и из детских носков (см. рисунок), а молодые дизайнеры из Лондона Тамара и Наташа Сургуладзе, используют винтажные детали, отражали в свою коллекции детские воспоминания [3].



Рис. 1 – Топ из старых перчаток



Рис. 2 – Модели из промышленных отходов

В России с темой «устойчивая мода» связан проект Мирославы Дума Fashion Tech Lab. Проект инвестирует в компании, которые нацелены на использование современных технологий в индустрии моды: наноразработки, инновационные способы получения и обработки волокон, новые материалы. Fashion Tech Lab уже инвестировал свои средства – в компанию Orange Fiber, которая занимается изготовлением текстильных волокон из отходов от производства апельсинового сока.

Как ещё можно продлить срок службы изделий? Прежде всего, это ремонт и обновление одежды, бывшей в употреблении. Согласно проведённым автором маркетинговым исследованиям, услуги по ремонту одежды сейчас являются одними из самых востребованных [7, С. 76]. Также одежда может быть двусторонней и взаимозаменяемой, например, из композиционных материалов, что позволяет носить изделие по-разному и продлить службы одного изделия в два раза [8, С. 71]. Кроме того, всегда были востребованы изделия, хорошо сохраняющие свою форму [9, С. 172].

Начиная с 2005-2009 гг. сначала в Великобритании, а затем и по всей Европе были предприняты конкретные действия и запущены проекты по социально-ответственному отношению предприятий индустрии моды к окружающей среде. Была разработана программа под названием Стратегия управления жизненным циклом продукта (PLM –Product Life Cycle Management). Программа призвана оптимизировать все операции по изготовлению продукта, начиная с дизайна, до производства. Цель программы – сократить отходы, усовершенствовать контроль качества. Программа предлагает перечень тестов текстильных материалов на промежуточных и конечных стадиях производства на наличие опасных для человека и природы химикатов. Результаты тестирования продукта сохраняются в централизованной базе данных и прозрачны для всех участников процесса производства продукта. Эта же программа призвана снизить издержки и оптимизировать сроки производства [10].

Для того, чтобы понять, насколько осознанное отношение к потреблению одежды стало массовым, в пяти ведущих странах Европы (Германии, Франции, Великобритании, Испании и Италии) был проведён опрос среди мужчин и женщин в возрасте от 25 до 34 лет. 37% опрошенных заявили, что им безразлично, наносит ли носимая ими одежда вред окружающей среде [4, С. 64-68]. 38% респондентов заявили, что им безразлично, в каких условиях и кем производится их одежда. 30 % опрошенных выразили своё отрицательное отношение к тому, что при пошиве одежды пострадали животные и, наконец, 6 % аудитории подчеркнули важность использования в качестве исходного сырья переработанные текстильные материалы. 59% опрошенных выразили интерес к тому, где и как производится их одежда.

Популярность потребления, основанного на статусе, означает, что многие крупные розничные продавцы поддерживают спрос на дешёвую, доступную одежду. Потребители, особенно молодые люди, испытывают сильное социальное давление, чтобы купить как можно больше одежды. Эксперты Лондонской недели моды в 2017 году круглого стола согласились с тем, что убедить потребителей делать покупки экономно и устойчиво чрезвычайно сложно [10]. Чтобы повысить информированность потребителей в области производства одежды необходимы прозрачность и прослеживаемость. Это позволило бы потребителю легко увидеть, откуда на самом деле его изделие, кем изготовлено, из какого сырья и в каких условиях. Ещё один шаг в этом направлении – это более четкая маркировка изделий.

Заключение

Таким образом, исследования показывают, что на пути концепции fast fashion, то есть «быстрой моды», в результате которой нам предлагают одежду, скопированную с нарядов подиумов, но по более низкой цене, стоит движение Sustainable fashion (осознанная мода). Эта такая концепция потребления, которая призвана стать в защиту обычного потребителя и поставить во главу идеологии потребления вдумчивость и сознательность. Сделать потребление одежды более ответственным заставляет бедственное положение окружающей среды и необходимость экономии природных ресурсов.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Одинцов А.А. Управление модой: монография / А.А. Одинцов, О.В. Одинцова - М.: РИО МГУДТ. - 2013. - 293 с.
2. Garment care – We a Monki [Электронный ресурс] // URL: [http://www.monki.com.we-are Monki/monki-cares/](http://www.monki.com.we-are-Monki/monki-cares/) (дата обращения: 20.07.2019)
3. Who we are – Better Cotton Initiative [Электронный ресурс] // URL: [http://www.better cotton. Org/about-bci/who we are/](http://www.bettercotton.org/about-bci/who-we-are/) (дата обращения: 16.08.2019)
4. Safia Minney, Lucy Siegle, Livia Firth. Naked Fashion: New Sustainable fashion Revolution. - New Internationalist: 2012. - 176 p. [Electronic resource] // URL: [https://play.google.com/store/books/details/Naked_Fashion_The_New_Sustainable_Fashion_Revoluti?id=itn0AgAAQBAJ&hl=ru](https://play.google.com/store/books/details/Naked_Fashion_The_New_Sustainable_Fashion_Revolution?id=itn0AgAAQBAJ&hl=ru) (accessed: 16.08.2019)
5. Black Sandy The Sustainable Fashion Handbook. Thames and Hudson Limited: 2012. 352 p. [Electronic resource] // URL: https://www.researchgate.net/publication/312489707_Sustainable_Fashion_Handbook_London_Thames_and_Hudson (accessed: 16.08.2019)
6. Переделка вещей – кастомайзинг [Электронный ресурс] // URL: <https://domohozajki.ru/blog/43649552476/Peredelka-veschey-kastomayzing?nr=1> (дата обращения 04.09.2019).
7. Каюмова Р. Ф. Формирование ассортиментной политики предприятий индустрии моды в Республике Башкортостан. / Р. Ф. Каюмова // Дизайн и технологии – 2011. - № 26 (68). – С. 75-80.
8. Каюмова Р.Ф. Использование композиционных материалов для изготовления социально-значимой одежды / Р.Ф. Каюмова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. - № 5-2(36). – С. 71-72.
9. Каюмова Р.Ф. Понятие формоустойчивости материалов и методы её оценки. / Р.Ф. Каюмова, Л.Р. Гирфанова // Естественные и технические науки, 2007. - № 1 (27). - С. 171-174.
10. Что такое -sustainable-fashion [Электронный ресурс] // URL: <https://youngspace.ru/style/chto-takoe-sustainable-fashion/> (дата обращения 04.09.2019).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Odintsov A. A. Upravlenie modoj [Fashion management]: Monografiya [Monograph] / A. A. Odintsov, O. V. Odintsova // - Moscow: - Rio MGUDT, 2013. - P. 293. [in Russian]
2. Garment care – We a Monki [Electronic resource] // URL: [http://www.monki.com.we-are Monki/monki-cares/](http://www.monki.com.we-are-Monki/monki-cares/) (accessed: 20.07.2019)
3. Who we are – Better Cotton Initiative [Electronic resource] // URL: [http://www.better cotton. Org/about-bci/who we are/](http://www.bettercotton.org/about-bci/who-we-are/) (accessed: 16.08.2019)
4. Safia Minney Lucy Siegle, Livia Firth. Naked Fashion: New Sustainable fashion Revolution. - New Internationalist: 2012. - 176 p. [Electronic resource] // URL: [https://play.google.com/store/books/details/Naked_Fashion_The_New_Sustainable_Fashion_Revoluti?id=itn0AgAAQBAJ&hl=ru](https://play.google.com/store/books/details/Naked_Fashion_The_New_Sustainable_Fashion_Revolution?id=itn0AgAAQBAJ&hl=ru) (accessed: 16.08.2019)
5. Black Sandy The Sustainable Fashion Handbook. Thames and Hudson Limited: 2012. 352 p. [Electronic resource] // URL: https://www.researchgate.net/publication/312489707_Sustainable_Fashion_Handbook_London_Thames_and_Hudson (accessed: 16.08.2019)
6. Peredelka veshchej – kastomajzing [Alteration of things-customization] // URL: <https://domohozajki.ru/blog/43649552476/Peredelka-veschey-kastomayzing?nr=1> (accessed: 04.09.2019). [in Russian]
7. Kayumova, R. F. Formirovanie assortimentnoy politiki predpriyatiy industrii modyi v Respublike Bashkortostan [Formation of assortment policy of enterprises of fashion industry in the Republic of Bashkortostan]. / R. F. Kayumova // Tehnologiya i dizayn [Technology and design] – 2011. - № 26 (68). – P. 75-80. in Russian]
8. Kayumova R.F. Ispolzovaniye kompozitsionnykh materialov dlya izgotovleniya sotsialno-znachimoy odezhdy [The use of composite materials for the manufacture of socially significant clothing] / R.F. Kayumova // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International research journal] – 2015. - № 5-2(36). – P. 71-72. [in Russian]
9. Kajumova R.F. Ponjatie formoustojchivosti materiala i metody ejo ocenki [The concept of materials formability and methods of its evaluation / R. F. Kayumova, L. R. Girfanova // Estestvennye i tehicheskie nauki [Natural and technical Sciences] - 2007. No. 1 (27). - P. 171-174. [in Russian]
10. Chto takoe-sustainable-fashion [What is-sustainable-fashion] - URL: [Electronic resource] – <https://youngspace.ru/style/chto-takoe-sustainable-fashion/> (accessed: 04.09.2019). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.031>

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ПСЕВДОБЕЗОПАСНОСТЬ КАК ЭЛЕМЕНТЫ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Научная статья

Куклин А.А.¹, Кривенко Н.В.², Кривенцова Л.А.^{3,*}

¹ ORCID: 0000-0002-9794-4774;

² ORCID: 0000-0002-3292-6460;

³ ORCID: 0000-0001-9172-4239;

^{1, 2, 3} Институт экономики УрО РАН, Екатеринбург, Россия;

³ Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия;

* Корреспондирующий автор (kriventsova.ran[at]yandex.ru)

Аннотация

Статья посвящена переосмыслению подходов к определению экономической безопасности социально-экономических систем. С помощью методов систематизации и структурно-логического анализа было выявлено существование таких состояний социально-экономической системы, которые характеризуются нормальными уровнями показателей экономической безопасности, но имеются предпосылки к регрессу системы в среднесрочной перспективе. Авторами предложено определять подобное состояние социально-экономической системы как псевдобезопасность. Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в обосновании своевременного выявления элементов псевдобезопасности.

Ключевые слова: экономическая безопасность, псевдобезопасность, социально-экономическая система.

ECONOMIC SECURITY AND PSEUDO-SECURITY AS ELEMENTS OF DEVELOPMENT OF A SOCIO- ECONOMIC SYSTEM

Research article

Kuklin A.A.¹, Krivenko N.V.², Kriventsova L.A.^{3,*}

^{1, 2, 3} Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia;

³ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia;

* Corresponding author (kriventsova.ran[at]yandex.ru)

Abstract

The article is devoted to the rethinking of the approaches used to determine the economic security of socio-economic systems. Using the methods of systematization, structural and logical analysis, the paper reveals the existence of the states of the socio-economic system characterized by normal levels of economic security indicators which are at the same time prerequisites for the regression of the system in the medium term. The authors proposed to define a similar state of the socio-economic system as pseudo-security. The theoretical and practical significance of the study consists in justifying timely identification of the elements of pseudo-security.

Keywords: economic security, pseudo-security, socio-economic system.

Введение

Экономическая безопасность, как способность системы сохранять устойчивость, поддерживать себя в норме, реагировать на угрозы, является одним из важнейших параметров, характеризующих общее состояние социально-экономической системы, и является приоритетной задачей ее развития. Безопасность в объективном смысле измеряет отсутствие угроз приобретенным ценностям, в субъективном смысле – отсутствие страха, что такие ценности будут атакованы [1].

В современной дискуссии безопасности сформировалось множество подходов к ее определению и классификации. Как правило, экономическую безопасность рассматривают на уровне нации, региона, сообщества или отдельного лица. Например, экономическая безопасность человека – это состояние наличия стабильного источника финансового дохода, который позволяет постоянно поддерживать уровень жизни на текущее время и в ближайшем будущем [2]. Вопросы защиты социальных ценностей ставились в трудах Е. Адлера [3], Дж. Фирона, А. Вендта, [4]. Экономическая безопасность как составляющая национальной безопасности рассматривалась в трудах Г. Лучиани [5], С. Ронис [6], Н.В. Цейковца [7]. М. Макропулос [8] выявил двойственный характер безопасности, который заключается в одновременном предотвращении и компенсации социальных и технологических неопределенностей. По мнению Х. Брауха [9], безопасность больше не является ситуацией свободной от опасностей, а скорее «страхованием» как способом управления рисками и становится природой социального управления в современных обществах. Широкой общественной идеей безопасности стало смещение фокуса от защиты от опасностей в сторону страхования абстрактных рисков. В трудах В. Дадалко, В. Безденежных [9], А. Урсул, Т. Урсул [10], Дж. Спейси [11] акцент сделан на устойчивости социально-экономических систем, обеспечивающих нацию, регион, сообщество, отдельное лицо или семью базовым уровнем жизни.

Однако в процессе исследования экономической безопасности было выявлено, что существуют состояния социально-экономической системы, которые характеризуются нормальными уровнями показателей и тенденциями с позиции экономической безопасности, однако, в этот же момент, имеются предпосылки к регрессу системы в среднесрочной перспективе. То есть, несмотря даже на положительную динамику изменения значимых показателей экономической безопасности, мы можем иметь отрицательный тренд развития. Такое состояние социально-

экономической системы нами было определено как псевдобезопасность.

Единых подходов к определению псевдобезопасности на сегодняшний день среди ученых практически не существует. Между тем, основная сфера, где касаются вопросов псевдобезопасности – это информационные технологии. Вопросы псевдобезопасности рассматриваются также в социологии и психологии. В аспекте развития социально-экономической системы данный термин практически не используется, рассматриваются определенные взаимосвязи, которые можно отнести к псевдобезопасности, но в широком смысле не применяется. Обращаясь к истокам, можно сказать, что приставка «псевдо» (от греческого *ψευδής*, *pseudes*, «ложный») используется для обозначения чего-то, что внешне кажется (или ведет себя как) одним, но является чем-то другим. В зависимости от контекста «псевдо» может означать совпадение, имитацию, преднамеренный обман или их комбинацию. Поэтому нами выдвинуто предположение, что псевдобезопасность – это некое мнимое состояние безопасности. В зарубежной литературе, в частности, в англоязычной, встречается словосочетание «*false sense of security*», что буквально означает «ложное чувство безопасности». Словарь Коллинза дает следующее определение: «если что-то дает вам ложное чувство безопасности, оно заставляет вас верить, что вы в безопасности, когда это не так» [12]. Так, в 1975 году американский экономист С. Пеллцман [13] предположил, что люди склонны уравнивать высокий уровень своей безопасности более рискованными поступками. Правда, данное предположение высказывалось по поводу безопасности вождения автомобиля. Впоследствии, данный феномен был назван эффектом Пеллцмана как вид когнитивного искажения, при котором слишком большое количество защитных устройств и правил техники безопасности повышает риск несчастных случаев из-за ложного чувства неуязвимости. Сейчас данный эффект рассматривается в теории компенсации риска, которая предполагает, что люди обычно корректируют свое поведение в соответствии с предполагаемым уровнем риска, становятся более осторожными, когда они чувствуют больший риск, и менее осторожными, если они чувствуют себя более защищенными [14].

Таким образом, можно предположить, что псевдобезопасность есть внутренне присущее экономической безопасности. Под экономической безопасностью территориального образования (области, республики, региона) мы понимаем совокупность текущего состояния, условий и факторов, характеризующих стабильность, устойчивость и поступательность развития экономики территории, определенной независимости и интеграции с экономикой Федерации [15]. При этом мы допускаем, что в социально-экономической системе может возникать и состояние псевдобезопасности как промежуточное состояние между безопасностью и опасностью.

Задачей экономической безопасности является обеспечение не только защищенности, стабильности, устойчивости и поступательности развития, но и достижение сбалансированности развития социально-экономической системы. Нарушение сбалансированности развития при сохранении стабильности и устойчивости может привести к состоянию псевдобезопасности.

Гипотеза возникновения состояния псевдобезопасности заключается в следующем:

- Социально-экономическая система обладает определенными свойствами, закономерностями, которые скрыты от прямого наблюдения, но могут проявляться неожиданно, что приводит к определенным изменениям. Подобные свойства являются скрытыми, неявными, не выявляются при традиционном анализе безопасности, но, тем не менее, могут резко видоизменять систему и привести к состоянию, отличному от безопасного.

- Социально-экономическая система в своем развитии имеет массу трендов, которые могут привести как к повышению, так и к снижению её роста, стагнации или кризису. То есть, стимулирование незначимых показателей экономической безопасности может привести к падению или ухудшению ключевых показателей и привести к состоянию, отличному от опасного.

Таким образом, авторы предлагают следующее определение экономической псевдобезопасности: это такое состояние социально-экономической системы, при котором она может потерять возможность к устойчивому развитию, хотя и принятые показатели текущей экономической безопасности могут и не в полной мере сигнализировать о предстоящей угрозе.

Возникновение состояния псевдобезопасности может быть спровоцировано воздействием различных факторов внешней и внутренней среды. Рассмотрим ситуации, которые могут характеризовать или свидетельствовать о состоянии псевдобезопасности.

Наличие структурных диспропорций. Например, при традиционном подходе мы наблюдаем повышение экономической безопасности региона, но это повышение может происходить из-за нарушения структуры составляющих её показателей.

Несоответствие объемов производства и объемов потребления факторов производства. Например, соотношение спроса на труд и его предложения на рынке, соотношение производства и потребления энергетических ресурсов, продовольственных ресурсов и т.д.

Нехарактерная динамика показателей безопасности. Например, порочный круг бедности – проблема, характерная для развивающихся стран, заключающаяся в том, что низкий доход не позволяет осуществлять сбережения, а, следовательно, инвестиции, в масштабах, необходимых для развития производства, увеличения доходов. В итоге бедность порождает бедность.

Достижение предела роста показателей безопасности. Возможно, существуют показатели, которые не могут расти постоянно. Например, производственные возможности. При имеющихся ограниченных ресурсах мы не можем обеспечить одновременное увеличение объемов производства всех товаров. Также мы не можем обеспечить постоянный рост одних показателей в ущерб другим. Например, стремление к росту ВВП влечет за собой ухудшение экологической ситуации в стране.

Заключение

Систематизация подходов к определению экономической безопасности, а также структурно-логический анализ позволил выделить новое состояние социально-экономической системы – псевдобезопасность. В частности, обеспечение непрерывного роста показателей безопасности может не принести в будущем существенного

экономического эффекта, или данный рост не будет оказывать существенного влияния на повышение уровня экономической безопасности. Поэтому своевременное выявление элементов псевдобезопасности позволит исключить ошибки прогнозирования развития социально-экономической системы.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-010-00373а.

Acknowledgement

The reported study was funded by RFBR, project number 19-010-00373a.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Wolfers A. National Security as an Ambiguous Symbol / A. Wolfers Discord and Collaboration. Essays on International Politics. – Baltimore: John Hopkins University Press, 1962. – P. 147-165.
2. Economic security definition. [Electronic resource] Business Dictionary. URL: <http://www.businessdictionary.com/definition/economic-security.html> (accessed: 24.10.2019)
3. Adler E. Seizing the middle ground: Constructivism in world politics / E. Adler // European journal of international relations. – 1997. – Vol. 3. – № 3. – P. 319-363.
4. Fearon J. 2002: Rationalism v. Constructivism: A Skeptical View / Fearon J., Wendt A. // in Carlsnaes W., Risse T., Simmons B. (Eds.): Handbook of International Relations. – New Delhi: Sage, 2002. – P. 52-72.
5. Luciani G. The economic content of security / G. Luciani // Journal of Public Policy. – 1988. – Vol. 8. – № 2. – P. 151-173. doi:10.1017/S0143814X00006966
6. Ronis S. R. . Economic Security Neglected Dimension of National Security? / Ronis S. R. – Smashbooks, 2011.
7. Цейковец Н.В. Концептуальные подходы к пониманию и обеспечению национальной экономической безопасности: научные теории и государственные стратегии / Н.В. Цейковец // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2016. – №1 (29). – С. 129–157.
8. Brauch H. G. Coping with global environmental change, disasters and security: threats, challenges, vulnerabilities and risks. / Brauch H. G. // Springer Science & Business Media, 2011 V. 5 doi 10.1007/978-3-642-17776-7_2
9. Дадалко В.А. Экономическая безопасность, финансовая стабильность и устойчивость как качество эффективности хозяйственного субъекта / Дадалко В.А., Безденежных В.М. // Экономические науки. – 2009. – №12(61). – С. 186-192.
10. Урсул А.Д. Проблема безопасности: глобальные и универсально-эволюционные аспекты / Урсул А.Д., Урсул Т.А. // NB: Национальная безопасность. – 2012. – № 1. – С. 81-159.
11. Spacey J. 16 Types of Economic Security [Electronic resource] / Spacey J. // Simplicable, 2018. URL: <https://simplicable.com/new/economic-security> (accessed: 01.10.2019)
12. Definition of 'a false sense of security' [Electronic resource]. COBUILD Advanced English Dictionary URL: <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/a-false-sense-of-security> (accessed: 03.09.2019)
13. Peltzman S. The effects of automobile safety regulation / S. Peltzman // Journal of political Economy. – 1975. – Vol. 83. – № 4. – С. 677-725.
14. Vrolix K. Behavioral adaptation, risk compensation, risk homeostatis and moral hazard in traffic safety. [Electronic resource] / Vrolix K. 2006. URL: <https://doclib.uhasselt.be/dspace/bitstream/1942/4002/1/behavioraladaptation.pdf> (accessed: 03.09.2019)
15. Экономическая безопасность Свердловской области / Под науч. ред. Г.А. Ковалевой и А.А. Куклина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 2003 – 455с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Wolfers A. National Security as an Ambiguous Symbol / A. Wolfers Discord and Collaboration. Essays on International Politics. – Baltimore: John Hopkins University Press, 1962. – P. 147-165.
2. Economic security definition. [Electronic resource] Business Dictionary. URL: <http://www.businessdictionary.com/definition/economic-security.html> (accessed: 24.10.2019)
3. Adler E. Seizing the middle ground: Constructivism in world politics / E. Adler // European journal of international relations. – 1997. – V. 3. – No 3. – P. 319-363.
4. Fearon J. 2002: Rationalism v. Constructivism: A Skeptical View / Fearon J., Wendt A // in Carlsnaes W., Risse T., Simmons B. (Eds.): Handbook of International Relations. – New Delhi: Sage, 2002. – P. 52-72.
5. Luciani G. The economic content of security / G. Luciani // Journal of Public Policy. – 1988. – V. 8. – № 2. – P. 151-173. doi:10.1017/S0143814X00006966
6. Ronis S. R. . Economic Security Neglected Dimension of National Security? / Ronis S. R. – Smashbooks, 2011.
7. Tseykovets N.V. Konceptual'nye podhody k ponimaniyu i obespecheniju nacional'noj jekonomicheskoy bezopasnosti: nauchnye teorii i gosudarstvennye strategii [Conceptual Approaches to Understanding and Ensuring National Economic Security: Scientific Theories and State Strategies] / N.V. Tseykovets // Zhurnal Novoy jekonomicheskoy associacii [The Journal of the New Economic Association]. – 2016. – №1 (29). – P. 129–157. [in Russian]
8. Brauch H. G. Coping with global environmental change, disasters and security: threats, challenges, vulnerabilities and risks. Springer Science & Business Media / Brauch H. G. 2011 V. 5 doi 10.1007/978-3-642-17776-7_2
9. Dadalko V.A. Jekonomicheskaja bezopasnost', finansovaja stabil'nost' i ustojchivost' kak kachestvo jeffektivnosti hozjajstvennogo sub'ekta [Economic security, financial stability and sustainability as a quality of the economic entity's efficiency] / Dadalko V.A., Bezdenzhnyh V.M. // Jekonomicheskije nauki [Economic Sciences]. – 2009. – №12(61). – P. 186-192. [in Russian]

10. Ursul A.D. Problema bezopasnosti: global'nye i universal'no-jevoljucionnye aspekty [The security issue: the global and universal evolutionary aspects] / Ursul A.D., Ursul T.A. // NB: Nacional'naja bezopasnost' [NB: National Security]. – 2012. – № 1. – P. 81-159. [in Russian]
11. Spacey J. 16 Types of Economic Security [Electronic resource] / Spacey J.// Simplicable, 2018. URL: <https://simplicable.com/new/economic-security> (accessed: 01.10.2019)
12. Definition of 'a false sense of security' [Electronic resource]. COBUILD Advanced English Dictionary URL: <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/a-false-sense-of-security> (accessed: 03.09.2019)
13. Peltzman S. The effects of automobile safety regulation / S. Peltzman // Journal of political Economy. – 1975. – V. 83. – №. 4. – P. 677-725.
14. Vrolix K. Behavioral adaptation, risk compensation, risk homeostatis and moral hazard in traffic safety. / Vrolix K. [Electronic resource] 2006. URL: <https://doclib.uhasselt.be/dspace/bitstream/1942/4002/1/behavioraladaptation.pdf> (accessed: 03.09.2019)
15. Jekonomicheskaja bezopasnost' Sverdlovskoj oblasti [Economic security of the Sverdlovsk region] / edited by G.A. Kovaleva, A.A. Kuklin. – Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta. 2003 – 455p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.032>**КОНКУРЕНТНЫЙ АНАЛИЗ КАК ЭЛЕМЕНТ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Научная статья

Кузьменко О.В.^{1,*}, Чернышов Д.С.², Задорожная К.Н.³^{1, 2, 3} Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, Зерноград, Россия

* Корреспондирующий автор (max_oks[at]rambler.ru)

Аннотация

Данная статья посвящена вопросам конкурентного анализа как одного из методов стратегического анализа деятельности организации. Приведены подходы к раскрытию экономической сущности понятий «конкуренция», «конкурентное преимущество», «конкурентоспособность», выделены цель и задачи конкурентного анализа. Приведены результаты конкурентного анализа зернопроизводящих предприятий Зерноградского района Ростовской области, определено их место на конкурентной карте зерна и в рейтинге конкурентоспособности зерновой продукции и предприятий.

Ключевые слова: конкурентный анализ, конкуренция, конкурентоспособность, SWOT-анализ, конкурентное преимущество, конкурентная позиция.

COMPETITIVE ANALYSIS AS AN ELEMENT OF STRATEGIC MANAGEMENT

Research article

Kuzmenko O.V.^{1,*}, Chernyshov D.S.², Zadorozhnaya K.N.³^{1, 2, 3} Azov-Black Sea Engineering Institute, FSBEI HE Don State Agrarian University, Zernograd, Russia

* Corresponding author (max_oks[at]rambler.ru)

Abstract

This article is devoted to the issues of competitive analysis as one of the methods of strategic analysis of an organization. The approaches to the disclosure of the economic essence of the concepts of "competition," "competitive advantage," "competitiveness" are given, the purpose and objectives of competitive analysis are also highlighted in the paper. The authors present the results of a competitive analysis of grain-producing enterprises of the Zernograd district of the Rostov region. The authors define their place on the competitive map of grain, and in the ranking of the competitive ability of grain products and enterprises.

Keywords: competitive analysis, competition, competitiveness, SWOT analysis, competitive advantage, competitive position.

В современных условиях хозяйствования остро стоит вопрос повышения эффективности и конкурентоспособности продукции отечественных товаропроизводителей, от решения которого напрямую зависит эффективность их функционирования. Понятие «конкурентоспособность» является рыночным, многофакторным и междисциплинарным, исходящее из конкуренции и проявляющееся в конкурентных преимуществах предприятия.

Согласно классическому определению, конкуренция в рыночной экономике представляет собой процесс экономического взаимодействия хозяйствующих субъектов, присутствующих на рынке, за наиболее выгодные условия производства и реализации продукции с целью получения максимально возможной выгоды [1, С.52]. В экономической литературе встречаются и другие определения конкуренции (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Некоторые научные подходы к раскрытию экономической сущности понятия «конкуренция»

Автор определения	Определение
Макконнел К.Р., Брю С.Л. [7]	Конкуренция – это наличие на рынке большего числа независимых покупателей и продавцов и возможность для покупателей и продавцов свободно входить на рынок и покидать его.
Перцовский Н.И. [9]	Конкуренция – это экономический процесс взаимодействия, взаимосвязи и борьбы между выступающими на рынке предприятиями в целях обеспечения лучших возможностей сбыта своей продукции, удовлетворения потребностей покупателей и получения наибольшей прибыли.
Фатхутдинов Р.А. [10]	Конкуренция – это процесс управления субъектом своими конкурентными преимуществами для достижения победы или других целей в борьбе с конкурентами за удовлетворение объективных или субъективных потребностей в рамках законодательства либо в естественных условиях.

Наличие конкуренции на товарном рынке, на котором действует хозяйствующий субъект, требует от него обеспечения определенной конкурентоспособности и конкурентных преимуществ его продукции. Конкурентное преимущество, по определению Ваценко И.С., представляет собой систему, обладающую какой-либо ценностью, дающей ей превосходство над конкурентами в экономической, технической и организационной сферах деятельности, возможность более эффективно распоряжаться имеющимся ресурсным потенциалом [2, С. 553].

Конкурентоспособность предприятия – это его способность производить и реализовывать на рынке востребуемый потребителем товар или услугу. Конкурентоспособность предприятия определяется его конкурентными преимуществами по отношению к конкурентам на конкретном рынке (внутреннем или внешнем), которые проявляются в процессе конкуренции предприятий на рынках (где они позиционируют свой товар).

Совокупность инструментов, помогающих изучить и понять цели конкурирующих фирм и выявить свои слабые и сильные места относительно них, составляет содержание конкурентного анализа. Конкурентный анализ позволяет разработать стратегию фирмы таким образом, чтобы максимально использовать свои сильные стороны и существующие возможности и в то же время снизить риски и ослабить существующие угрозы со стороны предприятий-конкурентов.

В наиболее общем понимании основная цель конкурентного анализа заключается в выявлении наличия и типа конкуренции, оценке интенсивности конкуренции, характеристике и моделировании факторов конкуренции. С этой точки зрения конкурентный анализ позволяет решать следующие задачи:

- выявить конкурирующие предприятия и организации;
- рассчитать долю рынка, занимаемую конкурентами;
- дать характеристику интенсивности и направленности конкуренции (оценка конкурентного преимущества);
- выявить возможности и конкурентоспособность основных соперников на рынке (их сильные и слабые стороны, их стратегию, оценку конкурентоспособности их товаров).

Результатом конкурентной борьбы на рынке является формирование конкурентной среды, структуры рынка и его конъюнктуры.

В работе проведен анализ конкурентной среды в разрезе нескольких предприятий зерноградского района Ростовской области растениеводческого направления, в которых доля зернового производства превышает в структуре продукции более 50%. Предприятия являются разными по размеру. Среди них имеются крупные хозяйства с размером пашни более 20 тыс. га (ОАО «Конный завод имени Первой Конной Армии»), средние предприятия с размерами землепользования 10-15 тыс. га (ОАО «Учхоз Зерновое», ООО «СХП Мечетинское») и небольшие хозяйства (ООО Рыбхоз «Мечетинский» и ООО «Альтаир-Агро 2»).

Для построения конкурентной карты зернового рынка зерноградского района использованы данные об объемах продаж в стоимостном выражении, а также сводные данные о выручке от реализации продукции зернового производства по зерноградскому району за трехлетний период времени. На основе этих данных определены рыночные доли каждого из перечисленных предприятий на зерновом рынке района и темп прироста доли рынка, которые легли в основу построения конкурентной карты зернового рынка зерноградского района (см. рисунок 1).

Конкурентная карта позволяет наглядно представить степень использования конкурентных преимуществ предприятиями и потенциальную возможность противостоять конкурентам.

Как видно из представленных данных, три из пяти анализируемых хозяйств имеют сильную конкурентную позицию на зерновом рынке и все потенциальные возможности удерживать рыночную долю. ООО Рыбхоз «Мечетинский» – аутсайдер зернового рынка, не имеющий конкурентных преимуществ, что не позволяет ему удерживать конкурентную позицию на рынке.

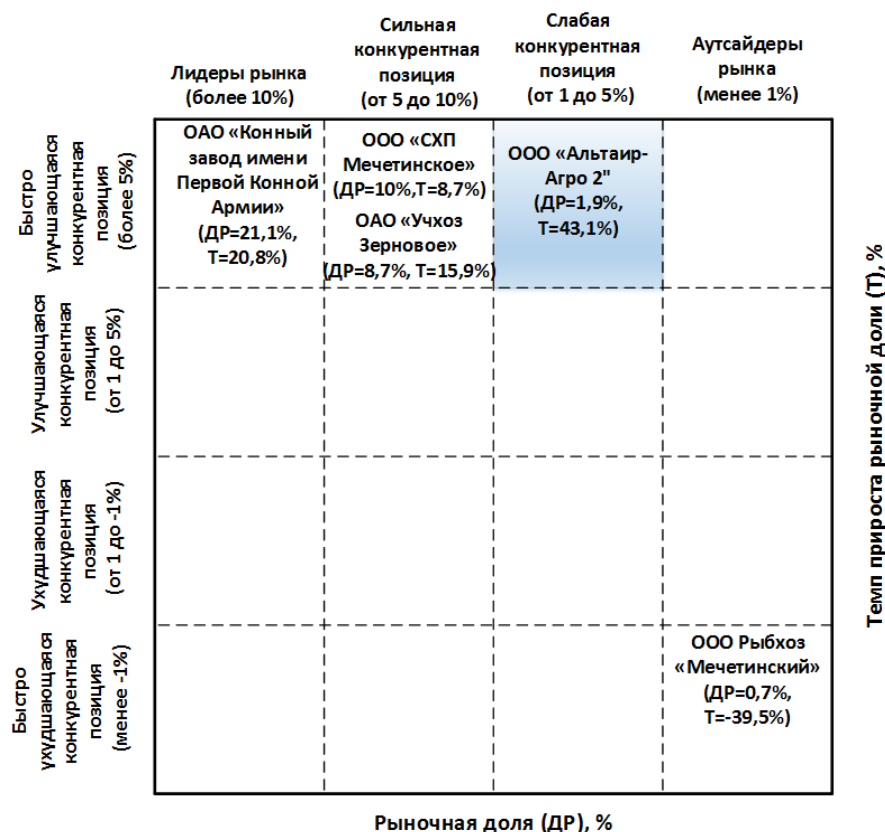


Рис. 1 – Конкурентная карта рынка зерна зерноградского района

ООО «Альтаир-Агро 2» имеет небольшую рыночную долю (всего 1,9%), однако у хозяйства имеются все возможности для улучшения конкурентной позиции на рынке. Об это свидетельствует высокий темп прироста рыночной доли предприятия за трехлетний период (43,1%).

Выявленные конкурентные позиции позволяют сделать вывод о том, что повышение конкурентоспособности сельскохозяйственных организаций по производству зерновых культур проявляется в решении следующих задач: рост урожайности зерновых культур, снижение себестоимости единицы продукции, что приведет к росту прибыли и повышению уровня рентабельности и конкурентоспособности.

Не менее важным является рост цены реализации, на основе ежегодно формируемой и корректируемой в соответствии с конъюнктурой рынка маркетинговой программой.

В таблице 2 представлен SWOT-анализ производства зерновой продукции на местном и региональном рынках.

Таблица 2 – Анализ сильных и слабых сторон производства зерновой продукции на местном и региональном рынках

Сильные стороны	Слабые стороны
Рентабельность производства и продаж	Развитие рыночной инфраструктуры
Качество продукции	Уровень конкурентной борьбы
Уровень технологии	Высокий удельный вес в структуре посевных площадей
Срок и условия хранения, требования к условиям транспортировки	Отсутствие возможности установления устойчивых связей с перерабатывающими предприятиями
Объем производства	
Близость к местам продаж (перерабатывающие предприятия)	
Наличие оптовых покупателей	
Возможности	Угрозы
Традиционность продукта	Сезонные колебания цен
Замещаемость продукта	Тенденции в изменении цен
Предпочтения покупателей	Цены важнейших конкурентов
Соотношение себестоимости и средней цены	Насыщенность рынка и его доступность для конкурентов
Возможность немедленного получения денег за продукцию	Неблагоприятные природно-климатические условия года
Наличие долгосрочных контрактов на поставку	
Дотации	

К сильным сторонам зерновой продукции относится возможность достижения высокой рентабельности производства и продаж, близость к местам реализации, уровень применяемых технологий, наличие оптовых покупателей. Производство зерновой продукции дает возможность немедленного получения денег, а также дотаций, выделяемых государством на поддержку сельских товаропроизводителей. Перечисленные сильные стороны и имеющиеся возможности рыночной среды обуславливают возможность сохранения производства зерна как основной товарной отрасли во всех представленных сельскохозяйственных предприятиях.

В то же время внешняя среда, в которой функционируют предприятия, несет в себе и потенциальные угрозы, к числу которых можно отнести насыщенность рынка и его доступность для конкурентов, сезонные колебания цен на зерновую продукцию, а также неблагоприятные погодно-климатические условия, которые могут привести к гибели посевов и потере урожая при уборке зерновых.

Конкурентоспособность зерновой продукции определяет конкурентоспособность самого предприятия. Вследствие этого конкурентоспособность продукции можно определить, только сравнивая продукцию конкурентов между собой.

Для оценки уровня конкурентоспособности в современной литературе разработано множество методик. В данной работе использована методика расчета интегрального показателя конкурентоспособности на основе рейтинговой оценки предприятий.

С этой целью выделены пять групп показателей ((см. таблицу 3) и определен интегральный показатель конкурентоспособности (см. рисунок 2). При этом наибольшее значение имеет группа показателей конкурентоспособности производимой продукции, весомость которой среди перечисленных групп показателей составляет 87,5%.

Таблица 3 – Показатели оценки конкурентоспособности зернопроизводящих предприятий Зерноградского района

Показатель	Значение показателя по предприятиям				
	ООО «Альтаир-Агро 2»	ООО Рыбхоз «Мечетинский»	ОАО «Конный завод имени Первой Конной Армии»	ООО «СХП Мечетинское»	ОАО «Учхоз Зерновое»
Показатели конкурентоспособности зерновой продукции					
Урожайность, ц/га	54,9	46,0	61,8	51,3	48,3
Себестоимость 1 ц, руб.	674,9	916,5	402,3	576,9	680,5
Трудоемкость 1 ц, чел-ч	0,36	0,81	0,38	0,36	0,35
Цена реализации 1 ц, руб.	774,3	814,3	931,9	1006,4	905,5
Уровень товарности, %	137,4	91,3	92,1	105,9	98,7
Рентабельность производства зерна, %	14,73	4,13	131,65	74,46	7,61
Ресурсообеспеченность предприятия					
Трудообеспеченность на 100 га с.-х. угодий, чел	1,39	2,14	1,56	1,52	2,42
Фондообеспеченность на 1 га с.-х. угодий, тыс. руб.	36,15	22,86	22,19	48,84	14,01
Коэффициент распаханности с.-х. угодий	0,96	1,00	0,94	0,99	0,94
Эффективность производственной деятельности предприятия					
Прибыль на 1 га земельной площади, тыс. руб.	7,70	0,13	15,81	12,17	5,93
Фондоотдача, руб./руб.	1,72	2,65	3,11	1,54	2,52
Рентабельность продаж, %	14,20	1,90	40,27	30,92	17,60
Рентабельность основной деятельности, %	16,89	2,00	84,36	49,83	21,19
Конкурентные позиции предприятия					
Доля рынка, %	1,909	0,738	21,077	10,000	8,657
Продолжение таблицы 18					
Темп изменения доли рынка, %	43,114	-39,487	20,844	8,696	15,866
Финансовое положение предприятия					
Коэффициент финансирования	3,37	60,19	6,65	1,93	4,12
Коэффициент финансовой независимости	0,72	0,98	0,82	0,64	0,80
Коэффициент финансовой устойчивости	0,80	1,00	0,84	0,90	0,95
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	0,49	0,98	0,67	0,37	0,61

Наиболее конкурентоспособным предприятием на сегодняшний день является сельскохозяйственное предприятие ООО «СХП Мечетинское», имеющее наивысшую интегральную оценку конкурентоспособности предприятия (16,49) и конкурентоспособности производимой продукции (15,19). Высокий рейтинг в оценке конкурентоспособности продукции данного предприятия достигнут, прежде всего, за счет низкой себестоимости зерна и высокой его цены реализации. ООО Рыбхоз «Мечетинский» по-прежнему занимает последнее место в рейтинге конкурентоспособности.

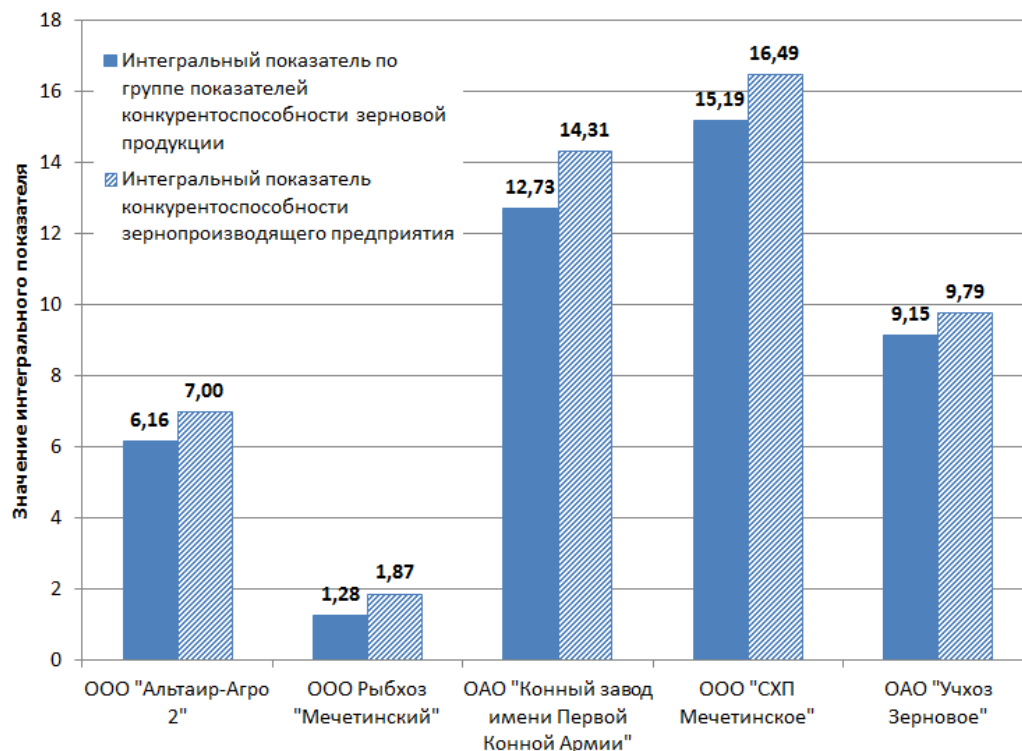


Рис. 2 – Интегральная оценка конкурентоспособности зерновой продукции и зернопроизводящих предприятий

ООО «Альтаир-Агро 2», то в рейтинге конкурентоспособности предприятие занимает четвертое место, приблизившись к более крупному предприятию ОАО «Учхоз Зерновое» и даже превзойдя его по все показателям конкурентоспособности продукции, за исключением реализационной цены 1 ц зерна, которая по итогам текущего года оказалась на самом низком уровне – 774,3 руб./ц.

Следует также отметить, что в группе показателей ресурсобеспеченности ООО «Альтаир-Агро 2» занимает наивысший рейтинг, а по конкурентным позициям на зерновом рынке – второе место. В целом же интегральный показатель конкурентоспособности данного предприятия с учетом всех факторов ее обеспечения оказался равным 7, что ниже, чем у ОАО «Учхоз Зерновое» на 2 позиции.

Таким образом, проведенный конкурентный анализ позволил выявить конкурентные позиции и существующий уровень конкурентоспособности предприятий зернового рынка Зерноградского района, что в дальнейшем может быть использовано каждым из них при разработке стратегии своего развития.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Балашов А.И. Экономическая теория: Учебник. / А.И. Балашов и др. - М.: ЮНИТИ, 2015. - 527 с.
2. Ваценко, И. С. Формирование конкурентных преимуществ современного предприятия / Ваценко, И. С. // Молодой ученый. – 2015. – №10. – С. 553-556.
3. Волков К.В. Рейтинговый подход к оценке конкурентоспособности зернового производства РФ в условиях ВТО /К.В. Волков // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2013. – №3. – С.108-110.
4. Денисов Б.А. Оценка конкурентоспособности производителей зерна, функционирующих в рамках одной природно-экономической зоны /Б.А. Денисов, Е.В. Родюкова //Региональный вестник. – 2016. – № 3 (4). – С. 29-31.
5. Золотарева Е.Л. Особенности оценки конкурентоспособности производства зерна в современных условиях /Е.Л. Золотарева, О.П. Павлова // Региональная экономика: теория и практика. – 2014. – № 6. – С. 75-78.
6. Зулькарнаев Е.У. Метод расчета интегральной конкурентоспособности промышленных, торговых и финансовых предприятий /Е.У. Зулькарнаев, Л.Р. Ильясова // Маркетинг в России и за рубежом. – 2016. – №4(24). – С.39-42.
7. Макконнел К.Р. Экономикс: Принципы, проблемы и политика / К.Р.Макконнел, С.Л.Брю. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 974 с.
8. Нестеренко С.А. Многофакторная модель оценки конкурентоспособности предприятий / С. А. Нестеренко // АПК: экономика, управление. – 2013. – № 12. – С. 78-82.
9. Перцовский Н.И. Маркетинг как основа инновационной деятельности предприятия на рынке / Н.И.Перцовский // Инновации и инвестиции. – 2013. – № 7. – С. 75-79.
10. Фатхутдинов Р.А. Методика разработки и реализации стратегии повышения конкурентоспособности организации / Р.А.Фатхутдинов //Современная конкуренция. – 2011. – №3(27). – С. 113-116.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Balashov, A.I. Ekonomicheskaya teoriya: Uchebnik [Economic Theory: Textbook] / A.I. Balashov et al. – M.: UNITY, 2015. – 527 p. [in Russian]
2. Vatsenko I. S. Formirovaniye konkurentnykh preimushchestv sovremennogo predpriyatiya [Formation of competitive advantages of modern enterprise] / Vatsenko I. S. // Molodoy uchenyy [Young scientist]. – 2015. – No. 10. – P. 553-556. [in Russian]
3. Volkov K.V. Reytingovyy podkhod k otsenke konkurentosposobnosti zernovogo proizvodstva RF v usloviyakh VTO [Rating approach to assessing competitiveness of grain production in the Russian Federation in context of WTO] / K.V. Volkov // Vestnik FGOU VPO MGAU [Bulletin of FSOU VPO MSAU]. – 2013. – No. 3. – P.108-110. [in Russian]
4. Denisov B.A. Otsenka konkurentosposobnosti proizvoditeley zerna, funktsioniruyushchikh v ramkakh odnoy prirodno-ekonomicheskoy zony [Assessment of competitiveness of grain producers operating within framework of one natural and economic zone] / B.A. Denisov, E.V. Rodyukova // Regional'nyy vestnik [Regional Bulletin]. – 2016. – No. 3 (4). – P. 29-31. [in Russian]
5. Zolotareva E.L. Osobennosti otsenki konkurentosposobnosti proizvodstva zerna v sovremennykh usloviyakh [Features of assessing competitiveness of grain production in modern conditions] / E.L. Zolotareva, O.P. Pavlova // Regional'naya ekonomika: teo-riya i praktika [Regional Economics: Theory and Practice]. – 2014. – No. 6. – P. 75-78. [in Russian]
6. Zulkarnaev E.U. Metod rascheta integral'noy konkurentosposobnosti promyshlennykh, torgovykh i finansovykh predpriyatiy [Method for calculating integral competitiveness of industrial, commercial and financial enterprises] / E.U. Zulkarnaev, L.R. Ilyasova // Marketing v Rossii i za rubezhom [Marketing in Russia and abroad]. – 2016. – No. 4 (24). – P. 39-42. [in Russian]
7. McConnell K.R. Ekonomiks: Printsipy, problemy i politika [Economix: Principles, problems and politics] / K.R. Makkonnel, S.L. Brew. – M.: INFRA-M, 1999. – 974 p. [in Russian]
8. Nesterenko S.A. Mnogo-faktornaya model' otsenki konkurentosposobnosti predpriyatiy [Multi-factor model for assessing competitive ability of enterprises] / S. A. Nesterenko // APK: ekonomika, upravleniye [AIC: Economics, Management] – 2013. – No. 12. – P. 78-82. [in Russian]
9. Pertsovsky N.I. Marketing kak osnova innovatsionnoy deyatel'nosti predpriyatiya na rynke [Marketing as basis of innovative activity of enterprise in market] / N.I. Pertsovsky // Innovatsii i investitsii [Innovations and Investments]. – 2013. – No. 7. – P. 75-79. [in Russian]
10. Fathutdinov R.A. Metodika razrabotki i realizatsii strate-gii povysheniya konkurentosposobnosti organizatsii [Methodology of development and implementation of strategies to improve competitiveness of organizations] / R.A. Fathutdinov // Sovremennaya konkurentsia [Modern Competition] – 2011. – No. 3 (27). – P. 113-116. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.033>**СИММЕТРИЯ, СТРУКТУРА ЭКОНОМИЧЕСКОГО «ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ»**

Научная статья

Мельников В.А. *

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

* Корреспондирующий автор (vikmelkras[at]gmail.com)

Аннотация

Определение Вернадского В.И. ноосферы [2], требует продолжения и расширения с развитием знаний, в том числе социально-экономических. В социально – экономическом аспекте данная проблема не рассматривалась. В статье приводятся уравнения экономического пространства (ЭП) [4]. Рассматриваются виды переносной симметрии ЭП. Структура ЭП – инвариант соответствующих групп автоморфных преобразований. Симметрия ЭП связана с его структурой и свойствами [1]. ЭП является продуктом человеческого целенаправленного взаимодействия индивидуумов, при котором создаются блага, знания, что является необходимым условием для сохранения его жизнедеятельности и его потомства. Структура ЭП неоднородна и меняется и меняется во времени. Структура ЭП определяется полями мозговой деятельности индивидуумов при проектировании, производстве и потреблении, по аналогии с физическим пространством, определяемыми электромагнитными, гравитационными полями [2]. Статья посвящена этой проблеме для экономических систем.

Ключевые слова. Ноосфера, симметрия переносная, экономическое пространство, кванты экономического взаимодействия, индивидуумы, структуры внешних квантов экономического взаимодействия, внутренних квантов экономического взаимодействия, кванты деяний индивидуумов.

SYMMETRY, ECONOMIC "SPACE-TIME" STRUCTURE

Research article

Melnikov V.A. *

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

* Corresponding author (vikmelkras[at]gmail.com)

Abstract

The definition of noosphere proposed by Vernadsky V.I. [2], requires continuation and expansion with the development of knowledge, including socio-economic one. This problem was not considered in the socio-economic aspect. The article presents the equations of economic space (ES) [4]. The types of movable ES symmetry are considered in the paper. The ES structure is invariant with respect to the corresponding groups of automorphic transformations. The symmetry of the ES is related to its structure and properties [1]. ES is a product of human targeted interaction of individuals, which creates benefits, and knowledge, which is a necessary condition for the preservation of life and offspring. The ES structure is heterogeneous; it was changed and had been changing as time goes. The ES structure is determined by the fields of the brain activity of individuals during design, production, and consumption, by analogy with the physical space, determined by electromagnetic, gravitational fields [2]. The article is devoted to this problem for economic systems.

Keywords. Noosphere, figurative symmetry, economic space, quanta of economic interaction, individuals, structures of external quanta of economic interaction, internal quanta of economic interaction, quanta of acts of individuals.

1. Введение

Для изучения экономического пространства (ЭП) автор вводит квантовые уравнения ЭП, являющиеся одновременно и квантами экономической информации в реальном пространстве и времени между индивидуумами, между объектами экономического взаимодействия (ОЭВ), между подразделениями внутри каждого ОЭВ, описывающие структуру труда и материалов, которые определяют структуру себестоимости и цену при производстве единицы блага реализации [4].

Множество работ по структуре ЭП показывают, что исследователи пытаются определить и исследовать ЭП теми же экономическими терминами, определениями, категориями, что не позволяет им выйти за пределы существующей экономики, в ЭП, наделенное новыми определениями, терминами, категориями и естественно новыми свойствами и структурой.

Цель статьи определить свойства и тип симметрии ЭП, как она определяет структуру ЭП и время, на основе выбранных квантовых уравнений. Показать, что ЭП является проявлением разума взаимодействующих индивидуумов. Определить необходимые и достаточные условия жизнедеятельности социальных образований в ЭП.

2. Определение экономического «пространства – времени»

Рассмотрим структуры экономической информации, структуры уравнений ЭП, введенные в [4]. Если нет экономических структур, нет структурных взаимодействий, то и нет экономического пространства, нет целенаправленного взаимодействия индивидуумов, которые невозможно описать, записать на твердые носители, оперировать всем множеством экономической информации, описать общественно социальные структуры, историю развития общества. Могут рассматриваться и другие экономические структуры, суть не меняется.

Рассмотрение симметрии в экономических системах требует прежде всего определения экономической системы. Под экономической системой будем понимать целенаправленное взаимодействие индивидуумов, которые дискретно во времени генерируют кванты экономического взаимодействия от взаимодействующих объектов: внешние кванты экономического взаимодействия между ОЭВ, внутренние кванты экономического взаимодействия между

знаний также менялось и меняется. Экономическое пространство и время текут в одну сторону. Прошедшее пространство и время – это история, которую изменить невозможно, а только изучать. Мы можем влиять на текущее пространство и время и прогнозировать будущее пространство и время, которые нам неведомы.

Множество наименований выпускаемых благ, количество, цена за единицу блага формируются в подразделениях Π_k и Π_l ОЭВ Π_i во времени и пространстве с помощью внутренних квантов экономического взаимодействия. Внутренние кванты экономического взаимодействия – это детализация внешнего кванта экономического взаимодействия по видам работ, затрат, которые совершаются в подразделениях каждого ОЭВ Π_i во времени:

$$z_{ikl}^* = \Pi_i, \Pi_k, \Pi_l, B_{lp}, D(t) \{Name^*(\Pi_{kl}), W^*(\Pi_{kl}), S^*(\Pi_{kl})\} \quad (2)$$

$$(i = 1, 2, 3, \dots, n; k, l = 1, 2, 3, \dots, m)$$

Структура (2) – это квант внутреннего экономического взаимодействия между подразделениями внутри ОЭВ Π_i при производстве блага наименованием $Name^*(\Pi_{kl})$ в количестве $W^*(\Pi_{kl})$ по цене $S^*(\Pi_{kl})$ за единицу. $(k, l = 1, 2, 3, \dots, m)$ – число наименований подразделений в рассматриваемом ОЭВ Π_i из экономической системы (ЭС); $Name^*(\Pi_{kl})$ – наименование работ, услуг, оказываемых подразделением Π_k подразделению Π_l ; $W^*(\Pi_{kl})$ – количество работ, услуг, оказываемых подразделением Π_k подразделению Π_l ; $S^*(\Pi_{kl})$ – стоимость единицы работ, услуг, оказываемых подразделением Π_k подразделению Π_l ; B_{lp} – тип используемого оборудования в подразделении

Π_l ; $p = 1, 2, \dots, p1$ – типы оборудования.

Структура (2) – это квант внутреннего экономического взаимодействия между подразделениями внутри ОЭВ Π_i при производстве блага.

Количество работ, услуг $W^*(\Pi_{kl})$ представим в виде суммы труда специалистов и суммы материалов, используемых при выполнении работ, услуг:

$$W^*(\Pi_{kl}) = W^* \{ \{ \text{труд} \}_{kk} + \{ \text{мат.} \}_{mm} \}_{kl} =$$

$$= W^* \{ \{ Name \text{ spec, num, time} \}_{kk} + \{ Name \text{ mat, kol, разм.} \}_{mm} \}_{kl},$$

где $W^* \{ \{ \text{труд} \}_{kk} + \{ \text{мат.} \}_{mm} \}_{kl}$ – количество труда специалистов и типов материалов, используемых при оказании работ, услуг подразделения Π_k подразделению Π_l ,

где $Name \text{ spec}$ – наименование специалистов при оказании работ, услуг; num – число специалистов; $time$ – время работы специалистов подразделения Π_k , используемых при оказании работ, услуг подразделению Π_l , $kk = 1, 2, 3, \dots, K1$ – количество строк специалистов, используемых при оказании работ, услуг, $Name \text{ mat}$ – наименования применяемых материалов; kol – количество, применяемых материалов при оказании работ, услуг; $разм.$ – единица измерения материалов; $mm = 1, 2, 3, \dots, M1$ – количество строк материалов, используемых при оказании работ, услуг.

Стоимость услуг, работ представим в виде суммы стоимости труда специалистов и суммы стоимости материалов, используемых при выполнении работ, услуг:

$$S^*(\Pi_{kl}) = S^* ((\text{труд})_{kk} + (\text{мат.})_{mm})_{kl}$$

– стоимость единицы труда (часовые тарифные ставки используемых специалистов) плюс стоимости единицы материалов при оказании работ услуг подразделения Π_k подразделению Π_l ;

$$S^* ((Name \text{ spec, num, val})_{kk} + (Name \text{ mat, cena})_{mm})_{kl},$$

где val – стоимость единицы времени работы специалиста; $cena$ – стоимость единицы материалов.

В соответствии с приведенными расшифровками обозначений параметров в (2) приведем окончательную формулу внутреннего кванта экономического взаимодействия в ОЭВ Π_i (2):

$$z_{ikl}^* = \Pi_i, \Pi_k, \Pi_l, B_{lp}, D(t) \{ Name^*(\Pi_{kl}), W^*(\Pi_{kl}), S^*(\Pi_{kl}) \} =$$

$$= \Pi_i, \Pi_k, \Pi_l, B_{lp}, D(t) \left\{ \begin{array}{l} Name^*(\Pi_{kl}), W^*((\text{труд})_{kk} + (\text{мат.})_{mm}), \\ S^*((\text{труд})_{kk} + (\text{мат.})_{mm}) \end{array} \right\}_{kl} =$$

$$= \Pi_i, \Pi_k, \Pi_l, B_{lp}, D(t) \left\{ \begin{array}{l} Name^*(work, serv)_{kl}, W^*((Name \text{ spec, num, time})_{kk} + \\ + (Name \text{ mat, kol, разм.})_{mm}), \\ S^*((Name \text{ spec, num, val})_{kk} + (Name \text{ mat, cena})_{mm}) \end{array} \right\}_{kl},$$

где $B_{lp} = 1, 2, 3, \dots, M1$ – типы применяемого оборудования в подразделениях; $Name(work, serv)_{kl}$ – наименование работ, услуг, выполняемых подразделением Π_k подразделению Π_l .

Многочисленность параметров в (2) говорит о сложности описания трудовых затрат при производстве (1), которые идут на продажу потребителям. Об этом говорил еще Дж. С. Милль [5].

Если в (1) используется объем товара $W(\Pi_j, \Pi_i)$ за период $D(t) = O(t_2) - O(t_1)$, то за это время изготавливается M количества благ по уравнению (2), которые затем будут реализовываться по уравнениям (1) потребителям. Время изготовления блага M равно: $D(t_1) = D(t) : M$. Следовательно, период переносной симметрии блага наименования $Name^*(\Pi_{kl})$ в количестве $W^*(\Pi_{kl})$ равно: $D(t_1) = D(t) : M$. Структура труда каждого блага из (2) по наименованию блага, как: $Name^*(work, serv)_{kl} : M$, по наименованиям затрат труда и материалов: $W^*((Name\ spec, num, time)_{kk} + (Name\ mat, kol, razm)_{mm})_{kl} : M$ по стоимости за единицу блага: $S^*((Name\ spec, num, val)_{kk} + (Name\ mat, cena)_{mm})_{kl} : M$.

Уравнение (2) обладает вторым видом переносной симметрией, которая действует в пределах первой переносной симметрии и равна времени изготовления одного блага. Определяет структуру труда и материалов, при производстве блага, которое повторяется с производством следующего блага. Квантованно повторяется во времени.

Каждый Π_i, Π_j , являющийся элементом экономической системы, состоит из индивидуумов Y_i и Y_j . Индивидуумы в процессе своей трудовой деятельности на объектах экономического взаимодействия создают деяния, взаимно-однозначно связанные с ОЭВ и временем их совершения. Обозначим деяния индивидуумов Y_i на объектах экономического взаимодействия Π_i в виде структуры:

$$\partial Y_{is} = \sum_{s=1}^{S1} Y_{is}, \Pi_i, \Pi_{kl}, D(t) \left\{ \begin{array}{l} Name(\text{деяния } Y_{is}), \\ W(\text{обр. } Y_{is}; \text{должн. } Y_{is}; \text{проф. } Y_{is}; \text{степ. } Y_{is}; \\ \text{патент. } Y_{is}, \text{конфер. } Y_{is}, \text{печать } Y_{is}, \\ S(\text{обр. } Y_{is}; \text{должн. } Y_{is}; \text{проф. } Y_{is}; \text{степ. } Y_{is}; \\ \text{патент. } Y_{is}; \text{конфер. } Y_{is}; \text{печать } Y_{is}; \text{год рожд.})_{is} \end{array} \right\} \quad (3)$$

($i = 1, 2, 3, \dots n$; t – текущее время; $s = 1, 2, 3, \dots S1$; $kl=1, 2, 3, \dots m$),

где Y_{is} – идентификатор индивидуумов на множестве натуральных чисел N ; Π_i – множество объектов экономического взаимодействия в экономической системе, в которых работал индивидуум; $D(t)$ – дата рассматриваемого события; $W(\text{обр., должн., степ., проф., ...})_{is}$ – характеристики индивидуума: образование, должность, ученая степень, профессия, на ОЭВ которых работал индивидуум; $S(\text{обр., должн., степ., проф., ...})_{is}$ – «условная стоимость» каждой характеристики.

Уравнение (3) это детализация внутренних затрат, выполняемых индивидуумами во времени и пространстве.

Уравнение (3) – обладает третьим видом переносной симметрии, которая действует в пределах первой и второй переносных симметрий. Данный вид симметрии определяет виды операций, выполняемых индивидуумом в процессе изготовления блага, деяния наименованием $Name(\text{деяния } Y_{is})$, которые повторяются с производством следующего блага. В (1) шесть независимых параметров, в (2) более десяти, в (3) более шестнадцати. Три экономических кванта (1), (2), (3) образуют множества, обладающие переносной симметрией и образуют группы по операции сложения, а также образуют прямую сумму по операции сложения [4]. Сложность описания экономической информации и необходимость ее сохранения и обеспечение доступа во времени для планирования развития экономической системы ставят проблемы перед экономикой, которые необходимо решать для сохранения индивидуумов и их потомства.

Взаимодействие индивидуумов между собой и природой образуют пространство – время, возможно неевклидовой структуры [2], которое подобно силовым линиям электромагнитных полей пронизывают ее и индивидуумов и тем самым создают ноосферу, благодаря которой информация о деяниях индивидуумов передаются всем индивидуумам во времени.

Симметрия по Кюри, указывает состояние пространства [2]. Очевидно, число таких состояний пространства абстрактно неограниченно, так как неограниченно теоретически число возможных классов или групп симметрии [2]. Кюри говорил о физическом пространстве. Существует экономическое пространство, как целенаправленное взаимодействие индивидуумов, по производству благ для своего существования и своего потомства. Экономическое пространство существует при целенаправленном взаимодействии индивидуумов. Каждое благо проектируется, создается, производится, используется индивидуумами и записывается в виде экономической информации о производителях, потребителях, наименовании блага, количестве, цене и дате производства. Следовательно, каждое благо охвачено полями, идущими от мозговой деятельности индивидуумов при производстве блага и эта деятельность записывается в виде экономической информации на твердые носители (бумага, магнитная лента, магнитные диски и т.д.). Следовательно, каждое благо имеет поля от нашей деятельности мозга при создании образа блага. производстве блага и отражены в экономической информации. Аналогично и физические поля создаются вокруг каждого материального объекта (электрона, атома, планеты), но без участия индивидуумов. Структура экономического пространства – времени, состоящая из рассмотренных выше экономических структур (1), (2), (3) определяется симметрией и имеет строение. Эти экономические поля неоднородны в различных частях экономического пространства и определяются сложностью конструкций блага, наименованиями выпускаемых благ, количеством, ценой и занятыми индивидуумами при его проектировании и производстве, потреблении с одной стороны

определяют неизотропность экономического пространства, а с другой геометрией трехмерного пространства его изотропностью и все это – взаимосвязано с человеческой деятельностью.

Экономическое пространство - объединение полей мозга индивидуумов и цифровой экономической информации в виде (1), (2), (3), создаваемое взаимодействием индивидуумов при производстве благ между собой и неживой природой. Экономическое пространство, как и физическое неоднородны, т.к. каждая материальная частица, как и каждое произведенное благо окружено (в случае блага) своим особым состоянием экономического пространства, состоящее из полей мозговой деятельности индивидуумов и экономической информации в виде (1), (2), (3), как отражение этой мозговой деятельности. Если произведенное благо неодушевленное, неживое благо, то оно обладает симметрией с особым для блага видом симметрии; если при производстве блага используется живой материал (к примеру нефть), то получаем благо с диссимметрией, но с переносной симметрией при производстве блага. Время неотделимо от экономического пространства, они являются проявлением одного и того же и, следовательно, время также должно обладать строением. Качественный путь изучения времени – это симметрия предмета (экономического процесса), например, производство блага определенного наименования, количества, стоимости [2]. Экономическое пространство, как и физическое не есть геометрическое пространство Евклида, потому что оно обладает строением [2]. Это строение проявляется в существовании полей вокруг проектируемого, изготавливаемого, потребляемого блага, образуемые при взаимодействии индивидуумов и полей головного мозга индивидуумов.

Строение времени в экономическом пространстве еще не изучено. Еще необходимо соотнести абсолютное время жизнедеятельности индивидуумов со строением времени в экономическом пространстве при проектировании, производстве благ, определенных наименований, количестве, стоимости, используемых специалистов и записи экономической информации на носители, с возможностью ее воспроизведения для использования при проектировании и производстве следующих благ в цикле симметрии производства.

В экономике мы имеем переносную симметрию по времени относительно внешних квантов экономического взаимодействия (формула (1)), внутреннего кванта экономического взаимодействия (формула (2)), квантов деяний индивидуумов (формула (3)), как три симметрии с различными значениями времени переносной симметрии в этих квантах экономического взаимодействия, хотя и отражающих экономический процесс производства блага определенного наименования, количества и цены (стоимости) за единицу блага. Но нарушение симметрии внутри каждого цикла производства есть также диссимметрия определенного рода, связанная или с развитием экономической системы или с ее упадком.

В отличие от живых организмов, где диссимметрия Пастера [2] отличает живых организмов от окружающего их мира, экономическая система (экономическое пространство) есть проявление живых, разумных организмов, индивидуумов в их взаимодействиях и, естественно, мы имеем право использовать ее, как отличие от естественных природных явлений. (нефть, как проявление с жизнью, несущих биохимические вещества).

3. Возникновение разума

Поверхность Земли вся была охвачена взаимодействием индивидуумов, но проявление этих взаимодействий было неоднородным. Китай, Индия, Россия, Африка, Австралия, Европа, Америка, Азия были заселены первочеловеками, были охвачены силовыми линиями, полями мозговой деятельности всех первочеловеков и развитие их всех началось одновременно, сразу в какой-то момент времени.

Возможно сознание и разум возникли как мутации клеток мозга, но как сознание распространилось на других индивидуумов можно объяснить только охватом силовыми линиями, полями, подобные электромагнитным полям, излучаемые мозгом. Только так можно объяснить одновременность возникновения, завода их сознания в состояние разума, путем взаимодействий между ними. Взаимодействие индивидуумов, первочеловеков запускает разум. Взаимодействие, наблюдение, видение себе подобных при взаимодействиях, обмен благами, жесты, мимика, звуки – это необходимые, но не достаточные условия возникновения Homo sapiens в результате длительной и случайной эволюции первочеловека, борющегося за свое существование и своего потомства.

Чтобы понять, как возник разум, необходимо его смоделировать и получить. Но таких условий создать невозможно, какие возникали в то время. И следовательно, этот шаг: от не разума и до разума останется загадкой. Провести эксперимент по возникновению разума невозможно, так как заметить эволюцию развития разума в природе времени, равном геологическому времени по сравнению с периодом жизни индивидуумов не представляется реальным. Развитие разума пошло в один миг у всех кандидатов в индивидуумы, первочеловеков с помощью силовых линий, полей, аналогичных электромагнитным полям. В противном случае невозможно объяснить наличие множества индивидуумов понимающих друг друга на языке мимики, жестов, звуков. То ли мозг стал излучать поля, которые привели разум всех индивидуумов в действие в эволюционное развитие, продолжающееся и поныне во времени, равном геологическому времени. Наш разум развивался, эволюционировал во времени, равном геологическому времени. Поэтому эксперименты с приматами по развитию разума не могут их обучить, эволюционировать настолько, чтобы мы заметили эти изменения для времени своей жизнедеятельности. Эксперименты с приматами в лабораториях не могут дать информации о развитии разума, так как они в неволе, не взаимодействуют между собой, не ведут жизнь, в которой вынуждены добывать пищу для выживания себя и своего потомства и тем самым эволюционировать, что заметить невозможно при нашем жизненном времени по сравнению с геологическим временем эволюции.

Разум по - прежнему развивается, но заметить это развитие мы не способны, ни сколько его прибыло и сколько его прирастало и в чем это выразилось, так как наше время жизнедеятельности мало по сравнению с геологическим временем. Как пример, бухгалтерский учет появился 500 лет назад в Италии. Прошло 500 лет с тех пор, но сильных изменений в бухгалтерском учете, отчетности, передачи бухгалтерской информации не сильно изменилось. Геологические миллионы лет и 500 лет человеческой жизни не могут дать нам возможности заметить изменения в технологии производства бухгалтерской информации. Изменения есть, но они незначительные, чтобы говорить о резкой эволюции в организации бухгалтерского учета. Другой пример из «Оснований экономики» [3]. При производстве и внедрении новой технологии информация о ней становится известной индивидуумам, даже не

работавшим на объектах экономического взаимодействия (ОЭВ), которые произвели эту технологию. Знания тоже распространяются и охватывают индивидуумов с помощью электромагнитных волн, полей. Как пример, аналогия движения планет и строения атома. Они к нам пришли ниоткуда. Аналогия с «Основанием геометрии». Многие ученые пытались и пытаются найти аналогию в экономике с аналогией в квантовой механике, основанием геометрии в естествознании. Это тоже волновой, с помощью полей охват знаниями всех индивидуумов. Проявляются они по-разному.

Некоторые ученые, так и не могут выйти из естествознания и распространить знания на социальные системы, экономику. Закону социума, экономики другие, отличаются от законов естествознания. Один крупный ученый пытался математизировать экономику, забыв, что без экономической информации экономика не работает. Провозгласил, что теория вероятности в экономике не работает, но забыл, что экономическую информацию необходимо проверять на корректность, (что сами экономисты забыли тоже об этом), что теория вероятности работает на однородных выборках, которых в экономике сложно найти. Другой ученый пытался естествознание перетащить в экономику. Но так и не преуспел. Хотя в экономике есть тоже симметрия и есть автоморфные преобразования и естественно, если есть симметрия, то и групповые свойства экономической информации тоже есть, но необходимо войти в пространство социальных систем, экономики, которые отличны от законов в естествознании. Законы социальных систем определяются деятельностью или взаимодействием индивидуумов, законы естествознания определяются природой, которую изучает индивидуум и выводит непротиворечивые законы. Законы экономики определяются экономической информацией, которая возникает при взаимодействии индивидуумов. А экономическая информация определяет свойства экономики, законы, которые следуют в результате целенаправленного взаимодействия индивидуумов, от продуцируемой ими экономической информации.

Человек обрел всеобщий разум, как результат деяний индивидуумов: речь, письмо, запись деяний на твердые носители, сохранение этих записей, воспроизведение и использование в своих взаимодействиях с другими индивидуумами.

Вернадский дал определение ноосферы, как деяния индивидуумов в процессе их взаимодействия, которые образуют структуру и геометрию ноосферы. Индивидуумы сами формируют ноосферу путем взаимодействий между собой, между природой, в результате чего не могла не возникнуть речь в результате обмена деяний, благ индивидуумов между собой в результате их взаимодействия и появления речи, письма, записей деяний индивидуумов, сохранение записей, воспроизведение записей для развития деяний индивидуумов. Сохранение записей для использования в следующих деяниях (начало и окончание севооборота, планы постройки сооружений, технологии обработки урожаев для их сохранения во времени и т. д.), а не ради сохранения. Сохранение и воспроизводство записей необходимо было для учета затрат запасов пищи, расчета посевов злаковых и первичные учеты по использованию своей частной собственности для сохранения себя и своего потомства.

Создаваемые блага, деяния, технологии, знания пронизывают экономическое пространство и время, всех индивидуумов, как силовые линии электромагнитных волн и тем самым создают ноосферу. Такое понятие ноосферы является необходимым, но недостаточным. Возникновение ноосферы происходит в результате активной жизнедеятельности индивидуумов ее населяющих. В чем проявляется активная жизнедеятельность индивидуумов?

3. Необходимые и достаточные условия жизнедеятельности социальных образований

Жизнь – результат взаимодействия между индивидуумами и природой, В результате возникают целенаправленные их взаимодействия и как результат продукты взаимодействия: блага, деяния, которыми они начинают обмениваться и возникает вначале мимика, потом речь, а потом и письменность, как выражение речи, для ее записи и сохранения для использования в повторных событиях, взаимодействиях.

Земледелие, скотоводство приводят индивидуума к оседлому образу жизни, строительству жилья, заведению семей, которые они должны сохранять для жизнедеятельности себя и своего потомства.

Производство благ требует определенной записи речи, плана конструкций, последовательности строительства, требуемых составных частей их размеры и количества для чего требуется письмо, консолидированное для общины индивидуумов. Записи – описание блага, деяния, количества произведенных благ, количество обмениваемых благ на произведенное, количество и наименование ингредиентов для производства блага.

С развитием земледелия и скотоводства появляется потребность в записи знаний, когда сеять, когда убирать урожаи по наименованию злаковых, количество посева и сбора семян для производства продуктов питания для сохранения своей жизни и своего потомства, количества обмена благ земледелия и скотоводства. Возникает потребность в общих знаниях, что приводит к возникновению прикладного земледелия и скотоводства, которым занимаются индивидуумы, которые дают консультации земледельцам и скотоводам за определенную плату. Образуются оплачиваемые государственные служащие и ученые. Первичные деяния индивидуумов, приведшее к возникновению речи, письма, которое позволяет записывать знания в результате взаимодействия индивидуумов между собой и природой. Вот эти записи и являются историей жизнедеятельности индивидуумов, организаций, сообществ индивидуумов, описывающие социальную жизнь индивидуумов.

Без этих записей истории социальных взаимодействий индивидуумов мы не можем писать истории общества. Любые найденные письменности о социальном взаимодействии индивидуумов позволяют восстанавливать историю их жизни. Следовательно, первична речь, письмо, которые неразделимы. Но письмо, как отражение речи дает информацию о взаимодействии индивидуумов, социальных образованиях. С исчезновением письменности о социальных образованиях исчезает их след в истории их жизнедеятельности, которую восстановить невозможно.

Таким образом, существующая письменность, ее развитие – это необходимое но недостаточное условие сохранения истории жизнедеятельности социальных образований. «Положение жизни в научном мироздании нам совсем неясно» [2].

Социальные образования, экономика основаны на экономической информации (ЭИ) взаимодействия индивидуумов между собой и природой во времени и пространстве. Если ЭИ нет, то экономики тоже нет. Поэтому ЭИ необходимо хранить во времени и пространстве и главное иметь доступ к ней для анализа ее и развития, роста.

Если в естествознании информацию хранить о взаимодействии индивидуумов в пространстве и времени нет необходимости, она есть в самой природе, ее берут, открывают новые явления, записывают результаты и дальше проводят исследования.

То экономика создает экономическую информацию и живет в ней и поэтому ее необходимо хранить во времени и пространстве, иметь к ней доступ, что накладывает на индивидуумов определенные трудности ее воспроизводства. Для современных индивидуумов эти трудности связаны с разработкой прикладного программного обеспечения, записи экономической информации на твердые носители, сохранения ее и получение доступа к ней для определенного пространства и времени для анализа, разработки методов развития экономики. Необходимо хранить множество справочников для идентификации экономических взаимодействий, для сохранения ЭИ социальных взаимодействий. Трудность и важность сказанного еще предстоит понять ученым. Это новая парадигма в экономике. Необходимо сохранить все справочники, связанные с экономической, прикладным программным обеспечением. А в справочниках, к примеру, наименования объектов экономического взаимодействия, которые прекратили свое существование, но пласт ЭИ остался с ними и ее может потребоваться использовать, а как?

Наука о социальной жизни меняется во времени и пространстве, она едина, но понять ее социальную среду в разных государственных образованиях тоже является проблемой и экономики, и социальных образований. Живая жизнь - это взаимодействие индивидуумов между собой и природой, результатом которой явилась речь, письмо, запись письма, его сохранение, доступ к письму в пространстве и времени и использование его для развития социальной жизни, сохранения индивидуумов себя и своего потомства.

Общие свойства живой жизни (земной):

1. Взаимодействие индивидуумов, в результате чего образуются блага, деяния, необходимые индивидууму для сохранения своей жизни и своего потомства.

2. В результате взаимодействия индивидуумов возникает речь, позволяющая производить обмен благами, деяниями индивидуумов для сохранения своей жизни и своего потомства.

3. Для сохранения взаимодействия индивидуумов возникает письмо, как продолжение речи и возможности записывать результаты взаимодействия. Сохранение информации о взаимодействии индивидуумов. Обеспечение доступа к ней и использования ее для планирования развития общества.

В результате возникновения письма образуется:

- Азбуки.
- Словари орфографии и значений деяний индивидуумов, потому как любое благо является продуктом деяний индивидуумов.

- Первичные квантовые экономические уравнения производства благ, деяний индивидуумов (структуры деяний индивидуумов).

- Внешние экономические кванты взаимодействия индивидуумов, организаций в пространстве и времени.

- Внутренние экономические кванты экономического взаимодействия внутри каждой организации.

- Кванты деяний индивидуумов.

- Технологии записи, хранения, доступа и воспроизводства квантов экономического взаимодействия в пространстве и времени.

Это общие свойства жизни: выполнение необходимых и достаточных условий жизни.

4. Заключение.

Введенное понятие - экономическое пространство связано с целенаправленной деятельностью индивидуумов по проектированию, производству, потреблению благ множества наименований, количества, стоимости, используемых специалистов, с записью экономической информации о производстве, потреблению.

Следовательно, каждое благо охвачено полями, идущими от мозговой деятельности индивидуумов при производстве блага и эта деятельность записывается в виде экономической информации на твердые носители (бумага, магнитная лента, магнитные диски и т.д.). Аналогично и физические поля создаются вокруг каждого материального объекта (электрона, атома, планеты), но без участия индивидуумов. Структура экономического пространства – времени, состоящая из рассмотренных выше экономических структур (1), (2), (3) определяется симметрией и имеет строение. Эти экономические поля неоднородны в различных частях экономического пространства и определяются сложностью конструкций благ, количеством, потреблением.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Вейль Г. Симметрия / Г. Вейль. – Москва: Издательство «УРСС», 2003. – 192 с.
2. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста / В.И. Вернадский. - Москва: Академический проект. 2013.- 412 с.
3. Мельников В.А. Основание экономики / В.А. Мельников. - Красноярск: Сибирский Федеральный Университет. 2015. -197 с.
4. Мельников В.А. Квантовая экономика взаимодействий / В. А. Мельников. – Красноярск: Сибирский Федеральный Университет. 2019. – 309 с.

5. Милль Дж. С. Основы политической экономии с некоторыми приложениями к социальной философии / Дж. С. Милль. [пер. с англ. : биограф. очерк М.И. Туган-Барановского] -М. Эксмо, 2007. - 1040 с.
6. Терьер де Шарден П. Феномен человека / П. Терьер де Шарден. - Москва: Издательство «Наука». 1987.- 240 с.
7. Шубников А. В. Симметрия в науке и искусстве / А.В. Шубников, В.А. Копчик. - Москва: Издательство «Наука».1972. – 339 с.
8. Энгельс Ф. Диалектика природы / Ф. Энгельс. - М. 1950. - 259 с.
9. Вилентий С.Д. Постсоюзное экономическое пространство. // Российский экономический журнал. – 2008. - №7.
10. Ляпина М.В. Экономическое пространство: сущность, функции, свойства / М.В. Ляпина, И.С. Моисеева // Вестник Томского государственного университета. – 2012. - №3. С.34-57.
11. В.В. Чекмарев Экономическое пространство как понятие и категория экономической науки / Современные проблемы экономической теории в 2-х ч.: 9.
12. А.Г. Каримов. Э.Р. Чувашева К уточнению сущности и содержания категории «Экономическое пространство» // международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. - №10.2. – С.62-67.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Weil G. Symmetry [Симметрия] / G. Weil. Moscow: URSS Publishing House, 2003.192 p. [in Russian]
2. Vernadsky V. I. Filosofskie mysli natyralista [Philosophical thoughts of a naturalist] / V. I. Vernadsky. - Moscow: Academic project. 2013. - 412 p. [in Russian]
3. Melnikov V. A. Osnovany a ekonomiks [The bases of the Economy] / V. A. Melnikov. - Krasnoyarsk: Siberian Federal University. 2015.- 197p. [in Russian]
4. Melnikov V. A. Kvantovay ekonomiks vzaimodeystvity [Quantum Economics of interactions] / V. A. Melnikov. - Krasnoyarsk: Siberian Federal University. 2019. – 309 p. [in Russian]
5. Mill J. S. Osnovy politiks economy s nekotorymi prilogeniye k socialnoy filosofy [The basics of political economy with some applications to social Philosophy] / J. S. Mill. - Moscow. Exmo, 2007.- 1040 p. [in Russian]
6. Terier de Chardin P. Fenomen cheloveka [the Phenomenon of man] / P. Terier de Chardin. - Moscow: Nauka Publishing House. 1987. - 240 p. [in Russian]
7. Shubnikov, V. A. Symmetriy v nauke in isskustve [Symmetry in science and art] / A. V. Shubnikov, V. A. Koptsik. - Moscow: Nauka Publishing House.1972. – 339 p. [in Russian]
8. Engels F. Dialektika prirody [Dialectics of nature] / F. Engels. - М. 1950. - 259 p. [in Russian]
9. Valenti S. D. Postsoyuznoe ekonomicheskoe prostranstvo. [Postsource economic space]/ Valenti S.D. // Rossijskij ekonomicheskij zhurnal. [Russian economic journal]. - 2008. - No. 7. [in Russian]
10. Lyapina M. V. Ekonomicheskoe prostranstvo: sushchnost', funkci, svojstva Economic space: essence, functions, properties / Lyapina,M.V // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. [Bulletin of Tomsk state University]. - 2012. - No. 3. Pp. 34-57. [in Russian]
11. Chekmarev V.V. Ekonomicheskoe prostranstvo kak ponyatie i kategoriya ekonomicheskoy nauki [Economic space as a concept and category of economic science] / Chekmarev V.V. // Sovremennyye problemy ekonomicheskoy teorii v 2-h ch [Modern problems of economic theory in 2 parts: 9] parad, 2011. [in Russian]
12. Karimov A. G. K-utochneniyu-sushchnosti-i-soderzhaniya-kategorii-ehkonomicheskoe - Prostranstvo [A clarification of the essence and content of the category "Economic Space"] / Karimov A. G. // mezhhdunarodnyj-zhurnal-prikladnyh-i-fundamentalnyh- issledovaniy [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2014. - No10.2. P. 62-67. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.89.11.034>

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ УТРАТЫ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

Научная статья

Чумакова Н.В. *

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ; Зерноград, Россия

* Корреспондирующий автор (natalja_chumakova[at]rambler.ru)

Аннотация

Данная статья посвящена вопросам оценки вероятности утраты и восстановления платежеспособности организации. В статье на примере типичного сельскохозяйственного предприятия юга Ростовской области рассматривается ряд методик диагностики банкротства отечественных и зарубежных исследователей, использование которых в практике деятельности предприятий, в том числе предприятий агропромышленного комплекса, приведет к существенному повышению достоверности оценки вероятности утраты ими платёжеспособности.

Ключевые слова: банкротство, финансовое состояние, финансовая устойчивость, платежеспособность, рентабельность, капитал.

PROBABILITY ESTIMATION OF LOSS AND RESTORATION OF ORGANIZATION'S PAYING CAPACITY

Research article

Chumakova N.V. *

Azov-Black Sea Engineering Institute, FSBEI of HE Don SAU; Zernograd, Russia

* Corresponding author (natalja_chumakova[at]rambler.ru)

Abstract

This paper is devoted to considering the likelihood of loss and restoration of the organization's paying capacity. On the example of a typical agricultural enterprise in the south of the Rostov region, the author discusses a number of diagnostic techniques for bankruptcy offered by domestic and foreign researchers, the use of which in the practice of enterprises, including agricultural enterprises, will significantly increase the reliability of assessing the likelihood of losing their paying capacity.

Keywords: bankruptcy, financial condition, financial stability, paying capacity, profitability, capital.

В условиях рыночного хозяйства, неизбежным и объективно обусловленным результатом и в то же время мощным стимулом эффективной работы хозяйствующих субъектов является банкротство. По результатам диагностики банкротства предприятие принимает меры антикризисного характера, направленные на недопущение перехода из неустойчивого в кризисное или несостоятельное финансовое состояние [1], [4].

Основным информационным источником для оценки вероятности банкротства служат данные бухгалтерского баланса предприятия. От того насколько целесообразно и рационально финансовые ресурсы предприятия вложены в его в активы в значительной мере зависит его финансовая устойчивость.

В таблице 1 представлен анализ структуры и динамики актива и пассива баланса СПК агрофирма «Кировская» Кагальницкого района Ростовской области как одного из типичных хозяйств юга Ростовской области.

Таблица 1 – Анализ актива и пассива баланса СПК агрофирма «Кировская»

Статьи баланса	Сумма, тыс. руб.			Структура, %			Абсолютное отклонение, +/-	
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2018 к 2016	2018 к 2017
I. Внеоборотные активы	14953	14136	23397	22,54	36,11	41,41	8444	9261
в т.ч. основные средства	14579	14036	23297	21,97	35,85	41,23	8718	9261
II. Оборотные активы	51396	25013	33103	77,46	63,89	58,59	-18293	8090
в т.ч. запасы	33456	17574	30030	50,42	44,89	53,15	-3426	12456
дебиторская задолженность	5412	3134	2693	8,16	8,00	4,77	-2719	-441
денежные средства	826	2889	380	1,24	7,38	0,67	-446	-2509
прочие	11704	1416	–	17,64	3,62	–	х	х
<i>Баланс</i>	<i>66349</i>	<i>39149</i>	<i>56500</i>	<i>100,00</i>	<i>100,00</i>	<i>100,00</i>	<i>-9849</i>	<i>17351</i>
III. Капитал и резервы	16927	16927	17031	25,51	43,24	30,14	104	104
в т.ч. уставный капитал	23680	23680	23680	35,69	60,49	41,91	–	–
добавочный капитал	1031	1031	1031	1,55	2,63	1,82	–	–
резервный капитал	2181	2181	2181	3,29	5,57	3,86	–	–
нераспределенная прибыль (непокрытый убыток)	-9965	-9965	-9861	-15,02	-25,45	-17,45	104	104
IV. Долгосрочные обязательства	4388	1506	8146	6,61	3,85	14,42	3758	6640
в т.ч. заемные средства	1936	1506	8146	2,92	3,85	14,42	6210	6640
прочие	2452	–	–	3,69	–	–		
V. Краткосрочные обязательства	45034	20716	31323	67,87	52,92	55,44	-13711	10607
в т.ч.								
заемные средства	4922	6168	27304	7,42	15,76	48,33	22382	21136
кредиторская задолженность	40112	13980	4019	60,46	35,71	7,11	-36093	-9961
прочие	–	568	–	–	–	–	х	х
<i>Баланс</i>	<i>66349</i>	<i>39149</i>	<i>56500</i>	<i>100,00</i>	<i>100,00</i>	<i>100,00</i>	<i>-9849</i>	<i>17351</i>

Структура баланса Кооператива на всем временном отрезке отличается от оптимальной. Произошедшие за анализируемый изменения, в частности увеличение стоимости запасов и кредитных и заемных средств можно оценить отрицательно. Незначительным положительным моментом можно считать небольшое увеличение собственного капитала предприятия, связанное с ростом в 2018 году прибыльности. Несмотря на это величина собственного капитала СПК агрофирма «Кировская» остается на недостаточно высоком уровне.

Значения представленных в таблице 2 коэффициентов вероятности банкротства вызывают беспокойство по вопросу финансовой устойчивости СПК агрофирма «Кировская». На конец 2018 года все оборотные активы предприятия и, предположительно, часть внеоборотных сформированы за счет заемных средств, что указывает на наличие реальной угрозы для Кооператива утратить свою платежеспособность.

Таблица 2 – Оценка вероятности банкротства СПК агрофирма «Кировская» на основе коэффициентного анализа

Показатель	2016	2017	2018	Отклонение, +/- 2018г. от 2016г.
Анализ деловой активности				
Коэффициент оборачиваемости оборотных активов, об.	1,00	1,43	2,82	1,82
Продолжительность одного оборота оборотных активов, дн.	360	252	128	-232
Средний остаток запасов, тыс.руб.	32660	25515	23802	-8858
Коэффициент оборачиваемости запасов, об.	1,59	2,14	3,45	1,86
Период оборачиваемости запасов, дн.	226	168	104	-122
Средние остатки дебиторской задолженности, тыс.руб.	8450	4273	2914	-5536
Продолжительность инкассации дебиторской задолженности, дни	58	28	13	-45
Средние остатки кредиторской задолженности, тыс.руб.	37326	27046	9000	-28326
Коэффициент оборачиваемости кредиторской задолженности, об.	1,39	2,02	9,12	7,73
Период погашения кредиторской задолженности, дней	259	178	39	-220
Продолжительность производственного цикла, дней	485	346	143	-342
Продолжительность финансового цикла, дней	25	18	78	53
Продолжительность операционного цикла, дней	284	196	117	-167
Анализ коэффициентов рентабельности				
Рентабельность (убыточность) продаж, %	-15,50	3,87	5,86	21,36
Рентабельность (убыточность) капитала, %	-13,71	х	0,22	13,93
Рентабельность (убыточность) собственного капитала, %	-44,10	х	0,61	44,71
Рентабельность (убыточность) заемного капитала, %	-98,48	х	0,48	98,96
Рентабельность (убыточность) перманентного капитала, %	-35,16	х	0,48	35,64
Рентабельность (убыточность) основного капитала, %	-44,10	х	0,61	44,71
Рентабельность (убыточность) оборотного капитала, %	-19,08	х	0,36	19,44
Коэффициенты финансовой устойчивости				
Коэффициент обеспеченности предприятия собственными средствами	0,004	0,11	-0,19	-0,194
Коэффициент маневренности	0,12	0,17	-0,37	-0,49
Коэффициент автономии	0,26	0,43	0,30	0,04
Коэффициент финансовой устойчивости	0,32	0,47	0,45	0,13
Коэффициент соотношения собственных и заемных средств	2,92	1,31	2,32	-0,6
Коэффициент соотношения мобильных и иммобилизованных средств	0,29	0,57	0,71	0,42
Коэффициенты ликвидности				
Коэффициент текущей ликвидности	1,14	1,21	1,06	-0,08
Коэффициент критической ликвидности	0,14	0,29	0,10	-0,04
Коэффициент абсолютной ликвидности	0,02	0,14	0,01	-0,01
Коэффициент утраты платежеспособности	0,63	0,55	0,64	0,01

Показатели рентабельности СПК агрофирма «Кировская» в 2018 году находятся на крайне низком уровне, тем не менее видна их положительная динамика в сравнении с 2016 годом, когда наблюдалась отрицательная рентабельность, вызванная убыточностью Кооператива. За 2017 год коэффициенты рентабельности не рассчитывались по причине отсутствия в балансе Кооператива чистой прибыли.

Таким образом, анализ показателей оборачиваемости и рентабельности показал, что СПК агрофирма «Кировская» на всем временном отрезке неэффективно использует свое имущество, однако, динамика рассчитанных коэффициентов указывает на возможность успеха в дальнейшем развитии Кооператива. Чтобы подтвердить данный вывод, на следующем этапе анализа был проведен анализ вероятности банкротства СПК агрофирма «Кировская» с помощью многофакторных прогнозных моделей, результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет интегрального показателя для оценки вероятности банкротства СПК агрофирма «Кировская»

Модель	Расчетные значения (Z)		Критерии оценки
	2016г.	2018г.	
Двухфакторная модель Альтмана	-3,06	-1,12	$Z=0$ – вероятность банкротства равна 50% $Z<0$ – <i>вероятность банкротства меньше 50% и уменьшается по мере снижения Z</i> $Z>0$ – вероятность банкротства больше 50% и увеличивается с ростом Z
Пятифакторная модель Альтмана для организаций акции которых не котируются на рынке	2,23	2,674	$Z<1,23$ – вероятность банкротства высокая $1,23<Z<2,9$ – <i>вероятность банкротства средняя</i> $Z>2,9$ – вероятность банкротства низкая
Модель А.В. Постюшкова (4 фактора)	0,524	1,598	$Z<0,99$ – вероятность банкротства высокая $0,99\leq Z\leq 1$ – вероятность банкротства средняя $Z>1$ – <i>вероятность банкротства низкая</i>
Модель Таффлера	0,252	0,231	$Z>0,3$ – вероятность банкротства низкая $0,2\leq Z\leq 0,3$ – <i>вероятность банкротства средняя</i> $Z<0,2$ – вероятность банкротства высокая
Модель Р.С. Сайфуллина и Г.Г. Кадыкова	1,597	1,483	$Z<1$ – вероятность банкротства высокая $Z\geq 1$ – <i>вероятность банкротства низкая</i>

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что риск банкротства СПК агрофирма «Кировская» в 2018 невысокий. По результатам расчетов по моделям Альтмана и Таффлера [3], [6] Кооператив имеет среднюю вероятность банкротства. Расчет по модели А.В. Постюшкова [3], [6] позволяет говорить об уменьшении вероятности банкротства в динамике, значит, об улучшении финансового состояния Кооператива в сравнении с 2016 годом. В пятифакторной модели Г.Г. Кадыкова и Р.С. Сайфуллина [3], [6] финансовое состояние предприятия с рейтинговым числом более единицы характеризуется как удовлетворительное.

Далее рассчитаем временной интервал до момента наступления банкротства СПК агрофирма «Кировская» по модели У. Бивера [3], [6] (таблица 4)

Таблица 4 – Оценка вероятности банкротства СПК агрофирма «Кировская» в зависимости от сроков его приближения

Показатели	Расчетное значение	Значения показателей		
		благоприятно	за 5 лет до банкротства	за 1 год до банкротства
Коэффициент Бивера	1,12	0,4-0,45	0,17	-0,15
Рентабельность активов, %	0,002	6-8	4	-22
Финансовый леверидж, %	69,9	<37	<50	<80
Коэффициент покрытия оборотных активов собственными средствами	-0,11	0,4	<0,3	<0,06
Коэффициент текущей ликвидности	1,06	<3,2	<2	<1

По данным представленным в таблице 4 видно, что по таким показателям как финансовый леверидж и коэффициент покрытия оборотных активов собственными средствами СПК агрофирма «Кировская» находится за 1 год до банкротства. Значения остальных показателей характеризуют Кооператив за 5 лет до наступления банкротства. Причины неудовлетворительного финансового состояния СПК агрофирма «Кировская» состоят, по нашему мнению, в следующем:

- 1) недостаточная величина в 2016-2017 гг. и полное отсутствие в 2018 году собственных оборотных средств (на это указывает отрицательное значение показателя в 2018 году);
- 2) высокие объемы заемных источников, причем как краткосрочных, так и долгосрочных. При этом для покрытия краткосрочных долгов едва ли хватает текущих активов;
- 3) критически низкий уровень полученной в 2018 году прибыли, который не позволяет Кооперативу как перекрыть убытки прошлых лет, так и обеспечить прирост ни собственного капитала, ни собственного оборотного капитала – основного источника финансирования текущей деятельности.

В совокупности перечисленные причины снижают уровень финансовой устойчивости интегрированного формирования и выводят на первый план необходимость разработки эффективной политики управления формированием прибыли и одновременно обеспечением наращивания темпов роста оборачиваемости, что в дальнейшем позволит повысить уровень экономической эффективности его функционирования [9], [10]. В свою очередь рост прибыли неизбежно приведет к росту собственного капитала Кооператива как основного источника формирования активов и, как следствие, поддержанию финансовой устойчивости и платежеспособности СПК агрофирма «Кировская».

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Алферова О.И. Анализ финансового состояния, как инструмент оценки предприятия / О.И. Алферова // В сборнике: Научное сообщество студентов XXI столетия. Экономические науки Электронный сборник статей по материалам LXIII студенческой международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 48-53.
2. Беляй А.А. Управление финансовым состоянием организации / А.А. Беляй // В сборнике: Экономика и управление: актуальные вопросы теории и практики Материалы X международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 36-40.
3. Гилязова Л. Р. Методика расчета интегрального показателя финансовой устойчивости на основе данных бухгалтерского баланса/ Л.Р. Гилязова // Молодой ученый. – 2014. – №8. – С. 91-93.
4. Дьяконова О. С. Оценка финансовой устойчивости компании с целью снижения риска банкротства / О.С. Дьяконова, А.А. Хрисанова // Молодой ученый. – 2017. – №15. – С. 373-378.
5. Казакова Н.А. Финансовый анализ. / Н.А. Казакова. - М.: Юрайт, 2015. 540 с.
6. Кирчанова М. Ю. Особенности применения коэффициентов при оценке финансовой устойчивости предприятия /М.Ю. Кирчанова // Молодой ученый. – 2013. – №3. – С. 227-229.
7. Санкина Е. А. Прогнозирование финансовой устойчивости предприятия как важнейший элемент обеспечения его устойчивого развития/ Е.А. Санкина // Молодой ученый. – 2016. – №5. – С. 407-409.
8. Фомин В.П. Формирование и анализ показателей финансового состояния организации / В.П. Фомин, Ю.А. Татаровский // Международный бухгалтерский учет. – 2014. – № 6. – С. 30-38.
9. Харитонов Н.Н. Некоторые подходы к управлению финансовой устойчивостью для повышения конкурентоустойчивости предприятия/ Н.Н. Харитонов // Математические модели и информационные технологии в организации производства. 2014. № 1. С. 28-31.
10. Чинахова С.Е. Показатели оценки и диагностики финансовой устойчивости / С.Е.Чинахова, И.И. Манаева // Молодой ученый. – 2017. – №14. – С. 475-479.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Alferova, O.I. Analiz finansovogo sostoyaniya, kak instrument otsenki predpriyatiya [Analysis of financial condition as a tool for assessing the enterprise] / O.I. Alferova // V sbornike: Nauchnoye soobshchestvo studentov XXI stoletiya. Ekonomicheskkiye nauki Elektronnyy sbornik statey po materialam LXIII studencheskoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [In the collection: Scientific community of students of the XXI century. Economic sciences Electronic collection of articles based on materials of the LXIII student international scientific-practical conference]. – 2018. – P. 48-53. [in Russian]
2. Belyay, A.A. [Management of financial condition of organization] / A.A. Belyay // V sbornike: Ekonomika i upravleniye: aktual'nyye voprosy teorii i praktiki Materialy X mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [In the collection: Economics and Management: Actual Issues of Theory and Practice. Materials of the X International Scientific and Practical Conference]. – 2018. – pp. 36-40. [in Russian]
3. Gilyazova, L. R. Metodika rascheta integral'nogo pokazatelya finansovoy ustoychivosti na osnove dannykh bukhgalterskogo balansa [Method of calculating integral indicator of financial stability based on the balance sheet data] / L.R. Gilyazova // Molodoy uchenyy [Young scientist]. – 2014. – No. 8. – P. 91-93. [in Russian]
4. Dyakonova, O.S. Otsenka finansovoy ustoychivosti kompanii s tsel'yu snizheniya riska bankrotstva [Assessment of financial stability of company to reduce risk of bankruptcy] / O.S. Dyakonova, A.A. Khisanfova // Molodoy uchenyy [Young scientist] – 20 17. – No. 15. – P. 373-378. [in Russian]
5. Kazakova, N.A. Finansovyy analiz [Financial analysis]. / N.A. Kazakova. – M.: Yurayt, 2015. – 540 p. [In Russian]
6. Kirchanova, M. Yu. Osobennosti primeneniya koeffitsiyentov pri otsenke finansovoy ustoychivosti predpriyatiya [Features of use of coefficients in assessing financial stability of enterprise] / M.Yu. Kirchanova // Molodoy uchenyy [Young scientist] – 2013. – No. 3. – P. 227-229. [in Russian]
7. Sankina, E. A. Prognozirovaniye finansovoy ustoychivosti predpriyatiya kak vazhneyshiy element obespecheniya yego ustoychivogo razvitiya [Forecasting financial stability of enterprise as an essential element to ensure its sustainable development] / E.A. Sankin // Molodoy uchenyy [Young scientist] – 2016. – No. 5. – P. 407-409. [in Russian]
8. Fomin, V.P. Formirovaniye i analiz pokazateley finansovogo sostoyaniya organizatsii [Formation and analysis of indicators of the financial condition of the organization] / V.P. Fomin, Yu.A. Tatarovsky // Mezhdunarodnyy bukhgalterskiy uchët [International accounting]. – 2014. – No. 6. – P. 30-38. [in Russian]
9. Kharitonova, N.N. Nekotoryye podkhody k upravleniyu finansovoy ustoychivost'yu dlya povysheniya konkurentoustoychivosti predpriyatiya [Some approaches to managing financial stability to increase competitiveness of enterprises] / N.N. Kharitonova // Matematicheskiye modeli i informatsionnyye tekhnologii v organizatsii proizvodstva [Mathematical models and information technology in the organization of production]. 2014. No. 1. – P. 28-31. [in Russian]
10. Chinakhova, S.E. Pokazateli otsenki i diagnostiki finansovoy ustoychivosti [Indicators for assessing and diagnosing financial stability] / S.E. Chinakhova, I.I. Manaeva // Molodoy uchenyy [Young scientist] – 2017. – No. 14. – P. 475-479. [in Russian]