

ISSN 1816-9228 (Print)
ISSN 2078-9114 (Online)



ВЕСТНИК

Югорского государственного университета

Основан
в 2005 году

3(66)
2022

Основные материалы номера:

- Объект и предмет мошенничества в сфере кредитования по уголовному законодательству Донецкой Народной Республики
- Исследование согласованности изменений вейвлетных фазовых характеристик гелиокосмических и климатических переменных и изменений составляющих мирового водного баланса
- Подходы к развитию инновационно-образовательной экосистемы как основы повышения качества человеческого капитала
- Зависимость кривой ИТК нефти от способа определения фракционного состава

г. Ханты-Мансийск



ВЕСТНИК ЮГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ВЫПУСК 3(66)/2022

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-73606 от 31 августа 2018 г.

г. Ханты-Мансийск
2022 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК ЮГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА»

Лапшин Валерий Федорович – главный редактор, доктор юридических наук, доцент, проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет» – главный редактор, v_lapshin@ugrasu.ru, +7 (3467) 377-000 (доб. 559);

Шарова Полина Сергеевна – ответственный секретарь редакционной коллегии, заведующий единой редакцией научных журналов ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», p_sharova@ugrasu.ru, +7 (3467) 377-000 (доб. 421);

Бурундукова Елена Михайловна – ответственный редактор по направлению 1.2 Компьютерные науки и информатика по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки); по направлению 5.2 Экономика по специальности 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика (экономические науки), кандидат экономических наук, доцент, директор Института цифровой экономики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Зеленский Владимир Иванович – ответственный редактор по направлению 2.6 Химические технологии, науки о материалах, металлургия по специальности 2.6.17 Материаловедение (технические науки); по направлению 2.4 Энергетика и электротехника по специальности 2.4.3 Электроэнергетика (технические науки), кандидат физико-математических наук, доцент, директор Института нефти и газа ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Миронов Андрей Валерьевич – ответственный редактор по направлению 5.3 Психология по специальности 5.3.4 Педагогическая психология, психодиагностика цифровых образовательных сред (психологические науки), кандидат психологических наук, доцент, директор Гуманитарного института ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Розенко Станислав Васильевич – ответственный редактор по направлению 12.00.00 Юридические науки по специальности 12.00.08 Уголовное право и криминология; уголовно-исполнительное (юридические науки), кандидат юридических наук, директор Юридического института ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет».

1.2 Компьютерные науки и информатика по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки):

Вохминцев Александр Владимирович – доктор технических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Интеллектуальные информационные технологии и системы» ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет» совместно с ФИЦ «Информатика и управление Российской академии наук Института системного анализа»;

Загребина Софья Александровна – доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, заведующий кафедрой «Математическое и компьютерное моделирование» ЮУрГУ, Челябинск;

Кожанов Александр Иванович – доктор физико-математических наук, профессор ФГБН «Институт математики имени С. Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук»;

Кутышкин Андрей Валентинович – доктор технических наук, профессор Института цифровой экономики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Мельников Андрей Витальевич – доктор технических наук, профессор базовой кафедры ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет» на базе АУ «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий», директор АУ «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий»;

Полищук Юрий Михайлович – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник центра дистанционного зондирования Земли АУ «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий»;

Попков Юрий Соломонович – доктор технических наук, профессор, академик РАН, директор Института системного анализа Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук»;

Пятков Сергей Григорьевич – доктор физико-математических наук, профессор Института цифровой экономики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет».

2.6 Химические технологии, науки о материалах, металлургия по специальности 2.6.17 Материаловедение (технические науки):

Алымов Михаил Иванович – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Директор ФГБН «Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения (ИСМАН) РАН»;

Баев Владимир Константинович – доктор технических наук, главный научный сотрудник ФГБН Институт теоретической и прикладной механики имени С. А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук»;

Гуляев Павел Юрьевич – доктор технических наук, профессор Высшей инженеринговой школы Института нефти и газа ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Еськов Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор, начальник кафедры информационной безопасности ФГБОУ ВО «Краснодарский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации»;

Клименко Любовь Степановна – доктор химических наук, профессор Высшей нефтяной школы Института нефти и газа ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Нехорошев Сергей Викторович – доктор технических наук, главный научный сотрудник проблемной научно-исследовательской лаборатории БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»;

Пронин Сергей Петрович – доктор технических наук, профессор кафедры информационных технологий ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова»;

Сахаров Юрий Владимирович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры физической электроники ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР).

12.00.00 Юридические науки по специальности 12.00.08 Уголовное право и криминология; уголовно-исполнительное (юридические науки):

Авдеев Вадим Авдеевич – доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права и уголовного процесса Юридического института ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Анисимов Валерий Филиппович – доктор юридических наук, профессор кафедры правоохранительной деятельности и адвокатуры Юридического института ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Козаченко Иван Яковлевич – доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой уголовного права ФГБОУ ВО «Уральский государственный юридический университет»;

Кибальник Алексей Григорьевич – доктор юридических наук, профессор заведующий кафедрой уголовного права и процесса ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»;

Понятовская Татьяна Григорьевна – доктор юридических наук, профессор, профессор кафедры уголовного права ФГБОУ ВО «Московский государственный юридический университет имени О. Е. Кутафина»;

Рарог Алексей Иванович – доктор юридических наук, профессор научный руководитель кафедры уголовного права ФГБОУ ВО «Московский государственный Юридический университет имени О. Е. Кутафина»;

Сергеев Владимир Анатольевич – доктор юридических наук, профессор, директор Центра прикладного уголовного правосудия, профессор Школы правоохранения и управления юстицией Западного Иллинойского университета;

Шеслер Александр Викторович – доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права ФКОУ ВО «Кузбасский институт Федеральной службы исполнения наказаний», профессор кафедры уголовного права ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

2.4 Энергетика и электротехника по специальности 2.4.3 Электроэнергетика (технические науки):

Горюнов Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий» ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»;

Ковалев Владимир Захарович – доктор технических наук, профессор Высшей инженеринговой школы Института нефти и газа ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Новожилов Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Электроэнергетика» Павлодарского государственного университета им. С. Торайтыгова (Казахстан);

Никитин Константин Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Теоретическая и общая электротехника» ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»;

Осипов Дмитрий Сергеевич – доктор технических наук, профессор Высшей инженеринговой школы Института нефти и газа ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Сидоров Олег Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение железнодорожного транспорта» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения»;

Сычев Юрий Анатольевич – доктор технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика и электромеханика» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»;

Харламов Виктор Васильевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Электрические машины и общая электротехника» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения»;

5.2 Экономика по специальности 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика (экономические науки):

Грошев Александр Романович – доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник Научно-образовательного центра Института экономики и управления БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»;

Дорошенко Светлана Викторовна – доктор экономических наук, доцент, заведующий сектором исследований адаптации региональных систем ФГБУН «Институт экономики Уральского отделения РАН»;

Исламутдинов Вадим Фаруарович – доктор экономических наук, профессор кафедры экономической теории ЧОУ ВО «Казанский инновационный университет им. В. Г. Тимирязева» (ИЭУП);

Каратаева Галина Евгеньевна – доктор экономических наук, профессор кафедры финансов, денежного обращения и кредита БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»;

Куриков Владимир Михайлович – доктор экономических наук, профессор кафедры бизнеса и экономики Института цифровой экономики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», Советник Председателя Думы ХМАО-Югры;

Попова Лариса Витальевна – доктор экономических наук, профессор кафедры экономической безопасности ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»;

Родионов Алексей Владимирович – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономики и менеджмента Экономического факультета ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний»;

Хромцова Лина Сергеевна – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой бизнеса и экономики Института цифровой экономики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Шеломенцев Андрей Геннадьевич – доктор экономических наук, профессор, заведующий отделом исследований региональных социально-экономических систем ФГБУН «Институт экономики Уральского отделения РАН».

5.3 Психология по специальности 5.3.4 Педагогическая психология, психодиагностика цифровых образовательных сред (психологические науки):

Григорьева Марина Владимировна – доктор психологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Педагогическая психология и психодиагностика» ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»;

Духновский Сергей Витальевич – доктор психологических наук, доцент, профессор Высшей психолого-педагогической школы ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Забелина Екатерина Вячеславовна – доктор психологических наук, доцент кафедры специальной и клинической психологии ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет»;

Исаев Евгений Иванович – доктор психологических наук, профессор кафедры «Педагогическая психология имени профессора В. А. Гуружапова» ФГБОУ ВО «Московский государственный психологопедагогический университет»;

Микляева Анастасия Владимировна – доктор психологических наук, доцент, профессора кафедры психологии человека ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена»;

Мищенко Владимир Александрович – доктор педагогических наук, доцент, профессор Высшей психолого-педагогической школы ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Смирнов Александр Васильевич – доктор психологических наук, доцент, профессор кафедры общей психологии и конфликтологии ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет»;

Темнова Лариса Витальевна – доктор психологических наук, профессор кафедры современной социологии ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова».

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ
Science Index 

ISSN 1816-9228 (печатная версия)

ISSN 2078-9114 (электронная версия)

Журнал издается с 2005 года

Журнал включен в РИНЦ

© ФГБОУ ВО «Югорский
государственный университет», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

УГОЛОВНОЕ ПРАВО И КРИМИНОЛОГИЯ. УГОЛОВНО-ИСПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРАВО	9
<i>Анисимов В. Ф., Введенская В. В., Чесноков М. В.</i> Объект и предмет мошенничества в сфере кредитования по уголовному законодательству Донецкой Народной Республики	11
<i>Махляйд А. А., Чекмезова Е. И.</i> Особенности установления и реализации уголовной ответственности за загрязнение атмосферного воздуха	18
<i>Невский Р. Э.</i> Перспектива криминализации преступлений против человечности в уголовном законодательстве России	29
<i>Хохрин С. А.</i> Формирование понятия кризисной ситуации применительно к уголовно-исполнительной системе	35
<i>Цуканов А. Н.</i> Уголовно-правовая охрана фискальных интересов России во внешнеэкономической сфере.....	48
<i>Шеслер А. В.</i> Особо тяжкая преступность Дальневосточного федерального округа	56
НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ	61
<i>Кузнецова И. Н., Курбанова Р. Б.</i> Основные свойства пенобетона на кварцецементном вяжущем.....	63
<i>Нигаметзянов И. Р., Вторушина Э. А., Муратова В. М.</i> Зависимость кривой ИТК нефти от способа определения фракционного состава	68
<i>Луц А. Р., Шерина Ю. В.</i> Исследование свариваемости методом TIG алюмоматричного композиционного материала АМг2-TiC	75
<i>Шмаков И. А.</i> Расширение функциональности программного обеспечения для МД-моделирования СВ-синтеза интерметаллидов в наносистемах Ni-Al и Ti-Al	84

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА	97
<i>Тимошкин В. В., Попов С. С.</i>	
Исследование электропривода с тиристорным регулятором напряжения	99
<i>Рысев П. В., Пешко М. С., Шепелев А. О.</i>	
Интеллектуальная система регулирования напряжения в распределительной электрической сети на основе нечеткой логики	107
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	119
<i>Алексеев В. И.</i>	
Исследование согласованности изменений вейвлетных фазовых характеристик гелиокосмических и климатических переменных и изменений составляющих мирового водного баланса. Часть 1	121
<i>Полищук Ю. М., Куприянов М. А.</i>	
Изучение динамики термокарстовых озер Западно-Сибирской Арктики на основе анализа временных рядов спутниковых измерений	137
<i>Попова Л. А.</i>	
Структурно-энергетические свойства бивакансий в сплаве CuAu I	145
<i>Ушаков А. Л.</i>	
Исследование задачи представления линейного функционала в форме скалярного произведения	152
РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА	163
<i>Грошева Т. А., Аладко О. И., Непрокин П. В.</i>	
Подходы к развитию инновационно-образовательной экосистемы как основы повышения качества человеческого капитала	165
<i>Устюжанцева А. Н., Паненко А. И.</i>	
Анализ транспортного и логистического потенциалов муниципального образования и формирование стратегически значимых направлений его развития (на примере Нижневартовского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югры)	173
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПСИХОЛОГИИ ОБРАЗОВАНИЯ	187
<i>Кукуев Е. А.</i>	
Субъективное благополучие обучающихся в школе в условиях инклюзивного образования	189
<i>Толочек В. А.</i>	
Социальные дополняющие диады: исторические тенденции эволюции	201

УГОЛОВНОЕ ПРАВО
И КРИМИНОЛОГИЯ.
УГОЛОВНО-ИСПОЛНИТЕЛЬНОЕ
ПРАВО

**ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ МОШЕННИЧЕСТВА В СФЕРЕ КРЕДИТОВАНИЯ
ПО УГОЛОВНОМУ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВУ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Анисимов Валерий Филиппович

*доктор юридических наук, доцент,
заведующий кафедрой правоохранительной деятельности и адвокатуры,
Югорский государственный университет
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: anisimov.vf@gmail.com*

Введенская Виктория Владимировна

*кандидат юридических наук, доцент, полковник полиции,
начальник кафедры уголовного права и криминологии,
старший научный сотрудник
Академии МВД Донецкой народной республики имени Ф. Э. Дзержинского
Донецк, Донецкая Народная Республика
E-mail: dissovet.don.mvd@mail.ru*

Чесноков Максим Владимирович

*начальник контрольно-правового отдела
Фонда содействия кредитованию малого и среднего бизнеса,
Югорская региональная гарантийная организация
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: Maxim86363@yandex.ru*

Предмет исследования: уголовно-правовые категории – объект и предмет состава мошенничества в сфере кредитования, ответственность за которое предусмотрена в ст. 166 Уголовного кодекса Донецкой Народной Республики (далее – УК ДНР), в контексте содержания имущественных отношений, регламентированных гражданским законодательством Донецкой Народной Республики (далее – ДНР).

Цель исследования: выявление содержательных недостатков, допущенных при формулировании объекта и предмета состава преступления, предусмотренного ст. 166 УК ДНР, с последующим предложением вариантов их устранения.

Методы и объекты исследования: для получения результатов исследования использовались методы познания, применяемые в гуманитарных (юридических) науках. Метод контент-анализа применялся при исследовании содержания соответствующих положений уголовного и гражданского законодательства ДНР в части определения объекта уголовно-правовой охраны от хищений в сфере кредитования. Метод системного анализа использовался при изучении вопросов об обеспечении надлежащей уголовно-правовой охраной общественных отношений в сфере кредитования. Диалектический и формально-логический методы применялись при оценке качества осуществленной законодателем ДНР дифференциации уголовной ответственности за мошенничество в сфере кредитования и иные хищения, совершаемые путем обмана или злоупотребления доверием.

Результаты исследования: содержание предмета преступления, предусмотренного ст. 166 УК ДНР, нуждается в расширительном официальном толковании. Для этого необходимо распространить действие ст. 166 УК ДНР на отношения, которые основаны на договоре займа. Предметом мошенничества в сфере кредитования необходимо признавать не только денежные средства в наличной и безналичной форме, но и иное имущество, а также имущественные права, определяемые в ст. 168 ГК ДНР.

Ключевые слова: мошенничество, кредитование, объект уголовно-правовой охраны, стороны кредитных отношений, потерпевший.

OBJECT AND SUBJECT OF FRAUD IN THE FIELD OF LENDING UNDER THE CRIMINAL LEGISLATION OF THE DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC

Valery F. Anisimov

*Doctor of Law Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Law Enforcement and Advocacy,
Yugra State University
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: anisimov.vf@gmail.com*

Viktoria V. Vvedenskaya

*Candidate of Law Sciences, Associate Professor, Police Colonel,
Head of the Department of Criminal Law and Criminology, Senior Researcher,
F.E. Dzerzhinsky Academy of the Ministry of Internal Affairs
of the Donetsk People's Republic
Donetsk, Donetsk People's Republic
E-mail: dissovet.don.mvd@mail.ru*

Maxim V. Chesnokov

*Head of Control and Legal Department,
Fund for the Promotion of Lending to Small and Medium Businesses,
Ugra Regional Guarantee Organization
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: Maxim86363@yandex.ru*

Subject of research: criminal law categories – the object and subject of fraud in the field of lending, responsibility for which is provided for in Art. 166 of the Criminal Code of the Donetsk People's Republic (hereinafter – the Criminal Code of the DPR), in the context of the content of property relations regulated by the civil legislation of the Donetsk People's Republic (hereinafter – the DPR).

The purpose of research: to identify substantive shortcomings in the formulation of the object and subject of the crime under Art. 166 of the Criminal Code of the DPR, followed by a proposal for options for their elimination.

Methods and objects of research: to obtain the results of the study, the methods of cognition used in the humanities (legal) sciences were used. The content analysis method was used in the study of the content of the relevant provisions of the criminal and civil legislation of the DPR in terms of determining the object of criminal law protection against theft in the field of lending. The method of system analysis was used in studying the issues of providing adequate criminal law protection of public relations in the field of lending. Dialectical and formal-logical methods were used in assessing the quality of the differentiation of criminal liability for fraud in the field of lending and other theft committed by deceit or breach of trust, carried out by the legislator of the DPR.

Results of research: the content of the subject of the crime under Art. 166 of the Criminal Code of the DPR, needs an extensive official interpretation. To do this, it is necessary to extend the scope of Art. 166 of the Criminal Code of the DPR on relations based on a loan agreement. The subject of fraud in the field of lending must be recognized not only as cash and non-cash funds, but also other property, as well as property rights, as defined in Art. 168 of the Civil Code of the DPR.

Keywords: fraud, lending, object of criminal law protection, parties to credit relations, victim.

Введение

7 ноября 2014 года была провозглашена Донецкая Народная Республика, которая признана Россией на основании Указа Президента РФ за № 71 от 21 февраля 2022 года. Как молодая республика, Донецкая Народная Республика сформировала свой законодательный базис, в том числе и в области уголовного права. Так, 18 августа 2014 года принят УК ДНР, в котором, в частности, законодатель закрепил такой вид специального мошенничества, как мошенничество в сфере кредитования. В связи с полемикой в российском уголовном праве вокруг уголовно-правовой нормы, закреплённой в статье 159.1 УК РФ, посвященной мошенничеству в сфере кредитования, имеется интерес правового анализа данного преступления по уголовному законодательству ДНР.

Законодатель ДНР пошел по пути дифференциации общего и специальных составов мошенничества: в ст. 166 УК ДНР предусматривается ответственность за мошенничество в сфере кредитования. Диспозиция уголовно-правовой нормы, посвященная указанному составу и закреплённая в статье 166 УК ДНР, соответствует содержанию диспозиции ст. 159.1 УК РФ: «Мошенничество в сфере кредитования». В свою же очередь, Верховный Суд ДНР в Постановлении от 30 июня 2017 г. № 11 «О судебной практике по делам о мошенничестве, присвоении и растрате», в отличие от Верховного Суда Российской Федерации, не раскрыл содержание спорных категорий в рассматриваемом специальном составе мошенничества. В этой связи существует необходимость уточнения объекта и предмета состава преступления, предусмотренного ст. 166 УК ДНР, в контексте содержания гражданского законодательства ДНР, регламентирующего общественные отношения собственности, а равно особенности реализации кредитных правоотношений.

Результаты и обсуждение

Рассмотрение любого состава преступления начинается с его объекта, так как исследователь должен уяснить содержание тех общественных отношений, которым может быть причинен или причиняется вред [12, с. 39, 40]. Важность точного определения объекта состава любого преступления была научно обоснована ещё в начале XX века, и в настоящее время соответствующие обособленные группы общественных отношений получили свое нормативное закрепление. В частности, в качестве одной из задач уголовного закона ДНР является охрана собственности.

В научной литературе не получил окончательного разрешения вопрос о возможности разграничения таких понятий, как «объект преступления» и «объект уголовно-правовой охраны». По этому поводу некоторые авторы указывали на то, что объектом уголовно-правовой охраны следует признать охраняемое уголовным законом общественное отношение, которое в действительности не подвергалось негативному изменению или уничтожению в результате осуществления преступной деятельности. Объект преступления (непосредственный) всегда отождествляется с конкретным видом общественного отношения, которое не только охраняется уголовным законом, но и претерпевает реальные негативные изменения в результате совершения деяния, запрещенного уголовным законом [4, с. 32; 6, с. 17–19]. Иные исследователи подвергали сомнению целесообразность подобного решения, в виду отсутствия практической значимости обособления категорий «объект уголовно-правовой охраны» и «объект преступления» [16, с. 16, 18, 24].

Общеизвестно, что в процессе квалификации общественно опасного деяния с последующим установлением основания для привлечения лица к уголовной ответственности необходимо установить всю иерархию видов объекта «по вертикали», которые претерпели негативные изменения в результате совершения преступления или подвергались реальной угрозе нарушения. Обозначение общественных отношений, обеспеченных уголовно-правовой охраной, которые теоретически могут быть нарушены, не представляет практического значения, потому что при таком подходе почти любая деятельность человека в той или иной степени

создает гипотетическую угрозу для обособленного объекта уголовно-правовой охраны: владение оружием на законных основаниях порождает опасность для общественных отношений в области охраны жизни и здоровья человека, собственности, общественной безопасности и др.

Кроме того, нарушение соответствующих общественных отношений, охраняемых уголовным законом, не во всех случаях может повлечь за собой признание совершенного деяния преступлением. Это допустимо в случае совершения деяния, не содержащего в себе всех признаков состава конкретного преступления (невменяемость лица, невиновное причинение вреда и др.), либо при исключении преступности деяния ввиду его общественной полезности (причинение вреда в условиях необходимой обороны, крайней необходимости и др.).

В связи с изложенным, нами не разделяется мнение о необходимости разграничения объекта уголовно-правовой охраны как общественных отношений, охраняемых уголовным законом, но непосредственно не нарушенных или не поставленных под угрозу нарушения, и объекта преступления как конкретных общественных отношений, которым причиняется вред в результате совершения преступления. Учитывая приведенные доводы, мы полагаем, что обозначенная выше содержательная разница между объектом уголовно-правовой охраны и объектом преступления является незначительной и не имеет принципиального уголовно-правового значения.

Исследуемый состав мошенничества, исходя из содержания соответствующих положений законодательства ДНР, имеет свои особенности в части объекта уголовно-правовой охраны и предмета преступления. Так, родовым объектом общественно опасного деяния, предусмотренного ст. 166 УК ДНР, являются экономические отношения, что подтверждает наименование раздела VIII УК ДНР – «Преступления в сфере экономики». Исходя из названия главы 21 УК ДНР, которая включает в себя исследуемую норму, видовым объектом мошенничества в сфере кредитования являются отношения (правоотношения) собственности. Для определения непосредственного объекта мошенничества в сфере кредитования [17, с. 286] необходимо точно определить сущность отношений собственности, охраняемых ст. 166 УК ДНР, поскольку они, исходя из наименования статьи, ограничиваются отношений кредитования.

Гражданское и уголовное законодательство ДНР не раскрывают содержания термина «кредитование». В свою же очередь, ст. 926 ГК ДНР регламентирует отношения, реализуемые в рамках кредитного договора. Так, сторонами кредитного договора являются кредитор и заемщик. На стороне кредитора выступают банки или иные кредитные организации, а заемщиком может быть любой субъект гражданско-правовых отношений, с теми ограничениями, которые предусмотрены законодательством ДНР. Таким образом, потерпевшим от преступления, предусмотренного ст. 166 УК ДНР, может являться только банк или иная кредитная организация.

В отличие от Верховного Суда ДНР, Верховный Суд РФ в Постановлении Пленума от 30 ноября 2017 г. № 48 «О судебной практике по делам о мошенничестве, присвоении или растрате» не исключил возможности причинения вреда так называемой «специальной жертве» от мошенничества в сфере кредитования, указав, что по смыслу закона кредитором в статье 159.1 УК РФ может являться банк или иная кредитная организация, обладающая правом заключения кредитного договора (ст. 819 ГК РФ).

Таким образом, буквальное толкование ст. 166 УК ДНР при сопоставлении ее содержания с соответствующими положениями гражданского законодательства ДНР о кредитовании указывает на то, что рассматриваемая уголовно-правовая норма охраняет отношения только в сфере кредитования. Анализируя соответствующие положения ст. 159.1 УК РФ, к аналогичному выводу приходят такие исследователи, как: С. Л. Нудель [9, с. 19], Н. А. Колоколов [5, с. 1069], И. А. Александрова [1, с. 55], А. Кузнецов, С. Бойко [7, с. 69–75] и др.

Таким образом, ст. 166 УК ДНР обеспечивает охрану таких гражданско-правовых отношений, которые регламентированы:

- 1) ст. 926, 931 ГК ДНР (кредитование, в т. ч. кредитование, предметом которого выступают денежные средства);

- 2) ст. 101 Закона ДНР от 19 июня 2015 года № 55-ІНС «Об образовании» – образовательное кредитование, имеющее целевой характер;
- 3) Законом ДНР от 5 июня 2015 года № 53-ІНС «О защите прав потребителей», но только если кредит предоставляется банком или иной кредитной организацией.

В отечественной науке уголовного права высказывается мнение, что уголовно-правовая ст. 159.1 УК РФ (мошенничество в сфере кредитования) распространяется и на правоотношения займа [2, с. 8–14], что может быть и справедливо в отношении ст. 166 УК ДНР. Одним из аргументов, в подтверждении выдвинутого суждения [13, с. 65–66] может быть место закрепления норм права, регламентирующих кредитные правоотношения и отношения основанные на договоре займа – в одной главе ГК ДНР. Кроме того, в п. 3 ст. 926 ГК ДНР указывается, что правила регламентации отношений, основанных на договоре займа, распространяются и на кредитные правоотношения. В уголовно-правовой теории высказана точка зрения об отсутствии принципиальной разницы между займом и кредитом для квалификации соответствующих общественно опасных посягательств в сфере экономики [14, с. 17–20].

Если согласиться с данной точкой зрения, то договор займа будет являться родовым понятием, а кредитный договор видовым, а основанием выдвигения данного суждения служит то, что п. 3 ст. 926 ГК ДНР является ссылочной нормой. Но стоит возразить указанному умозаключению следующим: во-первых, указанная норма применяется к регламентации сходных отношений; во-вторых, нормы ссылочного характера применяются с целью законодательной экономии нормативного материала. В силу указанного можно констатировать, что параграф 2 главы 43 ГК ДНР регламентирует отдельный и самостоятельный вид правоотношений, основанных на кредитном договоре [17, с. 287].

Кроме этого, анализ ст. 916, 926 ГК ДНР позволяет констатировать явные отличия между кредитным договором и договором займа, которые заключаются в следующем:

- 1) круг лиц, которые могут выступать сторонами договора займа, законодательно не ограничен, тогда как кредитором в отношениях, основанных на кредитном договоре, могут быть только банки или иные кредитные организации;
- 2) договоры займа и кредитования имеют существенные отличия по правовому содержанию, которые не позволяют отождествлять их в процессе квалификации. Во-первых, если сторонами договора займа выступают физические лица, то сделка считается заключенной с момента передачи предмета договора (реальный договор). Обязательства по кредитному договору возникают с момента его заключения, что указывает на его консенсуальный характер [17, с. 286]. Во-вторых, кредитный договор, в отличие от договора займа, является возмездным. В-третьих, денежные средства – это единственный предмет кредитного договора, тогда как деньги, другие вещи, определенные родовыми признаками или ценные бумаги могут являться предметом договора займа.

Таким образом, непосредственным объектом мошенничества в сфере кредитования можно признать отношения собственности, которые возникают, изменяются и прекращаются на основании заключенного сторонами кредитного договора. Предметом же преступления, предусмотренного ст. 166 УК ДНР, можно вполне признать не только денежные средства, но и иное имущество кредитных организаций, которые были похищены в процессе реализации отношений, возникших при заключении кредитного договора. В настоящее же время предмет же мошенничества в сфере кредитования сужен рамками денежных средств.

Согласно ст. 168 ГК ДНР к объектам гражданских прав относятся, в частности, вещи, включая наличные деньги и документарные ценные бумаги, иное имущество, в том числе безналичные денежные средства, бездокументарные ценные бумаги, имущественные права. Таким образом, законодательство ДНР относит безналичные денежные средства к разновидности прав требования, в то же время как деньги отнесены к разновидности вещей. Но уголовное законодательство ДНР неоднозначно трактует денежные средства как предмет преступления: в ряде случаев только наличные денежные средства признаются таковыми (ст.

224 УК ДНР). По нашему мнению нет принципиальной разницы для квалификации общественно опасного деяния, предусмотренного ст. 166 УК ДНР, если предмет выступают денежные средства как в наличной, так и в безналичной форме [8, с. 25–26]. Прежде всего это вызвано отсутствием изменения общественной опасности данных деяний, если иные их юридически значимые признаки совпадают.

Иное решение указанной проблемы приводит к возникновению вопроса о справедливости уголовно-правового реагирования на общественно опасные действия, совершаемые в сфере кредитования. Так, при совершении хищения вещей, определенных родовыми признаками или ценных бумаг, посредством заключения договора займа, то есть совершения «классического» мошенничества, виновное лицо привлекается к ответственности по ст. 165 УК ДНР, закрепляющей общую норму о мошенничестве. При отсутствии квалифицирующих признаков (ч. 1 ст. 165 УК ДНР) виновному может быть назначено наказание в виде лишения свободы сроком до двух лет. В свою же очередь, санкция ч. 1 ст. 166 УК ДНР не предусматривает такого вида наказания как лишение свободы, включая в себя только альтернативные виды наказаний, не связанные с изоляцией осужденного от общества.

Отсюда: лицо, совершившее хищение вещей, определенных родовыми признаками, посредством заключения договора займа, может быть приговорено к лишению свободы до двух лет, а лицу, совершившему преступление, предусмотренное ч. 1 ст. 166 УК ДНР, лишение свободы не может быть назначено в принципе. Здесь мы усматриваем явное нарушение правил дифференциации уголовной ответственности, поскольку совершение тождественных по своей общественной опасности преступлений влечет за собой законодательно предусмотренную возможность назначения наказаний, существенно отличающихся друг от друга степенью негативного воздействия на осужденного. Установление и последующая реализация уголовной ответственности в подобной форме вызывают сомнения относительно соблюдения принципа справедливости в части соразмерности общественной опасности деяния и тяжести наказания, назначаемого за его совершение.

Заключение и выводы

По итогам проведенного исследования можно сделать вывод о том, что кредитные отношения как объект уголовно-правовой охраны в законодательстве ДНР получили должную охрану. В то же время содержание предмета преступления, предусмотренного ст. 166 УК ДНР, нуждается в расширительном официальном толковании.

Во-первых, необходимо распространить действие ст. 166 УК ДНР на отношения, которые основаны на договоре займа. Во-вторых, предметом мошенничества в сфере кредитования необходимо признавать не только денежные средства в наличной и безналичной форме, но и иное имущество, а также имущественные права, определяемые в ст. 168 ГК ДНР.

Практическая реализация указанных предложений обеспечит надлежащую дифференциацию уголовной ответственности за мошенничество в сфере кредитования в сравнении с иными преступлениями против собственности, а равно будет способствовать обеспечению соблюдения принципа справедливости в процессе назначения и исполнения уголовного наказания.

Литература

1. Александрова, И. А. Новое уголовное законодательство о мошенничестве / И. А. Александрова. – Текст : непосредственный // Юридическая наука и практика. Вестник Нижегородской академии МВД России. – 2013. – № 21. – С. 54–62.
2. Безверхов, А. Мошенничество и его виды: вопросы законодательной регламентации и квалификации / А. Безверхов. – Текст : непосредственный // Уголовное право. – 2015. – № 5. – С. 8–14.

3. Гражданский кодекс Донецкой Народной Республики. Закон ДНР от 13.12.2019 года за № 81-ПНС. – Текст : электронный // Народный совет ДНР. – URL: <https://dnrsovet.su/zakonodatelnaya-deyatelnost/prinyaty/zakony/grazhdanskij-kodeks-donetskoj-narodnoj-respubliki/> (дата обращения: 09.06.2022).
4. Демидов, Ю. А. Социальная ценность и оценка в уголовном праве / Ю. А. Демидов. – Москва : Юридическая литература, 1975. – 180 с. – Текст : непосредственный.
5. Комментарий к Уголовному кодексу Российской Федерации / под общей редакцией В. М. Лебедева. – Москва : Юрайт, 2013. – 1069 с. – Текст : непосредственный.
6. Коржанский, Н. И. Объект и предмет уголовно-правовой охраны / Н. И. Каржанский. – Москва : Академия МВД СССР, 1980. – 248 с. – Текст : непосредственный.
7. Кузнецов, А. Позиция Пленума о квалификации мошенничества требует уточнения / А. Кузнецов, С. Бойко. – Текст : непосредственный // Уголовное право. – 2015. – № 5. – С. 69–75.
8. Лапшин, В. Ф. Юридические особенности определения денег как предмета составов финансовых преступлений / В. Ф. Лапшин. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы уголовного права на современном этапе (вопросы дифференциации ответственности и законодательной техники). – 2019. – № 8. – С. 24–33.
9. Нудель, С. Л. Особенности квалификации мошенничества в сфере кредитования / С. Л. Нудель. – Текст : непосредственный // Российский следователь. – 2013. – № 13. – С. 18–21.
10. О защите прав потребителей : закон ДНР от 5 июня 2015 г. № 35-ИНС. – Текст : электронный // Народный совет ДНР. – URL: <https://dnrsovet.su/zakon-dnr-o-zashhite-prav-potrebitel/j/> (дата обращения: 03.06.2022).
11. Об образовании : закон ДНР от 19 июня 2015 г. № 55-ИНС. – Текст : электронный // Народный совет ДНР. – URL: <https://dnrsovet.su/zakon-dnr-ob-obrazovanii/> (дата обращения: 03.06.2022).
12. Пудовочкин, Ю. Е. Учение о составе преступления : учебное пособие / Ю. Е. Пудовочкин. – Москва : Юрлитинформ, 2009. – 248 с. – Текст : непосредственный.
13. Смолин, С. В. Актуальные вопросы квалификации мошенничества в кредитной сфере / С. В. Смолин. – Текст : непосредственный // Уголовное право. – 2014. – № 6. – С. 65–72.
14. Семенчук, В. В. Проблемы квалификации мошенничества в кредитной сфере в свете последних изменений в уголовном законодательстве / В. В. Семенчук, А. В. Швец. – Текст : непосредственный // Юридический мир. – 2013. – № 6. – С. 17–20.
15. Уголовный кодекс Донецкой Народной Республики. – Текст : электронный // Народный совет ДНР. – URL: <https://dnrsovet.su/zakonodatelnaya-deyatelnost/dokumenty-verhovnogo-soveta-dnr/ugolovnyj-kodeks-donetskoj-narodnoj-respubliki/> (дата обращения: 09.06.2022).
16. Филимонов, В. Д. Охранительная функция уголовного права / В. Д. Филимонов. – Санкт-Петербург : Юридический центр Пресс, 2003. – 198 с. – Текст : непосредственный.
17. Чесноков, М. В. Непосредственный объект мошенничества в сфере кредитования / М. В. Чесноков. – Текст : непосредственный // Балтийский гуманитарный журнал. – 2016. – Т. 5, № 3 (16). – С. 285–288.

**ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВЛЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ
УГОЛОВНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ
ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**

Махляйд Артур Александрович

Магистрант Сибирского юридического университета

Омск, Россия

E-mail: Makhlyayd1998@mail.ru

Чекмезова Елена Ивановна

кандидат юридических наук, доцент,

доцент кафедры уголовного права и криминологии,

ЧОУ ВО «Сибирский юридический университет»

Омск, Россия

E-mail: e555@list.ru

Предметом данного исследования выступает механизм уголовно-правовой охраны атмосферного воздуха от негативного антропогенного воздействия.

Цель исследования состоит в формулировании научно-обоснованных предложений по совершенствованию содержания ст. 251 Уголовного кодекса Российской Федерации (далее – УК РФ), устанавливающей уголовную ответственность за общественно опасное загрязнение атмосферного воздуха.

Методологическую основу исследования составляют формально-юридический метод, метод контент-анализа, а также методы индукции и дедукции. При исследовании ст. 251 УК РФ был применен метод контент-анализа. Формально-юридический метод применен при исследовании таких понятий, как «загрязнение», «иное изменение природных свойств воздуха». На основе метода дедукции определены юридически значимые признаки преступного загрязнения атмосферы. При помощи индуктивного метода было проведено исследование уровня опасности антропогенного воздействия на атмосферу.

Выводы по результатам исследования: в результате исследования выявлены сложности применения ст. 251 УК РФ, определены пути их преодоления. Рассмотрены проблемы разграничения преступного загрязнения атмосферы и административно наказуемого правонарушения, предусмотренного статьей 8.21 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях (далее – КоАП РФ). По итогам исследования предложена новая редакция ст. 251 УК РФ.

Ключевые слова: экологическое преступление, загрязнение воздуха, иное изменение природных свойств воздуха, межотраслевая дифференциация уголовной ответственности, общественно опасные последствия от экологических преступлений.

**CRIMINAL LIABILITY FOR CRIMINAL AIR POLLUTION:
CURRENT PROBLEMS AND SOLUTIONS**

Arthur A. Makhlyayd

Master Student,

Siberian Law University

Omsk, Russia

E-mail: Makhlyayd1998@mail.ru

Elena I. Chekmezova

*Candidate of Law Sciences,
Associate Professor of the Department of the Criminal Law and Criminology,
Siberian Law University
Omsk, Russia
E-mail: e555@list.ru*

The subject of the present research is the mechanism of criminal law protection of atmospheric air from negative anthropogenic impact on it.

The purpose of the research is to identify and update the shortcomings of Article 251 of the Criminal Code of the Russian Federation, which establishes criminal liability for criminal air pollution, as well as to propose ways to eliminate them.

The methodological basis of the research is the formal legal method, the method of content analysis, as well as methods of induction and deduction. In the study of Article 251 of the Criminal Code of the Russian Federation, the content analysis method was used. The formal legal method is applied in the analysis of such concepts as "air pollution", "other changes of the natural property of air". Based on the deduction method, legally significant signs of criminal pollution of the atmosphere are determined. Using the inductive method, the research of the level of danger of anthropogenic impact on the atmosphere was managed.

As a result of the research, the difficulties of law enforcement practice of Article 251 of the Criminal Code of the Russian Federation are revealed, ways of overcoming them are determined. The problems of distinguishing between criminal air pollution and an administratively punishable offense provided for in Article 8.21 of the Code of Administrative Offences of the Russian Federation, the absence of clarification in the Criminal Code, as well as by the Plenum of the Supreme Court of the Russian Federation of the concept of "other change in the natural properties of the air", the absence of terminological unity of the Criminal Code of the Russian Federation and the relevant legislation, special attention is paid to the consideration of the subjective side of the crime, and also the contradictory approach of legislators, to identify qualifying signs of criminal pollution of the atmosphere.

Keywords: air pollution, atmosphere, other changes in the natural properties of air, delineation of compositions, objective side of the crime, criminal consequences, subjective side of the crime, qualifying signs.

Введение

Воздух является важнейшим элементом – условием для поддержания жизни на Земле. Он необходим всем без исключения видам живых организмов, населяющих нашу планету. Однако мировое сообщество в последние десятилетия XX – начале XXI столетия в целом выражает все большую озабоченность вопросом состояния качества атмосферного воздуха, угрозы для которого состоят в увеличении экономической, транспортной и иных связей между городами, странами и континентами, а также в стремительно развивающейся промышленности, которая порождает значительную антропогенную нагрузку на окружающую среду.

По приведенным Росгидрометом данным, в 2020 году в 34 городах России уровень загрязнения воздуха оценивался как высокий или очень высокий [6, с. 79]. Причина такой негативной экологической обстановки заключается в том числе в нарушении норм законодательства в области охраны окружающей среды, которое устанавливает правила в сфере природопользования и охраны атмосферного воздуха. Необходимо учитывать особенности географического положения Российской Федерации, в частности, что большинство населения территории России, лежащей на долготе Западно-Сибирского плоскогорья и восточнее, проживающее на этой слабозаселенной территории, преимущественно в расположенных на значительном расстоянии друг от друга городах, находится под воздействием высокого и очень

высокого загрязнения воздуха. В Республике Бурятия и Таймырском АО речь идет о более чем 75 % городского населения [4, с. 84].

В ежегодном докладе об экологической ситуации в Омской области за 2020 год, подготовленном региональным министерством природных ресурсов и экологии, основными загрязняющими веществами в Омске в течение года были бенз(а)пирен (1 класс опасности), аммиак (4 класс опасности), формальдегид (2 класс опасности), диоксид азота (2 класс опасности) и оксид углерода (4 класс опасности) [3, с. 16].

Высокая общественная опасность загрязнения атмосферного воздуха предопределила необходимость установления уголовной ответственности за совершение данного посягательства, предусмотренного ст. 251 УК РФ. Диспозиция основного состава рассматриваемой статьи изложена следующим образом: «Нарушение правил выброса в атмосферу загрязняющих веществ или нарушение эксплуатации установок, сооружений и иных объектов, если эти деяния повлекли загрязнение или иное изменение природных свойств воздуха». Вместе с тем практика применения данной нормы крайне незначительна, что явно не отражает истинное количество ежегодно совершаемых общественно опасных деяний, сопряженных с загрязнением атмосферного воздуха. Так, в 2015 году к уголовной ответственности по статье 251 УК РФ было привлечено 2 человека, в 2016 году – 1 человек, в 2017 – 2 человека, в 2018 – 3 человека, 2019 – 1 человек, в 2020 году – 2 человека, в 2021 году – 3 человека [2]. Данные факты могут свидетельствовать об имеющих место в ст. 251 УК РФ, что не позволяет должным образом реагировать на совершение данного общественно опасного деяния. В этой связи предпринята попытка осуществить комплексное исследование ст. 251 УК РФ, направленное на выделение возможных причин столь малого числа случаев применения указанной нормы на практике.

Результаты и обсуждение

1. Одним из общественно опасных последствий, предусмотренных ч. 1 ст. 251 УК РФ, является загрязнение воздуха. В статье 1 Федерального закона от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» (далее – ФЗ «Об охране атмосферного воздуха») приведено его следующее толкование: «загрязнение атмосферного воздуха – поступление в атмосферный воздух или образование в нем вредных (загрязняющих) веществ в концентрациях, превышающих установленные государством гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха» [13].

Для всех загрязняющих веществ уполномоченными органами РФ установлены соответствующие гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха. За основу этих нормативов берется предельно допустимая концентрация (далее – ПДК) того или иного загрязняющего вещества в атмосферном воздухе. Таким образом, нарушением закона является выброс в атмосферный воздух любого из установленного перечнем постановления Правительства РФ вида загрязняющего вещества в размере, превышающем установленный для него уровень ПДК. Однако на данном этапе квалификации правоприменитель сталкивается с определенными сложностями.

При отсутствии принятых уполномоченными органами РФ экологические нормативы для территории Российской Федерации, не входящей в состав городских и сельских поселений и не являющейся местом массового отдыха населения, возникает вопрос, следует ли привлекать лицо к уголовной ответственности по ч. 1 ст. 251 УК РФ (при наличии всех иных необходимых признаков преступления) в случае, если был превышен уровень ПДК вне вышеупомянутых территорий? Нормативно-правовой массив в сфере природоохранного законодательства не содержит ответа на данный вопрос, что порождает противоречивую судебную практику.

Так, в 2006 правоохранителями был выявлен факт загрязнения Нижнетагильским металлургическим комбинатом атмосферного воздуха на селитебной территории города Нижнего Тагила, приведший к превышению нормативов ПДК этилбензола в 8–16 раз, метилбензола – в 1,7–3,6 раза. Однако в возбуждении уголовного дела было отказано, так как, по мнению

следствия, под уголовно наказуемым деянием следует понимать экстремально высокое загрязнение окружающей среды [7, с. 13–14].

Другим примером может служить приговор, вынесенный Шалинским городским судом Чеченской Республики. М., являясь ответственным по обращению с отходами на территории полигона ТКБ, умышленно осуществил загрязнение атмосферного воздуха этилбензолом сероводородом в 1,2 раза, азот-диоксидом – в 1,3 раза. Суд признал М. виновным по ч. 1 ст. 251 УК РФ и назначил ему наказание в виде штрафа в размере 20 000 рублей [9].

Еще одним примером неоднозначных решений о возможности привлечения к ответственности по ст. 251 УК РФ является постановление о прекращении уголовного дела, вынесенное Киселевским городским судом Кемеровской области в отношении З., который, являясь генеральным директором ООО ОФ «Черкасовская», умышленно нарушил правила выброса в атмосферу загрязняющих веществ и правила эксплуатации установок, что привело к превышению среднесуточного содержания в атмосферном воздухе ПДК взвешенных веществ в 2,4 раза, превышению максимально-разового содержания ПДК взвешенных – веществ в 1,2 раза, превышению максимально-разового содержания ПДК взвешенных веществ – в 1,38 раз. Суд освободил З. от уголовной ответственности с назначением иной меры уголовно-правового характера – судебного штрафа в размере 20 000 рублей [10].

Анализ приведенных примеров демонстрирует противоречивый подход к оценке противоправных деяний. В одном случае имеет место постановление суда о прекращении уголовного дела при выявленном факте загрязнения атмосферного воздуха, в несколько раз превышающем ПДК, в другом же случае при превышении норматива ПДК в 1,2–1,3 раза суд признает лицо виновным и назначает наказание.

На наш взгляд, необходимо выработать точные критерии отграничения состава преступления, предусмотренного ст. 251 УК РФ, от состава правонарушения, предусмотренного ст. 8.21 КоАП РФ.

Юридическая наука признает общественную опасность основным критерием разграничения преступлений и административных проступков. Как отмечал А. И. Марцев, «Общественная опасность – единственный надежный критерий установления уголовной ответственности за те или иные деяния и их наказуемости. При отказе от общественной опасности как признака преступления речь может идти только о преступлении как субъективно понимаемой категории, о произволе законодателя, выражении его субъективного мнения по поводу признания того или иного поведения либо деятельности в качестве преступления» [5, с. 46–47].

Диспозиция ч. 1 ст. 251 УК РФ предусматривает наступление общественно опасных последствий, выраженных в виде загрязнения атмосферного воздуха или иного изменения его природных свойств. Таким образом, по конструкции объективной стороны данный состав является материальным. Этот критерий служит разграничением ч. 1 ст. 251 УК РФ и ч. 1 ст. 8.21 КоАП РФ, согласно диспозиции которой наказуемым является выброс вредных веществ в атмосферный воздух или вредное физическое воздействие на него без специального разрешения. То есть, для объективной стороны состава административного правонарушения необходимо только наличие факта поступления загрязняющих веществ в воздух. Наказуемым будет признано деяние даже в случае, если оно не оказало негативного воздействия на воздух. Однако любой выброс загрязняющих веществ способен повлечь изменение природных свойств воздуха, а сущность возможных изменений, выступающая в качестве критерия, при помощи которого имела бы возможность отграничить преступление от административного правонарушения, не указана ни в УК РФ, ни в КоАП РФ. Также и постановления Пленума Верховного Суда РФ не содержат в себе разъяснения для судов по данному вопросу.

В п. 6 ныне не действующего постановления Пленума Верховного Суда СССР от 7 июля 1983 года № 4 было раскрыто основание привлечения лица к уголовной ответственности за преступление, предусмотренное ст. 223 УК РСФСР за загрязнение водоемов и воздуха. Относительно загрязнения воздуха Верховный Суд СССР рекомендовал привлекать лиц к уголовной ответственности только в случаях, когда концентрация за-

грязняющих веществ в атмосфере, а также уровень вредных физических воздействий на атмосферный воздух превышают установленные нормативы, в результате чего причинен или мог бы быть причинен вред здоровью людей, сельскохозяйственному производству, а также животному и растительному миру [15].

На наш взгляд, данный подход высшей судебной инстанции являлся в определенном смысле законодательной фикцией, не разрешая исследуемую проблемную ситуацию. Общеизвестен факт, что любое поступление в атмосферный воздух вредных веществ неминуемо влечет его загрязнение, создавая тем самым угрозу причинения вреда как компонентам природной среды, так и человеку.

Теорией уголовного права имеется еще один подход к отграничению анализируемых составов. Он состоит из двух оснований: количественного и стоимостного. Сторонниками количественного подхода в качестве уголовной наказуемости рассматривается возможность привлечения лица к уголовной ответственности за превышение им ПДК вещества либо взвеси веществ в определенное количество раз. Возражая сторонникам данного подхода, Е. Ю. Бокуц отмечает, что «фоновое загрязнение территории Российской Федерации в ряде случаев превышает установленные ПДК по многим загрязняющим веществам. Для правильной квалификации деяния нужно знать величину фонового загрязнения в данной местности на момент, непосредственно предшествующий загрязнению. Поскольку эта величина непостоянная либо информация о ней отсутствует, обосновать величину концентрации загрязняющих веществ конкретного загрязнителя невозможно» [1]. Также при учете данного подхода крайне проблематичным видится фиксация и последующее привлечение лица к ответственности за эмиссию вредных веществ в атмосферный воздух в малом объеме на протяжении длительного времени.

Альтернативой является стоимостный критерий, берущий за основу отграничения норм финансовую составляющую, которая устанавливается на основании размера причиненного вреда. В частности, И. В. Попов отмечает, что «в основу отграничения преступного от не преступного загрязнения природы следует положить денежный критерий – размер причиненного преступлением вреда, так как “материальные последствия в виде имущественного ущерба лучше всего измерять в единицах стоимости, и прежде всего в деньгах как всеобщем экономическом эквиваленте”» [8, с. 43]. Однако внедрение стоимостного критерия требует разработки Правительством РФ соответствующих методик и тарифов, на основании и в соответствии с которыми правоприменителю следовало бы проводить необходимые расчеты.

По нашему мнению, второй подход заслуживает особого внимания и подробного изучения, поскольку введение денежного критерия способствовало бы увеличению эффективности расследования случаев преступного загрязнения атмосферы, а также минимизации количества фактов необоснованного привлечения либо освобождения лиц от уголовной ответственности.

2. Еще одной причиной недостаточного количества случаев привлечения лиц к ответственности по ст. 251 УК РФ следует считать терминологическую рассогласованность между названием указанной нормы, ее диспозицией, а также законодательной базой профильного порядка.

Название ст. 251 УК РФ – «Загрязнение атмосферы». Диспозицией статьи, как нами уже было отмечено, предусмотрена ответственность за нарушения правил выброса в атмосферу загрязняющих веществ или нарушение эксплуатации указанных объектов, если эти деяния повлекли загрязнение или иное изменение природных свойств воздуха. То есть, подходя к толкованию диспозиции буквально, уголовным законом запрещен выброс загрязняющих веществ в атмосферу, поскольку данные действия способны негативно сказываться на природных характеристиках воздуха. Однако при ознакомлении с нормой, запрещающей загрязнение атмосферы в той редакции, в которой она имеет место в УК РФ, возникают вопросы следующего содержания: как воздух и атмосфера связаны между собой? Можно ли провести знак равенства между загрязнением атмосферы и загрязнением воздуха?

В статье 1 ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» дано понятие «атмосферный воздух», которое определяется как жизненно важный компонент окружающей среды, представляющий собой естественную смесь газов атмосферы, находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений [17]. Однако подразумевал ли законодатель под словосочетанием «естественная смесь газов атмосферы» смесь всех составляющих ее газов, либо что-то иное, не совсем ясно. Более того, ни в названии ст. 251 УК РФ, ни в ее диспозиции такого понятия нет.

Согласно действующему в настоящий момент государственному стандарту ГОСТ 25645.103-84 «Условия физические космического пространства. Термины и определения» под атмосферой планеты понимается газовая оболочка вокруг планеты, гравитационно связанная с ней [3]. Атмосфера Земли выполняет ряд функций: защита земной поверхности от губительного для всего живого воздействия солнечного излучения, защита от падающих космических тел, регенерация, накопление и сохранение воздуха, компенсация перепада температур и проч.

Земная атмосфера состоит из смеси множества газов, находящихся друг с другом в относительно устойчивом пропорциональном соотношении: азота, кислорода, аргона, углекислого газа, метана, озона, водорода, и т. д., которые составляют понятие «воздух». Также в воздухе содержатся примеси пыли, кристаллов, водяного пара, аэрозоля, и т. п., происхождение которых может быть как естественным (вследствие извержения вулканов), так и антропогенным (вследствие, например, выброса газов двигателем самолета).

Исходя из вышесказанного, слово «воздух» в том смысле, в котором оно использовано законодателем в диспозиции уголовно правовой нормы, является синонимом словосочетания «атмосферный воздух», определение которому дано в ст. 1 ФЗ «Об охране атмосферного воздуха». На наш взгляд, для более точного уяснения содержания исследуемой нормы требуется унификация терминологии, используемой как в ст. 251 УК РФ, так и в экологическом законодательстве.

3. Следующей причиной малого числа случаев привлечения лиц к уголовной ответственности за преступное загрязнение атмосферы выступает также избыточная регламентация юридически значимых признаков основного состава преступления, предусмотренного ст. 251 УК РФ. В частности, вызывает сложности в интерпретации формулировка: «иное изменение природных свойств воздуха».

Так как воздух – это смесь газов (азот, кислород, углекислый газ и проч.), которые находятся в естественной среде в относительно устойчивом пропорциональном соотношении друг с другом, под изменением его природных свойств, вероятно, следовало бы понимать либо нарушение каким-либо образом данной пропорции, либо его смешение с компонентами, не входящими в состав смеси газов воздуха.

Юридическая наука по-разному толкует анализируемую правовую категорию, содержащуюся в диспозиции исследуемой статьи. Э. Н. Жевлаков под иным изменением природных свойств воздуха понимает «порожденное физическим, химическим, биологическим, радиационным воздействием на него изменение качества атмосферного воздуха в результате совершения указанных в законе действий, также превышающее отмеченные нормативы вредного воздействия на окружающую среду, проще говоря, превышение допустимых воздействий шума, вибрации, ионизирующего излучения, изменение электромагнитных, тепловых свойств воздуха» [12, с. 853]. Б. В. Яценко, в свою очередь, к иным изменениям относит только изменение теплового режима или химических свойств воздуха [16, с. 618].

Анализ нормативных правовых актов природоохранного законодательства позволяет расширить рамки понимания того, каким образом возможно воздействовать на атмосферный воздух, изменяя его природные свойства. Так, ст. 1 ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» приводится разновидность вредного воздействия на атмосферный воздух. Под таким воздействием понимается, к примеру, вредное воздействие шума, вибрации, ионизирующего излучения, температурного и других физических факторов, изменяющих температурные, энергетические, волновые, радиационные и другие физические свойства атмосферного воздуха

[13]. Также следует обратиться к ст. 1 Федерального закона от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», которая к физическим факторам, оказывающим негативное воздействие на воздух, добавляет, помимо вышеупомянутых, ультразвук, инфразвук, а равно тепловые, неионизирующие и иные излучения [18].

Таким образом, иное воздействие на воздух должно становиться преступным только тогда, когда оно превышает предельно допустимый уровень воздействия на него. Однако в данном случае возникает проблема, заключающаяся в отсутствии критериев разграничения преступного изменения природных свойств воздуха, наказуемого в соответствии со ст. 251 УК РФ, и правонарушением, наказуемым ст. 8.21 КоАП РФ. На наш взгляд, для разрешения данной проблемы необходимо разъяснение содержания понятия «иное изменение природных свойств воздуха» Пленумом Верховного Суда РФ, которое должно быть основано на указанных предложениях, высказанных в научной литературе.

4. Довольно значительные трудности в процессе квалификации преступления, предусмотренного ст. 251 УК РФ, вызывает установление признаков субъективной стороны. Так, О. Л. Дубовик доказывает, что преступное загрязнение атмосферного воздуха может быть совершено только с косвенным умыслом [13, с. 309]. Напротив, Н. И. Кузнецова считает, что преступление, предусмотренное ст. 251 УК РФ, может быть совершено как умышленно, так и по неосторожности [14, с. 571].

С нашей точки зрения, данное преступление может быть совершено либо с косвенным умыслом, либо по неосторожности. При косвенном умысле виновное лицо сознательно допускает либо относится безразлично к тем последствиям, которые могут иметь место при несоблюдении возложенных на него обязанностей. Сложно представить, чтобы цель, которую виновное лицо ставит перед собой, совершая указанное преступление, была выражена непосредственно в виде загрязнения или ином изменении природных свойств воздуха. Однако вполне можно допускать наличие совокупности ст. 251 УК РФ со статьями, предусматривающими ответственность:

- за покушение на жизнь либо здоровье человека (ст. 105, 111, 112, 115 УК РФ);
- посягательство на сферу общественной безопасности и общественного порядка (ст. 205 УК РФ);
- преступления против основ конституционного строя и безопасности государства (ст. 277, 281 УК РФ);
- преступления против мира и безопасности человечества (ст. 358 УК РФ).

Нарушение правил выброса загрязняющих веществ или эксплуатации установок, сооружений или иных объектов может также осуществляться с корыстной целью, которая может быть выражена в виде, например, сокращения расходов, связанных с исполнением нормативных требований, обязывающих юридическое лицо проводить очистку либо иным образом сокращать эмиссию вредных веществ в атмосферный воздух.

При неосторожном загрязнении субъект преступления должен предвидеть возможность наступления указанных в диспозиции статьи последствий, однако его намерения заключаются в самонадеянном расчете на их предотвращение (например, недооценка функциональных возможностей очистных установок предприятия, выраженная в виде поступления в нее большего объема загрязняющих веществ, чем предусмотрено); либо субъект не предвидит возможности наступления преступных последствий, хотя он может и, будучи специальным субъектом, обязан их предвидеть (например, отсутствие регулярного осмотра очистных сооружений, необходимость проведения которого прописана в инструкции по их эксплуатации).

5. Квалифицированный состав преступления, предусмотренного ч. 2 ст. 251 УК РФ, включает в себя следующий юридически значимый признак: «те же деяния, повлекшие по неосторожности причинение вреда здоровью человека». Следует обратиться к постановлению Пленума Верховного Суда РФ от 18 октября 2012 г. № 21, в п. 2 которого изложена позиция высшей судебной инстанции: под причинением вреда здоровью человека при совершении преступлений, предусмотренных рядом статей, заключенных в главу 26 УК РФ, в том

числе и ст. 251, понимается причинение вреда здоровью любой степени тяжести и любому числу лиц [11]. Данное утверждение, думается, не бесспорно.

Во-первых, данный подход вступает в противоречие с общими установками общественной опасности для преступлений против личности: наказуемым является только причинение тяжкого вреда здоровью по неосторожности (ст. 118 УК РФ). Примерами проявления указанного классического подхода выступают среди прочих основной состав ст. 264 УК РФ, предусматривающий привлечение лица к уголовной ответственности за причинение по неосторожности тяжкого вреда здоровью вследствие нарушения лицом, управляющим автомобилем, трамваем либо иным механическим транспортным средством правил дорожного движения или правил эксплуатации транспортных средств. Кроме того, следует обратить внимание на ч. 2 ст. 293 УК РФ, предусматривающую уголовную ответственность лица, если вследствие халатности потерпевшему по неосторожности был причинен тяжкий вред здоровью либо если названное преступное поведение повлекло по неосторожности смерть человека.

Во-вторых, указанный подход не согласуется с принципом равенства граждан перед законом. Исходя из анализа содержания диспозиции нормы можно сделать вывод о том, что вследствие наличия специального субъекта в ст. 251 УК РФ (должностное лицо), в силу своего должностного положения – то есть в силу закрепленных за ним определенных обязанностей – ответственное за контроль эксплуатируемых предприятием установок, очистных и иных сооружений и объектов, лицо вынуждено нести уголовную ответственность за причинение по неосторожности не только тяжкого вреда здоровью, но и вреда здоровью небольшой и средней тяжести.

Учитывая данные обстоятельства, мы приходим к выводу о необходимости корректировки содержания п. 2 постановления Пленума Верховного Суда РФ от 18 октября 2012 г. № 21 в целях приведения его в полное соответствие тем идеям, которые положены в основу определения вины в уголовно-наказуемых посягательствах на здоровье человека.

Частью 3 ст. 251 УК РФ устанавливается уголовная ответственность лица за деяния, предусмотренные ч. 1 или 2, повлекшие по неосторожности смерть человека. Однако последствия преступного загрязнения атмосферы могут проявляться спустя длительное время. Невозможно предположить, сколько времени пройдет между эмиссией вредных веществ в атмосферу и теми негативными последствиями, которые данная эмиссия вызовет, так как в этой «формуле» много «переменных значений», среди которых можно выделить направление движения воздушных потоков, их скорость, место расположения источника вредных выбросов относительно селитебной территории, плотность населения на территории, окружающей источник вредных выбросов, наличие тех или иных заболеваний у человека, вдыхающего загрязненный воздух, степень вредности самих веществ, попадающих в атмосферный воздух, и т. д. Показательным примером здесь может служить факт регистрации повышенного уровня радиоактивного загрязнения воздуха на территории Швеции утром 27 апреля 1986 года, то есть спустя сутки после аварии на Чернобыльской атомной электростанции, произошедшей в ночь на 26 апреля. Всё вышеназванное представляет определенную сложность при выявлении причинно-следственной связи между эмиссией вредных веществ в атмосферу и причинению по неосторожности вреда человеку либо его смерти.

Отдельный вопрос возникает в том случае, если загрязнение воздуха повлекло причинение по неосторожности тяжкого вреда двум или более лицам либо если это повлекло по неосторожности смерти двух или более человек. В данном случае нам представляется правильным внести изменения в ст. 251 УК РФ, а именно включить в указанную норму дополнительную часть:

- предусматривающую ответственность за причинение по неосторожности тяжкого вреда двум или более лицам;
- о криминализации последствия загрязнения атмосферы, выраженное в виде причинения по неосторожности смерти двум или более лицам.

Отдельное внимание, по нашему мнению, в рамках дискуссии о квалифицирующих признаках преступного загрязнения атмосферы необходимо уделить вопросу криминализации такой модели преступного поведения, при которой имели бы место преступные последствия,

выраженные в виде причинения вреда компонентам природной среды, перечисленным в ст. 1 Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, растительный, животный мир и иные организмы, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство) [19], так как диспозиция ч. 1 ст. 251 УК РФ предусматривает ответственность только за сам факт загрязнения воздуха.

Примером криминализации указанных преступных последствий может выступать Уголовное уложение ФРГ, в котором законодателем перечислены уголовно наказуемые последствия, такие как причинение вреда здоровью человека, животным растениям или иным объектам, объединенные критерием значительности для общества (параграф 325 «Загрязнение воздуха»). С нашей точки зрения, отсутствие в ст. 251 УК РФ наказания за причиненный компонентам природной среды вред является примером юридического несовершенства. Поэтому в исследуемую норму можно включить часть, которая бы предусматривала уголовную ответственность за причинение по неосторожности вреда компонентам природной среды.

Заключение и выводы

Учитывая объем выявленных в данной работе ошибок законодательной техники, допущенных при конструировании ст. 251 УК РФ, а также беря во внимание выдвинутые нами предложения, призванные увеличить активность и эффективность применения указанной нормы на практике, представляется целесообразным изложить ст. 251 «Загрязнение атмосферы» в следующей редакции:

«Статья 251. Загрязнение атмосферного воздуха

1. Нарушение правил охраны атмосферного воздуха, если эти деяния повлекли загрязнение или иное изменение природных свойств атмосферного воздуха, – наказываются...

2. Те же деяния, повлекшие причинение вреда компонентам природной среды, – наказываются...

3. Деяния, предусмотренные частью первой настоящей статьи, повлекшие по неосторожности причинение тяжкого вреда здоровью человека, – наказываются...

4. Деяния, предусмотренные частью первой настоящей статьи, повлекшие по неосторожности причинение тяжкого вреда здоровью двум или более лицам, – наказываются...

5. Деяния, предусмотренные частью первой настоящей статьи, повлекшие по неосторожности смерть человека, – наказываются...

6. Деяния, предусмотренные частью первой настоящей статьи, повлекшие по неосторожности смерть двух или более лиц, – наказываются...».

Литература

1. Бокуц, Е. А. Статья 251 Уголовного кодекса Российской Федерации («Загрязнение атмосферы»): проблемы правоприменительной практики / Е. А. Бокуц. – Текст : непосредственный // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 14: Право. – 2014. – Вып. 3. – С. 103–108.

2. Судебный департамент при Верховном Суде Российской Федерации. – URL: <http://www.cdep.ru/?id=79> (дата обращения: 15.08.2022). – Текст : электронный.

3. ГОСТ 25645.103-84 Условия физические космического пространства. Термины и определения = Physical conditions in the space. Terms and definitions : государственный стандарт союза ССР : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 12 января 1984 г. № 112 : дата введения 1985-01-01. – Москва : Издательство стандартов, 1984. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200009630/> (дата обращения: 09.02.2022). – Текст : электронный.

4. Доклад об экологической ситуации в Омской области за 2020 год / Министерство природных ресурсов и экологии Омской области. – Омск : Омскбланкиздат, 2021. – 300 с. –

URL: https://mpr.omskportal.ru/magnoliaPublic/dam/jcr:a2b21b68-87e9-422a-87f8-f2c333d4604a/Доклад_минприроды_2020_распечатка.pdf (дата обращения: 09.02.2022). – Текст : электронный.

5. Марцев, А. И. Общие вопросы учения о преступлении : монография / А. И. Марцев. – Омск : Омский институт МВД России, 2000. – 135 с. – ISBN 5-88651-103-2. – Текст : непосредственный.

6. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2020 год / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). – Москва, 2021. – 205 с. – URL: http://www.meteorf.ru/upload/iblock/d94/Obzor_2020_070721.pdf (дата обращения: 02.02.2022). – Текст : электронный.

7. Попов, И. В. В поисках критерия уголовной наказуемости деяний, посягающих на природную среду / И. В. Попов. – Текст : непосредственный // Российский следователь. – 2010. – № 9. – С. 13–16.

8. Попов, И. В. Проблемы отграничения преступлений против природной среды от административных правонарушений в области охраны окружающей среды и природопользования / И. В. Попов. – Текст : непосредственный // Российский следователь. – 2014. – № 1. – С. 41–45.

9. Приговор Шалинского городского суда Чеченской Республики по делу № 1-137/2018 от 9 июля 2018 г. – Текст : электронный // СудАкт: судебные и нормативные акты РФ. – 2021. – URL: <https://sudact.ru/regular/doc/2MbVYSPX9EQm/> (дата обращения: 01.02.2022).

10. Приговор Киселевского городского суда Кемеровской области по делу № 1-148/2020 от 27 февраля 2020 г. – Текст : электронный // СудАкт: судебные и нормативные акты РФ. – 2021. – URL: <https://sudact.ru/regular/doc/NNFK3Z6Lb8HK/> (дата обращения: 01.02.2022).

11. О применении судами законодательства об ответственности за нарушения в области охраны окружающей среды и природопользования : постановление Пленума Верховного Суда Российской Федерации от 18 октября 2012 года № 21 : текст с изменениями и дополнениями от 30 ноября 2017 года. – Текст : электронный // Гарант. – URL: <https://base.garant.ru/70246708/> (дата обращения: 02.02.2022).

12. Уголовное право России. Части Общая и Особенная : учебник / В. А. Блинников, А. В. Бриллиантов, Н. И. Крюкова [и др.] ; под редакцией А. В. Бриллиантова. – Москва : Проспект, 2014. – 1184 с. – ISBN 978-5-392-18568-9. – Текст : непосредственный.

13. Уголовное право России : учебник для вузов : в 2 томах. Том 2: Особенная часть / под редакцией А. Н. Игнатова, А. Ю. Красикова. – Москва : Норма, 2000. – 477 с. – ISBN 5-89123-284-7. – Текст : непосредственный.

14. Уголовное право. Особенная часть : учебник / под общей редакцией С. А. Денисова, Л. В. Готчиной, А. Г. Хлебушкина. – Санкт-Петербург, 2020. – 832 с. – ISBN 978-5-6044801-0-6. – Текст : непосредственный.

15. О практике применения судами законодательства об охране природы : постановление Пленума Верховного Суда СССР от 7 июля 1983 года № 4. – Текст : электронный // КонсультантПлюс. – URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=ESU&n=5281#Rwiby0TyKxTTefjy/> (дата обращения: 08.02.2022).

16. Уголовное право. Общая и Особенная части : учебник / К. Л. Акоев, А. Е. Беляев, В. Б. Боровиков [и др.] ; под редакцией М. П. Журавлева, С. И. Никулина. – Москва : Норма, 2007. – 783 с. – ISBN 978-5-91768-455-0. – Текст : непосредственный.

17. Об охране атмосферного воздуха : Федеральный закон от 4 мая 1999 года № 96-ФЗ : текст с изменениями и дополнениями от 11 июня 2021 года : [принят Государственной Думой 2 апреля 1999 года : одобрен Советом Федерации 22 апреля 1999 года]. – Текст : электронный // Гарант. – URL: <https://base.garant.ru/12115550/> (дата обращения: 03.02.2022).

18. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения : Федеральный закон от 30 марта 1999 года № 52-ФЗ : текст с изменениями и дополнениями от 2 июля 2021 года : [принят Государственной Думой 12 марта 1999 года : одобрен Советом Федерации 17 марта

1999 года]. – Текст : электронный // Гарант. – URL: <https://base.garant.ru/12115118/> (дата обращения: 03.02.2022).

19. Об охране окружающей среды : Федеральный закон от 10 января 2002 года № 7-ФЗ : ред. от 26 марта 2022 года : [принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года : одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года]. – Текст : электронный // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823 (дата обращения: 05.02.2022).

**ПЕРСПЕКТИВА КРИМИНАЛИЗАЦИИ ПРЕСТУПЛЕНИЙ
ПРОТИВ ЧЕЛОВЕЧНОСТИ
В УГОЛОВНОМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ РОССИИ**

Невский Руслан Эмилевич

аспирант кафедры уголовного права и процесса

Северо-Кавказского социального института

Ставрополь, Россия

E-mail: ruslan2007-94@mail.ru

Введение. В настоящее время в российском уголовном законодательстве отсутствует самостоятельная норма о преступлениях против человечности. Автор считает это серьезным пробелом в системе преступлений против мира и безопасности человечества (глава 34 УК РФ).

Методы. Выводы, сделанные в статье, являются результатом использования общенаучного диалектического метода познания, а также частных методов (анализ, синтез, формально-логический).

Задачи. Автор в настоящей статье стремится обосновать необходимость непосредственной криминализации нормы о преступлениях против человечности в уголовном законодательстве России.

Результаты. В статье проанализированы доктринальные позиции относительно возможности и/или необходимости криминализации преступлений против человечности в национальном уголовном праве. Также учтены положения норм международного права, действующих для России, для решения вопроса о криминализации преступлений против человечности в УК РФ.

Выводы. В статье определены следующие основания криминализации преступлений против человечности в российском уголовном законодательстве: международно-правовые; конституционно-правовые; политико-правовые и социально-юридические. При формулировании нормы о преступлениях против человечности в УК РФ должны быть использованы положения уставов послевоенных трибуналов и современных уголовных трибуналов ad hoc, признаваемых Россией. В этой норме должны быть соблюдены традиционные приемы законодательной техники и учтен единый «контекстуальный элемент», присущий всем конкретным видам преступлений против человечности.

Ключевые слова: Уголовный кодекс РФ, криминализация, преступления против человечности, международное уголовное право, уставы международных уголовных трибуналов ad hoc, доктрина международного уголовного права.

**THE PROSPECT OF CRIMINALIZATION OF CRIMES
AGAINST HUMANITY IN RUSSIAN CRIMINAL LEGISLATION**

Ruslan E. Nevskiy

Aspirant of the Department for Criminal Law and Procedure,

North Caucasus Social Institute

Stavropol, Russia

E-mail: ruslan2007-94@mail.ru

Introduction. Currently, Russian criminal legislation lacks an independent norm on crimes against humanity. The author considers this to be a serious gap in the system of crimes against the peace and security of mankind (Chapter 34 of the Russian Criminal Code).

Methods. The conclusions made in the article are the result of using the general scientific dialectical method of cognition, as well as private methods (analysis, synthesis, formal-logical).

Tasks. The author in this article seeks to substantiate the need for direct criminalization of the norm on crimes against humanity in the criminal legislation of Russia.

Results. The article analyzes doctrinal positions regarding the possibility and/or necessity of criminalizing crimes against humanity in national criminal law. The provisions of the norms of international law in force for Russia are also taken into account to address the issue of criminalization of crimes against humanity in the Russian Criminal Code.

Conclusions. The article defines the following grounds for the criminalization of crimes against humanity in the Russian criminal legislation: international legal; constitutional and legal; political-legal and socio-legal. When formulating a rule on crimes against humanity in the Russian Criminal Code, the provisions of the statutes of post-war tribunals and modern ad hoc criminal tribunals recognized by Russia should be used. This rule should follow the traditional techniques of legislative technique and take into account a single «contextual element» inherent in all specific types of crimes against humanity.

Keywords: Russian Criminal Code, criminalization, crimes against humanity, international criminal law, statutes of international criminal tribunals ad hoc, doctrine of international criminal law

Введение

В решениях Нюрнбергского и Токийского трибуналов преступления против человечности были признаны одними из наиболее опасных для всего человечества. Наряду с преступлением агрессии и военными преступлениями они повсеместно стали расцениваться как международные преступления, ответственность за которые должна наступать вне зависимости от места и времени их совершения.

После Второй Мировой войны законодатели многих европейских государств установили преступность перечисленных деяний в национальном законодательстве. Этот шаг был сделан в целях повышения эффективности уголовного преследования лиц, совершивших такие преступления. Однако для России вопрос о криминализации преступлений против человечности до сих пор остается «открытым».

Результаты и обсуждение

Необходима ли самостоятельная криминализация преступлений против человечности в российском уголовном законодательстве?

Отвечая утвердительно на этот вопрос, попытаемся сформулировать систему аргументов «в пользу». Эти доводы можно условно разделить на следующие основания криминализации преступлений против человечности в УК РФ: международно-правовые, конституционно-правовые, политико-правовые и социально-правовые.

1. Международно-правовые основания криминализации преступлений против человечности в национальном уголовном законе, собственно говоря, просты. Даже если не брать в расчет положения Римского Статута Международного уголовного суда 1998 г., не имеющего силы для России, остается непреложным следующий факт: для нашей страны действует целый ряд международно-правовых документов, определяющих, обязывающих либо рекомендующих установить преступность деяний против человечности во внутреннем законодательстве.

Прежде всего, это касается обязывающих предписаний конвенционального характера, содержащихся в Конвенции о предупреждении преступления геноцида и наказании за него (1948 г.) и Конвенции о предупреждении преступления апартеида и наказании за него (1973 г.). Если преступность геноцида установлена в УК РФ (ст. 357) практически в полном соответствии с положениями соответствующей Конвенции, то обязательство по криминализации преступления апартеида не выполнено до сих пор [3, с. 471].

На первый взгляд, «уставные» нормы международного уголовного права (то есть, уставы Нюрнбергского и Токийского послевоенных трибуналов, уставы современных международных трибуналов *ad hoc* по Руанде и бывшей Югославии), имеющие силу для России, не содержат предписания криминализовать содержащуюся в них систему преступлений против человечности на национальном уровне. Однако это не совсем так. Названные «уставные» нормы международного уголовного права являются обычными нормами международного права, отражают общепринятую межгосударственную практику и, по существу, обладают признаками норм *jus cogens* – то есть, императивных международно-правовых норм высшей юридической силы. В соответствии со ст. 53 Венской Конвенции о праве международных договоров от 23 мая 1969 г., норма *jus cogens* принимается и признается международным сообществом государств как норма, отклонение от которой недопустимо и которая может быть изменена только последующей нормой общего международного права, носящей такой же характер.

В свою очередь, борьба с наиболее серьезными международными преступлениями, включая преступления против человечности, прямо вытекающая из норм *jus cogens*, порождает международное обязательство государства *erga omnes* [1, с. 50–52]. Обязательство такого характера («подразумевающее», в частности, криминализацию международных преступлений на национальном уровне) имеет универсальный характер перед всем мировым сообществом. В его обеспечении заинтересовано каждое государство.

В силу предписаний ч. 2 ст. 1 УК РФ, перечисленные нормы международного права, по существу, являются фундаментальным основанием отечественного уголовного законодательства. Недаром подавляющее большинство современных российских авторов расценивает (с различными вариациями) принципы и нормы международного права в качестве формальных источников национального уголовного права [5, с. 165–167]. А это значит, что имеются все международно-правовые основания криминализации преступлений против человечности в УК РФ.

2. Конституционно-правовые основания криминализации преступлений против человечности в УК РФ следуют из положений ч. 4 ст. 15 Конституции России о том, что общепризнанные принципы и нормы международного права включаются в ее правовую систему и обладают, в случае коллизии, приоритетом над национальным законодательством.

Следует отметить, что в постановлении Пленума Верховного Суда РФ от 10 октября 2003 г. № 5 под общепризнанной нормой международного права предписано считать «правило поведения, принимаемое и признаваемое международным сообществом государств в целом в качестве юридически обязательного». «Уставные» нормы международного уголовного права, в которых сформулирована система преступлений против человечности, бесспорно, надо расценивать в качестве «общепризнанных». Это, в свою очередь, означает, что существуют конституционно-правовые основания криминализации преступлений против человечности в УК РФ.

Говоря иными словами, исходя из конституционного положения о приоритете норм международного права над национальным правом, существует определенная правовая коллизия. Ее смысл состоит в следующем: общепризнанные нормы международного права содержат положения о преступлениях против человечности, а УК РФ – нет. И данная коллизия, с конституционно-правовой точки зрения, может быть разрешена лишь одним путем – путем криминализации этих преступлений в национальном законодательстве Российской Федерации.

Как известно, УК РФ предписывает включать все законы, касающиеся уголовной ответственности, непосредственно в текст уголовного закона (ч. 1 ст.1). Следовательно, нормы международного права, касающиеся вопросов уголовной ответственности и имеющие силу для России (признаваемые ей *априори* либо прошедшие все ратификационные процедуры и вступившие в силу) должны получить отражение непосредственно в уголовном законодательстве.

3. Политико-правовые основания криминализации преступлений против человечности, как ни парадоксально, на первый взгляд, связаны с задачей укрепления национального правового суверенитета российского государства.

Страны-участницы Римского Статута Международного уголовного суда различным образом и с разными вариациями криминализовали систему преступлений против человечности в своем уголовном законодательстве. При этом зарубежные специалисты единодушно отметили, что такая криминализация позволит провести более эффективное уголовное преследование лиц, совершивших преступления против человечности, именно на национальном уровне, так как национальные суды приоритетно применяют нормы внутреннего права. Соответственно, необходимость «оглядываться» на Международный уголовный суд (в плане уголовного преследования лиц, совершивших международные преступления) сводится к минимуму [10, с. 25].

Для России, не являющейся участницей Международного уголовного суда, криминализация преступлений против человечности в национальном УК еще более «выгодна» с политико-правовых позиций охраны национального суверенитета. «Эффективное» уголовное преследование лиц, совершивших такие преступления, в рамках национальной уголовной юстиции исключит потенциальную возможность не просто «оглядываться» на перманентный орган международной уголовной юстиции. Будет исключена возможность «предъявлять обвинения» (неважно, со стороны отдельных стран или «прогрессивного мирового сообщества») в том, что отечественная уголовная юстиция «неэффективна» либо «недостаточно» эффективна в плане борьбы с преступлениями против мира и безопасности человечества и нуждается в поддержке «извне».

4. Наконец, социально-юридические основания криминализации преступлений против человечности также носят очевидный характер: характер и степень тяжести (общественной опасности) этих преступлений настолько высок, что они просто не могут получать юридическую оценку как «общеуголовные» преступления, пусть и самые тяжкие (убийства, изнасилования и пр.).

Надо сказать, что в отечественной доктрине вопрос о «внутренней» криминализации преступлений против человечности уже обсуждался и был высказан ряд соответствующих предложений.

Например, еще до фактического отказа России от участия в Международном уголовном суде, коллектив авторов (Г.И. Богуш, Г.А. Есаков, В.Н. Русинова) предложил свою модель имплементации этих преступлений (а также военных преступлений) в УК РФ с максимально возможным дублированием положений Римского Статута. В результате получилась громоздкая конструкция, содержащая оценочные признаки (свойственные Римскому Статуту) и не отражающая современное понимание «контекстуального элемента» преступлений против человечности. В частности, их совершение предлагалось рассматривать «в увязке» с «неоднократным» (!) совершением «в рамках широкомасштабного или систематического нападения на гражданских лиц, предпринимаемого в целях проведения политики государства, организации или преступной группы либо в целях содействия такой политике» [2, с. 174–175].

Другой вариант криминализации преступлений против человечности был предложен Т. И. Курносовой (также до отказа России от участия в Международном уголовном суде). В предложенном ей проекте нормы о преступлениях против человечности отсутствует жесткая «увязка» с положениями Римского Статута, а терминология в большей мере соответствует традициям отечественного законодательства. Однако «контекстуальный элемент» преступлений против человечности неожиданно связывался не только с «широкомасштабным или систематическим нападением на гражданских лиц», но и с «целями проведения политики государства или оформленной вооруженной силы или политической организации по осуществлению такого нападения» [6, с. 229].

Однако в современной доктрине, актах международного права и их проектах, решениях современных международных уголовных трибуналов *ad hoc* связь преступлений против человечности с вооруженным конфликтом либо с государственным участием не является юридически обязательной, несмотря на то, что в реальности такая связь обычно существует [4, с. 149–150; 9, с. 92–95].

Заключение и выводы

Какой может (должна) быть норма о преступлениях против человечности в УК РФ?

Во-первых, очевиден тот факт, что данная норма должна располагаться в 34-й главе УК РФ в системе преступлений против мира и безопасности человечества. Германский опыт инкорпорации норм международного права в национальное законодательство и принятия «специального» уголовного закона для нас не применим в принципе в силу предписаний ч. 1 ст. 1 УК РФ. Поэтому единственно возможный путь – это трансформация положений УК РФ в соответствии с принципами и нормами международного права.

Во-вторых, надо определиться с тем, а какие именно принципы и нормы международного права о преступлениях против человечности могут (точнее – должны) быть имплементированы (трансформированы) в национальное уголовное законодательство. Здесь надо согласиться с Е. Н. Субботиной в том, что «необходимо принимать во внимание предварительную оценку соответствия действующего уголовного законодательства нормам международного права» для выявления «объема необходимых изменений, системного подхода к процессу имплементации и использования приемов законодательной техники» [8, с. 8–9].

В свете сказанного, по понятным причинам, положения Римского Статута Международного уголовного суда не могут быть положены в основу криминализации предлагаемой нормы о преступлениях против человечности. Зато в полной мере могут быть использованы положения уставов послевоенных трибуналов и современных уголовных трибуналов *ad hoc*, признаваемых Россией и содержащих необходимые международно-правовые предписания о преступлениях против человечности. Также должны быть использованы конвенционные нормы, имеющие силу для Российской Федерации, но не отраженные в ее национальном уголовном законодательстве (прежде всего, это касается Конвенции о предупреждении преступления апартеида и наказании за него).

В-третьих, в предлагаемой норме должно быть (в максимально возможной мере) учтены традиционные для УК РФ приемы законодательной техники и сложившаяся терминологическая система. Предлагаемая норма должна быть, по возможности, лишена оценочных признаков и обладать ясной правовой определенностью – так как речь идет о криминализации одного из наиболее тяжких деяний, то сама возможность расширительного толкования и необоснованного применения такой нормы должна быть сведена к минимуму. Терминология нормы должна иметь «сквозной» характер и пониматься однозначно применительно ко всем нормам уголовного законодательства.

Поэтому представляется правильным суждение Д. В. Лобача о том, что криминализация преступлений против человечности на современном этапе «должна осуществляться только с учетом специфики национальной юридической техники и принципам правотворчества». Далее, особое внимание необходимо обращать на «вынужденную адаптацию ключевых дефиниций, отраженных в нормативно-правовом концепте “преступления против человечности” применительно к понятийно-категориальному аппарату российского уголовного права» [7, с. 601].

В-четвертых, предлагаемая норма о преступлениях против человечности должна иметь структурную логику и внутреннее единство. Они могут быть определены через единый «контекстуальный элемент», присущий всем конкретным видам таких преступлений. В соответствии с действующими для России нормами международного права, признаваемыми нашим государством решениями международных уголовных судов *ad hoc* и достижениями доктрины, такой «контекстуальный элемент» может быть определен как «широкомасштабное или систематическое нападение на представителей гражданского населения».

Исходя из традиций отечественного законодательства, смысла действующих для России норм международного уголовного права, в перечень деяний, составляющих преступления против человечности, необходимо включить: убийство, умышленное причинение тяжкого вреда здоровью, истязание, похищение человека, незаконное лишение свободы, торговлю

людьми, использование рабского труда, изнасилование и насильственные действия сексуального характера. Употребляемые в нормах международного уголовного права деяния в виде «истребления», «пытки», «насильственного исчезновения людей», «заклучения в тюрьму» в полной мере охватываются вышеприведенным перечнем деяний, предлагаемых к криминализации в качестве конкретных видов преступлений против человечности.

Литература

1. Абашидзе, А. Х. Участие государств в Римском Статуте Международного уголовного суда как новый вид обязательств *erga omnes* / А. Х. Абашидзе. – Текст : непосредственный // Международный уголовный суд: проблемы, дискуссии, поиск решений. – Москва : Институт права и публичной политики, 2008. – С. 45–52.
2. Богуш, Г. И. Международные преступления: модель имплементации в Российское законодательство / Г. И. Богуш, Г. А. Есаков, В. Н. Русинова. – Москва : Проспект, 2017. – 176 с. – Текст : непосредственный.
3. Гигинейшвили, М. Т. К вопросу об оптимизации главы 34 УК / М. Т. Гигинейшвили. – Текст: непосредственный // Уголовное право: стратегия развития в XXI веке. – Москва : МГЮА, 2015. – С. 470–472.
4. Кибальник, А. Г. Преступления против человечности в решениях современных международных судов (трибуналов) / А. Г. Кибальник. – Текст : непосредственный // Библиотека уголовного права и криминологии. – 2015. – № 4. – С. 147–159.
5. Кибальник, А. Г. Современное международное уголовное право / А. Г. Кибальник. – 2-е издание. – Москва : Wolters Kluwer, 2010. – 304 с. – Текст: непосредственный.
6. Курносова, Т. И. Имплементация международно-правовых норм о военных преступлениях и преступлениях против человечности в российское уголовное законодательство : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / Т. И. Курносова. – Москва : МГЮА, 2015. – 292 с. – Текст : непосредственный.
7. Лобач, Д. В. Политико-правовые основания криминализации деяний, составляющих концепт «преступления против человечности», в российском уголовном законодательстве / Д. В. Лобач. – Текст : непосредственный // Эффективность уголовно-правового, криминологического и уголовно-исполнительного противодействия преступности : материалы XII Российского конгресса уголовного права. – Москва : Юрлитинформ, 2020. – С. 597–601.
8. Субботина, Е. Н. Механизм имплементации международного уголовного права в зарубежных странах и в России : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук / Е. Н. Субботина. – Москва : РПА Минюста России, 2011. – 22 с. – Текст: непосредственный.
9. Cassese's International Criminal Law / A. Cassese, P. Gaeta, L. Baig, M. Fan, C. Gosnell, A. Whiting. – 3rd edition. – Oxford University Press, 2013. – 414 p.
10. May, L. Crimes against Humanity: A Normative Account / L. May. – Cambridge University Press, 2005. – 310 p.

**ФОРМИРОВАНИЕ ПОНЯТИЯ КРИЗИСНОЙ СИТУАЦИИ
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УГОЛОВНО-ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ**

Хохрин Сергей Александрович

*кандидат юридических наук, доцент,
старший научный сотрудник отдела изучения проблем
Управления и реформирования уголовно-исполнительной системы
Центра изучения проблем управления и организации исполнения наказаний
в уголовно-исполнительной системе,
ФКУ НИИ «Федеральная служба исполнения наказаний России»
Москва, Россия
E-mail: hohrinsa@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-0900-1195*

Предмет исследования: состояние национальной безопасности Российской Федерации напрямую зависит от степени реализации стратегических национальных приоритетов и эффективности функционирования системы обеспечения национальной безопасности. Одним из национальных приоритетов Российской Федерации является готовность сил и средств ФСИН России к противодействию кризисным ситуациям возникающим в пенитенциарных учреждениях. На сегодняшний день единого понятия кризисной ситуации нет, что позволяет сформировать данное понятие применительно к Уголовно-исполнительной системе.

Цель исследования: на основе проведенного анализа понятийного аппарата кризисной ситуации сформулировать научно-обоснованное авторское понятие данного явления применительно к уголовно-исполнительной системе.

Методы и объекты исследования: в статье использованы такие общенаучные методы исследования как: обобщение, анализ и синтез, конкретизация.

Основные результаты исследования: определены законодательные показатели формирования мнения федеральных органов исполнительной власти и необходимости углубленной разработки проблем, связанных с понятием кризисной ситуации. Детальному анализу подвергнут этап выработки мнений по закреплению в нормативных актах рассматриваемого понятия. Законодательное введение понятия кризисной ситуации позволит сформировать законодательную базу и регламентировать вопросы взаимодействия ФСИН России и федеральных органов исполнительной власти.

Ключевые слова: кризисная ситуация, массовые беспорядки, чрезвычайные ситуации, природного и техногенного характера, преступление, пенитенциарная преступность, понятийный аппарат.

FORMATION OF THE CONCEPT OF CRISIS SITUATION WITH RESPECT TO THE CRIMINAL EXECUTIVE SYSTEM

Sergey A. Khokhrin

*Candidate of Law Sciences, Associate Professor
Senior Researcher of the Department for Studying the Problems
of Management and Reforming the Penitentiary System,
Center for Studying the Problems of Management and Organization
of the Execution of Punishments in the Penitentiary System,
Federal State Institution of the Research Institute
of the Federal Penitentiary Service of Russia
Moscow, Russia
E-mail: hohrinsa@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-0900-1195*

Subject of research: the state of the national security of the Russian Federation directly depends on the degree of implementation of strategic national priorities and the effectiveness of the functioning of the national security system. One of the national priorities of the Russian Federation is the readiness of the forces and means of the Federal Penitentiary Service of Russia to counteract crisis situations that arise in penitentiary institutions. To date, there is no single concept of a crisis situation, which allows us to form this concept in relation to the penitentiary system.

Purpose of research: based on the analysis of the conceptual apparatus of a crisis situation, to formulate a scientifically substantiated author's concept of this phenomenon in relation to the penitentiary system.

Methods and objects of research: the article uses such general scientific research methods as: generalization, analysis and synthesis, concretization.

Main results of research: legislative indicators for the formation of the opinion of federal executive bodies and the need for in-depth development of problems related to the concept of a crisis situation are determined. The stage of developing opinions on fixing the concept under consideration in the normative acts is subjected to a detailed analysis. The legislative introduction of the concept of a crisis situation will make it possible to form a legislative framework and regulate the issues of interaction between the Federal Penitentiary Service of Russia and federal executive authorities.

Keywords: crisis situation, riots, natural and man-made emergencies, crime, penitentiary crime, conceptual apparatus.

Введение

Управление силами и средствами пенитенциарных учреждений невозможно без проведения теоретического анализа понятийного аппарата, применяемого в служебной деятельности, и оценки факторов, оказывающих влияние на деятельность учреждения с применением научного подхода. Четкое, продуманное и спланированное распределение имеющихся в распоряжении руководителя пенитенциарного учреждения сил и средств, в организации управления предполагает доскональное знание условий, в которых функционируют пенитенциарные учреждения, а также рисков, которые могут произойти в них.

Осложнение обстановки на территории учреждений Уголовно-исполнительной системы (далее – УИС) принято характеризовать различными терминами, такими как: экстремальные ситуации, чрезвычайные ситуации, чрезвычайные обстоятельства, чрезвычайное положение. В научной американской литературе и обиходной лексике в качестве синонима терминов «экстремальная ситуация» и «чрезвычайная ситуация» используются термины «кризис» или

«кризисная ситуация» [1, р. 12]. Схожей позиции по данному вопросу придерживался и О. Л. Дубовик, который считал, что новые черты и тенденции, присущие экстремальным ситуациям, усматриваются в кризисе [2, с. 4–5].

Все эти термины условно объединяются понятием «режима особых условий», который для уголовно-исполнительной системы является ключевым и закреплён законодательно. Вместе с тем, применяемый понятийный аппарат имеет значительное количество общих характеристик, так как любое осложнение обстановки на территории пенитенциарного учреждения нередко требует от сотрудников принятия нестандартных решений, мобилизации всех ресурсов и организация слаженной работы персонала. Поэтому мы считаем, что множество терминов может внести определенные трудности в понимание особенностей работы пенитенциарных учреждений, создать определенные разногласия с понятийным аппаратом иных федеральных органов исполнительной власти. Для устранения разночтений существует определенная необходимость выработки единого термина, введение которого позволит любому федеральному органу исполнительной власти самостоятельно принять решение об оказании помощи силам и средствам пенитенциарных учреждений и устранении наступления негативных последствий.

Результаты и обсуждение

Основания для введения режима особых условий и установленных законодателем ограничений регламентируются ст. 85 Уголовно-исполнительного кодекса Российской Федерации, Законом РФ от 21 июля 1993 г. № 5473-1 «Об учреждениях и органах, исполняющих уголовные наказания в виде лишения свободы» (с изменениями до 24 декабря 2002 г.), а также ст. 8 Федерального закона от 15 июля 1995 г. № 103-ФЗ «О содержании под стражей подозреваемых и обвиняемых в совершении преступлений».

Необходимо добавить, что при введении режима особых условий в исправительном учреждении происходит нарушение его нормального функционирования, изменяется режим работы сотрудников и ограничиваются права осужденных. Статьями 88–97 УИК РФ, на территории исправительных учреждений приостанавливаются проведение свиданий, получение посылок и передач осужденными, выезд осужденных за пределы учреждения, ограничена деятельность производственных, коммунально-бытовых, культурно-просветительных и иных служб. График несения службы сотрудников переводится на усиленный вариант несения службы.

Интересно мнение профессора Н. П. Барабанова по этому вопросу, который считал, что необходимо «в перечень оснований введения режима особых условий включить совершение осужденными таких деяний, как распространение слухов, причинение тяжкого вреда здоровью, совершение убийств, побеги и др.» [18, с. 15–16]. Указанная точка зрения, по нашему мнению, является спорной и существенно осложнит деятельность исправительного учреждения.

Формулируя юридическое определение кризисной ситуации, особо следует обращать внимание на такие его основные составляющие, как: оценка произошедшего события; следствие события или совокупности событий; воздействие на событие преднамеренных, непреднамеренных и смешанных юридических фактов; последствия таких юридических фактов, которые всегда влекут за собой негативные изменения качества объекта воздействия, выражающиеся в чем-либо.

Значительное расхождение формулировок понятийного аппарата позволяет сделать вывод о необходимости научной дискуссии. Следовательно, с целью выработки единого мнения, что относится к понятиям экстремальные ситуации, чрезвычайные ситуации, чрезвычайные обстоятельства, чрезвычайное положение, при решении практических задач необходимо высказать и свою точку зрения по данному вопросу.

Ключевым понятием, применяемым федеральными органами исполнительной власти при предупреждении природных и техногенных катастроф, является понятие «чрезвычайной ситуации», которое было сформулировано впервые во Временном положении о Государственной общесоюзной системе по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях введенное Постановлением Совета Министров СССР от 15 декабря 1990 г. № 1282, и опреде-

лялась как обстановка на объекте или определенной части территории (акватории), сложившаяся в результате аварий, катастроф, стихийных и экологических бедствий, эпидемий, эпизоотии и эпифитотий, которая может привести или уже привела к значительному ущербу, человеческим жертвам и нарушению условий жизнедеятельности [3].

Впервые как нормативная категория рассматриваемое понятие устанавливалась Постановлением Правительства РФ от 18 апреля 1992 г. № 261 «О создании Российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях» и формулировалась как «нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное указанными выше обстоятельствами, применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским и материальным потерям» [4].

В указанном нормативном акте законодатель отходит от понятия «обстановка» и основной упор концентрирует на нормальном функционировании общества. Позднее, в Федеральном законе от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», законодатель вновь предлагает вернуться к характеристике чрезвычайной ситуации как особой обстановке [5], что нельзя не приветствовать, поскольку подобный подход в большей степени характеризует рассматриваемое явление.

В публикациях Н. Н. Брушлинского, В. Л. Семиокова под рассматриваемым понятием определяется реальное проявление опасности современного мира, имеющее крупные последствия, оказывающее существенное влияние на экономику, политику, социальную жизнь административно-территориальной единицы, региона, страны [6, с. 8]. Высказанная позиция является спорной, по нашему мнению, она лишена конкретики и требует разъяснения. К ключевым факторам, при которых вводится режим особых условий, является возникновение стихийного бедствия, под которым понимается катастрофа, вызванная природными силами.

Б. Н. Порфирьев указывал чрезвычайную ситуацию в качестве звена динамической цепи причинно-следственных связей (опасность – риск – чрезвычайная ситуация) [7, с. 36], что особенно важно с позиции организации управления деятельностью в таких условиях. По мнению И. П. Щербаня, такие понятия, как «чрезвычайная ситуация» и «чрезвычайное обстоятельство», схожи по своему содержанию и создают обстановку [8, с. 12–13]. Схожую позицию высказывали в своих работах многие исследователи, так, по мнению П. Н. Коткина, под понятием следует понимать «событие необычного и исключительного характера, влекущее наступление или угрозу наступления негативных крупномасштабных последствий, представляющих повышенную общественную опасность» [9, с. 26–29]. По мнению А. Г. Антоняна, «двусмысленный или неясный термин ведет к предоставлению неоправданной степени свободы принятия решения должностному лицу, которое ответственно за исполнение данного закона. Неясный термин, не имеющий ограничений, дает такую же неограниченную свободу» [10, с. 13–21]. В работах С. А. Старостина указывалось, что широкое толкование термина является следствием слабым и недостаточно проработанным понятием, а также «стремлением различных авторов отразить только существенные признаки, которые наиболее полно и точно, по их мнению, отражали бы сложившуюся ситуацию» [11, с. 15].

Анализируя мнения исследователей, их условно можно разделить на две группы: к первой, отнесутся те, кто раскрывает рассматриваемое понятие через категорию «состояние» [12, с. 405], вторую группу объединяет описание чрезвычайной ситуации как особой обстановки с учетом определенной территории [13, с. 116]. На наш взгляд, указанные походы не исключают друг друга, поскольку позволяют взглянуть на одну и ту же проблему с разных позиций. С точки зрения констатации факта отклонения развития ситуации от нормы, чрезвычайную ситуацию следует характеризовать как определенную нетипичную обстановку, следствием которой является особое состояние исправительных учреждений, вынужденных существовать в подобных условиях, включая персонал и других лиц, оказавшихся на соответствующей территории.

С точки зрения толкования и лексического значения в словарях, понятие «чрезвычайный» характеризуется как «не предусмотренный обычным течением дел, вызванный исклю-

чительными обстоятельствами; экстренный», понятие ситуации (фр. situation – положение) характеризуется как совокупность обстоятельств, положений, обстановки [15, с. 597]. Трактовка термина обстановка подразумевает условия существования кого-нибудь, чего-нибудь [15, с. 597]. Следовательно можно сделать вывод о том, что это синонимы, при этом ситуация несколько ограничена во времени и характеризуется одномоментностью.

Стоит отметить, что и УИС в целом, и исправительные учреждения в частности выступают самостоятельными объектами уголовно-законодательной охраны, которые согласно положениям уголовной науки представляют собой публичные отношения, обуславливающие функционирование социальной общности людей, общества, как такового, и государства.

Специфика деятельности пенитенциарных учреждений, связанная с установлением режимных требований на их территории, накладывает на формулировку «Чрезвычайной ситуации». Особую роль в этом сыграли работы Н. П. Барабанова который предлагал ввести понятие «Чрезвычайной ситуации криминального характера, и под которой понималась ситуация, когда криминальные процессы и явления, происходящие среди осужденных, и другие факторы обуславливали создание сложной оперативной обстановки, вызвали панические настроения, распространение слухов, причинение тяжкого вреда здоровью осужденных или персоналу, совершение осужденными убийств, нападений на персонал, захват заложников, побеги, групповые хулиганства, неповиновения, массовые беспорядки, возникновение угрозы жизни осужденных и персонала, нарушение устойчивого функционирования исправительных учреждений» [18, с. 15–16].

Высказанную точку зрения активно поддерживал Д. А. Гришин, по мнению которого «вводимое понятие достаточно полно раскрывает структуру ЧС в местах лишения свободы. В нем прослеживается связь между криминальными процессами и явлениями и состоянием оперативной обстановки в ИУ, а также конкретизируются основные признаки и негативные социальные последствия наступления ЧС криминального характера в местах лишения свободы» [19, с. 44].

Позиция авторов по изменению понятия чрезвычайной ситуации является спорной и противоречащей Федеральному конституционному закону от 30.05.2001 № 3-ФКЗ «О чрезвычайном положении», где указывается об основании введения данного положения. И указанные исследователями процессы в большей степени попадают под понятие пенитенциарной преступности. Сам термин «пенитенциарная преступность» активно применяется в работах по уголовно-правовым, криминологическим, психологическим, социологическим направлениям. Необходимо также отметить, что во многих учебниках «Криминология» такой вид преступности либо не рассматривается, либо просто называется, а в уголовных нормах упоминание о пенитенциарной преступности отсутствует, хотя в юридической литературе указывалось на необходимость выделения отдельной группы пенитенциарных преступлений в действующем уголовном законе [22, с. 5–6].

Для указанного вида преступности характерны определенные особенности:

- территориальные ограничения, так как они могут совершаться только в местах дислокации пенитенциарных учреждений, где установлены режимные требования или в специальном транспорте при конвоировании осужденных или перевозке сотрудников;
- ограниченный круг преступлений, которые могут быть отнесены к категории пенитенциарных, характеризуются степенью повышенной опасности;
- совершаются специальными субъектами;
- совершению значительного количества преступлений в пенитенциарных учреждениях способствует повышение психологической напряженности, агрессии, возникновение конфликтных ситуаций, у осужденных пропадает объективное состояние защищенности, нарушаются жизненно важные и иные интересы, происходит повышение криминальных факторов мест лишения свободы.

Понятие пенитенциарной преступности по перечню общепринятых преступлений, помимо массовых беспорядков, охватывает такие виды преступлений, как ст. 313 УК РФ «Побег из места лишения свободы или из-под стражи», ст. 314 УК РФ «Уклонение от отбывания наказания в виде лишения свободы» и ст. 321 УК РФ «Дезорганизация деятельности учре-

ждений, обеспечивающих изоляцию от общества». Совершение указанных преступлений на территории пенитенциарных учреждений угрожает нормальной деятельности исправительного учреждения, а также может угрожать муниципальным и государственным органом власти. Так например: 22 сентября 2020 в ФКУ ИК-2 УФСИН России по Республике Дагестан совершили побег 6 осужденных.

Осужденные Абдулкадиров М. А., Бойматов Ш. Р. и Аминов Р. Р. на основании разнарядки во 2-ю смену были выведены на работу в промышленную зону, Ахмеднабиев Н. А., Машрабов М. Х. и Мириев М. А. самовольно проникли на территорию промышленной зоны.

Воспользовавшись отсутствием должного надзора, осужденные в количестве 6 чел. из помещения деревообрабатывающего цеха, по заранее подготовленному подкопу протяженностью примерно 40-45 м, проникли на территорию тропы наряда внешней запретной зоны на участке № 5, вблизи ограждения внешней запретной зоны. Задержаны осужденные были только 6 октября в республике Калмыкия [21].

Сроки подготовки побега составили более 9 месяцев; сотрудниками, оказывающими помощь в совершении побега, для осужденных было закуплено строительных материалов более чем на 12 тысяч рублей. И это не единственный факт, оказание помощи осужденным были выявлены в Приморском крае, г. Санкт-Петербурге, Иркутской области и других территориальных органах ФСИН России. Поэтому включение термина пенитенциарная преступность в понятие Чрезвычайной ситуации криминального характера полагаем не целесообразно, но это может является одним из факторов кризисной ситуации.

Понятие экстремальной ситуации в законодательстве РФ практически не раскрывается¹. В нашем контексте необходимо обратить внимание на понятие, сформулированное И. В. Сервецким, по его мнению, под термин попадает «крайне напряженное положение в регионе, неожиданно сложившееся в результате непредвиденных действий людей (межнациональные конфликты, массовые беспорядки, забастовки, митинги, демонстрации) или стихийных сил (аварии, катастрофы), что, естественно, приводит к резкому осложнению оперативной обстановки и вызывает необходимость усиления охраны правопорядка и использования особой тактики борьбы с преступностью» [21, с. 158]. Ю. М. Козаков полагает, что «экстремальные ситуации выступают как актуальные проблемы, связанные с действием различных экстремальных факторов. Это те проблемные ситуации, которые требуют оперативного разрешения» [22, с. 21].

Термин «чрезвычайное положение», который также входит в режим особых условий, определяется законом как особый режим деятельности органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, их должностных лиц, допускающий установленные законом отдельные ограничения прав и свобод физических и юридических лиц, а также возложение на них дополнительных обязанностей [23]. В силу этого, оно может пониматься как «должное и целесообразное с точки зрения государства, а потому юридически закрепленное состояние общественных отношений, которое необходимо для устранения угрозы или снижения остроты протекания (локализации) и ликвидации последствий чрезвычайной ситуации, требующее для своего обеспечения введения специального режима» [24, с. 17]. С этих позиций чрезвычайная ситуация предстает как явление социальное, а чрезвычайное положение – как явление юридическое, хотя нельзя не отметить, что в нормативных актах встречается и понятие режима чрезвычайной ситуации, рассматриваемого как разновидность административно-правовых режимов [25]. Необходимо также указать, что фиксация чрезвычайной ситуации или чрезвычайного положения является оснований введения режима особых условий, который представляет собой специальный административно-правовой режим, характеризующийся увеличением общих запретов, усилением властных полномочий государственных органов

¹ К примеру, п. 2 ст. 55 СК РФ (предусматривающий право ребенка на общение с родителями и другими родственниками в экстремальных ситуациях), только приводит примеры экстремальных ситуаций (задержание, арест, заключение под стражу, нахождение в лечебном учреждении и др.).

и их должностных лиц, жесткостью регулирования складывающихся общественных отношений, а также ужесточением санкций за нарушение установленных правил.

Еще одним из общих факторов входящих в понятийный аппарат чрезвычайных ситуаций, экстренных ситуаций, чрезвычайного положения и режима особых условий является совершение массовых беспорядков, которое по нашему мнению, является наиболее опасным из всех совершаемых преступлений на территории исправительных учреждений.

Законодатель в нормативных актах не указывает понятия массовых беспорядков, а только раскрывает, что входит в объективную сторону деяния. В научной литературе ученые-юристы неоднократно поднимали вопрос о том, что термин «массовые беспорядки» до сих пор не получил точного толкования и определения. Высказывались мнения о том, что лучше было бы заменить его таким выражением, как «совершение преступления толпой» [26, с. 183], именно это имеют в виду многие исследователи [27, с. 277]. Однако, на наш взгляд, слово «толпа» имеет еще более размытый смысл, поэтому нужно искать другой выход из создавшейся ситуации.

Наиболее опасным, по нашему мнению, является вероятность распространения массовых беспорядков за пределы исправительного учреждения, организация и совершение массовых беспорядков с целью сокрытия иных преступлений или совершения побега осужденных, совершенных на территории исправительного учреждения, или попытки дестабилизации общественной обстановки в административном органе власти где дислоцируется пенитенциарное учреждение.

Дополнительно необходимо уделить внимание второму составу преступлений, в результате которых вводится режим особых условий, это групповые неповиновения осужденных, в результате которых, по мнению ученых пенитенциаристов, «происходит отказ осужденных выполнять распоряжения и требования администрации исправительного учреждения, вытекающие из установленного законом порядка отбывания наказания либо предписаний внутреннего распорядка учреждения. Неповиновение, как правило, проявляется в открытом публичном заявлении осужденных об отказе выполнять законные требования администрации, в редких случаях – в их игнорировании. Это может быть отказ выходить на работу, следовать в столовую, прибыть в дежурную часть для разбирательства, давать объяснения, прекратить противоправные действия и др. Неповиновение осужденных может быть связано с возникновением в исправительном учреждении экстремальных ситуаций криминального характера (совершение убийств, захватов заложников, хулиганств, массовых беспорядков)» [28, с. 17–18].

Понятие групповых неповиновений имеет место только в научной литературе. Например, Е. Е. Масленников дает им следующее определение: «...под групповыми неповиновениями осужденных... следует понимать одновременные противоправные действия двух и более лиц, отбывающих наказание... заключающееся в отказе выполнять правомерные требования администрации учреждения УИС и возложенные на них обязанности, нарушающие нормальную деятельность пенитенциарного учреждения и, как правило, характеризующиеся пассивным, сдержанным поведением участников без применения насилия с их стороны» [29, с. 59]. Говоря об общественной опасности групповых неповиновений, автор подчеркивает, что они являются подготовительным этапом для возникновения массовых беспорядков [30, с. 59].

И. П. Щербань к групповым неповиновениям относит и другие деяния, если они не содержат в себе состава преступления и являются, согласно ст. 116 УИК РФ, «злостным нарушением установленного порядка отбывания наказания осужденными к лишению свободы» [8, с. 69]. Инструкция по подготовке уголовно-исполнительной системы к действиям при чрезвычайных обстоятельствах групповые неповиновения трактует как хулиганское действие, создающее потенциальную угрозу перерастания в массовые беспорядки.

Мы считаем, что требуется нормативное закрепление перечня деяний, которые характеризуют групповые неповиновения, хотя часть из них содержится в ст. 116 УИК РФ. Например: «неповиновение представителям администрации исправительного учреждения или их оскорбление при отсутствии признаков преступления; организация забастовок или иных групповых неповиновений, а равно активное участие в них; организация группировок осуж-

денных, направленных на совершение указанных правонарушений, а равно активное участие в них; отказ от работы или прекращение работы без уважительных причин».

Дополнительное законодательное закрепление терминологии, связанной с режимом особых условий, нашло свою пролонгацию в ведомственном нормативном правовом акте в инструкции по подготовке уголовно-исполнительной системы к действиям при чрезвычайных обстоятельствах, утвержденной приказом Минюста России от 5 декабря 2014 г. № 223дсп. В данном нормативном документе принято использовать термин «чрезвычайное обстоятельство», которое является дополнением к терминам «чрезвычайная ситуация» и «чрезвычайное происшествие». По мнению исследователей, понятие «чрезвычайные обстоятельства» «наиболее четко отражает условия работы учреждений, исполняющих наказание» [30, с. 107–112]. Само понятие в документе не раскрывается, однако указывается на то, что совершение их несет собой непосредственную угрозу жизни и безопасности граждан или конституционному строю Российской Федерации и устранение которых невозможно без применения чрезвычайных мер) [23]. Дополнительно законодатель в законе к обстоятельствам относит: попытки насильственного изменения конституционного строя Российской Федерации, захвата или присвоения власти, вооруженный мятеж, массовые беспорядки, террористические акты, блокирование или захват особо важных объектов или отдельных местностей, подготовка и деятельность незаконных вооруженных формирований, межнациональные, межконфессиональные и региональные конфликты, сопровождающиеся насильственными действиями, создающие непосредственную угрозу жизни и безопасности граждан, нормальной деятельности органов государственной власти и органов местного самоуправления.

По мнению авторов, к обстоятельствам можно отнести большие по степени опасности условия общественной жизни, которые угрожают жизни и здоровью людей, материальным и культурным ценностям. Например, Г. В. Полозов относит к ним обстоятельства, нарушающие сложившийся нормальный ритм жизни общества [31, с. 22], а В. А. Власов и Ю. М. Козлов понимают под ними всего лишь чрезвычайные меры охраны [32, с. 45].

Высказанная позиция подтверждается нормативными актами: Указом Президента Российской Федерации от 09.03.2004 № 314 «О системе и структуре федеральных органов исполнительной власти», и Указом Президента Российской Федерации от 13.10.2004 № 1314 «Вопросы Федеральной службы исполнения наказаний». Среди задач, стоящих перед пенитенциарными учреждениями и ФСИН России указывается:

- «обеспечение охраны прав, свобод и законных интересов осужденных и лиц, содержащихся под стражей;
- обеспечение правопорядка и законности в учреждениях, исполняющих уголовные наказания в виде лишения свободы (далее – учреждения, исполняющие наказания), и в следственных изоляторах, обеспечение безопасности содержащихся в них осужденных, лиц, содержащихся под стражей, а также работников уголовно-исполнительной системы, должностных лиц и граждан, находящихся на территориях этих учреждений и следственных изоляторов;
- создание осужденным и лицам, содержащимся под стражей, условий содержания, соответствующих нормам международного права, положениям международных договоров РФ и федеральных законов;
- организация деятельности по оказанию осужденным помощи в социальной адаптации» [34].

Научное исследование применяемого понятийного аппарата в Уголовно-исполнительной системе, характеризующееся словом «чрезвычайный», предполагает выделение определения общей природы и сущности, форм проявления, характерных черт. Указанные черты всегда будут направлены на дестабилизацию обстановки в учреждении, и позволяют соотнести их с понятием «кризисная ситуация».

Рассматривая непосредственно понятие «кризисная ситуация», необходимо отметить, что в толковых словарях русского языка разъяснений рассматриваемого термина не содержится. В некоторых словарях значения слова кризисный (кризисная) происходит от «понятия кризис и

означает резкое изменение, крутой перелом в чем-нибудь, затруднительное, тяжелое положение, обострение политического положения (применительно к деятельности государства)» [12, с. 376].

В процессе изучения термина «кризисная ситуация» в нормативных актах, он встречался нам в ряде модельных законов, в понятийном аппарате международных договоров, общегосударственных и ведомственных нормативных актах Российской Федерации. Например в соглашении о взаимодействии пограничных войск государств – участников Содружества Независимых Государств при возникновении кризисных ситуаций на внешних границах (Москва, 17 мая 1996 г.) под «кризисной ситуацией понимается совокупность военно-политических и социальных конфликтов, которые дестабилизируют положение на участках внешней границы и требуют коллективных мер по ее стабилизации».

Понятие «кризисная ситуация» встречается и в других нормативных правовых актах [35]. Все они характеризуются схожей позицией, когда под кризисной ситуацией понимаются обстоятельства (обстановка), возникшие из-за нарушения его нормального функционирования и создающие непосредственную угрозу жизни и безопасности людей. В проанализированных документах указывается, что возникновение кризисной ситуации, в первую очередь, приводит к нарушению нормального функционирования учреждения, ухудшению управленческих функций и неспособность сотрудников управлять происходящими процессами. В результате всего этого может возникнуть угроза безопасности населения.

Мы считаем необходимым поддержать сформулированное понятие «кризисная ситуация», которое учитывает по своему смыслу состояние угрозы и возрастание вреда от «обычных происшествий» и, кроме того, как правильно отмечал С. В. Тычинин, «термин катастрофа представляет собой явление более узкого порядка в сравнении с экстремальной ситуацией» [36, с. 32]. Катастрофа, как и многие другие явления, чаще всего применяются к природным и техногенным ситуациям и предшествует возникновению данной ситуации, выступая одним из элементов кризисной ситуации, из которых она и возникает. Причем кризисная ситуация может состоять как из совокупности различных обстоятельств (катастрофы, аварии, наводнения, землетрясения), так и самих непосредственных событий (побега осужденного, массовых беспорядков, убийство на территории учреждения, групповых неповиновений).

По нашему мнению, наиболее близки к сути те авторы, которые рассматривают кризисную ситуацию как совокупность факторов не только природного, экологического, техногенного, но и социального (криминального) характера [37, с. 12].

Наиболее значимым является не количество определенных событий и обстоятельств (т. е. их совокупности или перечислении, на чем настаивают отдельные ученые), а в их качестве и последствиях, позволявшие признать их кризисными. Именно критерий наличия последствий, в результате которого необходимо привлечение сил и средств иных федеральных органов власти, или иных условий, событий и обстоятельств, позволяет в дальнейшем определить ситуацию как кризисную.

Проведя анализ понятийного аппарата применяемого в международных, общегосударственных и ведомственных нормативных актах Российской Федерации применительно к рассматриваемому понятию, необходимо выделить определенные закономерности.

К первой закономерности необходимо отнести ограниченную территорию происходящих событий. По масштабу отмечаются события локального характера, муниципального характера, межмуниципального характера, регионального характера, межрегионального характера, федерального характера. Например, в УИС – это пенитенциарное учреждение и прилегающая (режимная) территория. Порядок определения режимной территории осуществляется на основании приказа Минюста РФ от 3 сентября 2007 г. № 178 «Об утверждении Положения о режимных требованиях на территории, прилегающей к учреждению, подведомственному территориальному органу уголовно-исполнительной системы». Указанная территория, на которой устанавливаются режимные требования, определяется по согласованию с органом местного самоуправления муниципального района либо органом местного самоуправления городского округа. Также она «определяется на плане-схеме, которая составля-

ется с учетом генерального плана учреждения, с соблюдением масштаба, указанием расстояний и размеров. План-схема составляется в трех экземплярах-оригиналах. Подписи должностных лиц согласующей и утверждающей план-схему сторон заверяются печатью с изображением Государственного герба Российской Федерации. Один экземпляр передается в подведомственное учреждение».

Дополнительно необходимо указать, что согласно п. 26.3 свода правил СП «308.1325800.2017. Исправительные учреждения и центры уголовно-исполнительной системы. Правила проектирования» «территория ЛИУ, ЛПУ должна быть удалена от жилых, общественных, производственных и прочих строений, не входящих в инфраструктуру ЛИУ, ЛПУ, на расстояние не менее 100 м» [38].

Граница режимной территории ограждается и обозначается предупредительными знаками. На внешней от основного ограждения учреждения линии границы прилегающей территории устанавливается и оборудуется контрольно-пропускной пункт.

Вторая закономерность – это перечень событий или источники, в результате которых могут возникать чрезвычайные или кризисные ситуации. Они могут быть природными, техногенными, социальными (криминальными) и смешанными.

Заключение и выводы

Проведенное изучение понятийного аппарата позволяет с уверенностью сказать, что отличием кризисной ситуации от понятия чрезвычайных ситуаций и чрезвычайных обстоятельств является: перерастание возникающих факторов в нечто более глобальное. Которое, по своей сути, способно оказать негативное влияние на функционирование объектов УИС или высокую вероятность неспособности руководства территориального органа ФСИН России или учреждения предотвратить или ликвидировать последствия этих факторов. Дополнительно отметим повышенную степень опасности данных ситуаций, при которых возникает угроза жизни и здоровью не только осужденных, но и иных граждан. Для ликвидации указанной угрозы сил и средств самой пенитенциарной системы не будет хватать, и потребуются привлечение резервных возможностей иных федеральных органов исполнительной власти.

Следовательно, под кризисной ситуацией в уголовно-исполнительной системе понимается обстановка на территории пенитенциарного учреждения, сложившаяся в результате природного явления, техногенной катастрофы, совершенного преступления, при которой возникает нарушение условий жизнедеятельности людей, человеческие жертвы, значительные материальные потери, и требующая привлечения специальной объединенной группировки сил и средств федеральных органов исполнительной власти, действующих в рамках возложенных полномочий под единым замыслом и руководством.

Литература

1. Hohenemaer, Gh. The nature of Technological Hazard / Gh. Hohenemaer, R.W. Kater, P. Slovic // Science. – 1983. – № 220. – P. 379; Kaplan, S. On the Quantitative Definition of Risk / S. Kaplan, B. J. Garrik // Journal Risk Analyze. – 1981. № 12. – P. 12.
2. Дубовик, О. Л. Механизм действия права в чрезвычайных ситуациях / О. Л. Дубовик. – Текст : непосредственный // Обеспечение безопасности населения и территорий (организационно-правовые вопросы). – Москва : Наука, 1994. – С. 3–19.
3. Временное положение о Государственной общесоюзной системе по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях : постановление Совета Министров СССР от 15 декабря 1990 г. № 1282. – Текст : электронный // Библиотека нормативно-правовых актов СССР. – URL: http://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_17801.htm (дата обращения: 19.04.2022).
4. О создании Российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях : постановление Правительства РФ от 18 апреля 1992 г. № 261. – Текст : электронный // Гарант. – URL: <https://base.garant.ru/5630768/#friends> (дата обращения: 19.04.2022).

5. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера : Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ : (с изменениями и дополнениями). – Текст : электронный // Гарант. – URL: <https://base.garant.ru/10107960/> (дата обращения: 19.04.2022).
6. Брушлинский, Н. Н. Проблемы создания и функционирования аварийных служб / Н. Н. Брушлинский, В. Л. Семиоков. – Текст : непосредственный // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях : реферативный сборник. – Москва, 1990. – Вып. 1.
7. Порфирьев Б. Н. Государственное управление в чрезвычайных ситуациях / Б. Н. Порфирьев. – Москва : Наука, 1991. – 137 с. – Текст : непосредственный.
8. Щербань, И. П. Организация взаимодействия в УИС при возникновении чрезвычайных обстоятельств : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук / И. П. Щербань. – Рязань, 2003. 29 с. – Текст : непосредственный.
9. Коткин, П. Н. Понятие, сущность и содержание термина «чрезвычайные происшествия» как объекта правового и криминалистического познания / П. Н. Коткин. – Текст : непосредственный // Российский следователь. – 2009. – № 10. – С. 26–29.
10. Антонян, А. Г. Некоторые проблемы использования оценочных понятий в конструировании норм уголовно-исполнительного права / А. Г. Антонян. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного университета. Сер. Право. – 2012. – № 1. – С. 13–21.
11. Старостин, С. А. Правовые и организационные проблемы управления органами внутренних дел при чрезвычайных ситуациях / С. А. Старостин. – Москва, 1997. – 185 с. – Текст : непосредственный.
12. Организация управления в уголовно-исполнительной системе : учебник : в 3 томах. Том 3: Специальная часть / под общей редакцией В. У. Ялунина. – Рязань, 2003. – 427 с. – Текст : непосредственный.
13. Василькевич, Я. В. Чрезвычайные ситуации: определение и сущность / В. Я. Василькевич. – Текст : непосредственный // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях : реферативный сборник. – Москва, 1991. – Вып. 9. – С. 50–53.
14. Старостин, С. А. Управление органами внутренних дел при чрезвычайных ситуациях : (правовые и организационные аспекты) : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора юридических наук / С. А. Старостин. – Москва, 2000. – 32 с. – Текст : непосредственный.
15. Ожегов, С. И. Толковый словарь русского языка / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова. – Москва, 1993. – 908 с. – Текст : непосредственный.
16. Уголовное право России : Часть общая : учебник для вузов / под редакцией Л. Л. Кругликова. – Москва : Бек, 2005. – 560 с. – Текст : непосредственный.
17. Барабанов, Н. П. Предупреждение и пресечение чрезвычайных ситуаций криминального характера в исправительных учреждениях : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора юридических наук / Н. П. Барабанов. – Москва, 2001. – 60 с. – Текст : непосредственный.
18. Гришин, Д. А. Организация профессиональной подготовки сотрудников уголовно-исполнительной системы к действиям при чрезвычайных обстоятельствах : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / Д. А. Гришин. – Рязань, 2005. – 292 с. – Текст : непосредственный.
19. Ишигеев, В. С. Пенитенциарные преступления: уголовно-правовая характеристика, ответственность и пути совершенствования законодательной регламентации : монография / В. С. Ишигеев, И. П. Парфиненко. – Иркутск, 2012. – 140 с. – Текст : непосредственный
20. Приговор Кировского районного суда г. Махачкалы № 1-662/2020 от 26 декабря 2020 г. по делу № 1-662/2019. – Текст : электронный // Судебные и нормативные акты РФ. – URL: <https://sudact.ru/regular/doc/p1ZuXoM91z1t> (дата обращения: 15.04.2022).
21. Сервецкий, И. В. К вопросу о понятии экстремальных ситуаций, вызванных стихийными бедствиями, крупными производственными авариями и катастрофами / И. В. Сервец-

кий. – Текст : непосредственный // Совершенствование деятельности органов внутренних дел в условиях решительного усиления борьбы с преступностью. – Москва : ВЮЗШ МВД СССР, 1990. – С. 158.

22. Казаков, Ю. Н. Психолого-акмеологическая сущность экстремальных ситуаций в деятельности муниципальных служащих / Ю. Н. Казаков. – Текст : непосредственный // Муниципальная служба: правовые вопросы. – 2008. – № 4. – С. 21–25.

23. О чрезвычайном положении : Федеральный конституционный закон от 30 мая 2001 г. № 3-ФКЗ. – Текст : непосредственный // Сборник основных нормативных и правовых актов по вопросам ГО и ЧСЧС. – Москва, 2003.

24. Слесарева, Е. С. Чрезвычайное положение: юридические и организационные аспекты обеспечения правового режима / Е. С. Слесарева. – Текст : непосредственный // Проблемы совершенствования деятельности органов внутренних дел в чрезвычайных ситуациях : сборник научных трудов. – Москва, 1993. – С. 15–22.

25. О классификаторе правовых актов : указ Президента РФ от 15 марта 2000 г. № 511 : (ред. от 5 октября 2002 г.). – Текст : непосредственный // Собрание законодательства РФ. – 2000. – № 12.

26. Иваненко, Я. И. Массовость как признак объективной стороны преступления, предусмотренного ст. 212 УК РФ / Я. И. Иваненко. – Текст : непосредственный // Пробелы в российском законодательстве. – 2014. – № 2. – С. 183–185.

27. Курс уголовного права : в 5 томах / под редакцией Г. Н. Борзенкова, В. С. Комиссарова. – Москва, 2002. – Т. 4. – 468 с. – Текст : непосредственный.

28. Организация управления в уголовно-исполнительной системе : учебник : в 3 томах. Том 3: Специальная часть / под общей редакцией Ю. Я. Чайки. – Рязань, 2002. – 374 с. – Текст : непосредственный.

29. Масленников, Е. Е. Общая характеристика и классификация групповых неповиновений осужденных, лиц, содержащихся под стражей, и особенности их предупреждения Е. Е. Масленников. – Текст : непосредственный // Вестник Кузбасского института. – 2015. – № 4. – С. 57–61.

30. Антонов, И. А. Деятельность ФСИН России в условиях чрезвычайных обстоятельств: понятие, задачи, подготовка кадров / И. А. Антонов, В. А. Антонов. – Текст : непосредственный // Вестник Санкт-Петербургского Университета МВД России. – 2007. – № 4. – С. 107–112.

31. Полозов, Г. В. Правовые основы организации и деятельности милиции в особых условиях, связанных со стихийными бедствиями : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / Г. В. Полозов. – Ташкент, 1970. – 196 с. – Текст : непосредственный.

32. Власов, В. А. Чрезвычайные меры охраны / В. А. Власов. – Текст : непосредственный // Административный вестник. – 1926. – № 6.

33. Козлов, Ю. М. Управление в области административно-политической деятельности Советского государства / Ю. М. Козлов. – Москва, 1981. – 79 с. – Текст : непосредственный.

34. Вопросы Федеральной службы исполнения наказаний : указ Президента РФ от 13 октября 2004 г. № 1314 : (с изменениями и дополнениями) // Гарант. – URL: <https://base.garant.ru/1010796/> (дата обращения: 19.04.2022).

35. Распоряжение Правительства РФ от 27 августа 2005 г. №1314-р О Концепции федеральной системы мониторинга критически важных объектов и (или) потенциально опасных объектов инфраструктуры РФ и опасных грузов, Закон Московской области от 30 декабря 2013 г. № 189/2013-ОЗ "О государственной социальной помощи и экстренной социальной помощи в Московской области" (принят постановлением Московской областной Думы от 26 декабря 2013 г. N 12/73-П) (с изменениями и дополнениями) <https://base.garant.ru/5630768/#friends> [Электронный ресурс]. – Доступ из системы ГАРАНТ // ЭПС «Система ГАРАНТ»: ГАРАНТ-Максимум. Вся Россия / НПП «ГАРАНТ-СЕРВИС-УНИВЕРСИТЕТ» (дата обращения: 19.04.2022).

36. Тычинин, С. В. Гражданско-правовые способы защиты прав граждан и организаций при чрезвычайных ситуациях : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / С. В. Тычинин. – Санкт-Петербург, 1996. – 212 с. – Текст : непосредственный.

37. Пригожин, А. И. Социодинамика катастроф / А. И. Пригожин. – Текст : непосредственный // Социологическое исследование. – 1989. – № 3.

38. СП 308.1325800.2017. Свод правил. Исправительные учреждения и центры уголовно-исполнительной системы. Правила проектирования : (в двух частях) : дата введения 2018-04-21. – Текст : электронный // АЮДАРИнфо : информационно-справочная система. – URL: https://www.audar-info.ru/na/editArticle/index/type_id/5/doc_id/28887/release_id/57445/sec_id/303049/ (дата обращения: 19.04.2022).

**УГОЛОВНО-ПРАВОВАЯ ОХРАНА ФИСКАЛЬНЫХ ИНТЕРЕСОВ РОССИИ
ВО ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ СФЕРЕ**

Цуканов Алексей Николаевич

*прокурор Курской области,
Государственный советник юстиции 3 класса,
соискатель кафедры уголовного права
Юго-Западного государственного университета
Курск, Россия
E-mail: ssh46@rambler.ru*

Предмет исследования: в условиях экономических санкций в отношении России как никогда актуальным является вопрос международной торговли с зарубежными партнерами. Повышение качества таможенного администрирования и переход от «электронной» к «интеллектуальной» таможне, дает положительные результаты, являющиеся предметом изучения экономистов и юристов в области таможенного дела. «За скобками» остаются вопросы эффективности уголовно-правовой охраны фискальных интересов государства во внешнеэкономической сфере. Анализ статистических данных судов, таможенных и других правоохранительных органов позволил выработать вероятные гипотезы будущего развития преступности в указанной сфере, что является предметом настоящего исследования.

Цель исследования: сформулировать научно-обоснованные предложения по совершенствованию механизмов уголовно-правовой охраны фискальных интересов государства в сфере внешнеэкономической деятельности.

Перечень методов и объектов исследования: статистическое наблюдение, метод группировки и обобщения данных с последующим интерпретированием результатов, позволившим составить прогноз эффективной защиты фискальных интересов государства во внешнеэкономической сфере.

Выводы по результатам исследования. Механизмы уголовно-правовой охраны фискальных интересов государства в таможенной сфере должны носить исключительный характер, а ориентиры выстраиваться в пользу прозрачности таможенных процедур и выгоды ведения честного бизнеса. В настоящее время наблюдается снижение количества осужденных по ст. 194 УК РФ при существенном росте добровольных форм уплаты недоимок по таможенным платежам. Выявлены две основные причины: организационная – улучшение качества таможенного администрирования; правовая – судебная практика выстраивается по принципу презумпции добросовестности декларанта.

Ключевые слова: уголовно-правовая охрана фискальных интересов, таможенные преступления, таможенные платежи, преступления в сфере экономической деятельности, экономическая преступность.

**CRIMINAL PROTECTION OF RUSSIA'S FISCAL INTERESTS
IN THE FOREIGN ECONOMIC SPHERE**

Alexey N. Tsukanov

Prosecutor of the Kursk Region

State Counselor of Justice 3rd class

Competitor of the Department of Criminal Law

Southwestern State University

Kursk, Russia

E-mail: ssh46@rambler.ru

Subject of study: in the context of economic sanctions against Russia, the issue of international trade with foreign partners is more relevant than ever. Improving the quality of customs administration and the transition from "electronic" to "intellectual" customs, gives positive results, which are the subject of study by economists and lawyers in the field of customs. "Behind the brackets" are questions of the effectiveness of the criminal law protection of the fiscal interests of the state in the foreign economic sphere. An analysis of the statistical data of courts, customs and other law enforcement agencies made it possible to develop probable hypotheses for the future development of crime in this area, which is the subject of this study.

The purpose of the study: to formulate evidence-based proposals for improving the mechanisms of criminal law protection of the fiscal interests of the state in the field of foreign economic activity.

List of methods and objects of research. Statistical observation, a method of grouping and summarizing data with subsequent interpretation of the results, which made it possible to make a forecast for the effective protection of the state's fiscal interests in the foreign economic sphere.

Conclusions on the results of the study. The mechanisms of criminal law protection of the state's fiscal interests in the customs area should be of an exceptional nature, and the guidelines should be built in favor of the transparency of customs procedures and the profitability of doing honest business. Currently, there is a decrease in the number of convicts under Art. 194 of the Criminal Code of the Russian Federation with a significant increase in voluntary forms of payment of arrears on customs payments. Two main reasons have been identified: organizational – improving the quality of customs administration; legal – judicial practice is built on the principle of presumption of good faith of the declarant.

Keywords: criminal law protection of fiscal interests, customs crimes, customs payments, crimes in the sphere of economic activity, economic crime.

Введение

Утвержденная Правительством России Стратегия развития таможенной службы Российской Федерации до 2030 года [21] указывает в качестве основного стратегического направления развития ФТС России совершенствование реализации фискальной функции в условиях создания интегрированных информационных систем, трансграничного пространства и развития цифровых платформ. Следует отметить, что деятельность таможенных органов по повышению результативности борьбы с преступлениями ориентирована на противодействие экстремизму, терроризму, поставкам оружия и наркотиков [7, с. 17], тогда как уголовно-правовая охрана фискальных интересов не упоминается. Исходя из данного документа, можно констатировать то, что акцент сделан не на ужесточение санкций, а на упрощение таможенных операций в целях соблюдения балансов интереса государства и участников внешнеэкономической деятельности (далее – ВЭД) в снижении финансовых издержек и административной нагрузки [7, с. 22–23]. В ранее действовавшей Стратегии развития таможенной службы РФ до 2020 года указывалось, что совершенствование фискальной функции основыв-

валось на эффективном осуществлении контроля и надзора по соблюдению законодательства и безусловном исполнении закона о федеральном бюджете в части доходов, администрируемых таможенными органами [21; 28; 29]. Примечательно, что по данным Аналитического центра при Правительстве России ФТС три года подряд (2018-2020 г.) из 12 контрольно-надзорных органов занимает лидирующие позиции (ФНС России – на 4-м месте, замыкает МВД России) [7, с. 5].

Данный факт свидетельствует о качественном изменении подходов к осуществлению правоохранительной деятельности таможенными органами, что влечет за собой увеличение степени эффективности в области охраны интересов общества и государства.

Результаты и обсуждение

Переход на «цифровую» таможню, улучшение качества взаимодействия ФТС с иными государственными органами, ряд организационных мероприятий позволяет утверждать, что на протяжении последних пяти лет суммы ущерба от совершенного преступления, предусмотренного ст. 194 УК РФ выросли на 26 %, тогда как количество осужденных сократилось практически в 2,5 раза. Количество возбужденных уголовных дел уменьшилось почти на 60 %, при этом добровольное возмещение причиненного вреда резко возросло с 12–16 % до 57 %.

По отчетам Федеральной таможенной службы за 2020 г. доля выявляемых оперативными подразделениями преступлений в общем количестве возбужденных таможенными органами уголовных дел, отнесенных к компетенции таможенных органов составила 96,5 % [7, с. 4], всего таможенными органами выявлено 1967 преступлений, из них 241 – налоговых, 31 – коррупционной направленности, 550 – связанных с незаконным оборотом наркотиков, их аналогов, сильнодействующих веществ, 20 – связанных с незаконным оборотом оружия [23, с. 20]. В 2021 г. таможенными органами выявлено 2258 преступлений, из них 242 – налоговых, 23 – коррупционной направленности, 922 связанных с незаконным оборотом наркотиков, их аналогов, сильнодействующих веществ, 18 – связанных с незаконным оборотом оружия [24, с. 21].

По доходу бюджета, администрируемого таможенными органами, в 2020 г. сумма составила 4751,8 млрд руб. [26], в 2021 г. – 7156 млрд руб. [27]. В рамках новой системы управления рисками (далее – СУР) таможенными органами в 2020 г. дополнительно взыскано более 21,3 млрд руб., принято 22521 решение об отказе в выпуске товаров и 10657 решений о запрете ввоза/вывоза товара [7, с. 64].

По уклонению от уплаты таможенных платежей за 2020 г. сумма ущерба составила более 7 млрд руб. В результате принятых оперативными подразделениями таможенных органов мер по обеспечению уплаты таможенных платежей в указанный период доначислено более 18 млрд рублей, что почти двукратно превышает показатель аналогичного периода прошлого года (2019 год – 9,5 млрд рублей). Взыскано в бюджет Российской Федерации 8,9 млрд рублей. Данный показатель в 2,5 раза превышает результат аналогичного периода 2019 года (2019 год – 3,5 млрд рублей) [19, с. 38]. Таким образом, акцент сделан на обеспечение предотвращения ущерба государству.

По возбужденным уголовным делам по ст. 194 УК РФ в 2020 г. в бюджет перечислено 4 млрд руб. (57,1 %), в 2019 г. – 759,6 млн руб. из 6 млрд руб. [4] (12,6 %), в 2018 г. из неуплаченных таможенных платежей на сумму 4,3 млрд руб. до возбуждения уголовного дела добровольно было перечислено 821 млн руб. (19%), в 2017 г. из 5,2 млрд руб. до возбуждения уголовного дела и в ходе их расследования перечислено в бюджет 711 млн руб. (13,6%) [2, с. 52–53], в 2016 г. из 5,2 млрд руб. на стадии расследования возмещено 838 млн руб. неуплаченных таможенных платежей (16,1 %) [1, с. 41].

На наш взгляд, существенный рост количества взысканий связан с двумя обстоятельствами: переход таможенных органов на «электронную» таможню и улучшение качества взаимодействия ФТС России и Генеральной прокуратуры России: организован защищенный канал связи между программными средствами указанных правоохранительных органов с использованием программно-аппаратного комплекса, обеспечивающего многофакторную защиту VipNet Coordinator, проведено тестирование сервиса «Информационный обмен статистической

информацией с внешними информационными системами» (сервис прямого взаимодействия) ГАС ПС, осуществлена доработка КПС «Уголовные дела» (до версии 3.0 специального программного обеспечения ГАС ПС) [5, с. 66]. Актуализирован порядок ведения в таможенных органах электронного учета документов по сообщениям о преступлениях и уголовным делам [18].

В 2020 г. возбуждено 2067 уголовных дел [7, с. 65] из них по ст. 194 УК РФ – 316, в 2019 – 344 дела, в 2018 г. – 359 [5], в 2017 – 481 дело [3, с.58], в 2016 г. – 528 [2, с.52], таким образом, наблюдается существенное снижение количества уголовных дел.

В 2020 г. из 316 уголовных дел, 74 приостановлены на основании п. 1–3 ч. 1 ст. 208 УПК РФ [23, с. 37]. За этот же период осуждено по ч.1 ст. 194 УК РФ – 10 человек, по ч. 2 ст. 194 УК РФ – 11 человек. Из 22 осужденных только одному было назначено лишение свободы сроком до 1 года [8]. 2 человека были оправданы, 22 лица освобождены от уголовной ответственности по не реабилитирующим основаниям (как правило с применением иной меры уголовно-правового характера – судебного штрафа) [9].

В 2019 г. по ст. 194 УК РФ осуждено 23 человека, из которых 1 назначено лишение свободы, 3 – лишение свободы условно, 11 – штраф, 6 освобождены от наказания [9].

В 2018 г. по рассматриваемой статье осуждено 53 человека, из которых 1 назначено лишение свободы, 16 – лишение свободы условно, 33 – штраф, 3 человека освобождены от уголовной ответственности [10].

В 2017 г. осуждено 48 человек, 7 из которых к лишению свободы условно, 30 осужденным назначен штраф, 11 освобождены от наказания или от уголовной ответственности по не реабилитирующим основаниям и только один за отсутствием состава преступления [11].

В 2016 г. с обвинительными актами направлено 117 уголовных дел, по 88 вынесены обвинительные приговоры, 2 прекращены в связи с деятельным раскаянием [1, с. 41], из которых было осуждено 56 человек по ст. 194 УК РФ. 4 осужденным было назначено лишение свободы, 1 – условное лишение свободы, 21 – наказание, не связанное и изоляцией, 15 освобождено от уголовной ответственности или наказания и 5 освобождено по реабилитирующим обстоятельствам [12].

Таблица – Данные судебной статистики и ФТС РФ за 5 лет

Год	Сумма ущерба млрд	Взыскано	Добровольно перечислено млрд	Возбуждено уголовных дел	Осуждено	Лишение свободы	Наказание без изоляции	Освобождены от уголовной ответственно- сти или наказа- ния	Оправданы, освобождены по за отсутствием состава
2016	5,2		0,838	528	56	4	22	15	5
2017	5,2		0,711	481	48	0	37	11	1
2018	4,3		0,821	359	53	1	49	3	
2019	6	3,5 млрд	0,759	344	23	1	14	6	2
2020	7	8,9 млрд	4 млрд	316	22	1	0	22	2

Представленные данные демонстрируют, что на протяжении последних пяти лет суммы ущерба от совершенного преступления, предусмотренного ст. 194 УК РФ выросли на 26 %, тогда как количество осужденных сократилось практически в 2,5 раза. Количество возбужденных уголовных дел уменьшилось почти на 60 %, при этом добровольное возмещение причиненного вреда резко возросло с 12–16 % до 57 %. Полагаем, причины следует искать в улучшении качества таможенного администрирования, а именно: внедрена субъектно-ориентированная модель системы управления рисками, функционирует единая сеть из 8 электронных таможен и 16 таможенных постов и к концу 2020 г. в центрах электронного декларирования сосредоточено 97,5 % деклараций (для сравнения в 2019 г. данная цифра со-

ставляла 67,9 %) [5, с. 58]; применяется технология централизованного учета таможенных платежей, реализована функция, дающая возможность плательщикам самостоятельно уточнять ошибочно указанные в декларациях и иных документах сведения, апробируется возможность подачи участниками ВЭД заявлений о возврате авансовых платежей в электронной форме, доработаны электронные сервисы Личного кабинета участников ВЭД в части автоматизации процессов, связанных неуплатой (частичной неуплатой) таможенных платежей, и в 2020 г. 95 % уведомлений о задолженности по таможенным платежам было направлено через Личный кабинет участника ВЭД, действует электронный документооборот между ФТС и ФССП России, создана служба таможенного контроля после выпуска товаров, в компетенцию которой входит выявление при проведении таможенного контроля признаков преступлений, «производство неотложных следственных действий и (или) предварительного расследования в форме дознания по уголовным делам по которым отнесено к ведению таможенных органов в соответствии с законодательством Российской Федерации, а также иные связанные с ними преступления и административные правонарушения» [17].

Позиция Верховного Суда по ряду конкретных дел, и отразившаяся в Постановлении Пленума [15] также повлияла на динамику споров таможенных органов с участниками ВЭД. Определена так называемая презумпция достоверности информации и документов, которые представляет декларант. Бремя опровержения возложена на таможенные органы. Так, Арбитражный суд Поволжского округа поддержал декларанта: суть спора заключалась в том, что после ввоза оборудования на территорию России и таможенного декларирования, через незначительное время ФТС инициировала ряд проверок, предположив, что таможенные платежи оплачены в меньшем размере. Судебные органы указали, что таможня не представила доказательств о недостоверности декларирования (Постановление арбитражного суда кассационной инстанции Ф06-62686/2020. Арбитражный суд Поволжского округа. Дело № А72-9685/2019 // <https://kad.arbitr.ru>).

Дополнительной гарантией защиты прав участников ВЭД является реальная возможность при возникновении таможенного спора обратиться за его разрешением непосредственно в суд, минуя административное обжалование в таможенных органах. К примеру, компания в судебном порядке потребовала вернуть ей переплату по таможенным платежам, которые она перечислила, когда ввозила запчасти для двигателей. Суд напомнил, что выбор способа защиты нарушенного или оспариваемого права – это субъективное право заявителя. И если он решил сразу подать имущественный иск к таможне (минуя обжалование решения о корректировке таможенной стоимости), то он может это сделать. В итоге компания успешно вернула переплаты, а решение первой инстанции позднее поддержал апелляционный суд (постановление Четырнадцатого арбитражного суда г. Вологда. Дело № А52-4506/2019 // <https://kad.arbitr.ru>).

Учитывая динамично меняющееся таможенное законодательство, Пленум Верховного Суда РФ указал на недопустимость применения «невыгодных» для декларанта ставок. Иными словами, если на момент декларирования товара были меньшие ставки, чем к моменту проведения проверки, применяются ставки, действовавшие на момент ввоза [22].

За восемь лет (с 2012 по 2020 гг.) динамика состояния задолженности по уплате таможенных платежей существенно улучшилась. Так, если в 2012 г. общая задолженность составляла порядка 52 млрд руб. и с незначительными колебаниями оставалась практически неизменной до 2018 г. (49,2 млрд руб.), то в 2019, 2020 гг. задолженность по таможенным платежам снизилась до 26,8 и 27,4 млрд руб. соответственно [5, с. 14], что составляет менее 1 % от суммы доходов бюджета, администрируемых таможенными органами (5729,1 млрд руб. в 2019 г., 4751, 8 млрд руб. в 2020 г.) [5, с. 11].

Снижение общих доходов от таможенных платежей в 2020 г. по сравнению с 2019 г. можно объяснить экономическими причинами (снижение цен на нефть и газ, уменьшение объема экспорта не углеводороды и газ) и правовыми (расширение льгот [25], повлекшие возврат 5,19 млрд руб., завершение «налогового маневра» [25]).

Заключение и выводы

В соответствии со Стратегией развития таможенной службы Российской Федерации до 2030 года [20] будет происходить переход от «цифровой» таможни к «интеллектуальной», что повысит результативность борьбы с преступлениями, т. к. одним из принципов стратегического планирования является признание таможенных преступлений одной из угроз безопасности Российской Федерации. При этом важно, чтобы уголовно-правовые механизмы были задействованы в крайних случаях, а уровень конфликтности таможенных правоотношений был минимальным. Как представляется, нормотворческая работа идет в данном направлении, суть которой заключается в установлении максимально прозрачных фискальных и регулирующих условий работы таможни; контроль, основанный на риск-ориентированном подходе, который позволил минимизировать количество проверок при увеличении их эффективности. Полагаем, постепенный переход от применения карательных механизмов к поощрительным в отношении добросовестных участников ВЭД, показывает свою состоятельность.

Литература

1. Ежегодный сборник «Таможенная служба Российской Федерации. 2016 г.». – Текст : электронный // Федеральная таможенная служба. – URL: <https://customs.gov.ru/activity/results/ezhegodnyj-sbornik-tamozhennaya-sluzhba-rossijskoj-federaczii> (дата обращения: 09.03.2022).
2. Ежегодный сборник «Таможенная служба Российской Федерации. 2017 г.». – Текст : электронный // Федеральная таможенная служба. – URL: <https://customs.gov.ru/activity/results/ezhegodnyj-sbornik-tamozhennaya-sluzhba-rossijskoj-federaczii> (дата обращения: 09.03.2022).
3. Ежегодный сборник «Таможенная служба Российской Федерации. 2018 г.». – Текст : электронный // Федеральная таможенная служба. – URL: <https://customs.gov.ru/activity/results/ezhegodnyj-sbornik-tamozhennaya-sluzhba-rossijskoj-federaczii> (дата обращения: 09.03.2022).
4. Ежегодный сборник «Таможенная служба Российской Федерации. 2019 г.». – Текст : электронный // Федеральная таможенная служба. – URL: <https://customs.gov.ru/activity/results/ezhegodnyj-sbornik-tamozhennaya-sluzhba-rossijskoj-federaczii> (дата обращения: 09.03.2022).
5. Ежегодный сборник «Таможенная служба Российской Федерации. 2020 г.». – Текст : электронный // Федеральная таможенная служба. – URL: <https://customs.gov.ru/activity/results/ezhegodnyj-sbornik-tamozhennaya-sluzhba-rossijskoj-federaczii> (дата обращения: 09.03.2022).
6. О таможенном тарифе : Закон Российской Федерации от 21 мая 1993 г. № 5003-1. – Текст : электронный // КонсультантПлюс – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_1995/ (дата обращения 09.03.2022).
7. Итоговый доклад о результатах и основных направлениях деятельности ФТС России в 2020 году. – Текст : электронный // Федеральная таможенная служба. – URL: <https://customs.gov.ru/activity/results/itogovye-doklady-o-rezul-tatax-deyatelnosti/document/268607> (дата обращения: 09.03.2022).
8. Сводные статистические сведения о состоянии судимости в России за 2020 год : отчет о видах наказания по наиболее тяжкому преступлению (без учета сложения). – Текст : электронный // Судебный департамент при Верховном Суде РФ. – URL: <http://www.cdep.ru/index.php?id=79&item=5669> (дата обращения: 09.03.2022).
9. Сводные статистические сведения о состоянии судимости в России за 2019 год : отчет о видах наказания по наиболее тяжкому преступлению (без учета сложения). – Текст : электронный // Судебный департамент при Верховном Суде РФ. – URL: <http://www.cdep.ru/index.php?id=79&item=5259> (дата обращения 09.03.2022).

10. Сводные статистические сведения о состоянии судимости в России за 2018 год : отчет о видах наказания по наиболее тяжкому преступлению (без учета сложения). – Текст : электронный // Судебный департамент при Верховном Суде РФ. – URL: <http://www.cdep.ru/index.php?id=79&item=4894> (дата обращения: 09.03.2022).

11. Сводные статистические сведения о состоянии судимости в России за 2017 год : отчет о видах наказания по наиболее тяжкому преступлению (без учета сложения). – Текст : электронный // Судебный департамент при Верховном Суде РФ. – URL: <http://www.cdep.ru/index.php?id=79&item=4572> (дата обращения: 09.03.2022). – Текст : электронный.

12. Сводные статистические сведения о состоянии судимости в России за 2016 год : отчет о видах наказания по наиболее тяжкому преступлению (без учета сложения). – Текст : электронный // Судебный департамент при Верховном Суде РФ. – URL: <http://www.cdep.ru/index.php?id=79&item=3834> (дата обращения: 09.03.2022). – Текст : электронный.

13. Отчет о числе осужденных по всем составам преступлений Уголовного кодекса Российской Федерации / Сводные статистические сведения о состоянии судимости в России за 2020 год – URL: <http://www.cdep.ru/index.php?id=79&item=5669> (дата обращения 09.03.2022). – Текст : электронный.

14. Арбитражный суд Поволжского округа. Постановление арбитражного суда кассационной инстанции Ф06-62686/2020 Дело № А72-9685/2019. – Текст : электронный // Электронное правосудие. – URL: https://kad.arbitr.ru/Document/Pdf/1e67b39b-a01f-407e-8c7e-1787e4de894f/00af2e84-fb4d-49e7-95a9-2aee3518308d/A72-9685-2019_20210811_Postanovlenie_kassacionnoj_instancii.pdf?isAddStamp=True (дата обращения: 09.04.2022).

15. О некоторых вопросах, возникающих в судебной практике в связи с вступлением в силу Таможенного кодекса Евразийского экономического союза : постановление Пленума Верховного Суда Российской Федерации № 49 от 26 ноября 2019 г. – Текст : электронный // Верховный Суд РФ. – URL: <http://www.supcourt.ru/documents/own/28484/> (дата обращения: 09.04.2022).

16. Постановление Четырнадцатого арбитражного суда г. Вологда. Дело № А52-4506/2019. – Текст : электронный // Электронное правосудие. – URL: https://kad.arbitr.ru/Document/Pdf/ab71dcf2-2b89-41fd-bb64-3453f9823842/55388531-c0b3-4e17-bd62-f3d7925c54f1/A52-4506-2019_20200603_Postanovlenie_apelljacionnoj_instancii.pdf?isAddStamp=True (дата обращения: 19.03.2022).

17. Об утверждении типовых положений о подразделениях таможенного контроля после выпуска товаров таможен : приказ ФТС России Министерства финансов Российской Федерации от 30 октября 2020 г. № 953 : (в ред. 03.02.2021 № 94). – Текст : электронный // Альта Софт. – URL: <https://www.altar.ru/tamdoc/20pr0953/#pril1> (дата обращения: 09.04.2022).

18. О внесении изменений в приказ ФТС России от 26 марта 2015 г. № 528 : приказ ФТС России от 10 сентября 2020 г. № 782. – Текст : электронный // КонсультантПлюс. – URL: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 09.03.2022).

19. Приложение к итоговому докладу о результатах и основных направлениях деятельности ФТС России в 2020 г. – Текст : электронный // Федеральная таможенная служба. – URL: <https://customs.gov.ru/activity/results/itogovye-doklady-o-rezul-tatax-deyatelnosti/document/268607> (дата обращения: 09.04.2022).

20. Стратегия развития таможенной службы Российской Федерации до 2030 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 мая 2020 г. № 1388-р. – Текст : электронный // Альта Софт. – URL: <https://www.altar.ru/tamdoc/20rs1388/> (дата обращения: 21.02.2022).

21. Об утверждении Стратегии развития таможенной службы РФ до 2020 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 2575-р. – Текст :

электронный // Федеральная таможенная служба. – URL: <https://customs.gov.ru/activity/programmy-razvitiya/strategy/document/87092> (дата обращения: 09.03.2022).

22. Решение Арбитражного суда Приморского края от 19 ноября 2020 г. Дело № А51-24425/2018. – Текст : электронный // Электронное правосудие. – URL: https://kad.arbitr.ru/Document/Pdf/098220d3-4169-407a-8de1-028ebb3a600a/6bcaf88e-25e6-492d-984f-36684c9314fa/A51-24425-2018_20201119_Reshenie.pdf?isAddStamp=True (дата обращения: 19.03.2022).

23. Состояние преступности в России. 2020. – URL: <file:///C:/Users/user/Downloads/Ежемесячный%20сборник%20за%20декабрь%202020.pdf> (дата обращения 09.03.2022). – Текст : электронный.

24. Состояние преступности в России. Январь-ноябрь 2021. – URL: <file:///C:/Users/user/Downloads/Ежемесячный%20сборник%20за%20декабрь%202020.pdf> (дата обращения 09.03.2022). – Текст : электронный.

25. О внесении изменения в статью 35 Закона Российской Федерации «О таможенном тарифе»: Федеральный закон от 18 февраля 2020 г. № 24-ФЗ. – Текст : электронный // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_345762/ (дата обращения: 19.03.2022).

26. О перечислении средств в федеральный бюджет за 2020 год. – Текст : электронный // Федеральная таможенная служба. – URL: <https://customs.gov.ru/activity/results/summy-tamozhennykh-platezhej,-postupayushhix-v-byudzheth/document/266043> (дата обращения: 09.03.2022).

27. О перечислении средств в федеральный бюджет за 2021 год. – Текст : электронный // Федеральная таможенная служба. – URL: <https://customs.gov.ru/activity/results/summy-tamozhennykh-platezhej,-postupayushhix-v-byudzheth/document/322194> (дата обращения: 05.03.2022).

28. Урда, М. Н. Ответственность за контрабанду по уголовному законодательству стран-участниц таможенного союза: проблемы унификации законодательства / М. Н. Урда, С. В. Шевелева, И. В. Тененева. – DOI 10.17150/2500-4255.2017.11(1).205-215. – EDN YHZEJZ. – Текст : непосредственный // Всероссийский криминологический журнал. – 2017. – Т. 11, № 1. – С. 205–215.

29. Шевелева, С. В. Проблемы экономизации уголовного права России: тенденции и пределы реализации / С. В. Шевелева, Е. О. Яковлева. – DOI 10.25724/VAMVD.OBCD. – EDN TERXVA. – Текст : непосредственный // Вестник Волгоградской академии МВД России. – 2020. – № 2(53). – С. 41–47.

**ОСОБО ТЯЖКАЯ ПРЕСТУПНОСТЬ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА**

Шеслер Александр Викторович

доктор юридических наук, профессор,

Кузбасский институт Федеральной службы исполнения наказаний,

Новокузнецк, Россия

E-mail: sofish@inbox.ru

Предмет исследования: диссертационное исследование Елены Михайловны Стоун на тему: «Криминологическая характеристика особо тяжкой преступности Дальневосточного федерального округа», представленное по специальности 12.00.08 – уголовное право и криминология; уголовно-исполнительное право.

Цель исследования: дать оценку представленному исследованию на соответствие требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам данного вида.

Перечень методов и объектов исследования. В процессе изучения диссертационного исследования Е. М. Стоун были использованы различные методы научного познания, а именно: диалектический, формально-логический, системно-структурный, анализ, синтез и др.

Выводы по результатам исследования: диссертация, подготовленная Е.М. Стоун, соответствует всем требованиям, которые предъявляются к научным работам данного вида. Диссертация вносит определенный вклад в решение поставленной проблемы, представляет собой актуальное самостоятельное научное исследование, которое имеет завершённый вид, основано на достаточной эмпирической базе, что обеспечивает его достоверность; содержащиеся в нем выводы и предложения обладают научной новизной и практической значимостью.

Настоящая работа подготовлена на основании отзыва официального оппонента, А. В. Шеслера, от 17.03.2022, представленного в диссертационный совет НИ ТГУ.12.01 Национального исследовательского Томского государственного университета.

Ключевые слова: преступность, особо тяжкая преступность, криминологическая характеристика, детерминанты преступности, Дальневосточный федеральный округ.

EXTRA SERIOUS CRIME IN THE FAR EASTERN FEDERAL DISTRICT

Alexander V. Shesler

Doctor of Law Sciences, Professor

Kuzbass Institute of the Federal Penitentiary Service,

Novokuznetsk, Russia

E-mail: sofish@inbox.ru

Subject of research: dissertation research by Elena Mikhailovna Stone on the topic: "Criminological characteristics of especially serious crime in the Far Eastern Federal District", presented in the specialty 12.00.08 – criminal law and criminology; penal law.

The purpose of research: to evaluate the presented study for compliance with the requirements for scientific qualification works of this type.

Methods and objects of research: in the process of studying the dissertation research, E.M. Stone used various methods of scientific knowledge, namely: dialectical, formal-logical, system-structural, analysis, synthesis, etc.

Main results of research: dissertation prepared by E.M. Stone, meets all the requirements that apply to scientific work of this type. The dissertation makes a certain contribution to the solution of

the problem posed, is an actual independent scientific research, which has a complete form, is based on a sufficient empirical base, which ensures its reliability; the conclusions and proposals contained in it have scientific novelty and practical significance.

This work has been prepared on the basis of the opinion of the official opponent, A.V. Shesler, dated March 17, 2022, submitted to the Dissertation Council of the National Research Tomsk State University. 12.01.

Keywords: crime, especially serious crime, criminological characteristics, determinants of crime, Far Eastern Federal District.

Введение

Преступность существует не вообще, а в виде системы преступлений определенного вида, совершаемых в конкретное время и на конкретной территории. Без выделения региональных особенностей преступности и ее разновидностей невозможно определить криминологическую обстановку на отдельной территории и выработать систему целенаправленных мер предупреждения преступности. Кроме того, существующая система мер общесоциального и специального предупреждения рассматриваемого в работе вида преступности не является эффективными. В частности, правоохранительные органы не учитывают в полной мере региональную специфику особо тяжких преступлений. Одной из причин этой ситуации является недостаточная научная проработка криминологической характеристики особо тяжкой преступности, в том числе ее региональных аспектов. Предшествующие исследования касались в основном региональных аспектов преступности в целом или отдельных ее видов, однако лишь основанных на региональной практике. Диссертационное исследование Е.М. Стоун в определенной мере способствует решению возникших проблем, тем более что исследование посвящено указанному виду преступности в Дальневосточном федеральном округе (ДФО), имеющем особое значение для стратегического развития страны в целом.

Результаты и обсуждение

Логичной представляется структура работы, которая состоит из введения, двух глав, объединяющих семь параграфов, заключения, списка литературы.

Во введении соискатель обосновывает актуальность темы исследования, показывает степень ее научной разработанности, определяет объект, предмет, цели и задачи исследования, указывает на его методологию и методы, теоретическую и нормативно-правовую основу, эмпирическую базу, научную новизну, формулирует основные положения, выносимые на защиту, отвечающие критериям научной новизны, показывает теоретическую и практическую значимость результатов диссертационного исследования, приводит данные о его апробации, обосновывает структуру работы.

В первой главе диссертации соискатель характеризует особо тяжкую преступность как объект криминологического исследования, а также ее основные криминологические показатели. При определении данного вида преступности соискатель берет за основу наиболее распространенное в криминологии определение преступности, авторы которого исходят из того, что преступность – это уголовно-правовое, исторически изменчивое негативное социальное явление, включающее в себя образующую систему совокупность преступлений, и лиц, их совершивших на определенной территории за определенный период времени. В качестве видовых признаков этого вида преступности в работе указываются ее направленность на жизнь человека, суверенитет, обороноспособность, политическую и экономическую системы государства либо совершение преступлений особо опасным способом, с причинением особо тяжких последствий, организованной преступной группой, при наличии других особо отягчающих обстоятельств, за которые законом предусмотрено наказание в виде лишения свободы на срок свыше десяти лет или более строгое наказание. Такое опреде-

ление необходимо соискателю для того, чтобы четко определить предмет и рамки своего исследования. Проведенное соискателем исследование позволяет ему сделать вывод о том, что уровень зарегистрированной преступности в некоторых регионах ДФО за 2016–2020 г. г. значительно превышал показатели общероссийской преступности, а наибольший удельный вес составили преступления против личности, что к наиболее криминогенным регионам ДФО относятся Амурская область, Еврейская автономная область, Сахалинская область, что уровень зарегистрированной особо тяжкой преступности в период с 2016 по 2020 годы постепенно снижается. При характеристике вреда, причиненного преступлениями особой тяжести на территории ДФО, соискатель указывает на то, что этот вред за анализируемый период является ниже общероссийского показателя, однако коэффициент погибших от таких преступлений в два с половиной раза выше, чем в России в целом.

Во второй главе диссертации соискатель рассматривает детерминанты особо тяжкой преступности в ДФО. В работе использован разработанный в криминологии еще в советский период подход, в соответствии с которым детерминанты преступности рассматриваются на трех уровнях, а именно: общесоциальном, социально-психологическом и личностном. В качестве общесоциальных детерминант особо тяжкой преступности в ДФО в работе указываются прежде всего низкая трудовая и иная позитивная социальная занятость населения, невысокий уровень его доходов, распространенность неофициального трудоустройства (занятость населения в «теневом» секторе экономики), значительная разница в материальном положении отдельных социальных групп, повышенная и специфическая алкоголизация и наркотизация населения ДФО, сложные миграционные процессы в этом регионе, недостатки сферы образования, недостатки в организации деятельности органов уголовной юстиции. Анализ социально-психологических детерминант особо тяжкой преступности приводит соискателя к выводу о том, что преступники воспитывались в неполных, либо неблагополучных семьях, страдали алкогольной зависимостью, привлекались к уголовной ответственности. Исследование детерминант особо тяжкой преступности на личностном уровне показало, что личность преступника, совершившего особо тяжкие преступления, характеризуется высоким уровнем невротизации, депрессивности, неумелым воспитанием детей, криминальной виктимизацией, деформацией социальных ролей в основных сферах жизнедеятельности: трудовой, досуговой, в учебной, семейной.

В заключении подводятся основные итоги диссертационного исследования.

К числу принципиально новых положений, полученных лично соискателем, позволяющих определить исследование как научно-квалификационную работу, содержащую решение задач, имеющих существенное значение для теории и практики, следует отнести:

- критическое обобщение научных исследований, посвященных региональным проблемам особо тяжкой преступности, и развитие соответствующих теоретических положений;
- авторское определение особо тяжкой преступности с выделением ее видовых признаков;
- криминологическую характеристику основных статистических показателей особо тяжкой преступности в Дальневосточном федеральном округе в сравнении с этим видом преступности в России в целом;
- характеристику детерминант особо тяжкой преступности в Дальневосточном федеральном округе, обусловленных его транспортной отдаленностью, более низким уровнем доходов населения, его повышенной алкоголизацией, а также большим удельным весом не занятого социально-полезной деятельностью населения по сравнению с общероссийским уровнем в целом, наличием собственной сырьевой базы для производства наркотических средств и другими социальными явлениями;
- предложения по основным направлениям предупреждения особо тяжкой преступности в Дальневосточном федеральном округе.

Указанные выше обстоятельства свидетельствуют о завершенном и самостоятельном научном исследовании.

Вместе с тем, в тексте диссертации содержатся положения, по поводу которых необходимо сделать следующие замечания.

1. Соискатель утверждает, что под детерминантами преступности она понимает причины, порождающие преступность как свое закономерное следствие, условия, формирующие причину или способствующие ее проявлению, факторы, создающие определенную зависимость от них преступности, однако не порождающие ее, не формирующие ее причину или не способствующую проявлению причины (с. 78–79). Полагаем, что сама по себе установка исследователем детерминант особо тяжкой преступности с этой позиции не вызывает возражений. Однако в самой работе этот подход не наполнен конкретным содержанием, а именно: соискатель не обосновал, почему одни социальные процессы он отнес к причинам особо тяжкой преступности, другие – к ее условиям, а третьи – к ее факторам. Полагаем, что соискатель должен был исходить из тесноты взаимосвязи между уровнем особо тяжкой преступности и наиболее важными социальными явлениями в обществе. Например, наличие слабой положительной связи между уровнем особо тяжкой преступности и динамикой численности населения в ДФО позволяет говорить об этой динамике как о факторе такой преступности; наличие заметной положительной (отрицательной) связи между уровнем особо тяжкой преступности и динамикой потребления алкоголя на душу населения в ДФО позволяет говорить об этой динамике как об условии такой преступности; наличие тесной положительной связи между уровнем особо тяжкой преступности и динамикой неравенства в распределении доходов в ДФО позволяет говорить об этой динамике как о причине такой преступности и т. д.

2. Нельзя в полной мере согласиться с использованием соискателем как универсального подхода, в соответствии с которым детерминанты преступности рассматриваются на трех уровнях: общесоциальном, социально-психологическом и личностном (с. 11–12, 77–139, 141–142). Действительно, такой подход в течение десятилетий позволял показать, как негативные социальные процессы, происходящие на уровне всего общества, формировали личность преступника через деформацию образа жизни малых социальных групп, в которых происходит жизнедеятельность личности. Однако ситуация резко изменилась с распространением сети Интернет, который негативно действует на личность непосредственно, не позволяя включиться антикриминогенным свойствам малых социальных групп. Достаточно в этой связи указать на масштабную вербовку террористическими и экстремистскими организациями своих адептов. Кроме того, глобальные процессы общемировой миграции населения, который отрывает личность от привычной социальной среды обитания, прежде всего от своего малого социума (семьи, соседской общины, неформального окружения, трудовой сферы, сферы образования), не позволяет этому социуму нейтрализовать непосредственное криминогенное влияние на личность общесоциальных негативных явлений [2, с. 5].

3. Вызывает возражение суждение соискателя о выделении общесоциального, специального и индивидуального предупреждения особо тяжкой преступности (с. 13, 142, 144–147, 150–151). Под общесоциальным предупреждением такой преступности соискатель понимает реализацию мероприятий, направленных на улучшение уровня жизни всего населения страны и осуществляемых на уровне всего общества (сокращение безработицы, повышение уровня доходов населения и т. д.), под специальным предупреждением – деятельность, направленную на предупреждение преступного, правонарушающего и девиантного поведения (алкоголизма, наркомании, незаконного оборота наркотиков и т. д.), под индивидуальным предупреждением – деятельность, направленную на выявление лиц, склонных к совершению преступлений и применение в отношении них усилий, корректирующих поведение. Полагаем, что в предложенной классификации происходит смешение уровня предупреждения преступности и содержания его отдельных видов. Общесоциальное предупреждение возможно как на уровне всего общества, так и на уровне малых групп, в которых происходит формирование личности преступника (например, оздоровление семейного окружения при улучшении жилищных условий семьи), а также на уровне отдельной личности (например, помощь в бытовом и трудовом устройстве лицу, отбывавшему наказание в виде лишения

свободы за тяжкое и особо тяжкое преступление). Специальное предупреждение также может осуществляться на трех уровнях, например, на общесоциальном уровне путем совершенствования правовых основ и организации деятельности по контролю за всеми лицами, совершившими тяжкие и особо тяжкие преступления, на уровне малых групп – путем использования средств исправительного воздействия в отношении лиц, отбывающих наказание в исправительных учреждениях, на индивидуальном уровне – путем осуществления контроля со стороны уголовно-исполнительной инспекции за лицами, осужденными за тяжкие, особо тяжкие преступления и условно-досрочно освободившимися из мест лишения свободы. Реализация высказанной соискателем позиции в практической деятельности государства по предупреждению преступности фактически приводит к тому, что на индивидуальном уровне к конкретному лицу, прежде всего, совершившему преступление, применяются в основном меры предупреждения, связанные с принуждением (контролем или надзором за его поведением). Напротив, редко применяются меры, связанные с оказанием таким лицам помощи в трудовом и бытовом устройстве, в решении правовых вопросов, с воспитательным воздействием [3, с. 11–12].

Заключение и выводы

Вместе с тем, высказанные замечания не снижают значимости проделанной диссертантом работы.

Диссертация Стоун Елена Михайловна «Криминологическая характеристика особо тяжкой преступности Дальневосточного федерального округа», внесшая определенный вклад в решение поставленной проблемы, представляет собой актуальное самостоятельное научное исследование, которое имеет завершённый вид, основано на достаточной эмпирической базе, что обеспечивает его достоверность; содержащиеся в нем выводы и предложения обладают научной новизной и практической значимостью, содержание автореферата соответствует содержанию текста диссертации, основные научные результаты отражены соискателем в тринадцати научных статьях, из которых четыре помещены в таких ведущих рецензируемых научных изданиях, как «Азиатско-Тихоокеанский регион: экономика, политика, право», «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Экономика и право», «Вестник Томского государственного университета. Право».

Диссертация и автореферат соответствуют требованиям действующего Положения о порядке присуждения ученой степени кандидата юридических наук, ученой степени доктора юридических наук НИ ТГУ (Приложение 2 к приказу от 02.07.2021 № 644/ОД).

На основании изложенного полагаю, что автор диссертации – «Криминологическая характеристика особо тяжкой преступности Дальневосточного федерального округа» Стоун Елена Михайловна – заслуживает присуждения ей искомой ученой степени кандидата юридических наук по специальности 12.00.08 (уголовное право и криминология; уголовно-исполнительное право).

Литература

1. Стоун, Е. М. Криминологическая характеристика особо тяжкой преступности Дальневосточного федерального округа : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук : 12.00.08 / Е. М. Стоун. – Томск, 2022. – 173 с. – Текст : непосредственный
2. Прокументов, Л. М. Общесоциальные детерминанты преступности / Л. М. Прокументов, А. В. Шеслер. – Текст : непосредственный // Всероссийский криминологический журнал. – 2018. – Т. 12, № 1. – С. 11–13.
3. Акинина, Н. Ю. Профилактика рецидива преступлений среди лиц, осужденных за розничную продажу алкогольной продукции несовершеннолетним / Н. Ю. Акинина, А. А. Берндт. – Текст : непосредственный // Вестник Кузбасского института. – 2021. – № 3 (48). – С. 9–17.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ
И ТЕХНОЛОГИИ

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ПЕНОБЕТОНА НА КВАРЦЕЦЕМЕНТНОМ ВЯЖУЩЕМ

Кузнецова Ирина Николаевна

*кандидат технических наук, доцент,
доцент Высшей инженеринговой школы
Института нефти и газа,*

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»

Ханты-Мансийск, Россия

E-mail: inkuznecova@mail.ru

ORCID: 0000-0002-4907-2369

Курбанова Разият Багаудтиновна

*аспирант Высшей инженеринговой школы
Института нефти и газа,*

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»

Ханты-Мансийск, Россия

E-mail: kurbanovarb@yandex.ru

ORCID: 0000- 0002-0363-2850

Предмет исследования: в статье рассмотрен пенобетон на кварцецементном вяжущем, массовое внедрение кварцевого сырья в строительство можно считать практически достижимым и экономически выгодным.

Цель исследования: предложить технологию пенобетона на кварцецементном вяжущем – путем введения в состав вяжущего ультрадисперсного наполнителя (наномодификатора) из активированных отходов кварца позволит снизить расход цемента на 10 % и улучшить его физико-механические показатели.

Методы и объекты исследования: наномодификатор получен при механической и механогидравлической активациях, предложенные технологии активации наполнителя позволят улучшить структуру цементного камня формирующие порообразующие перегородки пенобетона за счет повышения плотности упаковки и химической активности наноразмерных частиц в процессах фазообразования гидратных соединений.

Результаты исследования: предложенная технология теплоизоляционного пенобетона на кварцецементном вяжущем позволяет создать структуру пор диаметром от 52 мкм при плотности пенобетонных образцов 500 кг/м³ и общей пористости 65–75 %, а также позволит увеличить прочностные характеристики пенобетона до 7,7–13,8 % за счет дискретного армирования кварцевыми отходами (наномодификатором) порообразующих перегородок.

Ключевые слова: кварц, кварцецементное вяжущее, цементный камень, наночастица, наномодификатор, пенобетон.

BASIC PROPERTIES OF FOAMCONCRETE ON QUARTZCEMENT BINDER

Irina N. Kuznetsova

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Higher School of Engineering*

Institute of Oil and Gas,

Yugra State University

Khanty-Mansiysk, Russia

E-mail: inkuznecova@mail.ru

Raziyat B. Kurbanova

Graduate Student of the Higher School of Engineering
Institute of Oil and Gas,
Yugra State University
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: kurbanovarb@yandex.ru

Subject of research: the article considers foamconcrete on quartz cement binder, the mass introduction of quartz raw materials in construction can be considered practically achievable and economically profitable.

Purpose of research: the technology of foam concrete on quartz-cement binder is proposed – by introducing an ultrafine filler (nanomodifier) from activated quartz waste into the binder, reduces cement consumption by 10 % and improves its physical and mechanical properties.

Methods and objects of research: the nanomodifier was obtained with mechanical and mecano-hydraulic activation, the proposed filler activation technologies will improve the structure of cement stone forming foamconcrete pore-forming partitions by increasing the packing density and chemical activity of nanoscale particles in the processes of hydrate compounds phase formation.

Main results of research: the proposed technology of heat-insulating foamconcrete on quartzcement binder allows you to create a pore structure with a diameter of 52 microns at a density of 500 kg/m³ foamconcrete samples and a total porosity of 65–75 %, and will also increase the strength characteristics of foamconcrete to 7.7–13.8 % due to discrete reinforcement with quartz waste (nanomodifier) of pore-forming partitions.

Keywords: quartz, quartzcement binder, cement stone, nanoparticle, nanomodifier, foamconcrete.

Введение

В работах [2–5] рассмотрены макроструктура и микроструктура цементного камня, а также пенобетона в целом. Пенобетон на кварцецементном вяжущем представляет собой сплошную среду твердого материала из цементного камня формирующего порообразующие перегородки с равномерно распределенными порами и является основным компонентом пенобетона, определяющим его свойства и долговечность. Использование кварцевых отходов как ультрадисперсного наполнителя (наномодификатора) в структуре порообразующих перегородок пенобетона, повышает прочность пенобетона за счет дискретного армирования кварцевыми отходами (наномодификатором) порообразующих перегородок и снижает расход цемента. В результате химических и физико-химических взаимодействий определяется практическая ценность цемента, именно продукты твердения силикатов кальция формируют прочность цементного камня.

Формирование капиллярно-пористой структуры цементного камня формирующего порообразующие перегородки пенобетона на кварцецементном вяжущем, осуществляется в процессе сложного гидратационного взаимодействия твердой, жидкой и газообразной фаз. Прочное сцепление активированных кварцевых отходов с новообразованиями цемента является очень важным в формировании структуры цементного камня формирующего порообразующие перегородки пенобетона. Наполнитель должен обладать большой активностью химического взаимодействия с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и другими продуктами гидратации клинкера, и иметь поверхность наиболее совместимую со структурой кристаллизующихся гидратов, для которых эта поверхность служит подложкой [1–4]. Стоит отметить, что с изменением размеров частиц твердых веществ, участвующих в реакции, может меняться не только скорость процесса, но и механизм твердофазной реакции.

Технология пенобетона на кварцецементном вяжущем создает однородно распределенную структуру повышенной прочности и пониженной теплопроводности пенобетона.

Методы исследования пенобетона на кварцецементном вяжущем проведены на приборе ПСХ-12 на котором определяли средний размер частиц и удельную поверхность, массу образцов определяли на весах ГОСМЕТР ВЛТЭ-150, на установке с цифровым модулем МАТЕСТ определяли предел прочности при сжатии, размеры и распределение пор в образцах проводили методом ртутной порометрии на порометре Quantachrome PoreMaster 33, а активация кварцевой смеси проводилась с помощью мельницы роторного непрерывного действия.

Наномодификатор из активированных отходов кварца получен при механической активации и механогидравлической активации. При механической активации осуществляется только механическая активация, а при механогидравлической активации осуществляется одновременно как механическая активация, так гидравлическая, турбулентная и акустическая активации. В процессах синтеза структурообразования участвует полученная от активации кварцевых отходов активная тонкомолотая пыль [4–6].

Технологическая схема пенобетона на кварцецементном вяжущем представлена на рисунке 1.

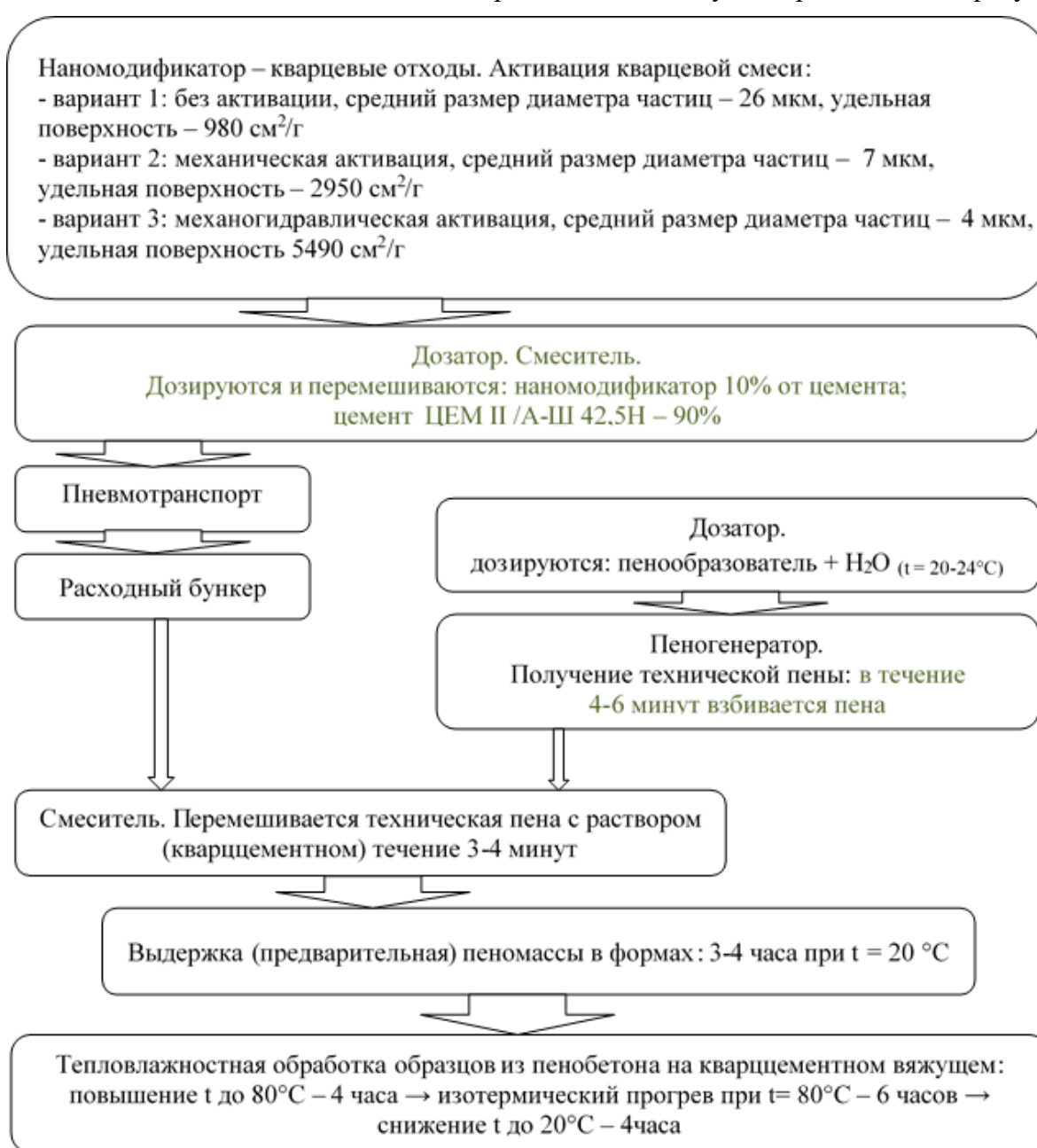


Рисунок 1 – Технологическая схема пенобетона на кварцецементном вяжущем

Результаты и обсуждение

Предложенная технология теплоизоляционного пенобетона на кварцецементном вяжущем формирует однородно распределенную замкнутую структуру пор при этом одинаковыми по сечению порообразующими перегородками. В процессе формирования структуры порообразующих перегородок армирование осуществляется активированными отходами кварца (наномодификатором).

Влияние на свойства пенобетона на кварцецементном вяжущем оказывает объём и размер пор образцов, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние диаметра на объём пор пенобетона

Образцы цементного камня формирующего порообразующие перегородки		Образцы пенобетона на кварцецементном вяжущем	
Средний диаметр пор, мкм	Средний объём пор, см ³ /г	Диаметр пор, мкм	Объём пор, см ³ /г
0,061	0,04	от 52 до 1	0,65-0,75

Физико-технические свойства, которые являются основными для пенобетонных образцов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-технические свойства пенобетонных образцов на кварцецементном вяжущем

1	Марка бетона по средней плотности		D400
	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м К) (наномодификатор – кварцевые отходы)		
2	Без активации	Механическая активация	Механогидравлическая активация
	0,122	0,112	0,105
3	Паропроницаемость образцов, кг/(м ч Па)		0,18–0,2
4	Сорбционная влажность при относительной влажности – 75 %		не более 7–9
	Прочность пенобетонных образцов при сжатии, МПа		
5	Без активации	Механическая активация	Механогидравлическая активация
	1,3	1,4	1,58

Заключение и выводы

Использование кварцевых отходов с применением предложенных технологий их активации, позволит улучшить структуру цементного камня формирующего порообразующие перегородки пенобетона на кварцецементном вяжущем за счет повышения плотности упаковки и химической активности наноразмерных частиц в процессах фазообразования гидратных соединений. Использование активированных кварцевых отходов с повышенной удельной поверхностной энергией, как высокореакционного пуццолана, способствует получению более прочного и долговечного цементного камня формирующего порообразующие перегородки на кварцецементном вяжущем.

Технология пенобетона на кварцецементном вяжущем позволяет повысить однородность пенобетонной смеси, формирует однородно распределенную замкнутую структуру пор, позволяет создать структуру пор диаметром от 52 мкм при плотности пенобетонных образцов 500 кг/м³ и общей пористости 65–75 %. Ведение в состав вяжущего ультрадисперсного наполнителя (наномодификатора) из активированных отходов кварца позволит снизить расход цемента до 10 %, повысить прочность пенобетона до 7,7–13,8 % при этом понизив коэффициент теплопроводности до 8–13,9 %, позволит сократить затраты при производстве кварца, и решить проблему утилизации кварцевых отходов, тем самым снизив экологическую нагрузку на окружающую среду от деятельности предприятия.

Литература

1. Гусев, Б. В. Бетоны с наполнителями различной дисперсности и их наномодификация / Б. В. Гусев. – Текст : непосредственный // Нанотехнологии в строительстве. – 2019. – Т. 10, № 4. – С. 384–393.
2. Формирование структуры композиционных материалов и их свойства / под общей редакцией Б. В. Гусева. – Москва : Науч. мир, 2006. – 559 с. – Текст : непосредственный.
3. Батраков, В. Г. Модифицированные бетоны / В. Г. Батраков. – Москва : Стройиздат, 1998. – 395 с. – Текст : непосредственный.
4. Оценка влияния кварцевых отходов на физико-механические свойства цементного камня / А. Ф. Косач, И. Н. Кузнецова, Р. Б. Курбанова. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2020. – № 10 (742). – С. 17–26.
5. Darulis, M. A. Structure and properties of the cement stone modified by ultradispersed quartz waste / M. A. Darulis, I. N. Kuznetsova, A. F. Kosach // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – P. 012032.
6. Kuznetsova, I. N. The technology for concrete production using an activated mixture of wood procession waste and sand / I. N Kuznetsova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1093. – P. 012018

**ЗАВИСИМОСТЬ КРИВОЙ ИТК НЕФТИ
ОТ СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА**

Нигаметзянов Ильнар Ринатович

*аспирант Института нефти и газа,
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»,
Инженер лаборатории исследования свойств пластовых флюидов
АУ ХМАО – Югры «Научно-аналитический центр
рационального недропользования им. В. И. Шпилемана»
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: NigametzyanovIR@nacrn.hmao.ru*

Вторушина Элла Александровна

*кандидат химических наук,
доцент Института нефти и газа
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»,
Заместитель директора по научной работе
АУ ХМАО – Югры «Научно-аналитический центр
рационального недропользования им. В. И. Шпилемана»
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: VtorushinaEA@nacrn.hmao.ru*

Муратова Валерия Михайловна

*Заведующий лабораторией исследования свойств пластовых флюидов
АУ ХМАО – Югры «Научно-аналитический центр
рационального недропользования им. В. И. Шпилемана»;
преподаватель Высшей нефтяной школы
Института нефти и газа,
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: v_muratova@ugrasu.ru*

Предметом данного исследования является изучение методов определения фракционного состава нефти.

Целью данной работы является оценка влияния метода определения фракционного состава на ИТК нефти на примере Салымского месторождения.

В данной статье описаны сравнительные результаты определения фракционного состава нефти Салымского месторождения, полученные тремя разными способами: атмосферно-вакуумной дистилляцией, методом Энглера, имитированной дистилляцией в газохроматографической колонке.

Полученные результаты показывают, какой в настоящее время (в зависимости от поставленных целей и задач) наиболее эффективный метод для исследования тяжелых нефтей, нефтяных остатков и нефтепродуктов.

Ключевые слова: фракционный состав нефти, ИТК нефти, газовая хроматография.

**DEPENDENCE OF TBP (TRUE BOILING POINT) CURVE FOR OIL
ON THE METHOD FOR DETERMINING THE FRACTIONAL COMPOSITION**

Ilmar R. Nigametzyanov

*Post-graduate Student of the Institute of Oil and Gas,
Yugra State University
Engineer of the Laboratory for Reservoir Fluids Properties Study,
Autonomous Institution "V.I. Shpilman Research
and Analytical Centre for the Rational Use of the Subsoil"
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: NigametzyanovIR@nacrn.hmao.ru*

Ella A. Vtorushina

*Candidate of Chemical Sciences,
Assistant Professor of the Institute of Oil and Gas,
Yugra State University
Deputy Director for Science,
Autonomous Institution "V.I. Shpilman Research
and Analytical Centre for the Rational Use of the Subsoil"
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: VtorushinaEA@nacrn.hmao.ru*

Valeriya M. Muratova

*Head of the Laboratory for Trace Element Analysis,
Autonomous Institution "V.I. Shpilman Research
and Analytical Centre for the Rational Use of the Subsoil";
Lecturer of the Higher Oil School,
Institute of Oil and Gas,
Yugra State University
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: v_muratova@ugrasu.ru*

The subject of this study is the study of methods for determining the fractional composition of oil.

The purpose of this work is to assess the influence of the method of determining the fractional composition on the oil TIC on the example of the Salymskoye field.

This article describes the comparative results of determining the fractional composition of the oil of the Salym field, obtained by three different methods: atmospheric vacuum distillation, the Engler method, simulated distillation in a gas chromatographic column.

The results obtained show which currently depends on the goals and objectives is a more effective method for the study of heavy oils, oil residues and petroleum products.

Keywords: fractional composition of oil, true boiling point curve for oil, gas chromatography.

Введение

Кривая ИТК (истинных температур кипения) нефти – это график, отражающий кумулятивный выход различных фракций в заданном диапазоне температур, который позволяет определить фракционный состав сырья, дать характеристику его качества и возможных направлений переработки.

Существуют базовые методы определения фракционного состава нефти:

1. Метод Энглера представляет собой дистилляцию с однократным испарением. Недостатком данного метода является то, что часть низкокипящих фракций может остаться в дистилляте и, наоборот, высококипящие фракции могут перейти в дистиллят.

2. Атмосферно-вакуумная дистилляция – метод, позволяющий проводить более точное разделение по фракциям благодаря наличию в установке теоретических тарелок, с увеличением количества которых повышается качество разделения.

3. Имитация дистилляции в газохроматографической колонке появилась благодаря развитию хроматографических методов исследований, позволяет получать данные фракционного состава в кратчайшие сроки с использованием минимального количества образца [1].

Определение фракционного состава нефти играет важную роль при выборе способа переработки нефти и позволяет оценить потенциальный выход светлых фракций. Несмотря на то, что в каждой нефтехимической лаборатории есть оборудование для получения результатов по температурам выкипаний определенных фракций нефти, необходимо учитывать границы применимости каждого из методов, их недостатки и преимущества.

Определение фракционного состава по Энглеру можно назвать малозатратным и экспрессным методом построения ИТК нефти. Суть данного метода заключается в однократном испарении пробы нефти до температуры 335 °С по ГОСТ 2177 (метод Б). При этом объем расходуемой нефти составляет от 100 до 125 мл при временных затратах от 30 до 60 минут в зависимости от природы исследуемой нефти. Самое простое оборудование для реализации этого метода включает: колбу, термометр, колбонагреватель, холодильник и каплеприемник. Получение данных по температурам выкипаний методом Энглера и построения ИТК нефти не требует высокой квалификации специалистов. Современные установки для определения фракционного состава по Энглеру автоматизированы, что позволяет с точностью до сотых определить температуры кипения и объем отгоняемых фракций. В дальнейшем полученные данные используются для построения ИТК нефти. Основным недостатком данного метода является однократное испарение пробы, что не позволяет части высококипящих фракций остаться в жидкой фазе, а части низкокипящих – перейти в дистиллят. Это происходит из-за высокой скорости нагрева, которую не всегда можно контролировать. Несмотря на это, данный метод является одним из самых распространенных способов определения фракционного состава [2].

Главной особенностью атмосферно-вакуумной дистилляции является возможность разделения нефти на более узкие фракции в зависимости от заданной температурной программы. Качество разделения будет зависеть от количества теоретических тарелок: чем больше их в установке, тем более качественное разделение можно будет наблюдать. В настоящее время большая часть атмосферно-вакуумных установок автоматизированы, начиная от процесса дебутанизации при атмосферном давлении и заканчивая стадией охлаждения. Полученные фракции принимаются в специальные бутылки и взвешиваются на весах для построения ИТК нефти. Рабочий температурный диапазон для построения ИТК составляет от 40 до 390 °С. Однако атмосферно-вакуумная дистилляция не подходит для экспрессного анализа ввиду длительности процесса (от 24 до 36 часов рабочего времени) и требований большого объема пробы (3–7 литров) [3].

Благодаря развитию хроматографических методов исследования появилась возможность построить ИТК нефти методом имитированной дистилляции. Данный метод имеет ряд преимуществ перед остальными. Он является простым, экспрессным, позволяет получить данные выкипаний фракций при температурах свыше 390 °С. Суть данного метода состоит в газохроматографическом разделении компонентов нефти, что позволяет в короткие сроки определить температуры выкипаний фракций и получить информацию о химическом составе исследуемых нефтепродуктов, затрачивая от 1 до 2 граммов образца [4]. В ходе анализа углеводороды элюируются из газохроматографической колонки в порядке увеличения их температур кипения и на выходе регистрируются пламенно-ионизационным детектором (ПИД). Как оказалось, зависимости времени элюирования углеводородов от их температур кипения имеют линейный характер, что позволяет использовать полученные данные для определения фракционного состава и построения ИТК нефти. Одним важным условием для реализации дан-

ного метода является минимизация содержания воды в пробе нефти. Присутствие воды в образце может вывести из строя капиллярную колонку и привести к недостоверным результатам [5].

Цель данной работы – оценка влияния метода определения фракционного состава на ИТК нефти на примере Салымского месторождения.

Результаты и обсуждение

Экспериментальная часть

Для сравнительного анализа методов определения фракционного состава была использована проба нефти Салымского месторождения со следующими физико-химическими показателями: плотность – $0,87012 \text{ г/см}^3$; кинематическая вязкость – $22,808 \text{ мм}^2/\text{с}$; молекулярная масса – $228,840 \text{ г/моль}$.

Разрешенное количество воды в пробе при использовании метода Энглера и атмосферно-вакуумной разгонки составляет не более 2 % масс., а для имитированной дистиляции – не более 1 % масс. Большее содержание воды делает недостоверным определение выхода (% масс.) фракций при температуре паров от 80 до 200 °С, так как все фракции данного диапазона будут содержать воду при ректификационной дистиляции. При имитированной дистиляции повышенное количество воды также оказывает негативное влияние на неполярную подвижную фазу хроматографической колонки.

Перед началом анализа было проведено обезвоживание пробы нефти путем добавления в нее деэмульгатора и отстаивания в течение 24 часов. Деэмульгатор с течением времени расслаивает нефть на водную и нефтяную фазу, через 24 часа происходит четкое разделение водной и нефтяной фазы. Для контроля обезвоживания анализировали содержание воды в пробе методом Карла-Фишера с использованием автоматического титратора.

Определение фракционного состава проводили тремя способами:

1. По методу Энглера – в соответствии с ГОСТ 2177 (метод Б) на автоматическом анализаторе фракционного состава Diana 700 (Anton Paar ProveTec GmbH, Германия). Сущность метода заключается в перегонке $100\text{--}125 \text{ см}^3$ испытуемого образца и проведении постоянных наблюдений за показаниями термометра и объемами конденсата при условиях, соответствующих природе продукта, поскольку тяжелые нефти содержат большое количество высококипящих фракций их анализ является более трудоемким, в отличие от легкой нефти.

2. Дистиляцией на автоматической атмосферно-вакуумной дистиляционной установке для определения фракционного состава сырой нефти «EURodist TBP 10L» (Rofa, Австрия) согласно ASTM D 2892-05 и ГОСТ 11011-85. Отбор фракций проводили с шагом 10 °С от 40 до 390 °С.

3. Имитированной дистиляцией согласно ASTM 7169 с использованием газохроматографического комплекса на базе «Кристалл 5000,2» (Хроматек, Россия) с ПИД детектором, кварцевой капиллярной колонкой DB-1 («Agilent Technologies») на основе 100% диметилполисилоксана. Построение ИТК проводили с шагом 10 °С от 10 до 660 °С.

Результаты эксперимента

Результаты определения фракционного состава нефти, полученные путем атмосферно-вакуумной ректификации и имитированной дистиляции с использованием газохроматографического анализа, представлены в таблице 1. Сравнительный анализ полученных данных показывает, что они незначительно отличаются друг от друга.

Таблица 1 – Результаты определения фракционного состава методами атмосферно-вакуумной ректификации и имитированной дистиляции.

Температура выкипания, °С	Выход, %масс.		Температура выкипания, °С	Выход, %об.	
	Атмосферно- вакуумная рек- тификация	Имитированная дистиляция		Атмосферно- вакуумная рек- тификация	Имитированная дистиляция
до 40	4,0±0,4	2,94±0,29	220	27,0±2,7	25,2±2,5
50	4,5±0,5	3,08±0,31	230	28,7±2,9	26,8±2,7
60	5,3±0,5	3,11±0,31	240	30,4±3,0	28,5±2,9
70	6,6±0,7	4,9±0,5	250	32,2±3,2	30,0±3,0

80	7,3±0,7	5,4±0,5	260	34,0±3,4	31,8±3,2
90	8,4±0,8	5,9±0,6	270	35,7±3,5	33,4±3,3
100	9,9±1,0	8,1±0,8	280	37,4±3,7	35,2±3,5
110	10,9±1,1	8,8±0,9	290	39,0±3,9	37,0±3,7
120	12,3±1,2	10,3±1,0	300	41±4	38,6±3,9
130	13,7±1,4	11,6±1,2	310	43±4	41±4
140	14,9±1,5	12,7±1,3	320	45±5	43±4
150	16,5±1,7	13,9±1,4	330	47±5	44±4
160	17,9±1,8	16,3±1,6	340	48±5	46±5
170	19,4±1,9	17,5±1,8	350	50±5	48±5
180	20,9±2,1	19,2±1,9	360	52±5	49±5
190	22,3±2,2	20,5±2,1	370	53±5	51±5
200	23,7±2,4	22,1±2,2	380	55±5	53±5
210	25,3±2,5	23,5±2,4	390	57±6	54±5

Сопоставление кривых ИТК нефти, полученных путем атмосферно-вакуумной ректификации и имитированной дистилляции (рис. 1), демонстрирует отсутствие статистически значимых различий.

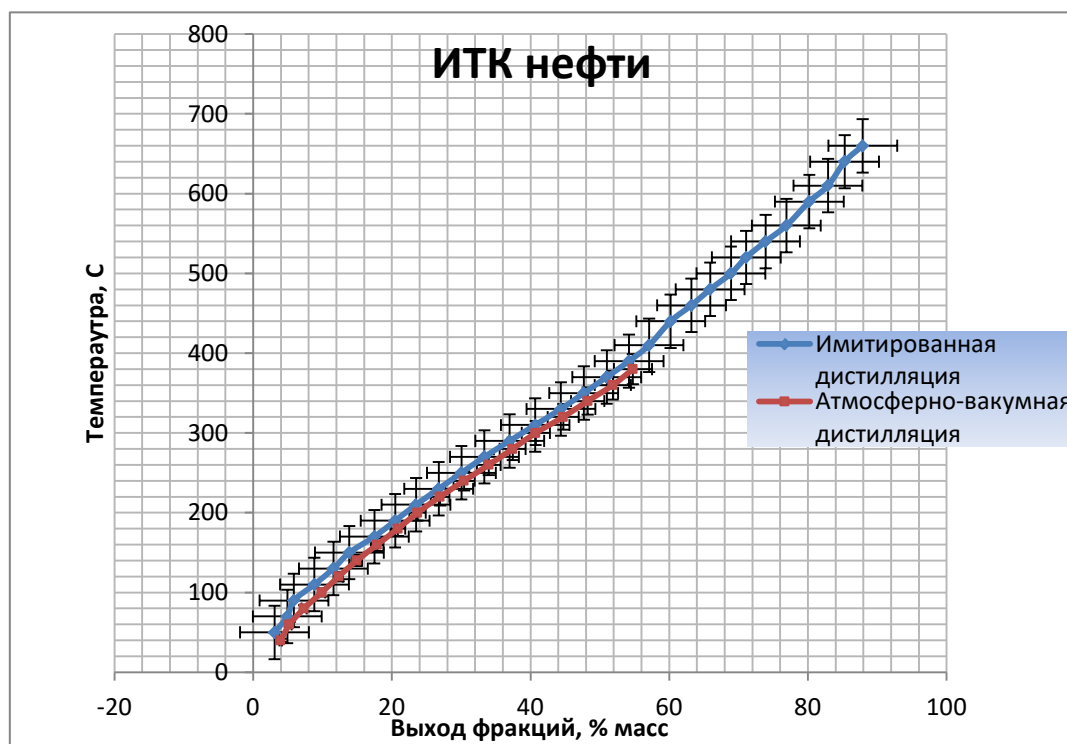


Рисунок 1 – ИТК нефти, полученные с применением атмосферно-вакуумной дистилляции и имитированной дистилляции

Однако метод имитированной дистилляции позволяет определить фракционный состав в более широком диапазоне температур (до 660 °С). В хроматографическом комплексе определяемый образец находится при пониженном давлении. При заданной температурной программе при максимальной температуре нагрева хроматографической колонки (400 °С), возможно зафиксировать компоненты, выходящие из нее, и просчитать температуры выкипаний вплоть до 660 °С. Именно поэтому данный метод называется имитированной дистилляцией. Такой широкий температурный диапазон возможен в связи с тем, что в хроматографической колонке находится сорбент, который способен адсорбировать на себе индивидуальные компоненты нефти. В составе колонки присутствует порядка 10 тысяч теоретических тарелок, благодаря которым происходит быстрое и качественное разделение всех индивидуальных компонентов, по сравнению с атмосферно-вакуумной дистилляцией, где количество теоретических тарелок не превышает 10, что дает возможность разделять только группы компо-

нентов. Имитированная дистилляция дает информацию о составе индивидуальных компонентов: исследование проб при таких высоких температурах позволяет определить количественное и качественное содержание н-алканов, изо-алканов и их производных.

К преимуществу атмосферно-вакуумной ректификации перед имитированной дистилляцией можно отнести возможность дальнейшего использования полученных после разделения фракций, что является большим «плюсом», когда необходимо получить данные по физико-химическим характеристикам узких фракций. К достоинствам имитированной дистилляции по сравнению с атмосферно-вакуумной ректификацией можно отнести: экспрессность анализа, получение данных ИТК нефти в более высоких температурных диапазонах и минимальное количество образца, необходимого для анализа.

Данные атмосферно-вакуумной ректификации, определения фракционного состава по Энглеру и имитированной дистилляции (табл. 2, рис. 2) хорошо согласуются между собой. Определение фракционного состава по Энглеру не позволяет построить и исследовать ИТК нефти свыше 335 °С, так как дистилляция этих фракций без крекинга неосуществима.

Таблица 2 – Результаты определения фракционного состава методами разгонки по Энглеру, атмосферно-вакуумной ректификации и имитированной дистилляции

Выход, % об.	Температура выкипания, °С		
	Разгонка по Энглеру*	Атмосферно-вакуумная ректификация	Имитированная дистилляция
0,1	44 ± 5 (н.к.)		
10,0	129 ± 4	120 ± 4	120 ± 14
20,0	182 ± 4	170 ± 7	180 ± 10
30,0	244 ± 4	230 ± 14	240 ± 10
40,0	302 ± 4	280 ± 17	300 ± 9
50,0	333 ± 2	340 ± 14	350 ± 9
60,0	335 ± 2 (к.к.)	390 ± 16	390 ± 9

*температуры в пересчете в ИТК
н.к. и к.к. – начало и конец кипения, соответственно

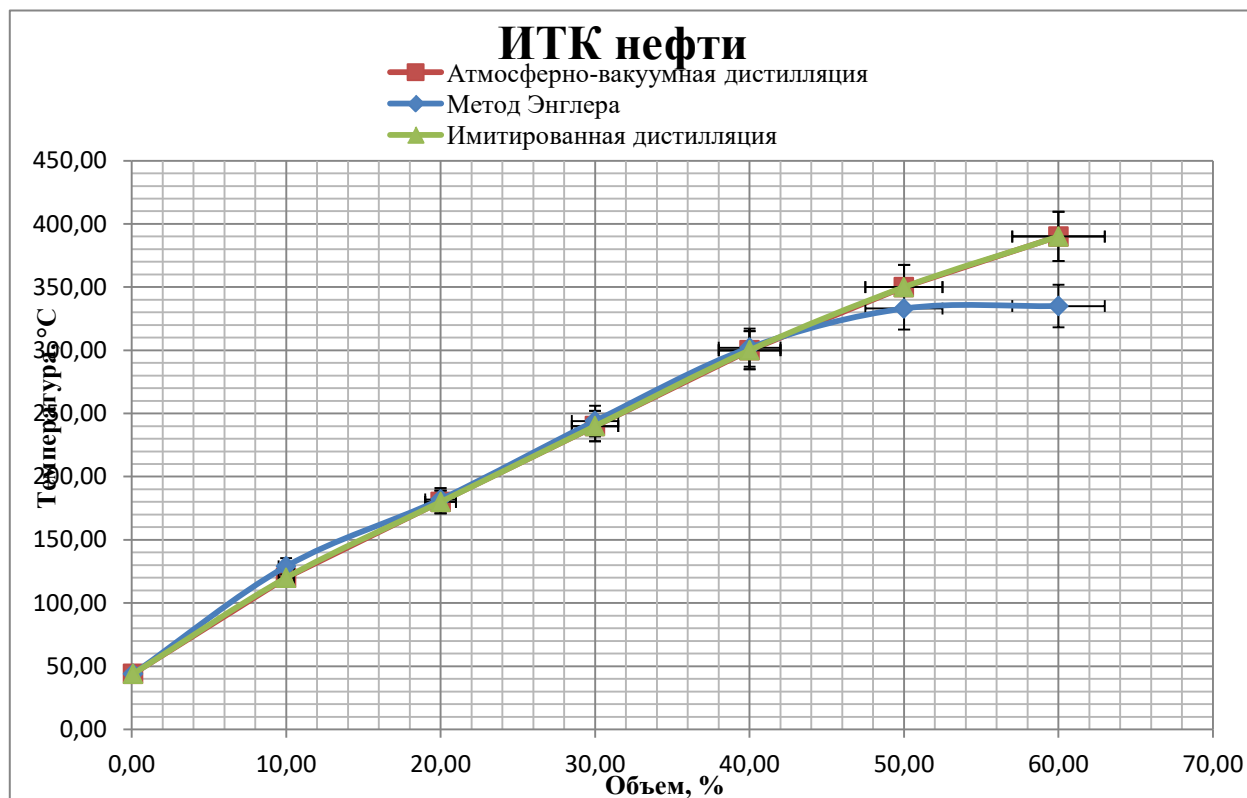


Рисунок 2 – Зависимость ИТК нефти от объема выходящих фракций

Заключение и выводы

Полученные результаты позволяют в зависимости от поставленных целей и задач, а также отталкиваясь от финансовых и временных затрат, выбрать способ определения фракционного состава. Разгонку по Энглеру рекомендуется использовать для потокового анализа легких и средних нефтей, а также для демонстрационных и образовательных целей, так как этот метод является самым простым и распространенным из всех перечисленных. При необходимости собрать объем определенных узких фракций для дальнейших исследований и отсутствии жестких временных рамок, лучше использовать атмосферно-вакуумную ректификацию. При малом количестве исследуемого образца и необходимости выполнения анализа быстро и в температурных диапазонах свыше 390 °С рекомендуется использовать имитированную дистилляцию.

Таким образом, метод Энглера рекомендуется, если не требуется детальное исследование фракционного состава нефти при высоких температурах. Для более тщательного исследования проб нефти рекомендуются два метода (атмосферно-вакуумная дистилляция и имитированная дистилляция), которые в настоящее время становятся все более востребованы для исследования фракционного состава тяжелых нефтей, нефтяных остатков и нефтепродуктов с температурами кипения выше 300 °С.

Литература

1. Рудин, М. Г. Карманный справочник нефтепереработчика / М. Г. Рудин, В. Е. Сомов, А. С. Фомин. – Москва : ЦНИТТЭнефтехим, 2004. – 336 с. – Текст : непосредственный.
2. Ильин, А. В. Химическая технология нефти и ее переработки : учебное пособие / А. В. Ильин, Р. Р. Давлетшин, А. И. Курамшин. – Казань : Казанский университет, 2018. – 80 с. – Текст : непосредственный.
3. Рябов, В. Д. Химия нефти и газа : учебное пособие / В. Д. Рябов. – Москва : ФОРУМ, 2009. – 336 с. – Текст : непосредственный.
4. Гордадзе, Г. Н. Углеводороды нефти и их анализ методом газовой хроматографии : учебное пособие / Г. Н. Гордадзе, М. В. Гируц, В. Н. Кошелев. – Москва : МАКС Пресс, 2010. – 240 с. – Текст : непосредственный.
5. Яшин, Я. И. Газовая хроматография / Я. И. Яшин, Е. Я. Яшин, А. Я. Яшин. – Москва : Транслит, 2009. – 528 с. – Текст : непосредственный.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРИВАЕМОСТИ МЕТОДОМ TIG
АЛЮМОМАТРИЧОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА АМГ2-TiC**

Луц Альфия Расимовна

кандидат технических наук,

доцент кафедры «Металловедение, порошковая

металлургия, наноматериалы»,

Самарский государственный технический университет

Самара, Россия

E-mail: alya_luts@mail.ru

Шерина Юлия Владимировна

аспирант кафедры «Металловедение, порошковая

металлургия, наноматериалы»,

Самарский государственный технический университет

Самара, Россия

E-mail: cullenbella97@mail.ru

Предмет исследования: свариваемость композиционного сплава АМг2-TiC.

Цель исследования: матричный сплав АМг2 часто используется в сварных соединениях. Армирование высокодисперсной керамической фазой карбида титана приводит к повышению твердости и прочности сплава, в связи с этим необходимо изучить, как ведет себя композиционный материал в процессе и после сварки.

Методы и объекты исследования: объектом исследования является композиционный сплав АМг2-TiC, полученный методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Микроструктурный анализ проведен на сканирующем электронном микроскопе Jeol JSM 6390A. Элементный состав определялся методом микрорентгеноспектрального анализа на сканирующем электронном микроскопе Jeol JSM 6390A с приставкой Jeol JED-2200. Твердость образцов была определена на твердомере ЗИП ТК=2М по методу Бринелля по ГОСТ 9012-59. Испытания на свариваемость проведены методом аргонно-дуговой сварки с применением сварочного инвентора марки Everlast Power TIG 210 EXT и присадочных материалов, наиболее близко соответствующих химическому составу матричного сплава.

Основные результаты: в данной работе показана возможность сварки композиционного материала методом TiG. Свариваемость композита оценена как удовлетворительная. Высокодисперсные частицы армирующей фазы не дислоцируют из зоны основного металла в зону сварного шва. Твердость композиционного материала после проведения аргонно-дуговой сварки не падает, а остается на прежнем уровне. Пористость в зоне сварного шва композита меньше, чем в зоне сварного шва матричного сплава.

Ключевые слова: алюминий, карбид титана, аргонно-дуговая сварка, композиционный материал.

**STUDY OF THE TIG WELDABILITY OF ALUMINUM MATRIX
COMPOSITE MATERIAL AMG2-TiC**

Alfiya R. Luts

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of
Metal Science, Powder Metallurgy, Nanomaterials,
Samara State Technical University
Samara, Russia
E-mail: alya_luts@mail.ru*

Yuliya V. Sherina

*Graduate Student of the Department of Metal Science,
Powder Metallurgy, Nanomaterials,
Samara State Technical University
Samara, Russia
E-mail: cullenbella97@mail.ru*

Subject of research: Weldability of the composite alloy AMg2-TiC.

Purpose of research: Matrix alloy AMg2 is often used in welded joints. Reinforcement with a highly dispersed ceramic phase of titanium carbide leads to an increase in the hardness and strength of the alloy; therefore, it is necessary to study how the composite material behaves during and after welding.

Methods and objects of research: The object of study is the AMg2-TiC composite alloy obtained by the method of self-propagating high-temperature synthesis. Microstructural analysis was carried out on a Jeol JSM 6390A scanning electron microscope. The elemental composition was determined by X-ray microanalysis on a Jeol JSM 6390A scanning electron microscope with a Jeol JED-2200 attachment. The hardness of the samples was determined on a hardness tester ZIP TK=2M using the Brinell method according to GOST 9012-59. Weldability tests were carried out by argon-arc welding using an Everlast Power TIG 210 EXT welding inventory and filler materials that most closely match the chemical composition of the matrix alloy.

Main results of research: This paper shows the possibility of welding a composite material using the TiG method. The weldability of the composite was rated as satisfactory. Highly dispersed particles of the reinforcing phase do not dislocate from the area of the base metal to the area of the weld. The hardness of the composite material after argon-arc welding does not fall, but remains at the same level. The porosity in the weld zone of the composite is less than in the weld zone of the matrix alloy.

Keywords: Aluminium, titanium carbide, argon arc welding, composite material.

Введение

Благодаря своим положительным свойствам алюмоматричные композиционные материалы активно применяются в промышленности, и, таким образом, являются основным направлением исследований. Главным сдерживающим фактором в настоящее время является их трудная обрабатываемость. Следовательно, необходим поиск подходящих процессов соединения, которые позволят целенаправленно и точно использовать АМКМ и минимизировать усилия по обработке.

В работе [7] описывается, что армирующая фаза, содержащаяся в матрице композита, не подвергается влиянию процесса соединения. Результаты испытаний не показывают ни транспорта, ни механического измельчения частиц карбида кремния. Доказано, что качество соединения получаемого материала, а также стабильность процесса зависят от задания пере-

менных параметров процесса. Так как композит размягчается в результате отжига, связанного с процессом сварки и материалом, большая часть образцов сварного шва выходит из строя за пределами зоны соединения. Со стороны неармированного алюминиевого сплава продемонстрировано отсутствие такого температурного разупрочнения.

Соединение сваркой плавлением остается главной проблемой композитов. Основными проблемами при сварке плавлением алюминиевых сплавов являются снижение механических свойств, вызванное изменением микроструктуры [1], и кристаллизационное растрескивание, вызванное высокой чувствительностью к горячему растрескиванию [2] под действием сварочных термических циклов, что является критическим фактором, приводящим к плохой свариваемости.

Одним из наиболее эффективных методов ликвидации горячих трещин является достижение перехода от столбчатых зерен к равноосным в процессе сварочного затвердевания [3]. Добавление наночастиц [4] является эффективным методом для получения тонкой равноосной зернистой структуры и устранения горячих трещин в алюминиевых сплавах [5,6]. Считается, что наночастицы TiC служат отличным гетерогенным зародышеобразователем и эффективной упрочняющей фазой.

В работе [8] была изготовлена нанообработанная присадочная проволока путем добавления наночастиц TiC в сплав Al-Mg-Mn и успешно произведена сварка сплавов AA2024, AA5083, AA6061, AA7075 методом дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде защитного газа (GTAW). Микроструктура зон сварки во всех зонах имела равноосные зерна диаметром менее 50 мкм, горячих трещин в сварных соединениях не наблюдалось.

Результаты и обсуждение

Для исследования были выбраны сплав АМг2 (ГОСТ 4784-97), порошок титана ТПП-7 (ТУ1715-449-05785388), порошок углерода П-701 (ГОСТ 7585-86), присадочная проволока 5356 (ГОСТ Р53689-2009 ИСО 544:2003). Заготовки перед сваркой обезжиривали ацетоном, затем поверхности стыка подвергали шлифовке. Угол основного металла при проведении эксперимента составляет 65° (рисунок 1), а метод сварки представляет собой газовую дуговую сварку вольфрамовым электродом (TIG) с использованием сварочного аппарата Everlast PowerTIG 210EXT. В качестве защитного газа используется Ar чистотой 99,999%. Сварочный ток составляет около 70 А, а скорость подачи газа 14 л/мин. После сварки образцы охлаждаются естественным образом, а затем зоны сварки подвергаются неразрушающему контролю. Образцы для измерения твердости также вырезаются из свариваемых пластин в поперечном направлении. Твердость полученных экспериментальных образцов определяли на твердомере ТШ-2М по ГОСТ 9012-59 (рисунок 2). Изготовление металлографических шлифов проводили на шлифовально-полировальной машине ПОЛИЛАБ П12МА с приставкой для работы в автоматическом режиме. Для выявления микроструктуры проводили травление образцов раствором 50% HF+50% HNO₃ в течение 10-15 сек. Металлографический анализ осуществляли на растровом электронном микроскопе Jeol JSM-6390A. Фазовый состав анализировался методом рентгенофазового анализа (РФА). Съемка рентгеновских спектров – на автоматизированном дифрактометре марки ARL X'trA (Thermo Scientific) с использованием Cu-излучения при непрерывном сканировании в интервале углов 2θ от 20 до 80 град со скоростью 2 град/мин. Анализ дифрактограмм проводился с использованием программы «HighScore Plus».

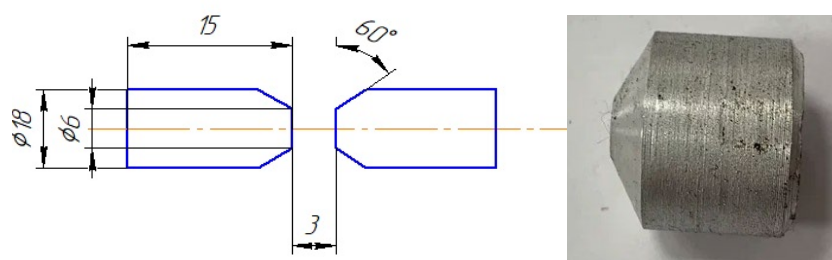


Рисунок 1 – Образцы для проведения TIG сварки

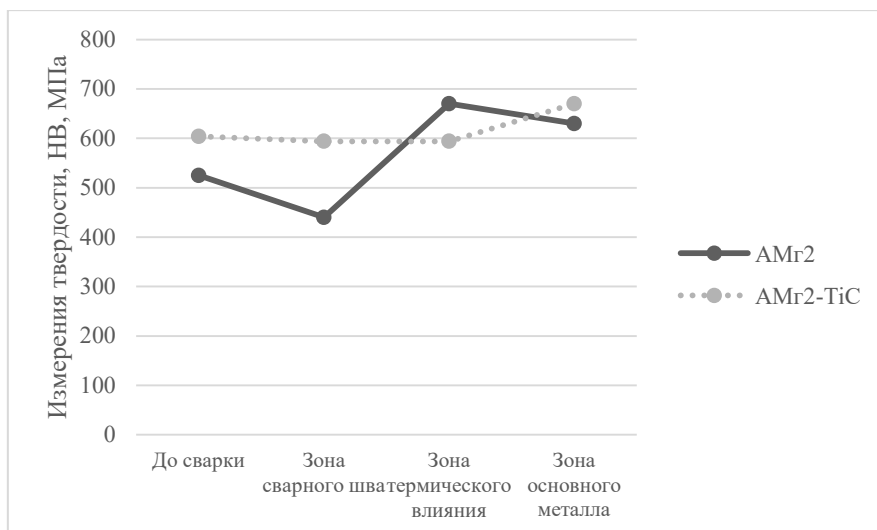


Рисунок 2 – Измерение твердости сварных образцов

Таким образом, значения твердости сварного образца АМг2-ТiС более стабильны, чем у матричного сплава АМг2. Также в зоне основного металла у композита наблюдаются наиболее высокие значения твердости, что объясняется присутствием частиц армирующей карбидной фазы.

Проанализируем микроструктуры образцов полученные на оптическом микроскопе при различном увеличении в разных зонах (рисунок 3-4).

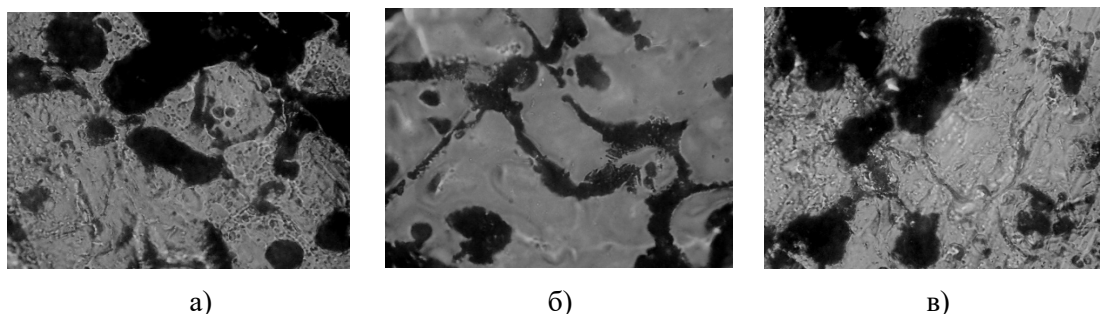
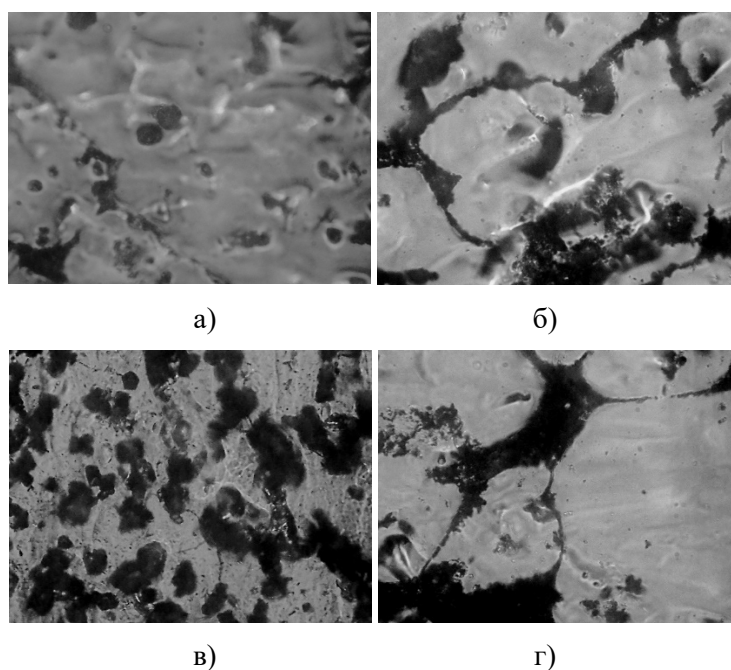
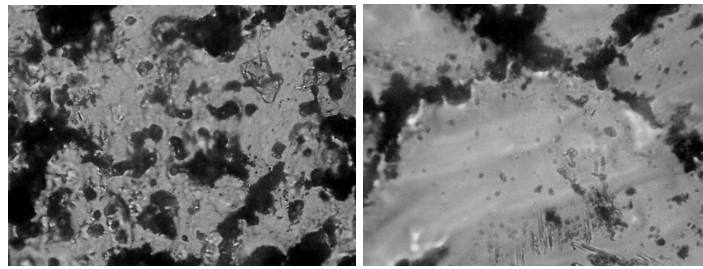


Рисунок 3 – Микроструктуры сварного образца АМг2 (увеличение 50 мкм): а) зона сварного шва; б) зона термического влияния; в) зона основного металла



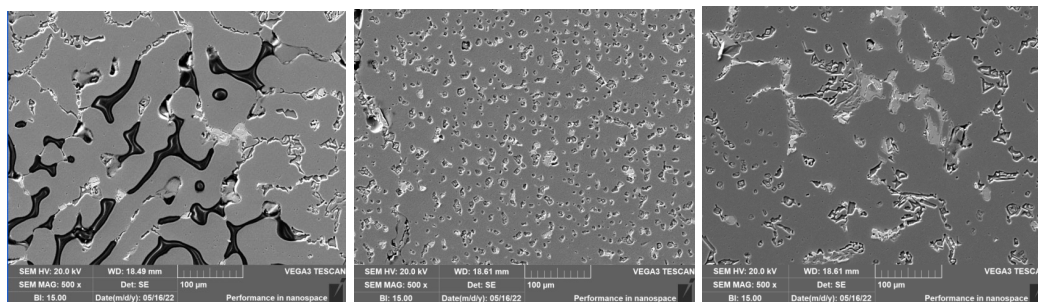


д)

е)

Рисунок 4 – Микроструктуры сварного образца АМг2-TiC (увеличение 50 мкм): зона сварного шва (а, б); зона термического влияния (в, г); зона основного металла (д, е)

Для определения природы черных пятен в образцах необходимо провести микроструктурный анализ на электронном микроскопе (рисунок 5–6), а также спектральный (таблица 1) и рентгенофазовый анализ (рисунок 7–8).

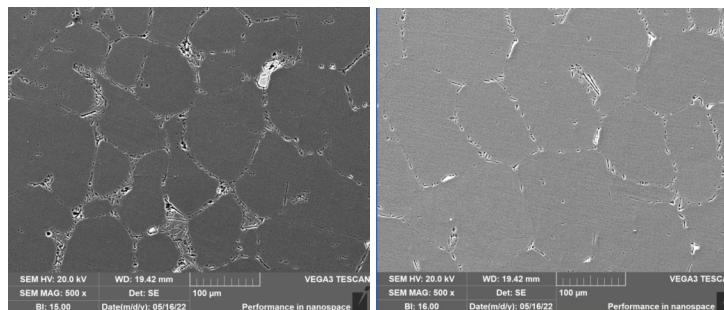


а)

б)

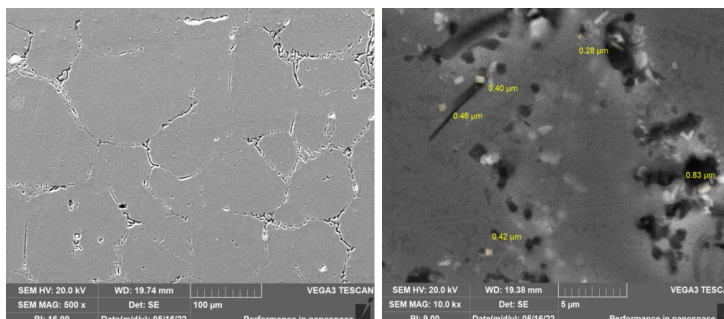
в)

Рисунок 5 – Микроструктуры сварного образца сплава АМг2: а) зона сварного шва; б) зона термического влияния; в) зона основного металла



а)

б)



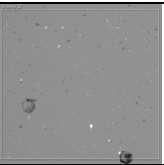
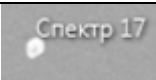
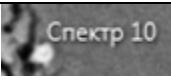
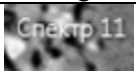
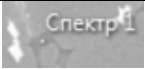
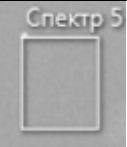
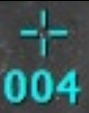
в)

г)

Рисунок 6 – Микроструктуры сварного образца композита АМг2-TiC: а) зона сварного шва; б) зона термического влияния; в) зона основного металла; г) карбидные включения в зоне основного металла

Анализируя микроструктуры, полученные на электронном микроскопе, очевидно, что в композиционном материале АМг2-TiC дефектов в виде пор, трещин и непроваров не присутствует, в отличие от сварного образца сплава АМг2.

Таблица 1 – Спектральный анализ композита АМг2-TiC

АМг2-TiC					
	012	017	010	011	012
O	-	-	-	-	-
Mg	0,37	-	-	0,77	5,77
Al	96,51	86,05	67,96	44,36	67,86
Si	3,12	9,24	2,3	16,73	11,05
Cu	-	0,46	-	-	-
Fe	-	1,02	-	-	-
Mn	-	3,22	-	-	-
C	-	-	0,55	5,5	4,77
Ti	-	-	29,19	10,94	10,94
	Al	Al ₁₅ (FeMn) ₃ Si ₂	TiC, Al	TiC, Al ₁₅ Mg ₃ Si ₂	TiC, Al ₁₅ Mg ₃ Si ₂
					
АМг2					
	001	005	004	005	010
O	17,91	-	-	6,1	4,21
Mg	48,85	0,57	4,43	-	-
Al	4,58	97,38	93,16	51,45	95,79
Si	27,75	1,13	2,41	12,71	-
Cu	-	0,92	-	-	-
Fe	-	-	-	27,89	-
Zn	-	-	-	-	-
	Mg ₂ Si, Al ₃ Mg ₂	Al	Al ₁₅ Mg ₃ Si ₂	Al ₈ Fe ₂ Si	Al
					

По результатам спектрального анализа подтверждается присутствие карбидной фазы в зоне основного металла образца АМг2-TiC, а также факт того, что армирующая фаза не дислоцируется в зону шва в процессе сварки. Также присутствует фаза Al₁₅(FeMn)₃Si₂ имеющая скелетообразное строение и приводящая к снижению механических свойств.

Результат рентгенографии показывает, что несовершенства (поры и т.п.) были оценены как уровень С в соответствии с международным стандартом ISO 10042. Таким образом, в сплаве АМг2 наибольшее количество структурных несовершенств располагается в области сварного шва (рисунок 7). В композиционном материале структурных несовершенств меньше, а их наибольшее скопление наблюдается также в зоне сварного шва (рисунок 8).

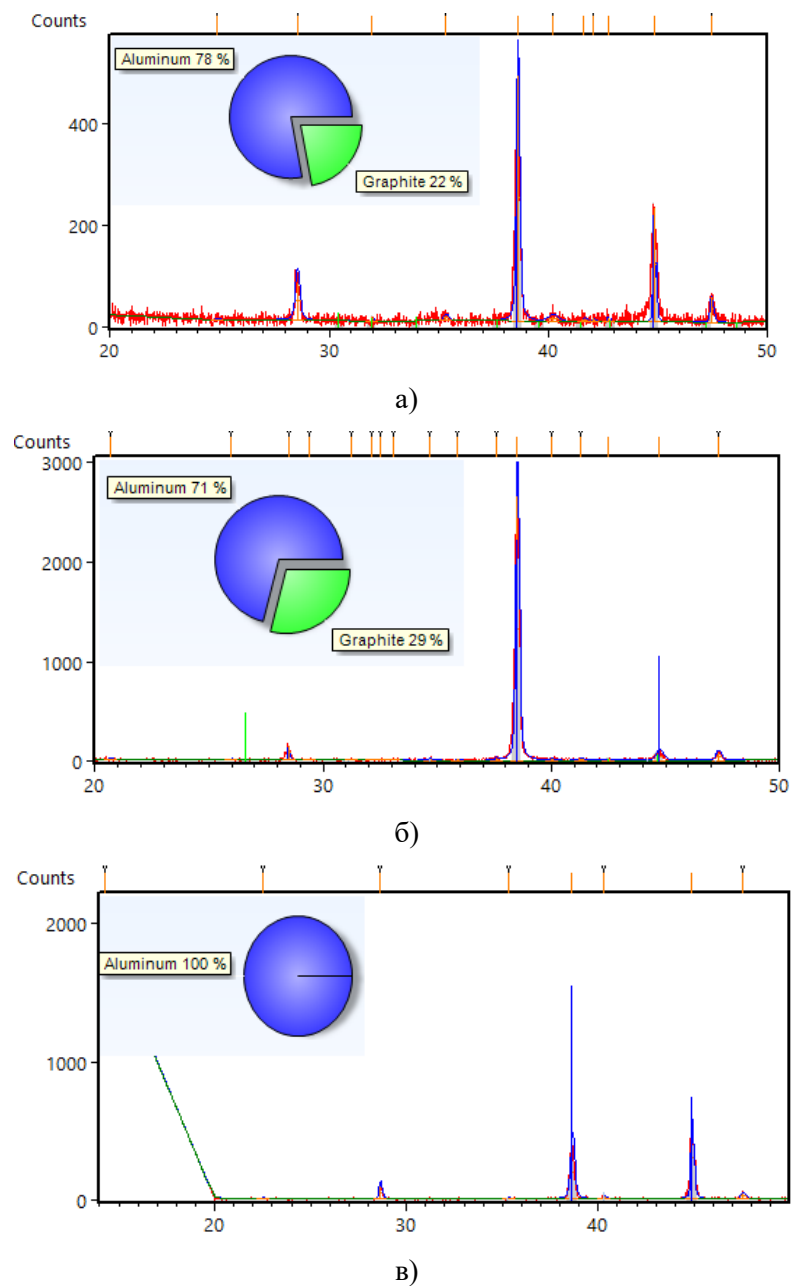


Рисунок 7 – Рентгенофазовый анализ сплава АМг2:
а) зона сварного шва; б) зона термического влияния; в) зона основного металла

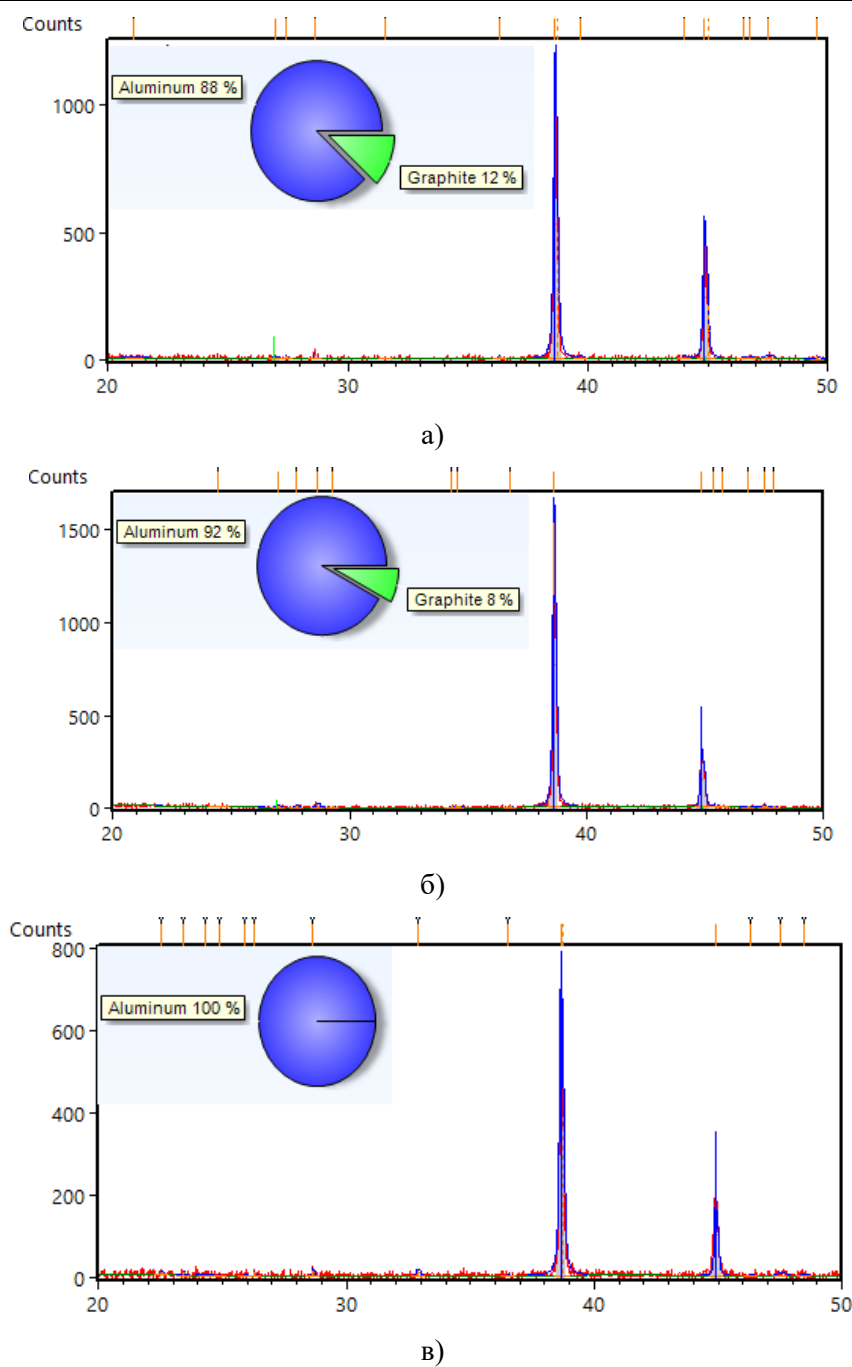


Рисунок 8 – Рентгенофазовый анализ АМг₂-TiC:
а) зона сварного шва; б) зона термического влияния; в) зона основного металла

Заключение и выводы

Анализируя проведенные исследования, можно сделать вывод об удовлетворительной свариваемости композита системы АМг₂-TiC, так как армирующая карбидная фаза сохраняется лишь в зоне основного металла, вследствие воздействия высоких температур образуется фаза снижающая механические свойства, присутствуют структурные несовершенства (поры, трещины, непровары и т. д.) приводящие также к уменьшению срока службы.

Литература

1. Degischer, H. P. Assessment of metal matrix composites for innovations”– intermediate report of a European thematic network / H. P. Degischer, P. Prader, C. San Marchi // *Composites Part A*. – 2001. Vol. 32 (8). – P. 1161–1166.
2. Denholm, M. Aluminium metal matrix composite rotors and drums-a future trend / M. Denholm // 2nd International Seminar on Automotive Braking: Recent developments and future trends. – Leeds, UK, 1998.
3. Dinaharan, I. Effect of friction stir welding on microstructure, mechanical and wear properties of AA6061/ZrB₂ *in situ* cast composites / I. Dinaharan, N. Murugan // *Materials Science and Engineering A*. – 2012. – Vol. 543. – P. 257–266.
4. Hayajneh, M. T. Artificial neural network modeling of the drilling process of self-lubricated aluminum/alumina/graphite hybrid composites synthesized by powder metallurgy technique / M. T. Hayajneh, A. M. Hassan, A. T. Mayyas // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2009. – Vol. 478 (1-2). – P. 559–565.
5. Heppner, E. Beitrag zum Verständnis des Bindemechanismus rotationsreibgeschweißter Verbindungen / E. Heppner, C. Rößler, E. Woschke // 22. Erfahrungsaustausch Reibschweißen. – SLV München, München, 2017.
6. Kalaiselvan, K. Characterization of friction stir welded boron carbide particulate reinforced AA6061 aluminum alloy stir cast composite / K. Kalaiselvan, I. Dinaharan, N. Murugan // *Materials and Design*. – 2014. Vol. 55. – P. 176–182.
7. Investigation of the friction weldability of an AlSi10MnMg-alloy reinforced with 30 Vol.-% silicon carbide particles with the adequate monolithic material / M. Winkler, C. Gawert, R. Bahr [et al.] // *Journal of Advanced Joining Processes*. – 2022. – Vol. 5. P. 2–3.
8. Microstructure and properties of 7075 aluminum alloy welding joint using different filler metals / S. Zhong, S. Han, J. Chen [et al.] // *Materials Today Communications*. – 2022. – Vol. 31. – P. 3–4.

**РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ МД-МОДЕЛИРОВАНИЯ СВ-СИНТЕЗА ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ
В НАНОСИСТЕМАХ Ni-AL И Ti-AL**

Шмаков Игорь Александрович

старший преподаватель

*кафедры вычислительной техники и электроники,
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»*

Барнаул, Россия

E-mail: ihammers.sia@gmail.com

SPIN: 1880-5218

Предметом исследования: методические и функциональные возможности специализированных программных пакетов свободного доступа LAMMPS и OVITO и авторских программ, используемых для моделирования микрокинетики СВС в гетерогенных системах.

Цель исследования: повышение информативности 3D-визуализации, адекватной интерпретации процессов структурно-фазовых превращений на границах раздела слоистых, слоисто-блочных наноразмерных систем Ni-Al и Ti-Al.

Методы и объекты исследования: методом молекулярно-динамического моделирования (МД-моделирования), реализованным в основе программного пакета LAMMPS, моделируется процесс инициирования и распространения волны горения СВС в исследуемых системах, а с помощью пакета OVITO осуществляется 3D-визуализация процессов диффузии, растворения и движения фронта волны горения СВС.

Основные результаты исследования: показано, что разработка автором программных модулей для расчета одномерных профилей температуры и плотности синтезируемого материала вдоль направления движения волны горения, а также для расчета и визуализации 3D-структуры распределения синтезируемых интерметаллидных прослоек на границе раздела в наночастицах со структурой Ni-Al «ядро-оболочка» (и аналогично для Ti-Al) позволяет, в отличие пакета OVITO, обнаруживать гетерофазные интерметаллидные структуры в таких системах. В результате проведения большой серии вычислительных экспериментов по моделированию микрокинетики в исследуемых наноразмерных системах Ni-Al и Ti-Al установлено, что созданный автором с поддержкой параллельных вычислений комплекс программ (ПО), в составе которого кроме лицензионных пакетов LAMMPS и OVITO интегрированы авторские программные модули, обладает новыми более широкими функциональными возможностями в методологическом аспекте исследования проблем физико-химии процесса СВС и является ярким примером созданного инструментария программной инженерии в этой области исследования.

Ключевые слова: молекулярно-динамическое моделирование (МД-моделирование), вычислительные эксперименты, параллельные вычисления, 3D-визуализация, программные пакеты свободного доступа LAMMPS и OVITO, микрокинетика СВС, интерметаллиды, тонкие пленки, структурно-фазовые превращения, гетерофазные структуры, наночастицы Ni-Al и Ti-Al со структурой «ядро-оболочка».

**EXTENSION OF THE FUNCTIONALITY OF THE SOFTWARE FOR MD-SIMULATION
OF THE SH-SYNTHESIS OF INTERMETALLIDES
IN NI-AL AND TI-AL NANOSYSTEMS**

Igor A. Shmakov

Senior Lecturer of the Department
of Computer Engineering and Electronics,
Altai State University,
Barnaul, Russia
E-mail: ihammers.sia@gmail.com
SPIN: 1880-5218

The subject of research: the methodological and functional capabilities of specialized software packages of free access LAMMPS and OVITO and author's programs used for simulation of SHS-microkinetics in heterogeneous systems.

Purpose of research: to increase information content, 3D-visualization, and adequate interpretation of the processes of structural-phase transformations at interfaces of the layered, layered-block nanoscale Ni-Al and Ti-Al systems.

Methods and objects of research: the molecular dynamics simulation method implemented in the basis of the LAMMPS software package simulates the process of initiation and propagation of the SHS combustion wave in the systems under study, and using the OVITO package, 3D-visualization of the processes of dissolution, diffusion, and motion of the SHS combustion wave front is carried out.

Main results of research: it is shown that the development by the author of software modules for calculating one-dimensional temperature and density profiles of the synthesized material along the direction of combustion wave motion, as well as for calculating and visualizing the 3D-structure of the distribution of synthesized intermetallic interlayers at the interface in nanoparticles with the Ni-Al "core-shell" structure (and similarly for Ti-Al) allows, in contrast to the OVITO package, to detect heterophase intermetallic structures in such systems. As a result of a large series of computational experiments on simulation of microkinetics in the studied nanoscale Ni-Al and Ti-Al systems, it has been established that the software package created by the author with support for parallel computing, which, in addition to the licensed packages LAMMPS and OVITO, integrates author's software modules, has new broader functionality in the methodological aspect of the study of the problems of physical chemistry of the SHS process and is a vivid example of the created software engineering tools in this area of research.

Keywords: molecular dynamics simulation (MD-simulation), computational experiments, parallel computing, 3D-visualization, free access software packages LAMMPS and OVITO, SHS microkinetics, intermetallic compounds, thin films, structural-phase transformations, heterophase structures, Ni-Al and Ti-Al nanoparticles with the structure "core-shell".

Введение

Сплавы и суперсплавы на основе алюминидов никеля и титана, характеризующиеся высокой коррозионной стойкостью и механической прочностью при высоких температурах, нашли широкое применение в современном машиностроении, в частности, в турбинах и секциях сгорания двигателя [1]. Например, доля от общей массы авиационного двигателя, которая приходится на такие суперсплавы, традиционно достигает 50%. Одним из методов получения интерметаллических соединений является «самораспространяющийся высокотемпературный синтез (CBC)».

СВС как метод создания новых соединений и композиционных материалов с уникальными свойствами и характеристиками представляет собой процесс распространения волны горения по смеси реагентов (в результате экзотермической химической реакции во фронте волны горения) с большим выделением тепловой энергии, в котором происходит синтез материалов в виде твердых конечных продуктов [2]. Инициирование процесса «зажигания» смеси реагентов обычно производят на ее поверхности воздействием кратковременного теплового импульса с длительностью до одной секунды, например, с помощью электрической спирали, электроискрового разряда, лазерного луча и др.

Распространение волны горения по смеси реагентов считается первой (основной) стадией СВС. Вторую стадию СВС определяют вторичные физико-химические превращения. На состав и структуру конечных продуктов с разнообразием микро-, мезо- и макроструктур различного масштаба гетерогенности оказывают влияние следующие факторы: пористость и температура смеси реагентов, их дисперсность и стехиометрическое начальное соотношение, степень разбавления смеси инертными добавками, тепловые потери во внешнюю среду, устойчивость движения фронта волны горения и др.

Взаимовлияние элементарных процессов, происходящих в реакционной среде на различных уровнях иерархии ее гетерогенности, формирует поведение волны горения на макроскопическом уровне, а микрогетерогенная структура волны горения проявляется в структуре «микроочагов» горения и в значительной степени определяет режим устойчивости горения (либо дискретный распад тепловой структуры волны горения).

Исследования микрокинетики горения, фазо- и структурообразования в процессе СВС при проведении физических экспериментов требует значительных финансово-материальных и временных затрат [15], а методы компьютерного моделирования позволяют проводить значительно большее количество вычислительных экспериментов (ВЭ), а также более целенаправленно и предсказуемо проводить такие исследования.

Цель работы – разработка комплекса программ, предназначенного для МД-моделирования микрокинетики СВС в гетерогенных наноразмерных бинарных системах (например, Ni-Al и Ti-Al), обеспечивающего более широкие функциональные возможности в методологическом аспекте исследования проблем физико-химии процесса СВС по сравнению с программными пакетами свободного доступа LAMMPS и OVITO, применяемыми для МД-моделирования СВС. Расширение функциональности нацелено на повышение информативности, 3D-визуализации, адекватной интерпретации процессов структурно-фазовых превращений на границах раздела слоистых, слоисто-блочных наноразмерных систем Ni-Al и Ti-Al.

Результаты и обсуждение

Методологические и функциональные возможности лицензионных программных пакетов LAMMPS и OVITO, используемых для моделирования и визуализации СВС в наносистемах

Достаточно эффективным методом исследования эволюции атомных систем, содержащих в своем составе до нескольких миллионов атомов, в условиях температурно-силового воздействия на них является метод «молекулярной динамики» (МД), а одним из наиболее эффективных вариантов его программной реализации является программный пакет LAMMPS свободного доступа.

Метод МД, использующий потенциал межатомного взаимодействия, например, модель «погруженного атома» (англ., embedded atom model – EAM), достаточно реалистично имитирует взаимодействие между атомами в исследуемой атомной системе, вследствие чего во времени у атомов изменяются пространственные координаты, их скорости. Следовательно, в атомной системе изменяется энергия, температура и давление, т.е., наряду с изменением микроскопических параметров частиц изменяются и макроскопические параметры атомной системы в целом. Равновесные ее состояния (условия), в которых некоторые макропараметры системы сохраняют свои значения, в статистической механике связаны с условиями канонических ансамблей термодинамики NVT, NVE, NPT, где N – число атомов, V – объем, T – температура, P – давление. Вычислительная процедура МД-метода рассчитывает траек-

тории частиц интегрированием уравнений движения (уравнений Ньютона), с помощью многошагового алгоритма Верле [3, 4].

В процессе распространения экзотермической волны горения СВС, т.е. в условиях температурно-силовых воздействий на атомы, возникают всплески высокого давления, внутренние дефекты и дислокации в локальных структурах атомной системы. Поэтому к точности многочастичного потенциала межатомного взаимодействия предъявляются жесткие требования в аспекте моделирования энергетических и структурных превращений, происходящих в процессе распространения волны горения СВС по смеси реагентов. Этим требованиям при изучении микрокинетики СВС в наносистемах Ni-Al и Ti-Al удовлетворяют две разновидности EAM-потенциала [5, 6], их соответствующие загружаемые файлы используются в процессе работы пакета LAMMPS.

Версия LAMMPS, распространяемая по лицензии GPL, написанная на C++ с интерфейсом передачи сообщений MPI и доступная в виде исходных кодов, позволяет выполнять параллельные вычисления и значительно ускорить большой объем вычислений при симуляции исследуемых процессов [7]. Для запуска симуляции в пакете LAMMPS с помощью входного «конфигурационного» файла config.txt, предварительно создаваемого исследователем, реализуется построение атомной системы, назначение потенциалов и настройки процедур моделирования с последующим имитационным моделированием самого процесса СВС.

В качестве достоинства и особенностей пакета LAMMPS можно указать на то, что для исследуемой системы имеется возможность анализа текущего состояния атомной конфигурации, выгрузку которой можно производить как в текстовый, так и в бинарный файлы. Начальная конфигурация атомов, используемая для дальнейших расчетов, может быть сгенерирована как в программе, так и загружена из бинарного/текстового файла. При использовании режима параллельных вычислений можно применить разделение (декомпозицию) «3D-домена моделирования», например, 3D-параллелепипеда на небольшие 3D-поддомены, каждый из которых назначается отдельному процессору. Процессоры обмениваются информацией и хранят информацию об атомах, содержащихся в их поддоменах для тех атомов, которые находятся в соседних поддоменах.

В конце каждого временного шага моделирования в качестве результатов пакета LAMMPS на внешнем диске сохраняется очередной выходной файл Res_i.dat ($i=1, 2, 3, \dots, M$), который содержит записи выходных данных по каждому из N атомов системы в формате: тип атома (Ni либо Ti либо Al); координаты атома (x, y, z); скорости атома (v_x, v_y, v_z); действующие на атом силы (f_x, f_y, f_z); E_a – кинетическая энергия атома.

Для построения изображений с распределением атомов и типов структур, соответствующих элементарным ячейкам (ГЦК, ОЦК, ГПУ и т.д.), используется программа OVITO [8, 9], в которой также применяется пространственная декомпозиция на поддомены. Для рендеринга (отрисовки или визуализации) можно использовать несколько способов трассировки лучей, реализованных в компонентах: OpenGL, Tachyon, OSPRay и POV-Ray, которые можно включать (либо отключать) в конфигурацию программы OVITO. В данной работе использовался компонент Tachyon, основанный на Tachyon Parallel/Multiprocessor Ray Tracing System. Данный вид трассировки лучей позволяет использовать все потоки, которые могут генерироваться в вычислительной системе (компьютере с многоядерным процессором) для рендеринга конечного изображения.

Методика МД-моделирования СВС в наносистемах с различной структурой

Примеры исходных слоистых, слоисто-блочных наносистем Ti-Al в виде схематических структур, которые строятся с использованием пакета LAMMPS, показаны на рисунках 1 и 2 (аналогичные структуры создавались и для Ni-Al).

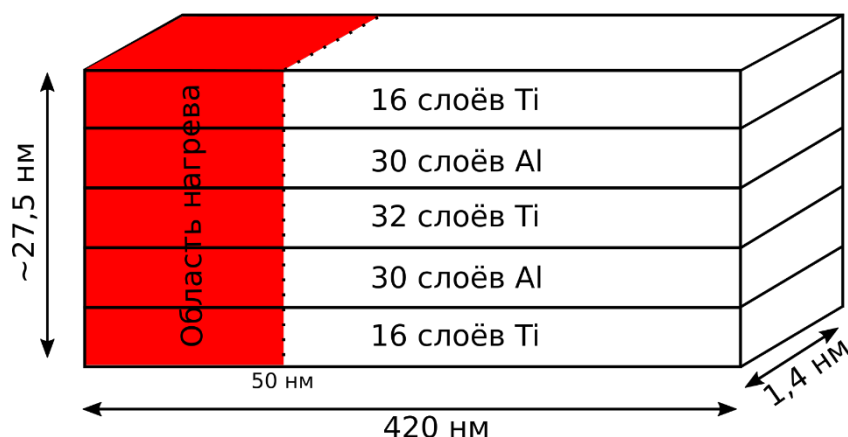


Рисунок 1 – Структура слоистой атомной наносистемы Ti-Al [Том 3, №1]

На рисунке 1 показано пять чередующихся «крупных» слоев кристаллических решеток из атомов Ti и Al, в которых крайние (верхний и нижний) «крупные» слои содержат по 16 атомных плоскостей (слоев) Ti, т.е. их толщина составляет половину толщины центрального «крупного» слоя Ti. Два «крупных» слоя из атомов Al содержат по 30 атомных плоскостей (слоев) Al.

В слоисто-блочной «шахматно-подобной» структуре (рис. 2) крайние «крупные» слои по толщине также в 2 раза меньше 3-х центральных «крупных» слоев. Блоки из атомов Ti и Al немного различаются по количеству в них атомных плоскостей, так как размеры элементарных ячеек для Ti и Al отличаются друг от друга. В каждом крупном слое находится по 12 блоков длиной в 35 нм. На обоих рисунках в пределах 50 нм (по длине) показаны зоны «зажигания» процесса СВС (зоны нагрева до температуры воспламенения).



Рисунок 2 – Структура слоисто-блочной атомной наносистемы Ti-Al

Схематичное изображение (в перспективе) для кубических наночастиц со структурой Ti-Al и Ni-Al «ядро-оболочка» показано на рисунке 3.

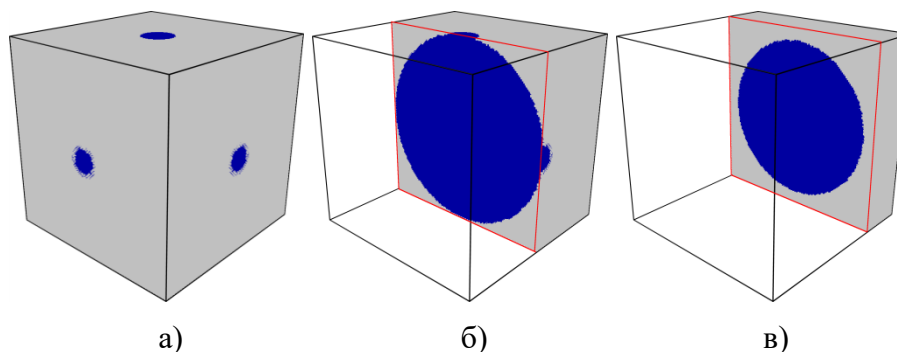


Рисунок 3 – Схематичное изображение (в разрезе) для наночастиц со структурой «ядро-оболочка»: а – полный объем; б – половина объема; в – четверть объема

Атомная структура кубической наночастицы построена с помощью пакета LAMMPS. Размер куба и диаметр Ti-ядра (либо Ni-ядра) практически совпадают и равны 25 нм. В центрах всех шести граней куба (рис. 3а, б) наблюдаются одинаковые круги с «ореолами» кольцевой формы – это атомы Ti (в другом случае атомы Ni).

Согласно методике проведения вычислительных экспериментов (ВЭ) при построении атомной системы (рис. 1, 2 и 3) каждый из «крупных» слоев (либо блоков) представлял собой пакет определенного числа атомных плоскостей в виде кристаллической решетки с элементарными ячейками: решетки из атомов Ni и Al составлялись из гранецентрированных кубических ячеек (ГЦК-тип, fcc – англ. аббр.). Значения параметра a кубических ячеек металлов Ni и Al различаются: $a=0.3524$ нм – для Ni, и $a=0.405$ нм – для Al [5]. Ячейки атомов Ti соответствуют структуре гексагональной плотной упаковки ячеек (ГПУ-тип, hcp – англ. аббр.). ГПУ-ячейки характеризуются параметрами: $a = 0.29508$ нм и $c = 0.46855$ нм ($c/a = 1.5879$) [6]. Стехиометрическое соотношение компонентов выражается отношением числа атомов Ni (либо Ti) к числу атомов Al.

В начале вычислительного эксперимента (на 1-ом этапе) исследуемая наносистема во всем своем объеме однородно прогревалась в течение 0.4 нс при начальной температуре T_0 (например, 600 К, либо 700 К, либо 800 К). При этом происходила «релаксация» структуры атомной системы с фиксированными термодинамическими параметрами: N – число всех атомов в структуре, $P=1$ Бар – внешнее давление, температура T_0 (NPT-ансамбль). Кроме того, на данном этапе по всем 3-м измерениям для исследуемой атомной структуры фиксировались периодические граничные условия.

На 2-ом этапе в течение 0.1 нс в пределах 50 нм (как показано на рис. 1 и 2) производился прогрев, начиная с T_0 и до T_{ign} (например, до 1200 К, либо 1300 К, либо 1400 К), с сохранением периодических граничных условий для всей структуры наносистемы. Через T_{ign} обозначена температура зажигания (англ., ignition). Зажигание СВС в пределах 50 нм осуществляется в условиях NVT-ансамбля (V – объем зоны прогрева), а в оставшейся части объема (в пределах от 50 и до 420 нм) в течение этих же 0.1 нс соблюдаются условия NVE-ансамбля (E – суммарная энергия атомов наносистемы). По истечении 0.1 нс в структуре фиксируются «свободные» граничные условия вдоль оси X (вдоль направления волны горения на протяжении 420 нм). По отношению к направлению оси Y (протяженностью 1.4 нм – на рисунке 1, либо 2.5 нм – на рисунке 2) и оси Z (высота структур) сохраняются периодические условия. При соблюдении для всей структуры условий NVE-ансамбля в начальной зоне инициируется процесс СВС с дальнейшим распространением волны горения вдоль направления оси X.

Для таких (рис. 1, 2 и 3) и многих подобных примеров атомных наносистем были получены результаты моделирования режима микрогетерогенного горения в процессе СВС на основе цикла выполненных ВЭ с помощью пакета LAMMPS. Соответствующие i -ым моментам времени выходные файлы Res_i.dat ($i=1, 2, 3, \dots, M$), как уже упоминалось выше, сохранялись на внешнем диске, которые содержат записи выходных данных по каждому из N атомов системы в формате: тип атома (Ni либо Ti, либо Al); координаты атома (x, y, z); скорости атома (v_x, v_y, v_z); действующие на атом силы (f_x, f_y, f_z); E_a – кинетическая энергия атома.

Используя функциональные возможности пакета OVITO, можно анализировать во времени процессы диффузии, растворения и движения фронта волны горения СВС, например, как показано на рисунке 4 для слоисто-блочной структуры (СВС) наносистемы Ti-Al в центральном вертикальном сечении (в плоскости XZ с координатой $Y=1.25$ нм).

Как видно из рисунка 4, волна горения проходит 420 нм приблизительно за 25 нс (осредненная скорость движения фронта горения порядка 17 м/с), но даже к концу 32 нс не все блоки Ti до конца растворились (стехиометрическое соотношение числа атомов Ti к числу атомов Al равно $N_{\text{Ti}}/N_{\text{Al}}=1.242$).

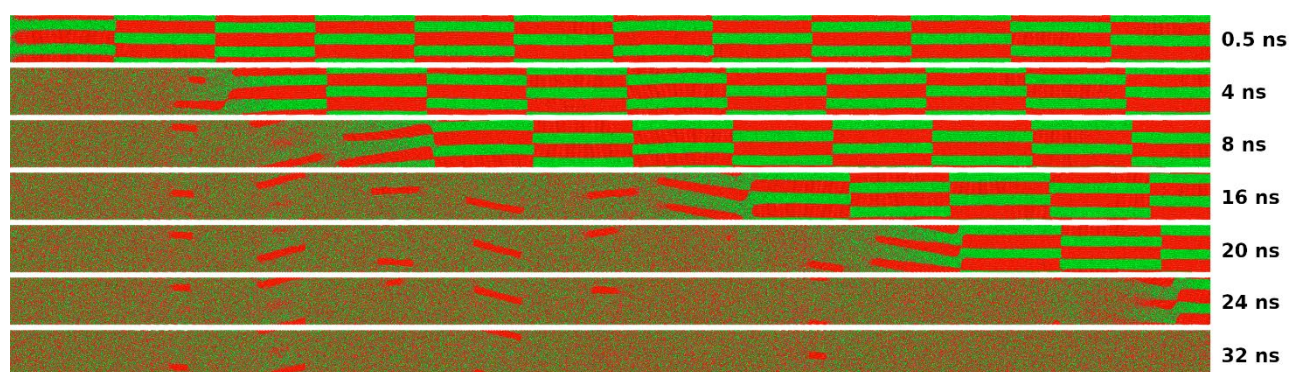


Рисунок 4 – Снимки с распределением атомов Ti (красные точки) и атомов Al (зеленые точки) в сечении СБС, соответствующие последовательным моментам времени продвижения волны горения. В случае преобразования цветовых оттенков в градации «серости» красный цвет перейдет в «темно-серый»; зеленый – в «светло-серый»

Кроме того, включая в инструментах пакета OVITO модификатор “Ackland-Jones analysis”, имеется возможность анализировать распределение атомов по типам структур элементарных ячеек (ГЦК, ОЦК, ГПУ и др.), чтобы предсказывать образование интерметаллических соединений в процессе СВС (однако не во всех случаях это удастся сделать). Как видно из рисунка 5 (для той же наносистемы Ti-Al со стехиометрией 1.242), дополнительно к анализу рисунка 4 здесь можно отметить возникновение устойчивого образования гетерофазных интерметаллидных структур (ГИС) с резкими границами. Внутри ГИС выделяются «прожилки» красного цвета, соответствующие ГПУ-типу. Сопоставляя их с остатками не полностью растворенного Ti (согласно рисунку 4), можно сказать, что оставшаяся часть в ГПУ-прожилках может представлять только интерметаллид Ti_3Al . Доминирование в ГИС зеленых точек, соответствующих ГЦК-фсс-типу, указывает на образование интерметаллида $TiAl$. Вне ГИС наблюдается «смесь» цветов, поэтому говорить о каких-либо «гомогенных» областях интерметаллических соединений не приходится.

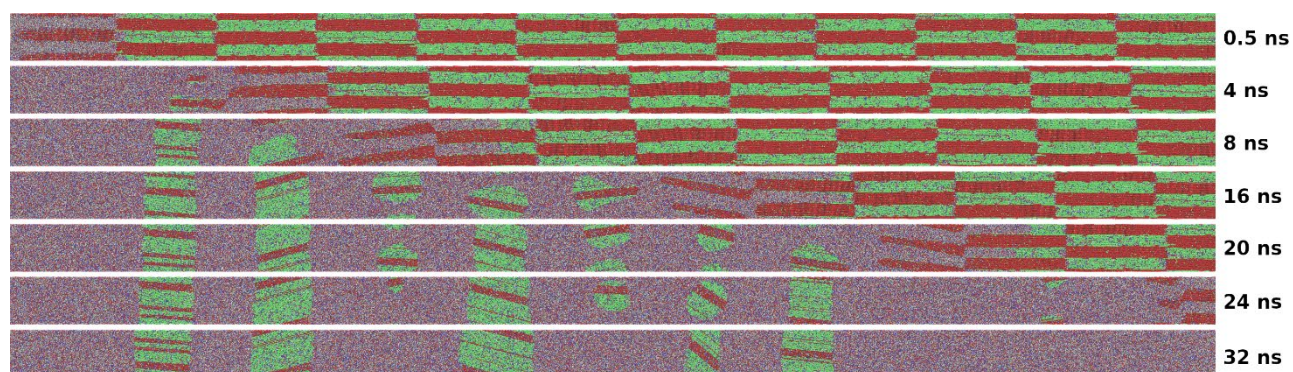


Рисунок 5 – Снимки с распределением различных типов элементарных ячеек (ГЦК, ОЦК, ГПУ и др.) в сечении СБС в последовательные моменты времени: зеленые точки – ГЦК-фсс тип; синие точки – ОЦК-бсс тип; красные точки – ГПУ-гср тип; желтые точки – исо тип; белые точки – «другие» типы. В случае преобразования цветовых оттенков в градации «серости» красный и синий цвета перейдут в «темно-серый»; зеленый – в «светло-серый»

Резюмируя сведения о достоинствах пакета OVITO при анализе результатов МД-моделирования СВС, можно утверждать, что полную «картину» термического и микроструктурного анализа продуктов реакции СВС возможности пакета OVITO не обеспечивают. В этом можно убедиться, проанализировав ниже изложенное, что и послужило толчком (мотивацией) для разработки дополнительных методов и программных средств для анализа результатов моделирования процесса СВС.

Расширение функциональности ПО для МД-моделирования СВС в наносистемах с помощью специальных программных модулей

Для выполнения термического и микроструктурного анализов, используя данные о кинетической энергии и координатах каждого атома наносистемы, рассчитываемых пакетом LAMMPS в процессе моделирования СВС (данные из файлов Res_i.dat), были разработаны алгоритмы расчета профилей температуры и плотности синтезируемого материала вдоль направления распространения волны горения [10, 11]. На основе алгоритмов расчета профилей был создан соответствующий им программный модуль T&P-profiles.exe с использованием GCC-компилятора языка программирования C/C++.

Для ускорения расчетов двух наборов профилей (по два профиля для каждого момента времени) была использована утилита командной строки GNU parallel в качестве программной оболочки под управлением ОС GNU/Linux для параллельного выполнения однотипных заданий обработки блоков данных одинакового размера, но с различными значениями в них, т. е. для параллельного выполнения набора SIMD-задач. В памяти вычислительного кластера создается необходимое количество копий файла T&P-profiles.exe, и система GNU parallel с помощью загруженных в нее файлов Res_i.dat параллельно рассчитывает наборы профилей температуры и плотности (см. рис. 6 и 7).

Для распознавания пространственного 3D-распределения синтезированных интерметаллидных прослоек на границе раздела наночастиц со структурой Ni-Al «ядро-оболочка» был разработан соответствующий метод распознавания и программный модуль «3D-intermetallide_recognition_in_Ni-Al_system» [12, 14]. Этот метод использует предварительно рассчитанные данные о 3D-распределениях температуры и плотности вещества по объему наночастицы Ni-Al «ядро-оболочка» (по результатам работы пакета LAMMPS из файлов Res_i.dat), а также структурную информацию о гомогенных и двухфазных областях синтезируемых интерметаллидов, извлекаемую из равновесной диаграммы состояния системы Ni-Al. Для распознавания пространственного 3D-распределения синтезированных интерметаллидных прослоек на границе раздела наночастиц со структурой Ti-Al «ядро-оболочка» был использован аналогичный подход (как и для наночастиц со структурой Ni-Al «ядро-оболочка»). Однако соответствующие алгоритмы и программные модули для подобных между собой структур Ni-Al и Ti-Al имеют существенные различия, так как структуры информации о гомогенных и двухфазных областях синтезируемых интерметаллидов для двух систем Ni-Al и Ti-Al существенно отличаются друг от друга, что выражается в различии условий и критериев распознавания тех или других интерметаллидов.

Для реализации 3D-распознавания весь объем кубической наночастицы разбивается по трем измерениям на достаточно малые объемы в виде кубиков, например, с размерами 1.25x1.25x1.25 нм. Т. е., по каждому из трех измерений насчитывается по 20 кубиков, так как ребро кубической наночастицы равно 25 нм. Общее количество кубиков равно $8000=20 \times 20 \times 20$. С помощью трехмерного вложенного цикла в каждом кубике определяются количества атомов Ni и Al (во втором случае, Ti и Al) с последующим вычислением общей массы атомов в каждом кубике. Поделив на один и тот же объем кубика (1.953125 нм^3) общие массы атомов в кубиках, получаем набор значений плотности вещества по всем кубикам для заданного момента времени (аналогично и для других моментов времени).

Используя из файлов Res_i.dat данные о кинетической энергии каждого атома, аналогичными циклами определяются распределения внутренних энергий по всем кубикам, через которые пересчитываются распределения температур.

Распознавание интерметаллидов производится также в процессе выполнения трехмерного вложенного цикла с использованием рассчитанных распределений температур и плотностей по кубикам, а также с учетом информации о гомогенных и двухфазных областях синтезируемых интерметаллидов, извлекаемой из равновесной диаграммы состояния систем Ni-Al и Ti-Al. Алгоритмические подробности изложены в [12, 13, 14].

Демонстрация и обсуждение результатов моделирования микрокинетики СВС на основе дополнительных программных модулей

В алгоритмах расчета профилей температуры и плотности синтезируемого материала (по сути, одномерных распределений) используется разбиение вдоль оси распространения волны горения (т. е. вдоль оси X с ее предельным значением 420 нм) с малым шагом 4 нм всего объема СВС на домены (параллелепипеды), в каждом из которых оцениваются осредненные температуры и плотности вещества. Соответствующие размеры всех доменов одинаковы (4х2.5х16.5 нм). Таким образом, в каждом профиле обеспечено по 105 отсчетов (см. рис. 6 и 7).

Как видно из рисунка 6, скорость движения фронта волны горения (отношение перемещения фронта ко времени этого перемещения) по ходу распространения волны изменяется (увеличивается). Т.е., определяя расстояние и время перемещения между «соседними» профилями, их отношение (скорость фронта) увеличивается приблизительно от 13 м/с (в пределах первых 12 нс) и до 22 м/с (от 12 до 24 нс). Т. о., можно сделать вывод, что наблюдается режим «разгона» волны горения. В конечной зоне СВС (координата X в диапазоне 400-420 нм) с течением времени температура медленно повышается (не остается начальной 800 К), поэтому в конечной стадии распространения волны горения происходит «зажигание» СВС в этой конечной зоне СВС без дополнительного внешнего источника нагрева.

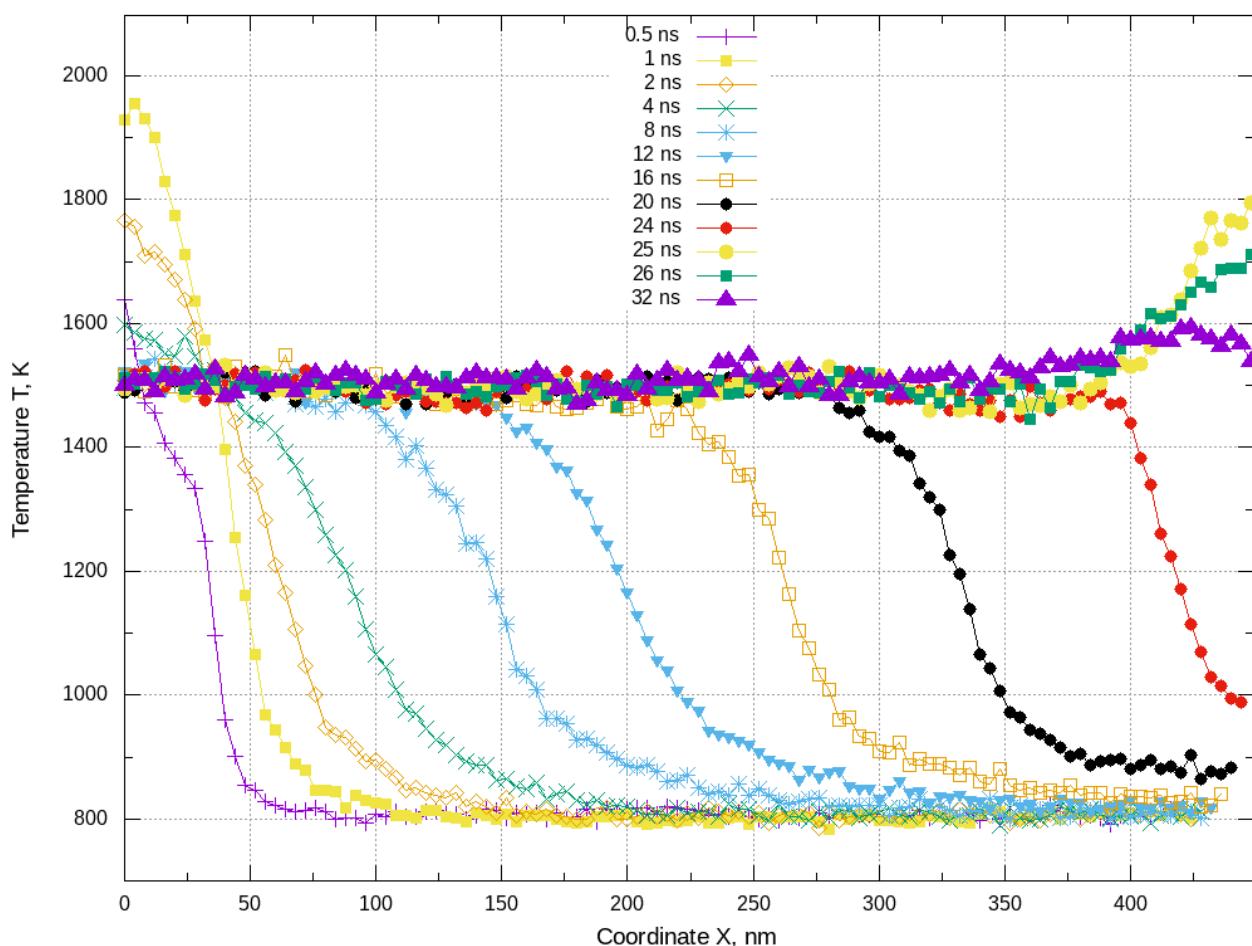


Рисунок 6 – Набор температурных профилей, соответствующих последовательности моментов времени при распространении волны горения в слоисто-блочной системе Ti-Al

К 25 нс волна горения достигает конечной зоны СВС и на последнем профиле плотности (маркеры 32 нс, рис. 7) наблюдаются пять «пиков» плотности, соответствующих расположению гетерофазных структур на рисунке 5. Отметим тот факт, что «эффективная» ширина пиков плотности (порядка 25 нм) практически совпадает с шириной гетерофазных интерметаллидных

структур (согласно рисунку 5), т. е. согласуются результаты относительно гетерофазных структур, полученные двумя разными методами (визуализация OVITO и профили плотности).

Дополнительно отметим, что значение пиков плотности близко к значению 3.6 г/см^3 , которое при температурах порядка 1500 К соответствует плотности интерметаллида TiAl, тем самым с помощью разработанных алгоритмов и программного модуля T&P-profiles.exe реализована возможность распознавать гомогенные области интерметаллических фаз по диапазонам плотности фаз (вдоль одного измерения X).

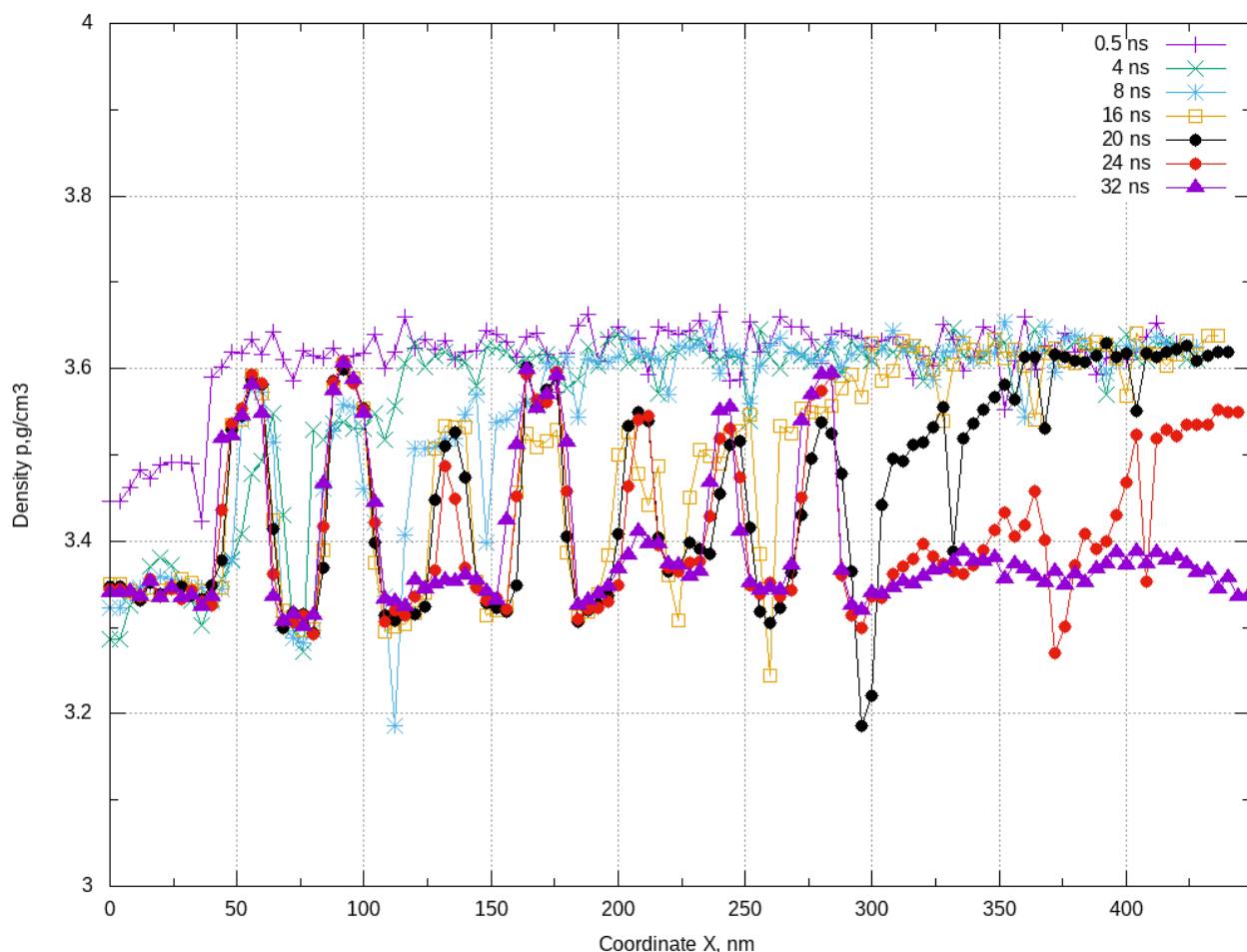
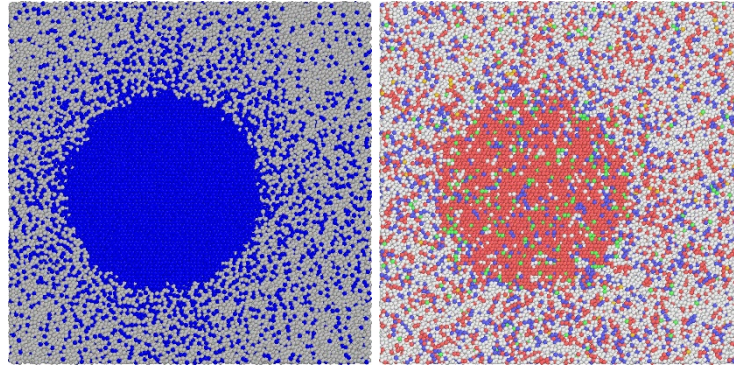


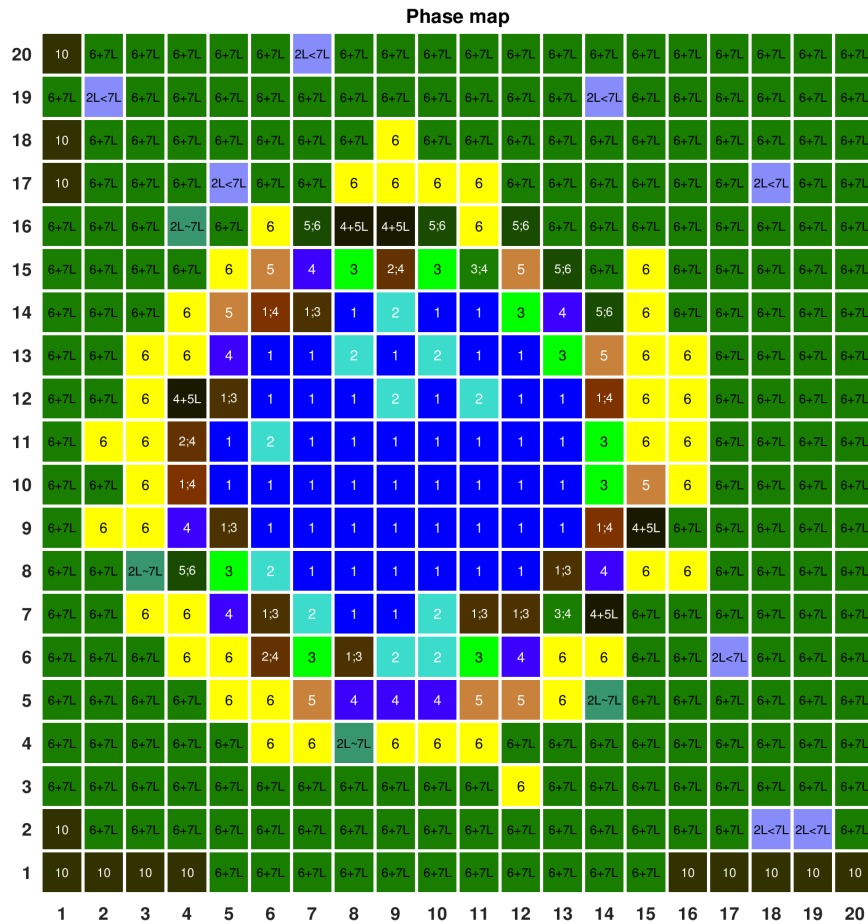
Рисунок 7 – Набор профилей плотности синтезируемого материала, соответствующих последовательности моментов времени при распространении волны горения в слоисто-блочной системе Ti-Al

В качестве результатов распознавания пространственного 3D-распределения синтезированных интерметаллидных прослоек на границе раздела наночастиц со структурой Ti-Al «ядро-оболочка» на рисунке 8 (фрагмент в) отражена одна 2D-карта распределения фаз из 20 карт (соответствующих 20-и вертикальным слоям-сечениям по 400 кубиков), составляющих вместе общее 3D-распределение интерметаллидных прослоек в кубической наночастице со структурой Ti@Al «ядро-оболочка». Отраженный на рисунке 8 (фрагмент в) слой с номером $N_X=17$ расположен практически близко к конечному 20-у слою, до которого доходит волна горения приблизительно при завершении 1-ой наносекунды, но процесс фазо- и структурообразования продолжается и далее (и за пределами 2 нс).



а)

б)



в)

Рисунок 8 – Различные распределения в слое $N_X=17$, $\tau=2.0$ ns:

а – распределение атомов Ti и Al (с помощью OVITO);

б – распределение типов кристаллических структур (с помощью OVITO):

зеленые точки – fcc, синие точки – bcc, красные точки – hcp,

желтые точки – ico type; белые точки – «другой» тип;

в – карта распределения фаз: 1 и 2 – соответственно, α -Ti и β -Ti; 3 – Ti_3Al ; 4 – $TiAl$;

5 – $TiAl_2$; 6 – $TiAl_3$; 7 – Al; 10 – жидкий Al (или 7L);

другие обозначения – для двухфазных областей

На карте распределения фаз (рис. 8, фрагмент в) кроме фаз с номерами от 1 до 7 и 10 наблюдаются двухфазные области (например, «1;4» – смесь твердых фаз α -Ti и фазы $TiAl$;

«6+7L» – смесь твердой фазы TiAl_3 с жидким Al; «2L<7L» – смесь двух жидких фаз Ti и Al с преобладанием жидкого Al).

Результаты визуализации, полученные программой OVITO, отображены на рисунке 8 (фрагменты *a* и *б*). В центре фрагментов 8*a* и 8*б* отчетливо выделяется Ti-ядро. Геометрические формы и размеры Ti-ядра на всех фрагментах (*a*, *б*, *в*) практически совпадают и подобно расположены. Распределение интерметаллических фаз с номерами 3, 4, 5, 6 в виде сферических слоев (либо других структур) по фрагментам (*a*, *б*) рисунка 8 практически установить невозможно. Применяя предложенный метод 3D-распознавания интерметаллических фаз [12, 13, 14], на фрагменте 8*в* отчетливо распознаются сферические прослойки фаз 3, 4, 5, 6 (фаза 6 особенно выделяется). Поэтому пакет OVITO со встроенным Ackland-Jones анализом (другими словами, Bond-angle analysis – анализ по углу и длине связи) имеет ограничения по распознаванию интерметаллидов в структурах «ядро-оболочка».

Заключение и выводы

В результате проведения серии вычислительных экспериментов по моделированию микрокинетики СВС в слоистых и слоисто-блочных структурах наносистем Ni-Al и Ti-Al, а также в наночастицах со структурой Ni-Al и Ti-Al «ядро-оболочка» выяснилось, что функциональных возможностей программных пакетов LAMMPS и OVITO не достаточно для проведения полного и глубокого анализа процессов структурно-фазовых превращений в исследуемых наносистемах в ходе реакции СВС.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Разработанный программный модуль для расчета одномерных профилей температуры и плотности синтезируемого материала вдоль направления движения волны горения позволяет обнаруживать гетерофазные интерметаллидные структуры и уточнять в них, в отличие пакета OVITO, разновидности интерметаллических фаз.
2. Метод исследования процессов СВ-синтеза в наночастицах со структурой Ni-Al и Ti-Al «ядро-оболочка» позволяет, в отличие пакета OVITO, распознавать и визуализировать 3D-структуру распределения синтезируемых интерметаллидных прослоек на границе раздела наночастиц со структурой «ядро-оболочка».
3. Созданный комплекс программ (ПО), в составе которого кроме лицензионных пакетов LAMMPS и OVITO интегрированы авторские программные модули, обладает новыми более широкими функциональными возможностями в методологическом аспекте исследования проблем физико-химии процесса СВС и является ярким примером созданного инструментария программной инженерии.

Литература

1. Yvon, P. Structural materials challenges for advanced reactor systems / P. Yvon, F. Carré // J. Nucl. Mater. – 2009. – Vol. 385. – P. 217–222.
2. Мержанов, А. Г. Твердопламенное горение / А. Г. Мержанов, А. С. Мукасян. – 2-е издание. – Москва : ТОРУС ПРЕСС, 2007. – 336 с. – ISBN 978-5-94588-053-5. – EDN ZARJPN. – Текст : непосредственный.
3. Verlet, L. Computer «experiments» on classical fluids. I. Thermodynamical properties of Lennard-Jones molecules / L. Verlet // Physical Review Journals. – 1967. – Vol. 159. – P. 98.
4. Verlet, L. Computer «experiments» on classical fluids. II. Equilibrium correlation functions / L. Verlet // Physical Review Journals. – 1967. – Vol. 165. – P. 201.
5. Purja, P. G. P. Development of an interatomic potential for the Ni-Al system / P. G. P. Purja, Y. Mishin // Philosophical Magazine. – 2009. – Vol. 89, № 34-36. – P. 3245–3267.
6. Zope R. R. Interatomic Potentials for Atomistic Simulations of the Ti-Al System / R. R. Zope, Y. Mishin // Physical Review B. – 2003. – Vol. 68. – P. 024102.

7. Plimpton, S. Fast Parallel Algorithms for Short-Range Molecular Dynamics / S. Plimpton // *Journal of Computational Physics*. – 1995. – Vol. 117. – P. 1–19.
8. Stukowski, A. Visualization and analysis of atomistic simulation data with OVITO – the Open Visualization Tool / A. Stukowski // *Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering*. – 2010. – Vol. 18. – P. 015012.
9. Ackland, G. J. Applications of local crystal structure measures in experiment and simulation / G. J. Ackland, A. P. Jones // *Physical Review B*. – 2006. – Vol. 73, № 5. – P. 054104.
10. Шмаков, И.А. Компьютерное моделирование СВ-синтеза алюминидов никеля методом молекулярной динамики в пакете LAMMPS с использованием параллельных вычислений / И. А. Шмаков, В. И. Иордан, И. Е. Соколова. – Текст : непосредственный // *Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии*. – 2018. – № 1(8). – С. 48–54.
11. Шмаков, И. А. Молекулярно-динамическое моделирование СВС в наноразмерной слоистой Ti-32.89wt%Al с использованием параллельных вычислений / И. А. Шмаков, В. И. Иордан, Т. М. Савичева. – Текст : непосредственный // *Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии*. – 2019. – Т. 3, № 1. С. 77–81.
12. Иордан, В. И. Вычислительная процедура распознавания синтезируемых интерметаллических прослоек на границе раздела в наночастицах типа Ni-Al «ядро-оболочка» / В. И. Иордан, И. А. Шмаков. – Текст : непосредственный // *Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии*. – 2021. – Т. 5, № 2. – С. 42–52.
13. Jordan, V. I. 3D computer-aided simulation of SHS macrokinetics in the Ni-Al porous medium with the closest packing of «mesocells» / V. I. Jordan, I. A. Shmakov, A. A. Grigoryevskaya. – DOI 10.1088/1742-6596/1745/1/012062. – EDN VZSTHA // *Journal of Physics: Conference Series* : 6 (Samara, 26-29 may 2020). – Samara, 2021. – P. 012062.
14. Jordan, V. Method for Intermetallide Spatial 3D-Distribution Recognition in the Cubic Ni-Al «Core-shell» Nanoparticle Based on Computer MD-Simulation of SHS / V. Jordan, I. Shmakov. – DOI 10.1007/978-3-030-94141-3_9. – EDN EEWMVT // *Communications in Computer and Information Science*. – 2022. – Vol. 1526 CCIS. – P. 101–120.
15. Temperature measurements for Ni-Al and Ti-Al phase control in SHS synthesis and plasma spray processes / P. Y. Gulyaev, I. P. Gulyaev, I. V. Milyukova, H. Z. Cui. – EDN UFQMIX // *High Temperatures – High Pressures*. – 2015. – Vol. 44, № 2. – P. 83–92.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
С ТИРИСТОРНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ НАПРЯЖЕНИЯ**

Тимошкин Вадим Владимирович

*кандидат технических наук,
доцент Инженерной школы энергетики
Национального исследовательского
Томского политехнического университета,
Томск, Россия
E-mail: timoshkinvv@tpu.ru*

Попов Семен Семенович

*магистрант Инженерной школы энергетики
Национального исследовательского
Томского политехнического университета,
Россия, Томск
E-mail: sspl14@tpu.ru*

В современном мире перед электроприводом ставятся задачи, которые имеют разный характер, в зависимости от области применения и технологического процесса. На сегодняшний момент находятся в эксплуатации асинхронные электроприводы, которые работают с прямым пуском от сети. Данный способ имеет негативные факторы: большие пусковые токи в момент пуска, ударные нагрузки на механическую систему. При длительной эксплуатации электродвигателя с прямым пуском от сети снижается его ресурс и механической системы. Для решения данной проблемы нашли широкое применение тиристорные регуляторы напряжения. При плавном пуске используются задатчики интенсивности, параметры которых определяют время разгона и на сколько эффективно будут снижены пиковые значения токов и моментов.

Предмет исследования: асинхронный электропривод с тиристорным регулятором напряжения.

Цель исследования: исследование параметров задатчика интенсивности для электропривода с тиристорным регулятором напряжения.

Методы исследования: численные методы решения дифференциальных уравнений, функциональные схемы, топологии систем управления, теория электропривода.

Результаты исследования: представлен обобщенный алгоритм для системы управления ключами тиристорного регулятора напряжения. Проведен анализ для параметров задатчика интенсивности в электроприводе с тиристорным регулятором напряжения.

Ключевые слова: асинхронный электропривод, система управления, тиристорный регулятор напряжения, устройство плавного пуска, задатчик интенсивности.

STUDY OF ELECTRIC DRIVE WITH THYRISTOR VOLTAGE REGULATOR

Vadim V. Timoshkin

*Candidate of Technical Sciences
Associate Professor of the Power Engineering School,
National Research Tomsk Polytechnic University
Tomsk, Russia
E-mail: timoshkinvv@tpu.ru*

Semen S. Popov

Graduate Student of the Power Engineering School,
National Research Tomsk Polytechnic University

Tomsk, Russia

E-mail: ssp14@tpu.ru

In the modern world, the electric drive has tasks of different nature, depending on the application and technological process. At the moment, induction electric drives, which operate by direct start, are widely used. This method has negative factors: high starting currents at the launch; impact loads on the mechanical system. During continuous running mode of the electric motor with direct start, its resource and mechanical system is reduced. Thyristor voltage regulators is used extensively to solve this problem. Ramp generators are used for soft start, the parameters of which determine the settling time and how efficiently the peak currents and torques will be reduced.

Object of research: induction electric drive with thyristor voltage regulator.

Purpose of research: research of parameters of ramp generator for electric drive with thyristor voltage regulator.

Methods of research: numerical methods for solving differential equations, functional diagrams, control system topology, electric drive theory.

Main results of research: A generalized algorithm for the control system of thyristor voltage regulator keys is presented. An analysis was made for parameters of ramp generator in the electric drive with thyristor voltage regulator.

Keywords: induction electric drive, control system, thyristor voltage regulator, soft-start device, ramp generator.

Введение

В системах вентиляции или в электроприводах для перекачки воды довольно часто используется прямой пуск от сети, что приводит к негативным факторам и проблемам при длительной эксплуатации в таких режимах. При прямом пуске наблюдаются большие пусковые токи, ударные нагрузки на механическую систему, а также могут возникать просадки напряжения в сети питания. Большие пиковые токи при прямом пуске приводят к повышенной нагрузке на изоляцию обмоток двигателя и ускоренный ее износ. Для решения данной проблемы в асинхронных электроприводах можно использовать частотные преобразователи (ПЧ) или тиристорные регуляторы напряжения (ТРН). Системы на базе ПЧ имеют большой функционал, значительный диапазон регулирования, позволяют управлять моментом, но по сравнению с ТРН у них высокая стоимость, что в конечном итоге играет ключевую роль при выборе устройства плавного пуска [1–10].

В зависимости от типа производителя и модели ТРН внутреннее устройство силового преобразователя может отличаться. На рис. 1 представлена обобщенная функциональная схема ТРН, где БЗ – блок защиты, СУ – система управления, СИФУ – система импульсно-фазового управления, СЧ – силовая часть, ДН – датчик напряжения, ДТ – датчик тока, ДС – датчик скорости, АД – асинхронный двигатель.

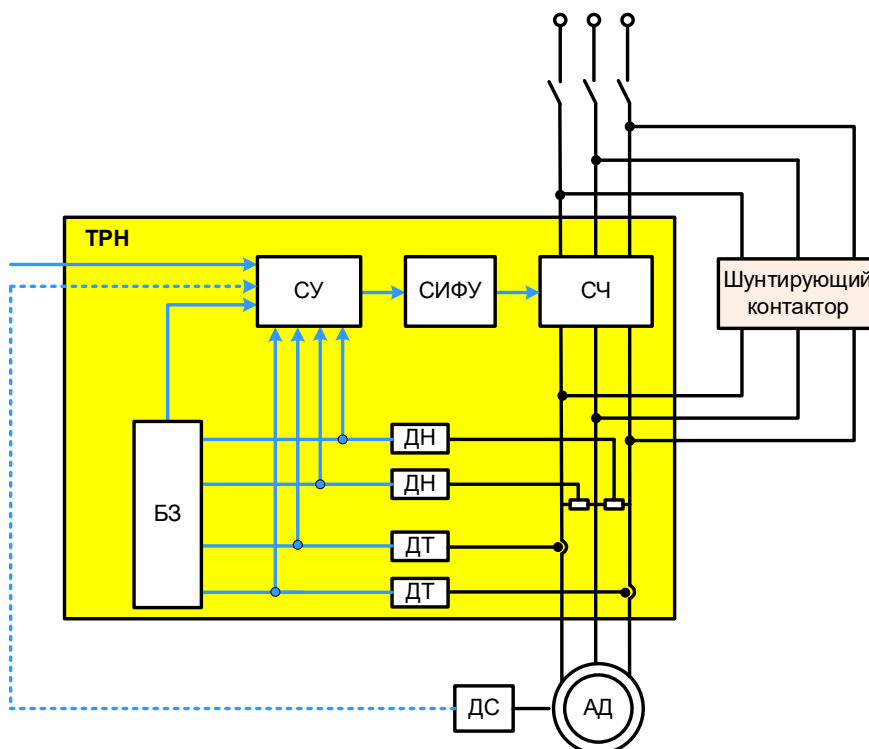


Рисунок 1 – Функциональная схема ТРН-АД

Каждая фаза АД подключена непосредственно к СЧ тиристорного регулятора напряжения. СУ формирует необходимые алгоритмы управления при пуске и торможении для электропривода. СИФУ осуществляет управление тиристорами согласно заданию, полученному с выхода блока СУ. В состав электропривода с тиристорным регулятором напряжения могут входить встроенные датчики тока и напряжения, которые позволяют повысить качество плавного пуска и обеспечить защиту при возникновении аварийных ситуаций с помощью блока БЗ. Для повышения надежности и эффективности в электроприводах с тиристорным регулятором напряжения используют шунтирующий контактор, который позволяет подключить двигатель напрямую в сеть.

Оценить влияние задатчика интенсивности и его параметров на плавный разгон в системе ТРН-АД можно с помощью адекватной математической модели.

Результаты и обсуждение

Для исследования переходных процессов в электроприводе ТРН-АД использовалась имитационная модель (рис. 2), которая была реализована в программной среде Matlab Simulink 2021a и включает в себя следующие основные элементы: питающая сеть, система управления, шунтирующие контакторы, измерительный блок, задание нагрузки, асинхронный двигатель.

Одной из особенностей данной модели является непосредственное управление ключами, в качестве которых здесь выступают тиристоры, взятые из библиотеки силовых элементов Simulink.

Алгоритм формирования управляющих импульсов для тириستоров показан на рис. 3. Принцип работы данной системы построен на двух основных элементах: источник с пилообразным сигналом и компаратор. Для правильной работы необходимо источник с пилообразным сигналом синхронизировать с соответствующей фазой. Далее на один из входов компаратора подается задающий сигнал, а на второй пилообразный, затем после сравнения этих сигналов формируется задержка для включения тиристора. С помощью логических элемен-

тов «И» определяется на какой из тиристоров будет подан управляющий сигнал. Принцип управления для других фаз аналогичен.

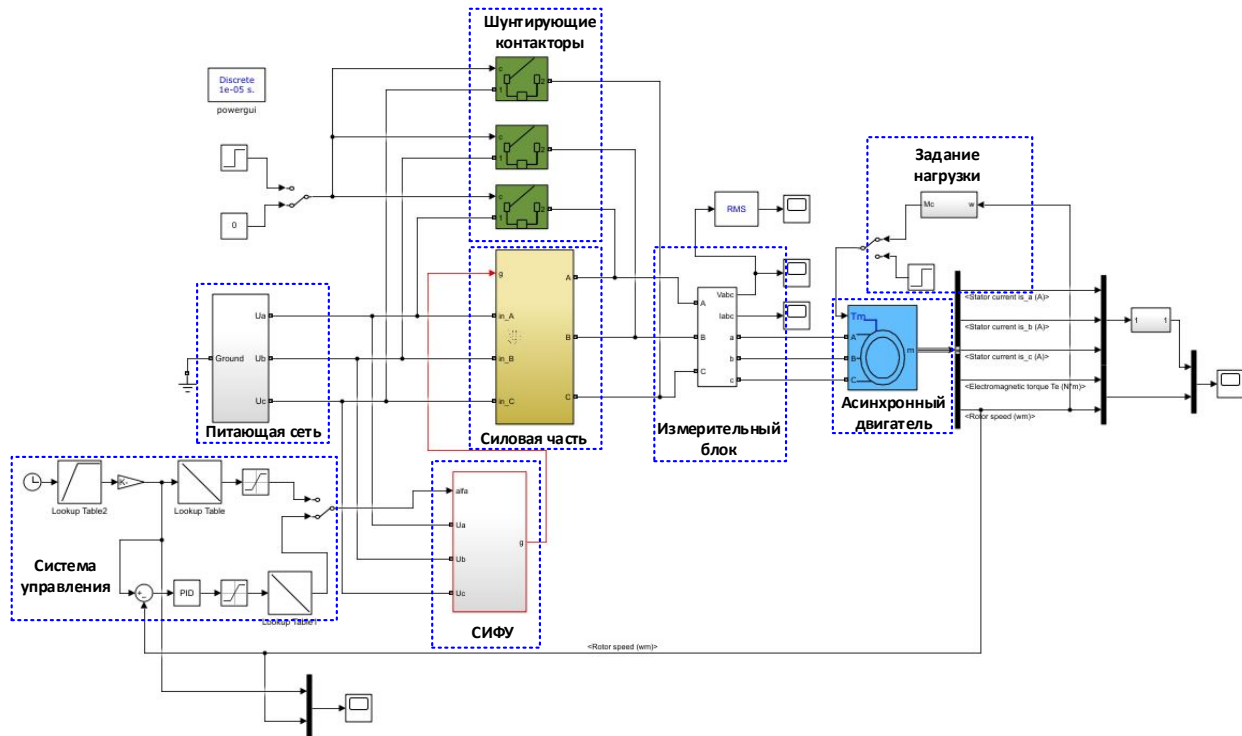


Рисунок 2 – Имитационная модель асинхронного электропривода по схеме ТРН-АД

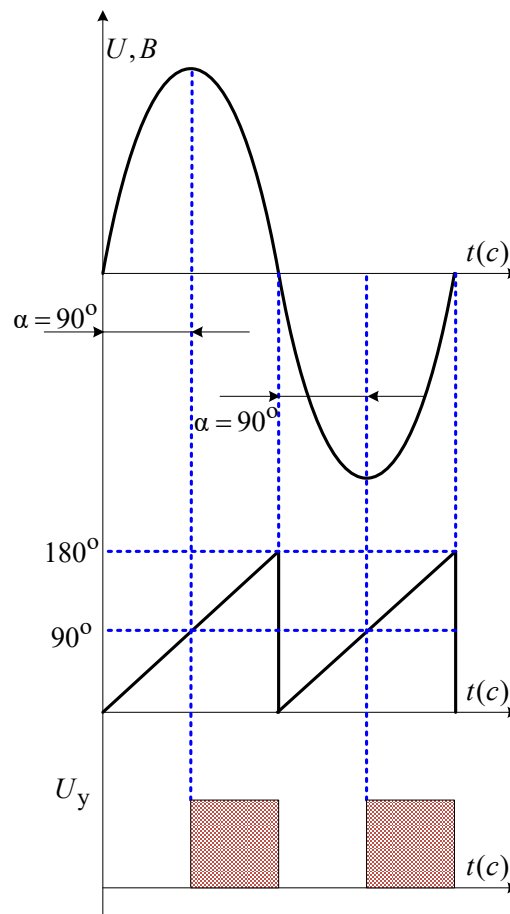


Рисунок 3 – Осциллограммы СИФУ

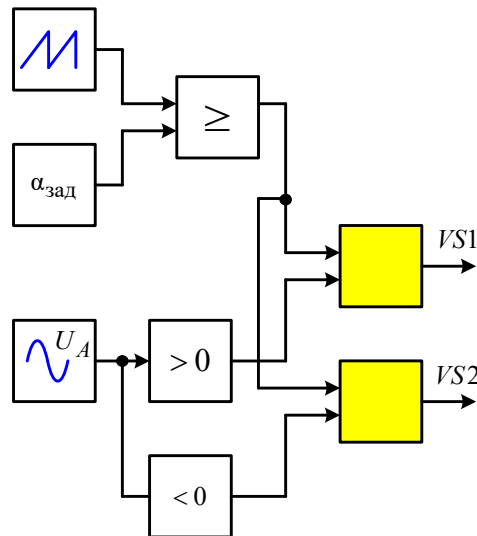


Рисунок 4 – Функциональная схема СИФУ для фазы А

Выбор оптимальных параметров для линейного задатчика интенсивности является важной задачей при обеспечении плавного пуска. К одному из самых простых для настройки можно отнести линейный задатчик интенсивности, который имеет два основных параметра: начальное задание и время нарастания напряжения задания до максимального значения (рис. 2). Изменяя данные параметры, можно добиться наилучших показателей при использовании устройств планового пуска на базе тиристорного регулятора напряжения. Если задать слишком малое значение времени разгона для линейного задатчика интенсивности, то положительный эффект от плавного пуска АД проявляться не будет. При значительном увеличении времени разгона могут возникнуть дополнительные нагрузки на АД и силовой преобразователь, которые будут проявляться в виде нагрева. Помимо этого, увеличивается время разгона двигателя до заданной величины. Стоит разграничивать время разгона двигателя до заданной величины t_n и время нарастания напряжения задания до максимального значения t_p . Первый параметр может меняться в зависимости от нагрузки на валу двигателя при постоянной величине t_p в линейном задатчике интенсивности.

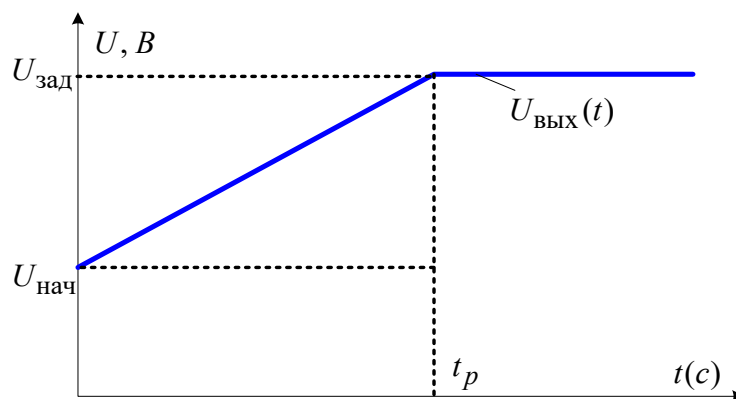


Рисунок 5 – Линейная траектория разгона для ТРН-АД

Структурная схема задатчика интенсивности показана на рис. 6, которая состоит из сумматора, релейного элемента РЭ и интегрального звена «И». Выходное напряжение задатчика интенсивности определяется следующим выражением:

$$U_{\text{вых}}(t) = \frac{U_0}{T_{\text{ЗИ}}},$$

где U_0 – напряжение ограничения релейного элемента; $T_{\text{ЗИ}}$ – постоянная интегрирования интегратора. Время нарастания выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ до величины $U_{\text{зад}}$ определяется выражением:

$$t_p = \frac{U_{\text{зад}}}{U_0} T_{\text{ЗИ}},$$

где $U_{\text{зад}}$ – напряжение, до которого будет происходить нарастание сигнала.

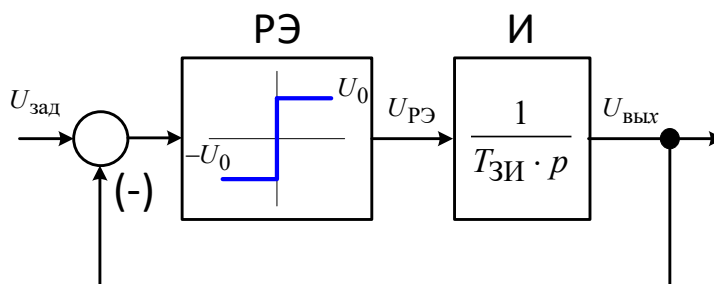


Рисунок 6 – Структурная схема задатчика интенсивности

Для исследования плавного пуска с задатчиком интенсивности в имитационной модели (рис. 2) использовался блок одномерной матрицы Look-Up Table, который позволяет задать любую траекторию по точкам. В таблице 1 представлены параметры асинхронного двигателя 4A160S2Y3, который применялся для исследования плавного пуска.

Таблица 1 – Параметры 4A160S2Y3

P_n , кВт	I_n , А	n_n , об/мин	η , %	$\cos\phi$	U_ϕ , В	J , кг·м ²
15	28,5	2940	88	0,91	220	0,048

В таблице 2 находятся параметры схемы замещения, которые были определены косвенным методом.

Таблица 2 – Параметры схемы замещения

R_1 , Ом	R_2 , Ом	L_1 , Гн	L_2 , Гн	L_m , Гн
0,1787	0,1755	0,026	0,036	0,0904

В таблице 3 представлены значения пиковых токов и моментов при разном времени нарастания напряжения в задатчике интенсивности для асинхронного электропривода по схеме ТРН-АД, работающего на вентиляторную нагрузку.

Таблица 3 – Пиковые токи и моменты при регулировании времени разгона

tr, с время разгона при $U_{\text{нач}} = 0$ В	Разомкнутая система		Замкнутая система по скорости	
	Пиковый ток	Пиковый момент	Пиковый ток	Пиковый момент
0	175,3	102,3	174,08	101,3
0,5	114	77,3	115	77,3
1	113,3	77,3	117	55
1,5	113	77,3	113	55
2	112,7	77,3	108	52
2,5	112,4	77,4	104	51
3	111,8	76,7	100,3	50
4	110,5	75	99,4	50,5

При исследовании были рассмотрены разомкнутая и замкнутая система по угловой скорости ротора. Из полученных данных видно, что при $t = 0$ (прямой пуск) наблюдаются существенные значения пиковых токов и моментов. Разомкнутая система показала при $t_p = 0,5$ улучшение показателей качества, но дальнейшее увеличение t_p уже практически не оказывает влияние на пиковые значения токов и моментов. Замкнутая система ожидаемо оказалась более эффективной по сравнению с разомкнутой и показала при $t_p = 3$ с неплохие показатели. Оптимальное время разгона в замкнутой системе определяется непосредственно параметрами регулятора и электропривода.

Вторым важным параметром при настройке линейного задатчика интенсивности является начальное задание $U_{нач}$. Это точка, с которой происходит нарастание напряжения в задатчике интенсивности. Из таблицы 4 видно, что для разомкнутой системы до $U_{нач} = 6$ В показатели остаются на приемлемом уровне, а дальнейшее увеличение ухудшает их. Из анализа переходных процессов при изменении $U_{нач}$ было установлено, что данная величина влияет на время переходных процессов в разомкнутой системе, так как при установке оптимального значения напряжения $U_{нач}$ на валу двигателя формируется нужный момент для быстрого запуска. Крутящий момент на валу двигателя пропорционален квадрату напряжения и если он будет слишком низким при пуске, то электропривод не запустится сразу. В замкнутой системе при вводе начального задания показатели пиковых токов и моментов ухудшаются.

Таблица 4 – Пиковые токи и моменты при регулировании начального задания

$U_{нач}$, В начальное значение при $t_p = 2$ с	Разомкнутая система		Замкнутая система по скорости	
	Пиковый ток	Пиковый момент	Пиковый ток	Пиковый момент
0	112,8	77,35	107,5	52,6
2	112,4	77,35	155,6	77,5
4	111,5	76	174,05	101,36
6	119,6	75,7	174,05	101,4
8	171,6	90,2	174,05	101,37
10	175,3	102	174,04	101,4

Стоит отметить, что при использовании систем плавного пуска с оптимально выбранными параметрами задатчика интенсивности, снижаются не только значения пиковых токов и моментов, но и время работы с этими значениями, что положительно влияет на электропривод. Величина пиковых токов и моментов зависит от параметров электропривода, а также в каком режиме осуществляется пуск (на холостом ходу/ под нагрузкой).

Значительно повысить качество пуска можно путем обеспечения заданной траектории разгона, т. е., с замкнутым контуром по угловой скорости ротора, что было показано в ходе данных исследований. Системы плавного пуска на базе ТРН-АД в большинстве случаев не имеют возможностей для реализации обратной связи по скорости. Использовать датчики скорости на основе энкодеров или тахогенераторов нецелесообразно, так как диапазон регулирования небольшой и это может привести к значительному увеличению стоимости электропривода. Перспективным вариантом в данной ситуации является использование косвенных методов для оценки угловой скорости, которые позволяют на основе информации, полученной с датчиков тока и напряжения, рассчитать текущую скорость двигателя и обеспечить обратную связь [11–14].

Заключение и выводы

1. При настройке задатчика интенсивности для системы ТРН-АД необходимо учитывать параметры электропривода и выбирать время разгона и начальное задание таким образом, чтобы был не затянутым и ограничивались пиковые значения токов и моментов.

2. Для замкнутой системы по угловой скорости использовать начальное задание нецелесообразно в линейном задатчике интенсивности, так как это приводит к негативным факторам, которые ухудшают качество плавного пуска.

3. Использование наблюдателей для оценки угловой скорости в системе ТРН-АД является перспективным решением, так как позволяет обеспечить заданную траекторию пуска и улучшить показатели пиковых значений моментов и токов по сравнению с разомкнутой без использования дополнительных датчиков.

Литература

1. Плавный пуск группы высоковольтных асинхронных электроприводов центробежных механизмов / В. Копырин, В. Кривовяз, А. Силуков, А. Ткачук. – Текст : непосредственный // Силовая электроника. – 2008. – № 16. – С. 54–57.
2. Хашимов, А. А. Энергосберегающие системы автоматизированного электропривода для установок и агрегатов промышленного, сельскохозяйственного и бытового значения / А. А. Хашимов. – Текст : непосредственный // Приводная техника. – 2008. – № 5. – С. 57–65.
3. Развитие энергосберегающих электроприводных систем и способов повышения их в технологиях / М. П. Белов, Р. Кахоров, В. А. Новиков, А. А. Прокопов. – Текст : непосредственный // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета ЛЭТИ. – 2016. – Т. 5. – С. 78–89.
4. Николаев, В. Г. Энергосберегающие способы управления группой лопастных насосов с регулируемым электроприводом / В. Г. Николаев. – Текст : непосредственный // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – № 3. – С. 18–21.
5. Дидыч, В. А. Пути энергосбережения в насосных установках системы мелиорации и орошения / В. А. Дидыч. – Текст : непосредственный // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 69. – С. 128–150.
6. Лысенко, О. А. Режимы энергосбережения установок центробежных насосов с асинхронными двигателями / О. А. Лысенко. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. – 2014 – Т. 325, № 4. – С. 133–141.
7. Толпаров, Д. В. Анализ систем управления насосных станций / Д. В. Толпаров, Ю. Н. Дементьев. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – № 4. – С. 113–118.
8. Свистунов, В. А. Автоматизация насосной станции с применением частотно-регулируемого электропривода / В. А. Свистунов. – Текст : непосредственный // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 12-2. – С. 135–140.
9. Захаров, А. В. Исследование эффективности применения специальных серий частотно-регулируемых асинхронных двигателей в электроприводах центробежных насосов / А. В. Захаров, А. Л. Колосов. – Текст : непосредственный // Электротехника. – 2008. – № 11. – С. 49–53.
10. Зюзев, А. М. К построению бездатчикового электропривода системы ТПН-АД / А. М. Зюзев, К. Е. Нестеров. – Текст : непосредственный // Электротехника. – 2005. – № 9. – С. 38–41.
11. Браславский, И. Я. Асинхронный тиристорный электропривод с бездатчиковым измерителем скорости / И. Я. Браславский, А. М. Зюзев, К. Е. Нестеров. – Текст : непосредственный // Электромашиностроение и электрооборудование. – 2006. – № 66. – С. 35–36.
12. Козлова, Л. Е. Разработка наблюдателя скорости для системы управления асинхронного электропривода с тиристорным регулятором напряжения / Л. Е. Козлова, В. В. Тимошкин, А. С. Глазырин. – Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9-3. – С. 656–661.
13. Козлова, Л. Е. Принцип построения архитектуры нейроэмулятора угловой скорости электропривода по схеме ТРН-АД / Л. Е. Козлова. – Текст : непосредственный // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2015. – № 1 (58). – С. 161–170.
14. Афанасьев, К. С. Идентификация скорости асинхронного электродвигателя лабораторного стенда с помощью фильтра Калмана и наблюдателя Люенберга / К. С. Афанасьев, А. С. Глазырин. – Текст : непосредственный // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2012. – № 4. – С. 66–69.

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ
В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ
НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

Рысев Павел Валерьевич

*кандидат технических наук, доцент,
ФГАОУ ВО «Омский государственный
технический университет»*

Омск, Россия

E-mail: rysev_pavel@list.ru

Пешко Михаил Сергеевич

*кандидат технических наук, доцент,
ФГАОУ ВО «Омский государственный
технический университет»*

Омск, Россия

E-mail: necheat@mail.ru

Шепелев Александр Олегович

*кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»*

Ханты-Мансийск, Россия

E-mail: a_shepelev@ugrasu.ru

В работе рассмотрены вопросы регулирования напряжения в распределительной электрической сети. Показана возможность использования нечеткой логики, реализованной в нечетком регуляторе, для управления напряжением.

Предмет исследования: внедрение нечеткого регулятора в систему управления уровнями напряжений в распределительной электрической сети.

Цель исследования: увеличение ресурса переключателей регуляторов напряжения силовых трансформаторов при управлении режимами по напряжению и реактивной мощности распределительных электрических сетей.

Методы и объекты исследования: исследование проводилось с помощью численного имитационного моделирования, методов нечеткой логики. Объектами исследования являлись распределительная электрическая сеть, а также силовые трансформаторы, оснащенные регуляторами напряжения, регулируемые компенсирующие устройства, работающие совместно под управлением нечеткого регулятора.

Результаты исследования: на основе проведенных экспериментов было показано, что совместное использование средств регулирования напряжения (трансформаторы, компенсирующие устройства) в распределительной электрической сети при управлении нечетким регулятором позволяет повысить ресурс и продлить срок службы переключающих устройств трансформаторов.

Ключевые слова: регулирование напряжения, компенсация реактивной мощности, нечеткая логика, моделирование.

INTELLIGENT VOLTAGE REGULATION SYSTEM IN THE DISTRIBUTION ELECTRICAL NETWORK BASED ON FUZZY LOGIC

Pavel V. Rysev

*Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor
Omsk State University,
Omsk, Russia
E-mail: rysev_pavel@list.ru*

Mikhail S. Peshko

*Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor
Omsk State University,
Omsk, Russia
E-mail: necheat@mail.ru*

Alexander O. Shepelev

*Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor
Yugra State University,
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: a_shepelev@ugrasu.ru*

The paper considers the issues of voltage regulation in the distribution network. The possibility of using fuzzy logic implemented in a fuzzy controller for voltage control is shown.

The purpose of the study: to increase the resource of switches of voltage regulators of power transformers when controlling voltage and reactive power modes of distribution electrical networks.

Subject of research: the introduction of a fuzzy controller in the voltage level control system in the distribution electrical network.

Methods and objects of research: the study was conducted using numerical simulation, fuzzy logic methods. The objects of the study were the distribution electrical network as well as power transformers equipped with voltage regulators, adjustable compensating devices working together under the control of a fuzzy controller.

Results of research: based on the conducted experiments, it was shown that the joint use of voltage regulation means (transformers, compensating devices) in the distribution electrical network when controlling a fuzzy controller allows to increase the resource and extend the service life of transformer switching devices.

Keywords: voltage regulation, reactive power compensation, fuzzy logic, modeling.

Введение

Задача оптимального регулирования напряжения в распределительных электрических сетях является одной из самых важных в процессе эксплуатации. Напряжение напрямую влияет на технико-экономические показатели сети через условно-постоянные и нагрузочные потери в сетевых элементах; электрооборудования производств, основу электроприемников которых составляют асинхронные двигатели, вращающий момент которых пропорционален квадрату напряжения.

Возможности регулирования напряжения в распределительных электрических сетях в сравнении с сетями более высокого уровня ограничены и могут быть разделены на две основные группы: централизованное, когда регулирование осуществляется в центре питания и местное, когда регулирование осуществляется в непосредственной близости от электроприемников [1, 2].

При централизованном регулировании напряжения в сети в центрах питания (ЦП) изменяют коэффициент трансформации ктр. В этом режиме напряжение в начале линии может достигать наибольшего рабочего значения, а на зажимах электроприемников быть недопустимо низким, то есть средств централизованного регулирования недостаточно для качественного управления напряжением.

В таких случаях вместе с централизованным регулированием применяют и местное регулирование коэффициента трансформации. Зачастую когда диапазона регулирования коэффициента трансформации недостаточно для обеспечения требуемого уровня напряжения, используют вольтодобавочные трансформаторы и компенсирующие устройства (КУ).

Для целей регулирования напряжения могут использоваться трансформаторы с возможностью изменения коэффициента трансформации в реальном масштабе времени (устройство регулирования напряжения под нагрузкой «РПН»), так и трансформаторы не имеющие такой возможности, допускающие только сезонное регулирование – трансформаторы с переключением без возбуждения «ПБВ».

Регулировочный диапазон для трансформаторов с ПБВ изменяется в пределах $\pm 2 \times 2,5 \%$, для РПН он может достигать $\pm 16\%$, а для регулировочных трансформаторов $\pm 25\%$.

На практике стремятся в первую очередь обеспечить уровни напряжения в узлах распределительной сети за счет средств централизованного регулирования; местное используют как вспомогательное средство.

Однако, такой подход имеет недостатки.

Устройства РПН трансформаторов представляют собой сложный электромеханический агрегат (рисунок 1 а), который оказывает существенное влияние на надежность трансформаторного оборудования (рисунок 1 б).

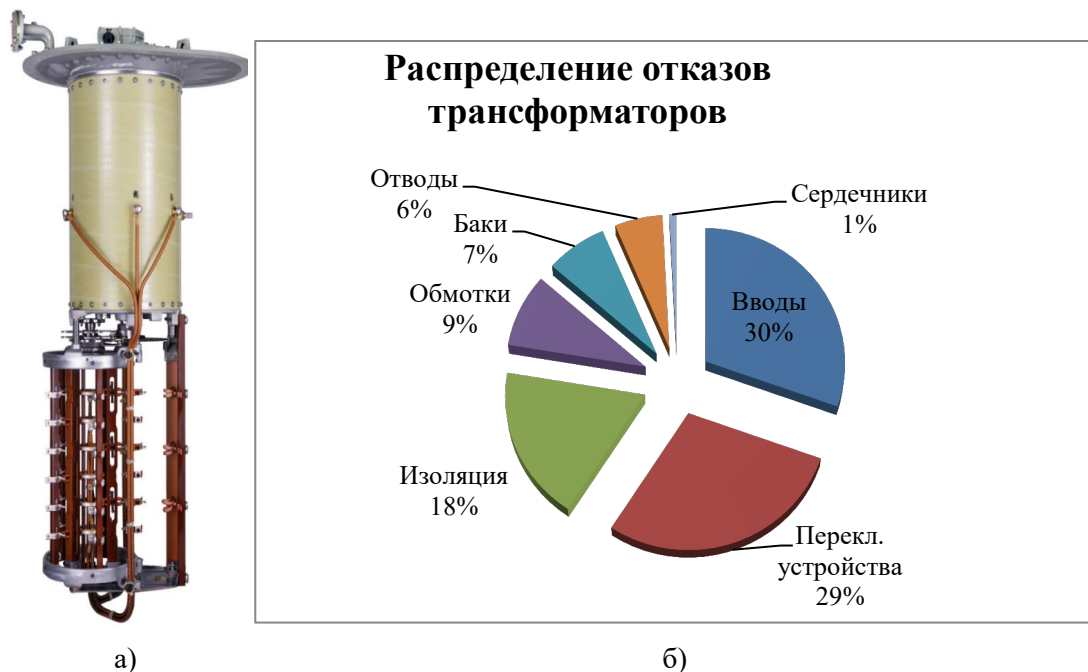


Рисунок 1 – Устройство РПН (а) и распределение отказов силовых трансформаторов 110 кВ по элементам конструкции (б) [3]

При регулировании напряжения устройствами РПН их ресурс, который обычно составляет 100 тыс. переключений, расходуется и возрастают износостойкие отказы РПН.

Учитывая, что в электросетевом комплексе России работает свыше 14000 силовых трансформаторов 35 и 110 кВ [4], значительная часть которых находится на грани исчерпания ресурса, то задача минимизации износа переключателей силовых трансформаторов при напряжения в распределительных электрических сетях на оптимальном уровне является актуальной.

Результаты и обсуждение

В данной работе предпринята попытка повышения эффективности регулирования напряжения путем совместного использования средств централизованного и местного регулирования напряжения на применения нечеткой логики.

Нечеткая логика как принцип управления была выбрана ввиду необходимости учитывать не только характеристики электрического режима сети (уровни напряжения, потери электро-энергии и т. д.), но и износ переключателей трансформаторов.

Нечеткая логика позволяет достаточно удобно реализовать порядок действий реального оператора, учитывая его опыт работы при различных режимных ситуациях.

В качестве объекта рассмотрим распределительную электрическую сеть напряжением 6 кВ, которая получает питание через трансформаторную подстанцию 110/6 кВ, оснащенную трансформаторов ТДН-16000/110.

Первым этапом было определение границ регулирования напряжения.

Для этого было произведено моделирование электрической сети в программе RASTRWIN 3 (рисунок 2).

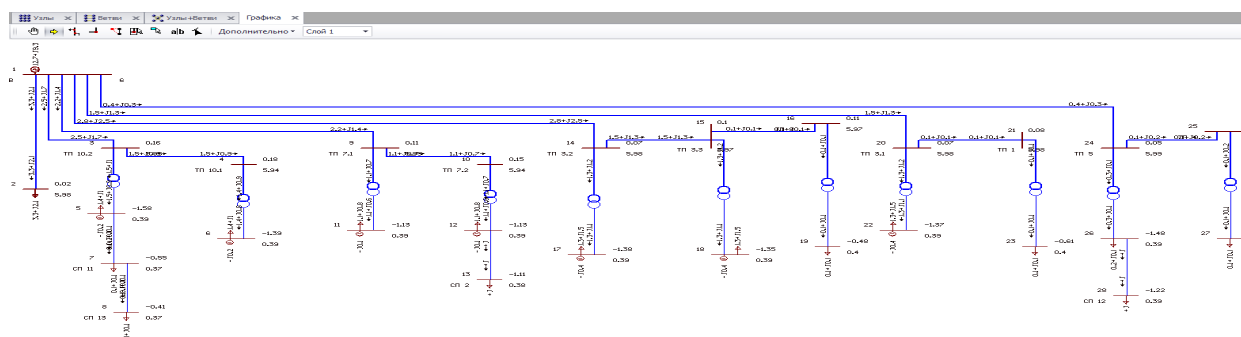


Рисунок 2 – Окно программы RASTRWIN 3

При моделировании были определены границы диапазона регулирования напряжения в центре питания, которые составили: $\Delta U = 5,69$ кВ – 6,235 кВ, просчитаны режимы максимальных и минимальных нагрузок.

Используя результаты моделирования в RASTRWIN 3 была создана Simscape модель. Поскольку режимы электрической сети были рассчитаны в RASTRWIN 3, то в Simscape достаточно было реализовать центр питания.

На рисунке 3 представлена Simscape модель центра питания.

Эта модель позволяет задавать электрическую нагрузку (постоянную во времени и в виде графиков нагрузки), напряжение питающей сети (стабильное во времени или в виде графика изменения), осуществлять регулирование коэффициента трансформации силового трансформатора и компенсирующих устройств.

В блок OTLC, моделирующий силовой трансформатор с РПН введены данные, соответствующие ТДН-16000/110:

$S_{ном} = 16000$ кВА, $R_1 = R_2 = 0,0027$ о.е., $X_1 = X_2 = 0,0525$ о.е., $R_m = 842,1$ о.е., $X_m = 142,9$ о.е.

Параметры РПН: число ступеней: ± 9 ; общее количество ступеней – 19; шаг регулирования: 1,78 %; заданный уровень напряжения: 1,05 о.е.; зона нечувствительности: 0,0214 о.е.; время переключения: 3 с.; выдержка времени между переключениями: 60 с.

Электрическая нагрузка задается блоками «nagruzka» (постоянная величина); блоком «signal builder», в котором моделируется переменная во времени нагрузка с помощью трех графиков, вид которых можно редактировать.

В рассматриваемом случае было решено использовать централизованную компенсацию, разместив все управляемые источники реактивной мощности в центре питания, подключив к шинам 6 кВ.

Управление ступенями компенсирующих устройств осуществляется с помощью нечеткого регулятора (рисунок 3), реализуемого с помощью Simulink блока Fuzzy.

Рассмотрим подробнее настройку нечеткого регулятора.

Исходя из необходимой информации для принятия решений и технических особенностей системы определяем входы и выходы регулятора.

Входами регулятора являются напряжение на вторичной обмотке силового трансформатора и информационный сигнал о количестве подключенных секций компенсирующего устройства.

В качестве выходов регулятора приняты сигналы на переключение РПН в сторону увеличения и в сторону уменьшения отпаяек, а также сигнал управления секциями компенсирующего устройства (рисунок 4).

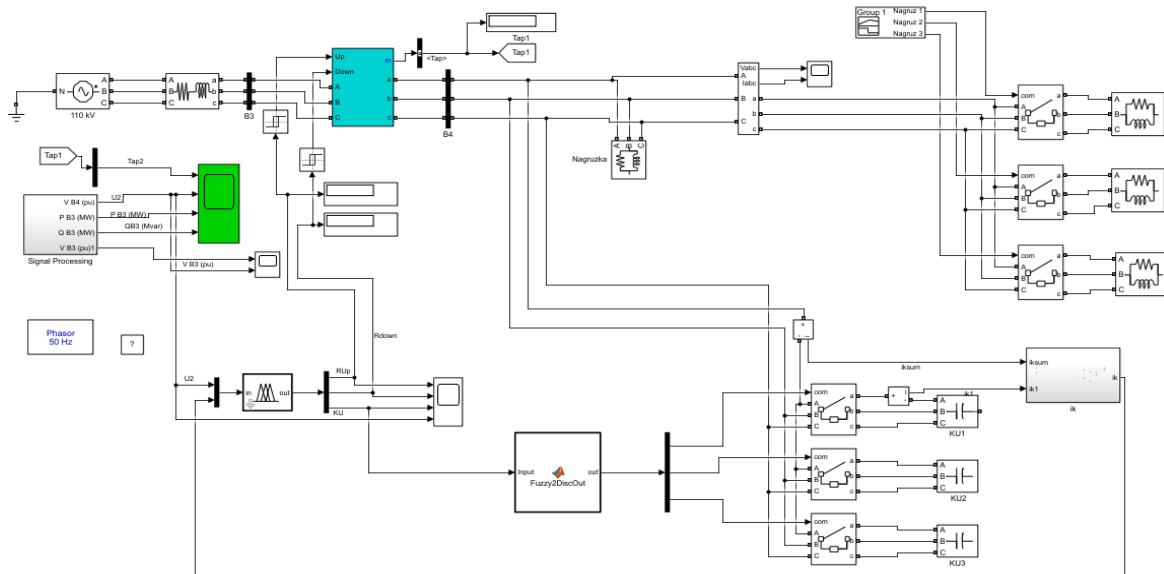


Рисунок 3 – Simscape модель центра питания

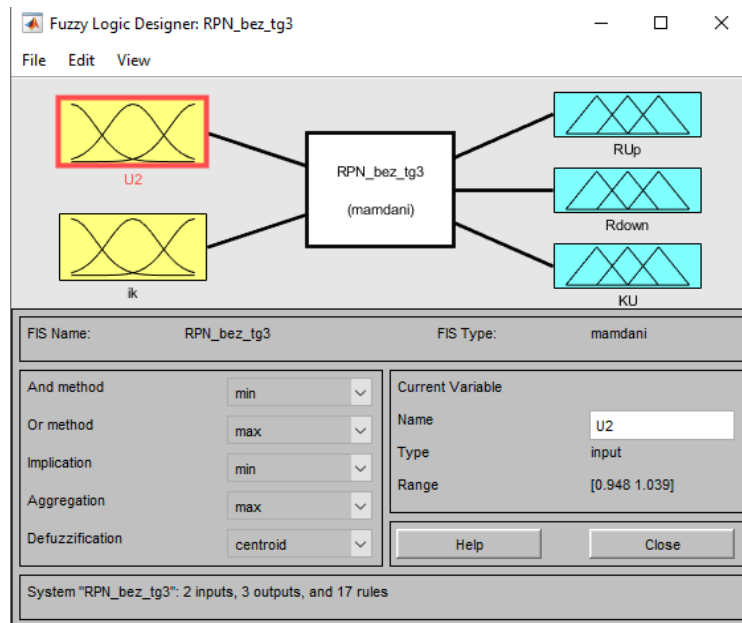


Рисунок 4 – Структура нечеткого регулятора

Для настройки нечеткого регулятора была произведена процедура фаззификации, результаты которой для двух входных переменных приведены в таблицах 1, 2.

Входной параметр «напряжение» был разделен на 5 термов (таблица 1), параметр «включенные КУ» – на 4 (таблица 2).

Диапазоны изменения параметров в рамках термов были определены исходя из моделирования распределительной сети в RASTRWIN 3.

Таблица 1 – Результаты фаззификации параметра «напряжение»

Описание	Терм	U, кВ	U, о.е.
Минимальное	n	< 5,69	< 0,948
Немного пониженное	sn	5,69...5,987	0,948...0,998
Нормальное	z	5,925...6,05	0,988...1,008
Немного повышенное	sp	5,987...6,235	0,998...1,039
Максимальное	p	> 6,235	> 1,039

Таблица 2 –Результаты фаззификации параметра «включенные КУ»

Описание	Терм	Значение
Не подключено	n	< 0,2
Одно КУ	on	0,2...1,2
Два КУ	tw	1,2...2,2
Три КУ	th	> 2,2

Визуализация фаззификации выполнена с помощью функций принадлежности, в качестве которых для входных параметров были выбраны треугольные функции, для выходных – треугольные и трапециевидные (рисунки 5–7).

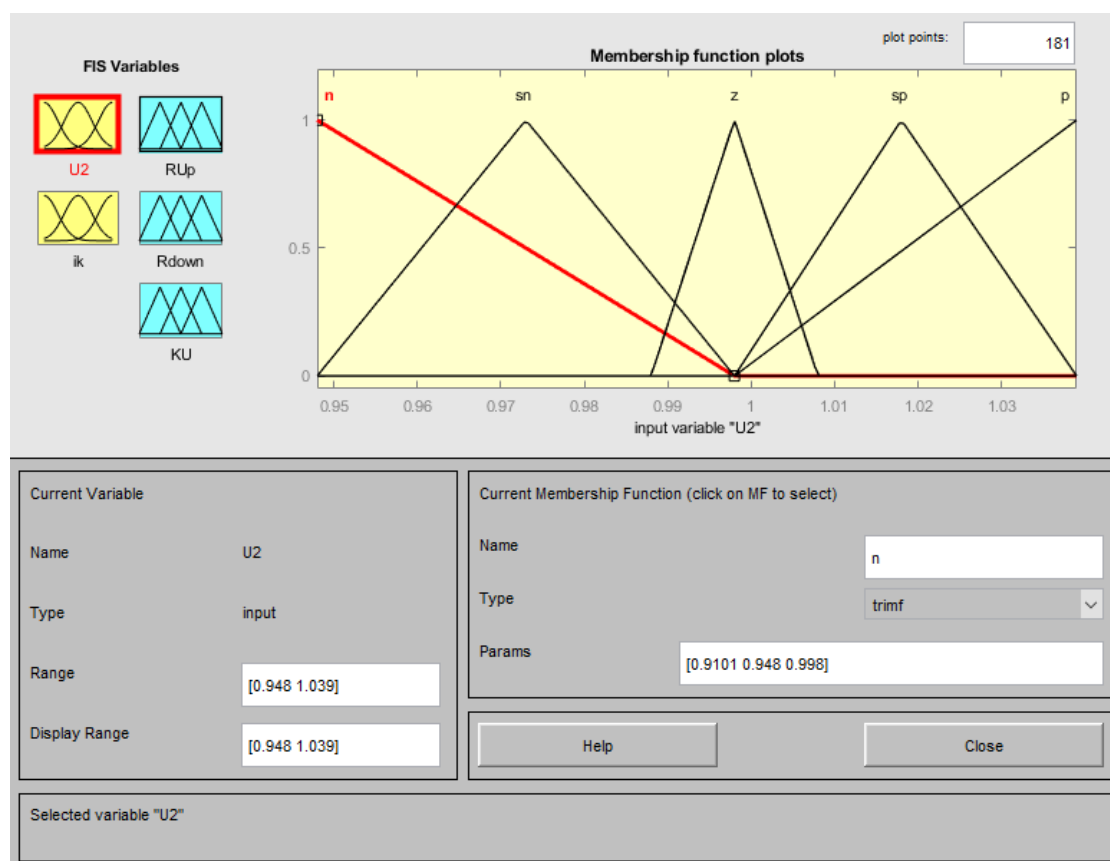


Рисунок 5 – Функции принадлежности переменной U2

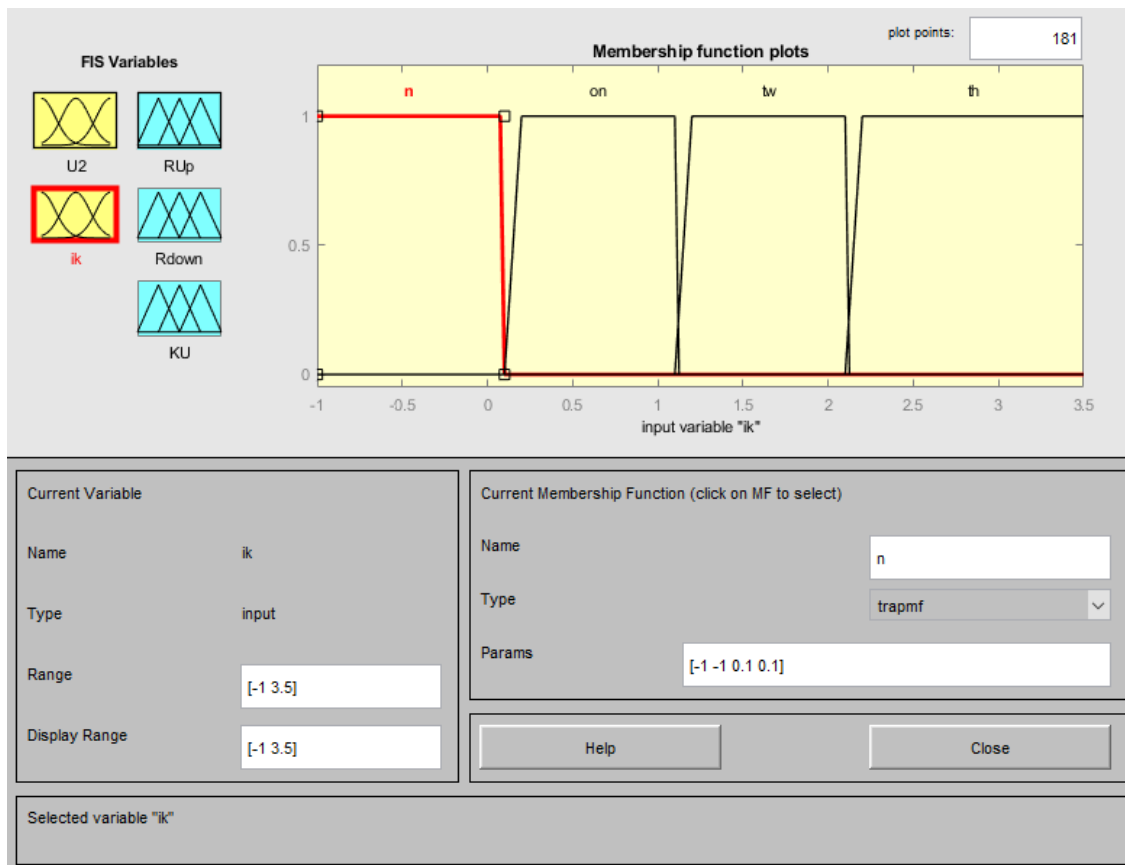


Рисунок 6 – Функции принадлежности переменной *ik*

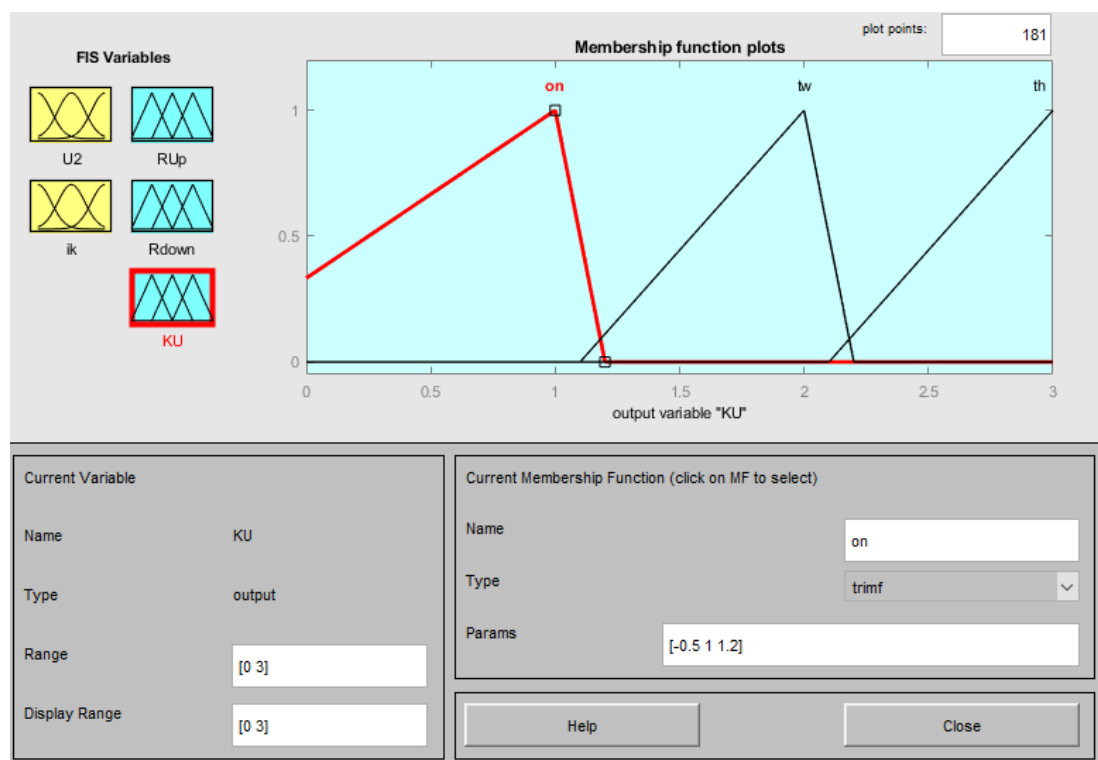


Рисунок 7 – Функции принадлежности переменной *KU*

На основании личного опыта, результатов моделирования в ПТК RASTRWIN 3 и задач управления сформирована база правил (рисунок 8).

The screenshot shows a software interface for editing a rule base. At the top, a list of 17 rules is displayed, each starting with 'If' followed by conditions and ending with 'then' followed by an action and a weight of 1. The rules are numbered 1 through 17. Below the list, there is a configuration panel with five columns, each representing a part of a rule: 'If', 'and', 'Then', 'and', and 'and'. Each column has a dropdown menu for selecting a value. The 'If' column has values: n, sn, z, sp, p, none. The first 'and' column has values: n, tw, on, th, none. The 'Then' column has values: p, none. The second 'and' column has values: p, none. The third 'and' column has values: on, tw, th, none. Below each dropdown menu is a checkbox labeled 'not'. At the bottom left, there is a 'Connection' section with two radio buttons: 'or' and 'and', where 'and' is selected. To the right of the radio buttons is a 'Weight' field with the value '1'. At the bottom right, there are three buttons: 'Delete rule', 'Add rule', and 'Change rule', followed by two arrow buttons '<<' and '>>'.

Рисунок 8 – База правил. Окно редактора

Основной задачей, решаемой при создании базы правил, было снижение количества переключений РПН трансформатора. Это достигалось за счет включения и отключения секций компенсирующих устройств.

В данном примере было рассмотрено компенсирующее устройство, включающее три секции.

Таким образом, у компенсирующего устройства всего 4 положения – «Отключено», «Включена 1 ступень», «Включены 2 ступени», «Включены 3 ступени».

С одной стороны, это несколько снижает гибкость системы регулирования напряжения, но с другой – позволяет сделать базу правил весьма компактной (17 правил), что положительно сказывается на быстродействии и безотказности работы системы.

Графически правила представлены на рисунке 9.

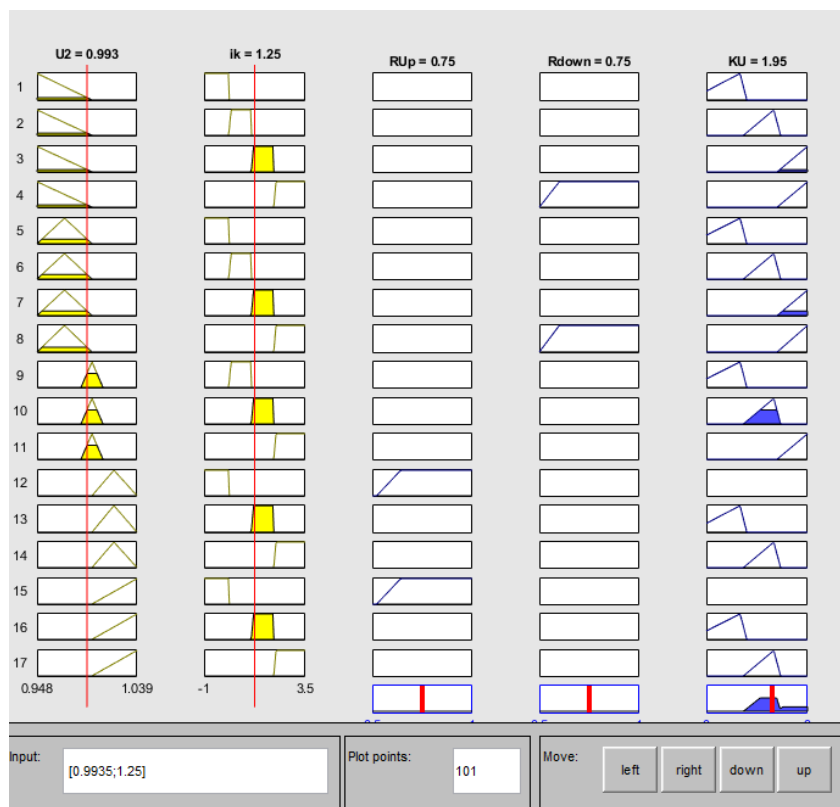


Рисунок 9 – База правил. Окно просмотра

При моделировании работы системы регулирования напряжения были проведены численные эксперименты с различными диапазонами изменения возмущений – параметров питающей сети, нагрузки распределительной сети при использовании нечеткого регулятора и без его применения.

Графики изменения переменных приведены на рисунках 10–12.

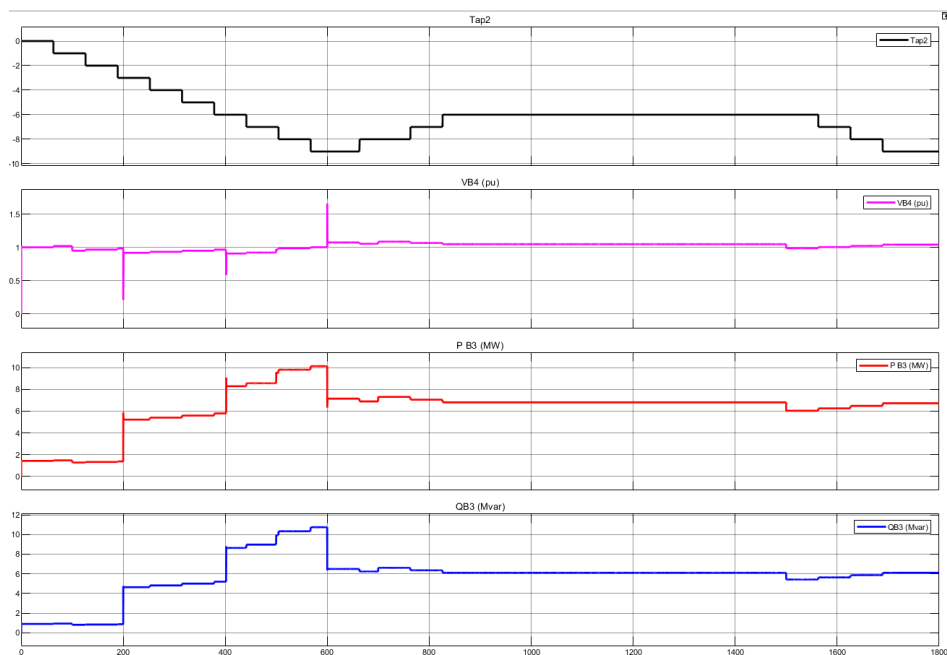


Рисунок 10 – Изменение положений переключателя, мощностей и напряжения без действия контролера

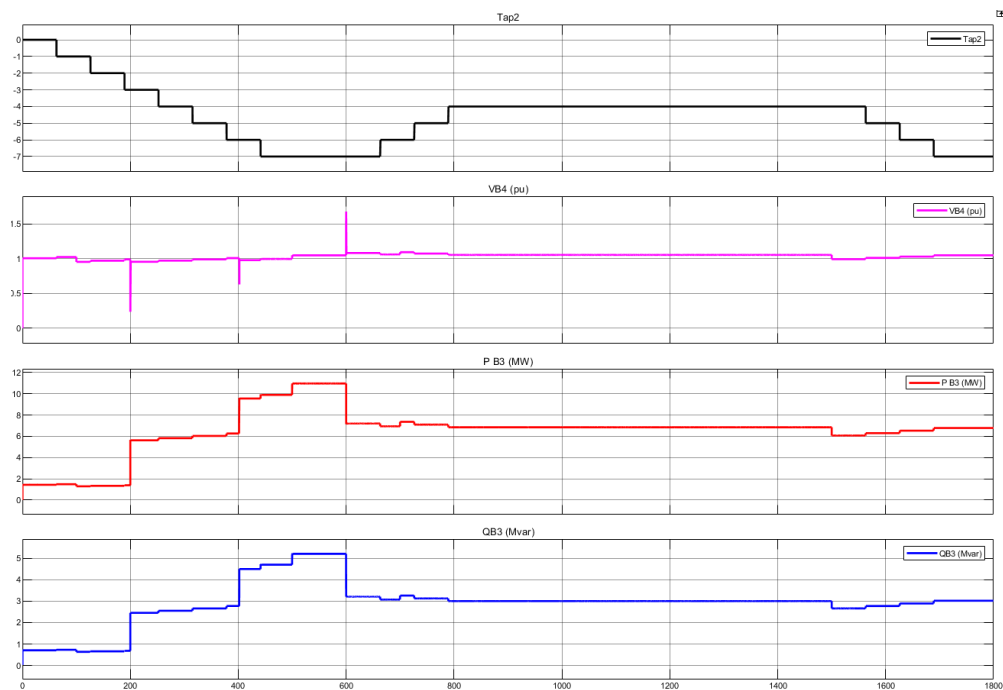


Рисунок 11 – Изменение положений переключателя, мощностей и напряжения при действии контролера

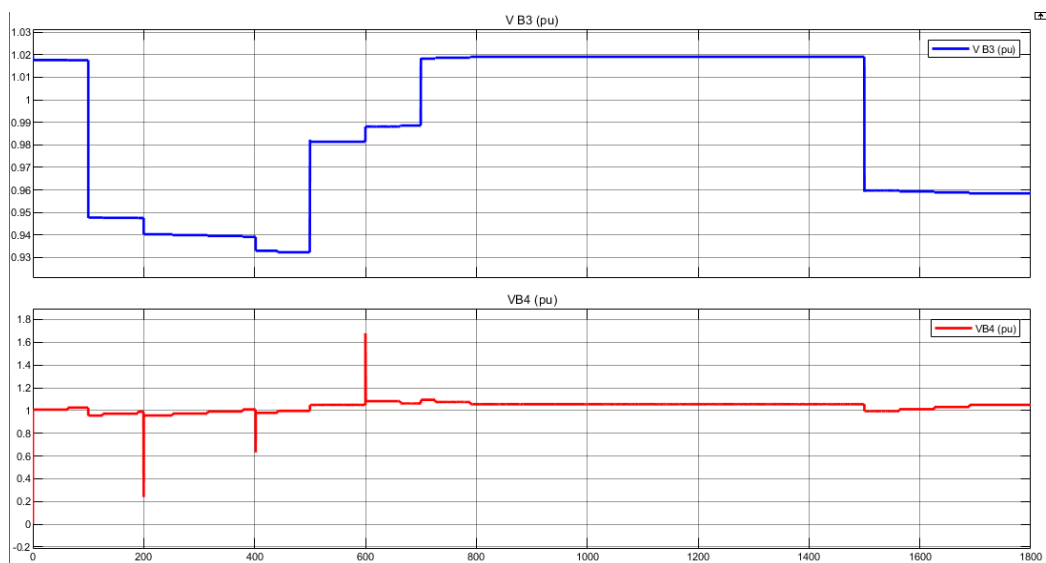


Рисунок 12 – Изменение напряжения на входе и выходе силового трансформатора при действии контролера

Из результатов моделирования видно, что включение компенсирующих устройств оказывает влияние на уровни напряжения на стороне НН центра питания и количество переключений РПН трансформатора.

В случае незначительных флуктуаций питающего напряжения и нагрузки компенсирующих устройств может вполне оказаться достаточно для регулирования напряжения.

Однако, при резких колебаниях напряжения и нагрузки выполнить регулирование напряжения, не используя РПН не представляется возможным. Кроме того, КУ позволяют производить регулирование в рамках доступного им диапазона изменения мощности, который ограничивается потребляемой реактивной мощностью нагрузки.

Вместе с тем, удалось показать, что комплексное регулирование, при котором производится управление не только РПН, но и КУ, позволяет уменьшить количество переключений анцапф РПН, а значит увеличить его ресурс.

Заключение и выводы

Достоинствами применения подхода, использованного в работе, являются возможность применять как жесткую, так и гибкую логику, быстро перенастраивать нечеткий регулятор, копируя в его память новую базу правил, т.е. система становится более гибкой.

Увеличение роли компенсирующих устройств в регулировании напряжения при управлении нечетким регулятором, позволило существенно сократить количество переключений РПН (на 37 % для «спокойного графика»), повысить быстродействие системы управления напряжением.

Также, побочным эффектом применения дополнительной компенсации реактивной мощности является снижение потерь мощности и энергии в трансформаторах центра питания и в питающей сети.

Вместе с тем необходимо отметить, что применяемый подход имеет ограничения, связанные с величиной реактивной мощности, потребляемой нагрузкой сети, а также ограничения, накладываемые требованиями устойчивости узлов электрической нагрузки.

При выбранном подходе данные ограничения должны определяться при моделировании рассматриваемой сети в специализированном программном обеспечении и учитываться в процессе фазификации и создании базы правил.

Литература

1. Ананичева, С. С. Электроэнергетические системы и сети: учебное пособие / С. С. Ананичева, С. Н. Шелюг. – Екатеринбург, 2019. – 296 с. – URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/76274/1/978-5-7996-2638-9_2019.pdf (дата обращения: 15.07.2022).
2. Идельчик, В. И. Электрические системы и сети: учебник для вузов / В. И. Идельчик. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
3. Анализ повреждаемости трансформаторов мощностью 16 и 25 МВА класса напряжения 110 кВ. – Текст: электронный // ПУЭ8. – URL: <https://pue8.ru/elektricheskie-seti/623-analiz-povrezhdaemosti-transformatorov-moshchnostyu-16-i-25-mva-klassa-napryazheniya-110-kv.html> (дата обращения: 04.08.2022).
4. ПАО «Россети» в цифрах. – Текст: электронный ресурс // Проект РЗА. – URL: <https://pro-rza.ru/pao-rosseti-v-tsifrah/#:~:text=То%20есть%20количество%20ПС%2035-110,110%20кВ%20около%2010000%20штук> (дата обращения: 04.08.2022).
5. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: межгосударственный стандарт: утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 июля 2013 г. № 400-ст.: дата введения 2014-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 16 с. – Текст: непосредственный.
6. RASTRWIN. – URL: <https://www.rastrwin.ru> (дата обращения: 10.08.2022). – Текст: электронный.
7. Пешко, М. С. Системы интеллектуального управления на базе нечеткой логики с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox программного обеспечения Matlab/Simulink: методические указания к лабораторным работам / М. С. Пешко. – Омск: ОмГТУ, 2019. – 100 экз. – опт. диск (CD-ROM). – Текст: электронный.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ И
ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ
ВЕЙВЛЕТНЫХ ФАЗОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ГЕЛИОКОСМИЧЕСКИХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ
И ИЗМЕНЕНИЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ МИРОВОГО ВОДНОГО БАЛАНСА.
ЧАСТЬ 1**

Алексеев Валерий Иванович

доктор технических наук,
профессор кафедры цифровых технологий
Института цифровой экономики,
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: v_alekseev@ugrasu.ru

Актуальность исследования обусловлена необходимостью установления истинных причин и закономерностей изменений гидрометрических характеристик мирового водного баланса, определяющие глобальный климат на Земле.

Цель исследования: установление закономерностей и причин изменений переменных мирового водного баланса на Земле: обеспеченности грунтовых и подземных вод, стоков рек на континентах, на суше, составляющих водного баланса Мирового океана в аномалиях, изменений в режиме атмосферы, уровня озер, Каспия, горных ледников, облачности и других природных сред, заданных в виде временных рядов, обусловленные изменениями гелиокосмических и климатических факторов под влиянием барицентрических движений Солнца, определяющие климат на Земле.

Объекты исследования: временные ряды гелиокосмических и глобальных климатических переменных, гидрометрических составляющих мирового водного баланса.

Методы исследования: разработанный автором метод взаимодействия наблюдений переменной или переменных с группами задаваемых гелиокосмических и климатических факторов в частотной и временной областях, полученных с использованием вейвлетных преобразований с вычислением фазо-частотных и фазо-временных характеристик наблюдений в равных интервалах времени; сравнительный анализ изменений полученных фазовых характеристик групп переменных с вычислением их матриц согласованности и построением графиков в частотной и временной областях.

Результаты исследования: в циклическом изменении климата на Земле, гидрометрических характеристик мирового водного баланса, природных сред, участвуют две группы переменных: гелиокосмические (барицентрические движения Солнца, солнечная активность, многолетняя солнечная инсоляция, вулканические извержения и парниковые газы, концентрация озона в ионосфере, элементы орбиты Земли, геомагнитное поле, магнитное поле Солнца) и глобальные температурные климатические переменные, обусловленные изменениями гелиокосмических факторов, ведущим из которых является барицентрические движения Солнца. Анализом вейвлетных фазо-частотных и фазо-временных характеристик группы гидрометрических характеристик мирового водного баланса, гелиокосмических и климатических переменных в фазо-частотном и фазо-временном областях установлены зависимости изменений гидрометрических характеристик мирового водного баланса изменениями гелиокосмических и климатических переменных в фазо-частотной и фазо-временной областях. Эти зависимости представлены на двух рисунках со многими графиками и двумя матрицами корреляций. Они характеризуют изменчивость составляющих мирового водного баланса изменениями гелиокосмическими и климатическими переменными в двух областях в наблюдаемом интервале времени и являются отражениями изменений в самоорганизующейся климатической системе. В изменениях фазо-временных характеристик групп факторов

наблюдаются решетчатые структуры разно и однонаправленных изменений переменных, характеризующие цикличность изменений климата на Земле

Ключевые слова: самоорганизующаяся климатическая система, гелиокосмические и климатические переменные, временные ряды составляющих мирового водного баланса, вейвлетные фазо-частотные и фазо-временные характеристики переменных, матрицы корреляций группы фазовых характеристик

**INVESTIGATION OF THE CONSISTENCY OF CHANGES
IN THE WAVELET PHASE CHARACTERISTICS
OF HELIOCOSMIC AND CLIMATE VARIABLES
AND CHANGES IN THE COMPONENTS OF THE WORLD WATER BALANCE.
PART 1**

Valery I. Alekseev

*Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department of Digital Technologies,
Institute of Digital Economy,
Yugra State University
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: v_alekseev@ugrasu.ru*

The relevance of research is due to the need to establish the true causes and patterns of changes in the hydrometric characteristics of the world water balance, which determine the global climate on Earth.

The purpose of research: to establish the patterns and causes of changes in the world water balance variables on Earth: the availability of ground and groundwater, river flows on continents, on land, components of the World Ocean water balance in anomalies, changes in the atmospheric regime, the level of lakes, the Caspian Sea, mountain glaciers, clouds and other natural environments, given in the form of time series, due to changes in heliocosmic and climatic factors under the influence of the barycentric movements of the Sun, which determine the climate on Earth.

The objects of research: time series of heliocosmic and global climate variables, hydrometric components of the world water balance.

The methods of research: a method developed by the author for the interaction of observations of a variable or variables with groups of given heliocosmic and climatic factors in the frequency and time domains, obtained using wavelet transforms with the calculation of phase-frequency and phase-time characteristics of observations in equal time intervals; comparative analysis of changes in the obtained phase characteristics of groups of variables with the calculation of their consistency matrices and plotting in the frequency and time domains.

Results: two groups of variables are involved in cyclic climate change on Earth, hydrometric characteristics of the world water balance, natural environments: heliocosmic (barycentric motions of the Sun, solar activity, long-term solar insolation, volcanic eruptions and greenhouse gases, ozone concentration in the ionosphere, elements of the Earth's orbit, geomagnetic field, magnetic field of the Sun) and global temperature climatic variables due to changes in heliocosmic factors, the leading of which is the barycentric motion of the Sun. By analyzing the wavelet phase-frequency and phase-time characteristics of the group of hydrometric characteristics of the world water balance, heliocosmic and climatic variables in the phase-frequency and phase-time domains, the dependences of changes in the hydrometric characteristics of the world water balance by changes in heliocosmic and climatic variables in the phase-frequency and phase- temporary areas. These dependencies are presented in two figures with many graphs and two correlation matrices. They characterize the variability of the components of the world water balance by changes in heliocosmic and climatic variables in two areas in the observed time interval and are reflections of changes in the self-organizing climate system. In changes in the phase-time characteristics of groups of fac-

tors, lattice structures of differently and unidirectional changes in variables are observed, which characterize the cyclical nature of climate changes on Earth.

Keywords: self-organizing climate system, heliocosmic and climatic variables, time series of global water balance components, wavelet phase-frequency and phase-time characteristics of variables, correlation matrices of the group of phase characteristics

Введение

Вода в виде пара, капель жидкой влаги, кристаллов льда находится в земной атмосфере, вода в жидком и твердом состоянии находится на поверхности Земли, в подземных водах в жидком, твердом и химически связанном состоянии в процессе круговорота воды в природе. Воды гидросферы Земли являются основой всех процессов, протекающих на поверхности Земли, в ее недрах, они играют основополагающую роль в геологической истории Земли, в формировании физической и химической среды, климата и погоды, в возникновении жизни на Земле и ее развитии [1,2]. В этих состояниях количество воды в определенных объемах атмосферы, на поверхности Земли и в ее глубинах залегания циклически изменяются с определенными периодичностями: изменяются уровни морей и океанов, озер [3], стоки рек, водохранилищ [4], площади льдов на поверхности морей и океанов [5]. С изменениями атмосферных и гидросферных процессов на Земле тесно согласованы и возникновение опасных природных явлений и лесных пожаров, наносящие огромные потери [6]. В научной литературе в качестве причин крупных изменений гидросферы указываются тектонические процессы и эволюцию континентов, планетарные трансгрессии и регрессии, человеческая деятельность, связанная с использованием углеродных и водных ресурсов, климатическими изменениями [2]; отсутствуют публикации, связанные с анализом влияния барицентрических движений Солнца на изменчивость гелиокосмических и климатических переменных, составляющих мирового водного баланса, климата на Земле.

Цель исследования – установление закономерностей и причин изменений гидрометрических характеристик мирового водного баланса на Земле: грунтовых и подземных вод, уровня мирового океана и толщины льда, уровня озер, стоков рек, атмосферных процессов, горных ледников, облачности, как наиболее подвижных составляющих литосферы, природных сред, обусловленные изменениями гелиокосмических и климатических факторов под влиянием барицентрических движений Солнца, определяющих климат на Земле.

Результаты и обсуждение

Исходные данные

Решение задачи производится анализом графиков изменений гелиокосмических, климатических переменных и природных сред, публикуемых в научной литературе. В качестве таких переменных использованы графики изменений барицентрического движения Солнца, солнечной активности, многолетней инсоляции Солнца, климатических переменных, балансов водных ресурсов, изменений других природных сред и процессов. Точностные характеристики измеренных переменных определяются характеристиками использованных при этом датчиков [7].

Исследования основаны на использовании вейвлетного фазового метода, изложенного в [8–10], основанного на использовании вейвлетного преобразования [8, 11] с вычислением фазо-частотных $\varphi_{f_i}(a, \bar{b})$ и фазо-временных $\varphi_{f_i}(\bar{a}, b)$ характеристик группы сравниваемых переменных $f_i(t)$, $i = 1, \dots, n$ в равных интервалах времени $tn \div tk$, построением графиков характеристик на двух рисунках и вычислением двух матриц корреляций между характеристиками, анализа результатов.

Формулы вейвлетных преобразований [8,11]:

$$W_{\psi}(a, b) = \int_{tn}^{tk} f(t) \psi_{ab}(t) dt,$$

вычисление коэффициентов вейвлет-преобразования функции $f(t)$, заданной во временном интервале (tn, tk) наблюдения с использованием комплексного вейвлета $\psi_{ab}(t) = 'cgau5'$ с параметрами вейвлета: a – задаваемый исследователем масштаб вейвлета в виде $a=1:k$ (выбор максимального значения k масштаба вейвлета, определяющего полосы частот сигналов, производится экспериментально с вычислением фазо-частотных характеристик сигналов; зависит от временного интервала наблюдения), b – временной сдвиг;

$$\varphi_{f_i}(a, b) = \arctg \frac{\operatorname{Im}[W_{\psi}(a, b)]}{\operatorname{Re}[W_{\psi}(a, b)]} - \text{фазо-временная функция (матрица) в Matlab}$$

однозначно вычисляется процедурой $\varphi_f(a, b) = \operatorname{angle}(W(a, b))$; вновь введенные $\varphi_{f_i}(a, \bar{b}), \varphi_{f_i}(\bar{a}, b)$ – фазо-частотная и фазо-временная характеристики исследуемой функции $f(t)$ в текущие моменты времени; $\bar{a}$ и $\bar{b}$ – знаки усреднений в матрице $\varphi_f(a, b)$. Они однозначно вычисляются программно усреднением матрицы $\varphi_f(a, b)$ по столбцам (дискретам времени b) и строкам (дискретам масштаба вейвлета a) соответственно с использованием элементарных операций усреднения. $a1 = \varphi_{f_i}(a, \bar{b})$ – фазо-частотная характеристика переменной $f(t)$ определяет изменение фазы отклика сигнала при изменении его частоты влияниями множества факторов в исследуемом интервале времени $tn \div tk$, на графиках которых отображаются особенности (экстремумы) изменений фазы, бифуркации частот, характеризующие особенности, смену направленностей действий фактора (ов). $a2 = \varphi_{f_i}(\bar{a}, b)$ – фазо-временная характеристика переменной $f(t)$ определяет изменение фазы (направленности изменения) сигнала $f(t)$ по времени на действующие факторы; фазовые характеристики сигналов изменяются в интервале $\pm \pi$. Графики изменений характеристик группы переменных по наблюдениям в равных интервалах времени $tn \div tk$ отражают отличия, особенности, закономерности изменений фазо-частотных характеристик, принадлежность к той или иной группе; и изменений фаз переменных по времени на графиках фазо-временных характеристик на действия факторов среды: гелиокосмических и климатических, – отражают новизну и преимущества метода по сравнению с известными методами [12–14], не позволяющие производить удобное сравнение и анализ переменных. Известные методы анализа данных не позволяют извлечь из исходных сигналов всю полезную составляющую фазо-частотных изменений, обусловленные взаимодействием природных сред с гелиокосмическими и климатическими переменными.

В системе координат масштабы вейвлета – фазы, представленных на графиках, масштабам вейвлета соответствуют частоты сигнала [8]; по этой причине графики на рисунках названы фазо-частотными.

Вейвлетные фазовые характеристики отобранной исследователем группы составляющих водного баланса, природных сред являются откликами, реакциями на воздействия гелиокосмических и климатических факторов, отбираемых также исследователем, закономерностями, особенностями, отличительными откликами на воздействия. Матрицы корреляций, и графики фазовых характеристик группы исследуемых переменных на двух рисунках отражают основные свойства (относительные изменения фаз по частотам и фаз по времени) отобранной группы переменных к изменениям гелиокосмических и климатических факторов в равных интервалах наблюдений; позволяют разделить изменения переменных на группы по действующим факторам. Матрица фазо-частотных характеристик группы переменных характеризует согласованность изменений фаз составляющих группы по частотам в среднем, матрица фазо-временных характеристик, – согласованность изменений фаз переменных группы по времени с учетом направленностей изменений (фаз) составляющих характеристик; матрицы корреляций характеризуют согласованность изменений графиков фазовых характеристик переменных в наблюдаемых интервалах времени в среднем.

Изменения обеспеченности уровня грунтовых и подземных вод

В исследуемую группу введены подгруппы переменных: гелиокосмические (брицентрические движения Солнца (Baricentr) [15], солнечная активность (Sact) [16], многолетняя инсоляция Солнца (Insol), вулканические извержения (Vulkan), концентрации в атмосфере парниковых газов: метана (CH_4), двуокиси углерода (CO_2), оксида азота (N_2O) [8, 9]; климатические переменные: солнечная радиация [17] (Srad1), разность радиации (Srad2), приходящей в экваториальную и полярные области Земли (относительно средних для периода 1961-1990 гг), аномалии температуры воздуха над сушей (PTV) [18] и над океаном (TPO) [19], уровень мирового океана (YMO) [20], приземная температура (Temp.prizemn) [21]; обеспеченности уровня грунтовых вод [4]: на территории бывшего СССР (Grunt1), ЕТС (Grunt2), Казахстана и Средней Азии (Grunt3), США (Grunt4), обобщающей для континентов (Grunt5); уровня подземных вод [4]: обеспеченности (Podzemn1), приращение его от года к году (Podzemn2), приращения общего объема подземных вод (Podzrm3).

На рисунке 1 приведены графики вейвлетных фазовых характеристик $a1_{\varphi_f(a, \bar{b})}$ и $a2_{\varphi_f(\bar{a}, b)}$, где $\bar{a}$ и $\bar{b}$ – знаки вычислений средних, усреднений по параметрам вейвлетного преобразования $\varphi_f(a, b)$, – времени наблюдения b и масштаб вейвлета $a=1:350$.

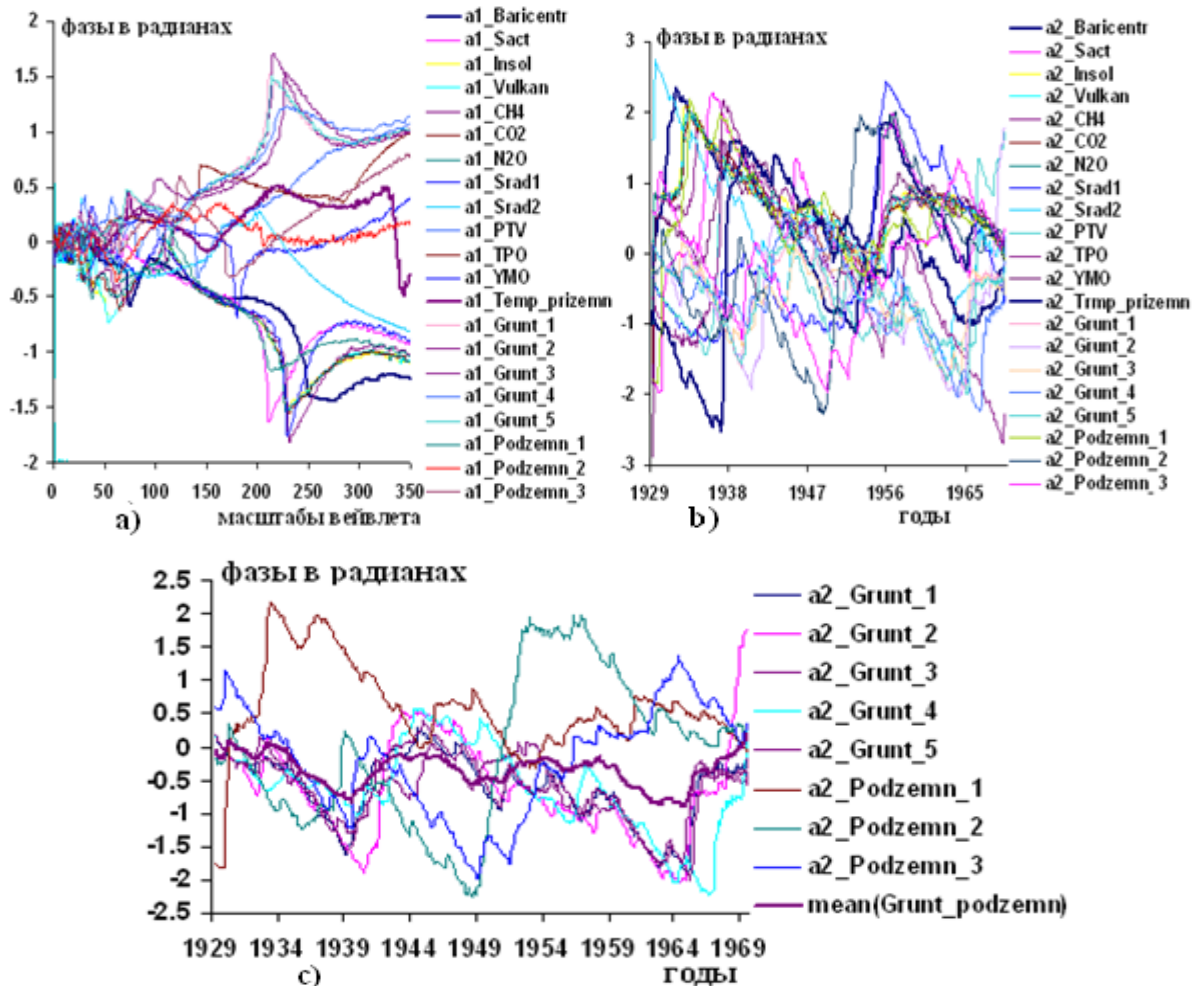


Рисунок 1 – Графики изменений: а) и б) вейвлетных фазо-частотных $a1 = \varphi_f(a, \bar{b})$ и фазо-временных

$a1 = \varphi_f(\bar{a}, b)$ характеристик гелиокосмических (Baricentr, Sact, Insol, Vulkan, CH_4 , CO_2 , N_2O), климатических (Srad1, Srad2, PTV, TPO, YMO, Temp.prizemn) переменных и составляющих водного баланса грунтовых (Grunt1,...,Grunt5) и подземных вод (Podzemn1,...,Podzemn3): в) вейвлетных фазо-временных характеристик грунтовых и подземных вод и усредненной характеристики уровней грунтовых и подземных вод (mean(grunt_podzemn)) в интервале наблюдений 1929,3–1969,6 гг.

Изменения уровней грунтовых и подземных вод описываются в работах [22–24]. На графиках а и б рисунка 1 приведены закономерности изменений фаз сигналов при изменении их частотных составов и фаз переменных по времени в интервале наблюдений 1929,3-1969,6 трех групп переменных: гелиокосмических, климатических, уровней подземных и грунтовых вод на континентах. На графиках наблюдаются отличия и схожести изменений групп переменных в фазо-частотной и фазо-временной областях. Отметим, что близость изменений переменных в фазо-частотной области с высоким коэффициентом корреляции является признаком близости фазо-частотных изменений этих переменных в наблюдаемом интервале времени.

- 1) На графиках а и б рисунка 1 отображаются закономерности распределений взаимодействий группы переменных в фазо-частотной и фазо-временной областях в наблюдаемом интервале времени.
- 2) Выявляется, что изменения уровней грунтовых и подземных вод за исключением обеспеченности грунтовых вод Podzemn_1, происходят в противофазе с изменениями гелиокосмических переменных с высокой согласованностью $k = 0,73-0,95$ в фазо-частотной области и с $k=|0,10-0,37|$ в фазо-временной области.

3) На изменчивость уровней грунтовых и подземных вод существенны и влияния климатических переменных, в особенности РТВ, ТРО, УМО и приземной температуры f_3 с $k=|0,49-0,92|$ в фазо-частотной области, характеризующее близость частотных составов переменных. 4) На изменения уровней грунтовых вод существенны изменения обеспеченности подземных вод с $k = - (0,73-0,98)$ в фазо-частотной области. 5) На изменения гелиокосмических и климатических переменных более чувствительны изменения уровней грунтовых вод и обеспеченность грунтовых вод Podzemn_1 в фазо-частотной области с $k=|0,49-0,96|$ по сравнению с изменениями приращений подземных вод с $k=|0,10-0,61|$. 6) Изменения грунтовых вод, значительно, с $k = - 0,92 (0,03)$, изменения подземных вод с $k=|0,10-0,96|$ согласованы с изменениями осадков, испарений и испаряемости на суше в фазо-частотной области; в фазо-временной области эти подгруппы согласованы с $k = - 0,11 (0,03)$ и с $k=|0,20-0,72|$ соответственно. 3) Графики с на рисунке 1 отражают цикличность изменений уровней грунтовых и подземных вод по наблюдениям за переменными в 1929,3-1969,6 годы с периодичностями: 24,2, 12,3 (0,8), 8,3 (1,6), 3,9 (0,6), 1,8 (0,4) лет. Периодичности переменных вычислены с построением изображения вейвлетной фазо-временной функции $\varphi_f(a,b)$ усредненной переменной $\text{mean}(\text{Grunt_podzemn})$; на графиках с рисунка 1 (в скобках указаны стандартные отклонения σ оценивания среднего), на которых наблюдаются переходы однонаправленных изменений переменных к разнонаправленным, временные интервалы перестроек всей группы переменных в изменении климата.

Изменения стока рек на континентах

В группу исследуемых переменных включены подгруппы: гелиокосмические (Baricentr, Sact, Insol, Vulkan, CH_4 , CO_2 , N_2O), климатические (Srad1, Srad2, РТВ, УМО, Temp.prizemn), стоки рек на континентах (Енисей (Enisey). Яны (Jana), Лены (Lena), Оби (Oby), Урала (Ural), Меконга (Mekong), Ориноко (Orinoco), Параны (Parana), Сан-Франциску (S.Frantis)) [4].

На рисунке 2 представлены графики изменений вейвлетных фазо-частотных $\varphi_f(a,\bar{b})$ и фазо-временных $\varphi_f(\bar{a},b)$ характеристик группы взаимодействующих переменных, вычисленных при масштабах вейвлета $a=1:400$ по наблюдениям в интервале 1939–1983,6 гг.

Характеристик групп гелиокосмических (Baricentr, Sact, Insol, Vulkan, CH_4 , CO_2 , N_2O), климатических (Srad1, Srad2, РТВ, УМО, Temp.prizemn) переменных и стоков рек на континентах (Енисей (Enisey). Яны (Jana), Лены (Lena), Оби (Oby), Урала (Ural), Меконга (Mekong), Ориноко (Orinoco), Параны (Parana), Сан-Франциску (S.Frantis)) по наблюдениям в

1939-1983,6 гг; с) вейвлетных фазо-временных характеристик стоков рек и их усредненных изменений $\text{mean}(\text{Stok_Rek})$ в интервале наблюдений 1939–1983,6 гг.

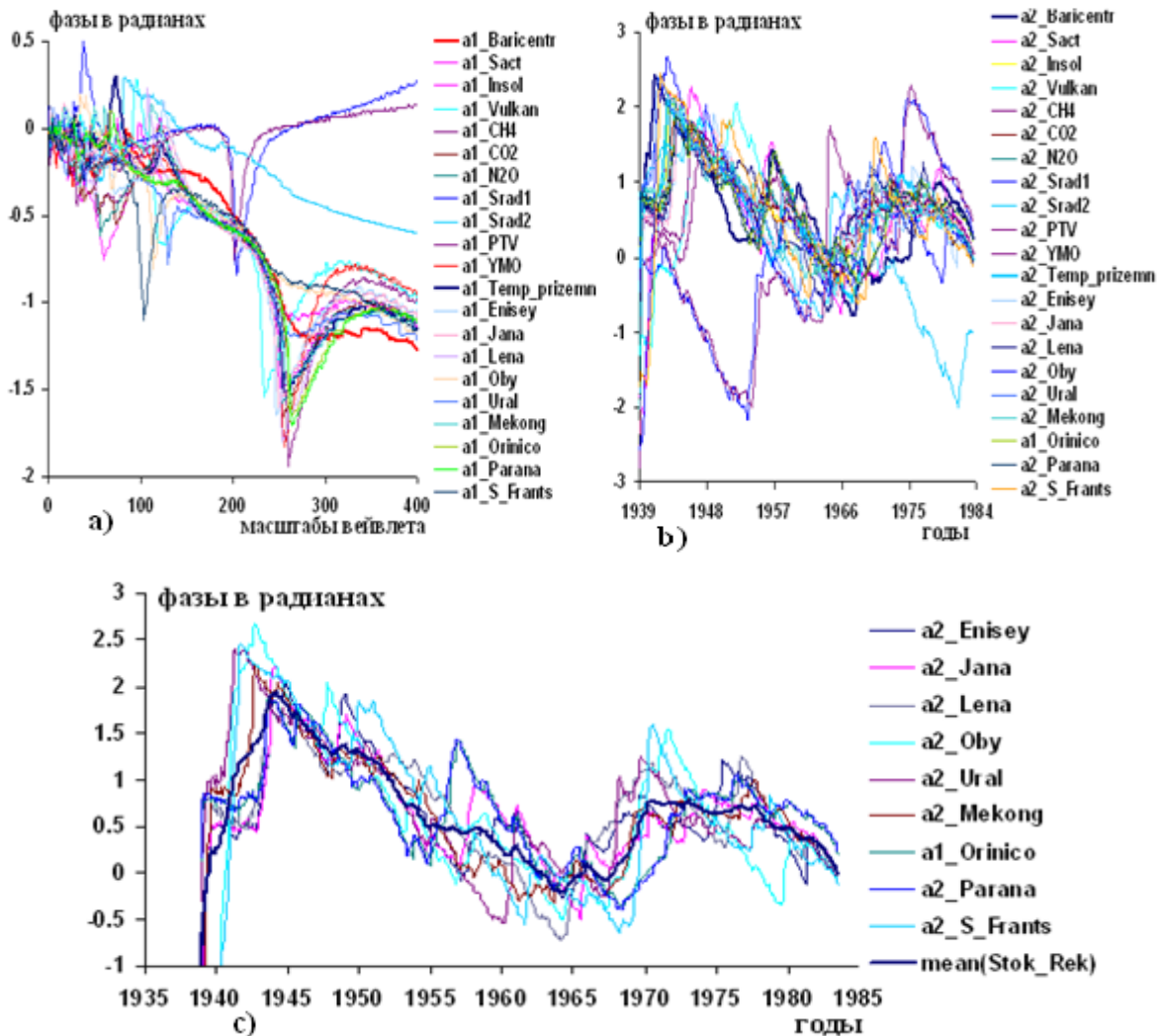


Рисунок 2 – Графики изменений: а) и б) вейвлетных фазо-частотных и фазо-временных

В работах [25–28] приводятся характеристики изменчивости речных русел, использований водных ресурсов и проблемах их доступности в мире. На графиках а и б рисунка 2 отражаются высокие согласованности изменений стоков рек на континентах с изменениями гелиокосмических факторов f_1 и f_2 , – барицентрических движений Солнца $Rbar$ и солнечной активности $Sact$, многолетней инсоляции $Insl$, вулканических извержений $Vulkan$ и парниковых газов CH_4 , CO_2 , N_2O ; глобальных климатических переменных: солнечной радиации $Srad1$ и $Srad2$, приповерхностной температуры воздуха PTV , уровня мирового океана YMO , приземной глобальной температуры f_3 . 1) На графиках а и б рисунка 2 отражаются особенности изменений фаз переменных при изменениях их частотных составов, изменений фаз переменных по времени по наблюдениям за переменными в 1939-1983,6 годы. На графиках четко проявляются распределения изменений переменных на две группы, отличающиеся по спектрам частот. К одной группе относятся изменения солнечной радиации $Srad1$, $Srad2$ и изменение приповерхностной температуры воздуха PTV , ко второй группе относятся изменения гелиокосмических переменных f_1 , f_2 , $Insol$, $Vulkan$, CH_4 , CO_2 , N_2O , уровень мирового океана YMO , приземная температура f_3 и стоки рек; спектры частот групп переменных смещены относительно друг от друга. 2) На графиках б фазо-временных характеристиках

наблюдается значительная согласованность изменений солнечной радиации $Srad1$ и приповерхностной температуры воздуха PTV на всем интервале наблюдений с $k = 0,94$. При этом изменения составляющих второй группы в фазо-частотной области согласованы в среднем с $k = 0,74-0,97$, в фазо-временной области с $k=|0,10-0,88|$; изменения составляющих первой группы в фазо-частотной области согласованы с $k=|0,10-0,86|$, в фазо-временной области согласованы с $k=|0,23-0,54|$. Изменения стоков рек на континентах согласованы также с изменениями климатической переменной $Srad2$, – разности солнечной радиации, приходящей в экваториальную и полярные области Земли [17], приповерхностной температуры воздуха PTV, уровня мирового океана УМО и приземной глобальной температуры f_3 с $k=|0,42-0,98|$ в фазо-частотной области и с $k=|0,34-0,84|$ в фазо-временной области.

3) На графиках фазовых изменений переменных наблюдается значительная обусловленность изменений стоков крупных рек на континентах изменениями гелиокосмических факторов, изменениями барицентрических движений Солнца с $k = 0,89 - 0,96$ в фазо-частотной области, характеризующие согласованность изменений частотного состава стоков крупных рек на континентах и барицентрических движений Солнца; 4) Изменения стоков крупных рек, значительно, с $k = 0,95 (0,02)$ в фазо-частотной области и с $k = 0,74 (0,23)$ в фазо-временной области, согласованы с изменениями испарений, испаряемости и осадков на суше по наблюдениям в 1936,5–1975 годы.

На графиках *b* рисунка 2 наблюдаются структуры разно и однонаправленных изменений фазо-временных характеристик переменных, характеризующие цикличность согласованностей изменений переменных, перестройку в климатических изменениях с изменениями барицентрических движений Солнца; на графиках *c* рисунка 2 приводятся кривые изменений стоков рек на континентах и их усредненных значений в интервале времени наблюдений 1939–1983,6 годы, на которых наблюдается значительная согласованность изменений стоков рек, расположенных на разных континентах и отличающиеся по фазам, указанных и в [1]; периодичности изменений составляющих усредненной кривой: 30,3, 27,9, 14,1, 8,9 (1,6), 6,6 (1,7), 2,7 (0,7) лет, вычисленные по изображению фазо-временной характеристики $\varphi_f(a,b)$ усредненной переменной $mean(Stok\ Rek)$, приведенной на графиках *c* рисунка 2.

Изменение стока воды на суше

В группу исследуемых переменных включены подгруппы: гелиокосмические (Baricentr, Sact, Insol, Vulkan, CH_4 , CO_2 , N_2O), климатические ($Srad1$, $Srad2$, PTV, УМО, явление Эль-Ниньо (E/N), Temp.prizemn), стоки вод на суше [4] (поверхностный сток в целом (Stok1), стоки внутренних областей (Stok2), поверхностный и подземный сток континентов (Stok3), сток с островов в океан (Stok4) по наблюдениям в 1900–1974,3 гг.

На рисунке 3 приведены графики изменений вейвлетных фазо-частотных $\varphi_f(a,\bar{b})$ и фазо-временных $\varphi_f(\bar{a},b)$ характеристики группы переменных, вычисленных при масштабе вейвлета $a=1:700$ по наблюдениям в интервале 1900–1974,3 гг.

На графиках *a* и *b* рисунка 3 приведены вейвлетные фазо-частотные и фазо-временные характеристики группы, состоящей из гелиокосмических факторов, климатических переменных, содержащих составляющие стока рек на суше: поверхностного стока в целом, стоков внутренних областей, поверхностного и подземного стока континентов и стока с островов в океан [1]. Фазо-частотные характеристики каждого из переменных на графике характеризуют частотный состав переменных в наблюдаемом интервале времени и их изменения по фазе в интервале $\pm \pi$; такие характеристики группы переменных в одной системе координат: масштабы вейвлета (по абсциссе) и фазы (по ординате) отражают относительные изменения частот сигналов и фаз составляющих группы, их отличительные особенности, закономерности изменений подгрупп на действующие факторы. 1) По графикам *a* и *b* изменения переменных удобно разделить на подгруппы; к первой относятся изменения: Baricentr, Sact, Insol, Vulkan, CH_4 , CO_2 , N_2O - гелиокосмические переменные, к второй относятся: $Srad1$, $Srad2$,

PTV, YMO, E/N, Temp.prizemn, Stok1,...,Stok4 – климатические переменные, обусловленные изменениями переменных первой группы, – гелиокосмических переменных.

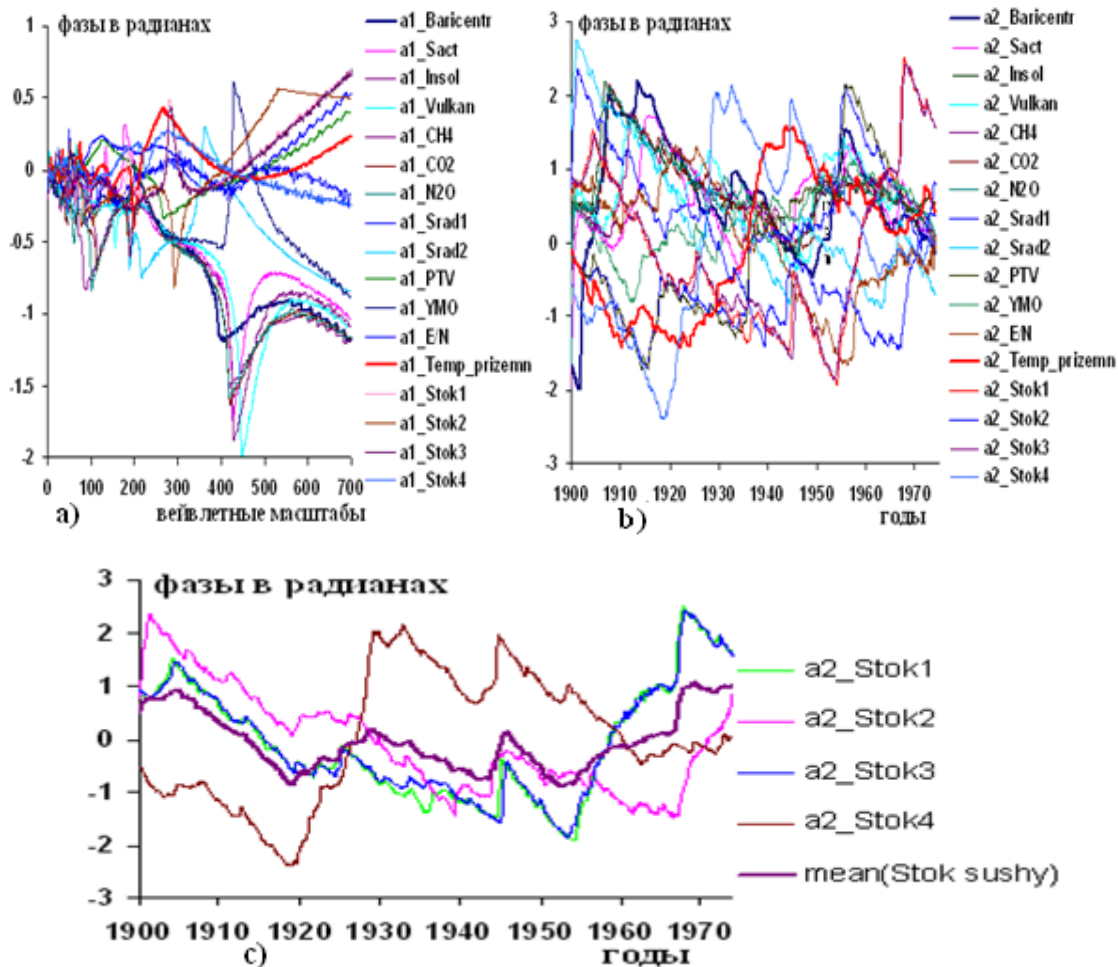


Рисунок 3 – Графики изменений вейвлетных: а) и б) фазо-частотных и фазо-временных характеристик группы переменных: f_1 , f_2 , $Insol$, $Vulkan$, CH_4 , CO_2 , N_2O , $S.rad1$, $S.rad2$, PTV , YMO , $El - Nino$ (E/N), f_3 ; в) фазо-временных характеристик изменений стоков рек на суше: Stok1, Stok2, Stok3, Stok4 и усредненных значений этих переменных $mean(stok\ sushy)$ в интервале наблюдений 1900–1974,3 гг.

2) Изменения стоков вод на суше в фазо-частотной области согласованы с изменениями гелиокосмических переменных с $k = |0,41-0,73|$, с изменениями климатических переменных, – с $k = |0,10-0,82|$; в фазо-временной области изменения стоков вод на суше согласованы с изменениями гелиокосмических переменных с $k = |0,10-0,66|$, с изменениями климатических переменных с $k = |0,10-0,87|$. 3) Изменения стоков вод на суше в фазо-частотной области взаимосогласованы с $k = |0,66-0,95|$, в фазо-временной области, с $k = |0,36-0,99|$. 4) Установлено, что изменения поверхностного стока вод на суше в целом, поверхностного и подземного стока вод на суше континентов в фазовых областях изменений почти идентичны, графики изменений фазовых характеристик переменных на всем интервале наблюдений почти совпадают, наблюдаемые на графиках а и б рисунка 3 с $k = 0,95$. Наблюдается, что на изменения стоков вод на суше большее влияние оказывают изменения климатических переменных: изменения приземной глобальной температуры, уровня и энергетических характеристик океана, обусловленные изменениями гелиокосмических переменных, барицентрического движения Солнца. На изменчивость стоков рек на суше существенны влияния испарений, испаряемости и осадков на суше с $k = -0,62$ (0,07) в фазо-временной области, при этом

стоки с островов в океан происходят в фазе с изменениями испарений, испаряемости и осадков на суше; наблюдается разнонаправленная изменчивость стоков рек на суше изменениями облачности на континентах с $k = |0,10-0,73|$ в фазо-частотной и с $k = |0,10-0,45|$ в фазо-временной областях. 5) На графиках в рисунках 2 и 3 изменений фазо-временных характеристик стоков рек на континентах и стока воды на суше наблюдаются существенные отличия в разбросанности изменений кривых относительно условного среднего, обусловленное с преимущественным влиянием гелиокосмических факторов в изменении стоков рек и преимущественным влиянием климатических факторов в изменении стоков вод на суше.

Установлено, что периодичности изменений стоков воды на суше по наблюдениям за переменными в 1900–1974,3 годы влияниями гелиокосмических и климатических факторов составляют: 35,7, 21,2 (2,3), 11,2 (0,9), 6,0 (1,3), 3,6 (0,9), 1,8 (0,5) лет; в скобках указаны стандартные отклонения оценок средних. Периодичности усредненной переменной $\text{mean}(\text{Stok sushy})$, приведенной на графиках с рисунка 3, получены с использованием ее фазо-временного изображения $\varphi_f(a,b)$. [8].

Изменения составляющих водного баланса Мирового океана в аномалиях

В группе исследованы гелиокосмические, климатические переменные и составляющие водного баланса Мирового океана в аномалиях: испарений (dZ_ocn), осадков (dX_ocn), речного и ледникового стоков (dY_ocn), годового приращения вод океана (dQ_ocn) [4].

На рисунке 4 приведены изменения вейвлетных фазо-частотных и фазо-временных характеристик группы переменных по наблюдениям в 1881,1-1975 гг

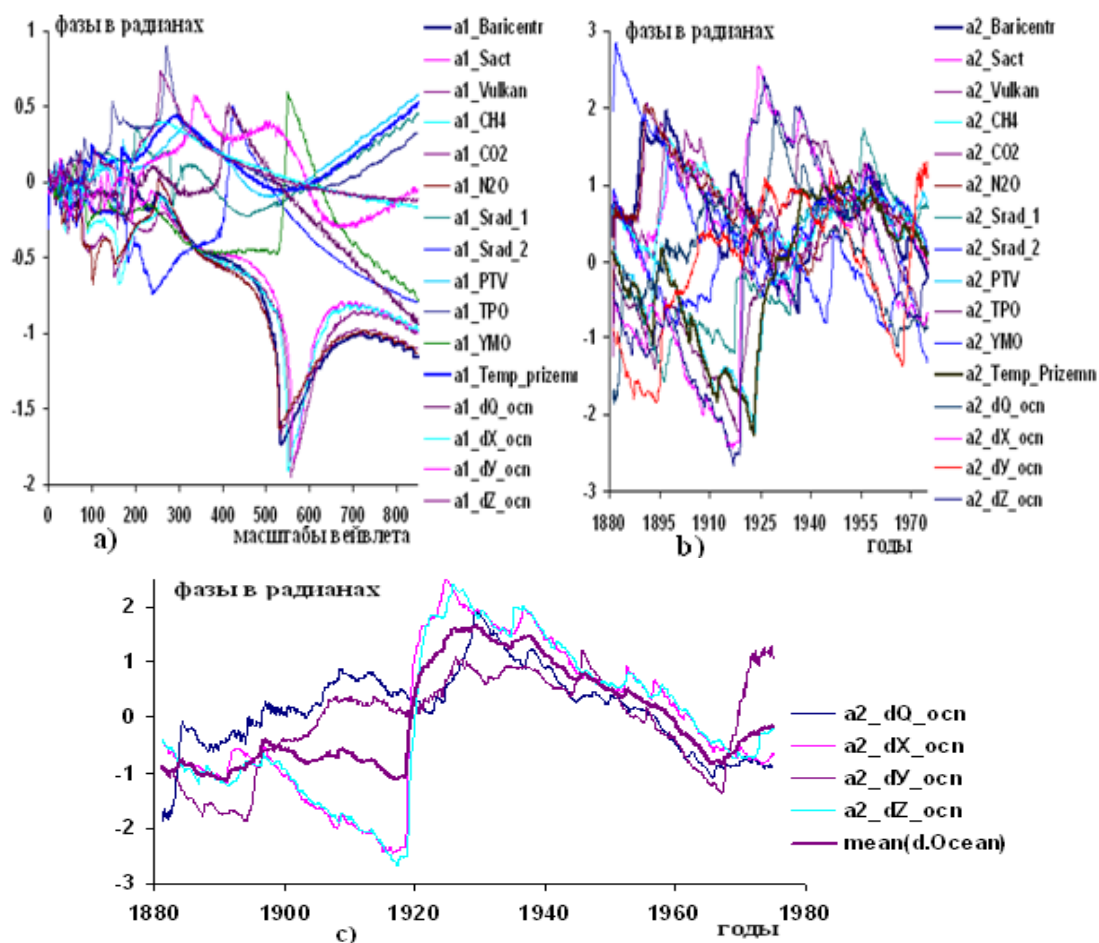


Рисунок 4 – Графики изменений вейвлетных: а) и б) фазо-частотных и фазо-временных характеристик гелиокосмических (Baricentr, Sact, Vulkan, CH_4 , CO_2 , N_2O), климатических (Srad1, Srad2, PTV, TPO, YMO, Temp.prizemn), составляющих Мирового водного баланса океана в аномалиях (dQ_ocn , dX_ocn , dY_ocn , dZ_ocn); в) вейвлетных фазо-временных характеристик

составляющих водного баланса Мирового океана в аномалиях dQ, dX, dY, dZ и их усредненной кривой $\text{mean}(d.ocean)$ в интервале наблюдений 1881,1–1975 годы

В работе [28] дается описание проблемы загрязнения Мирового океана. Отклики составляющих водного баланса Мирового океана на изменения гелиокосмических и климатических переменных в интервале времени 1881,1–1975 гг. в виде графиков фазо-частотных и фазо-временных характеристик, представлены на рисунках а и б и таблицами корреляций вейвлетных фазовых характеристик переменных. Из них следуют такие особенности и закономерности: 1) в фазо-частотной области изменения составляющих водного баланса Мирового океана с широкой полосой частот в области верхних частот смещены относительно компактно изменяющихся составляющих гелиокосмических переменных в меньшую сторону в противофазе; изменения этих переменных согласованы в среднем с $k = 0,41$; 2) в фазо-временной области, на графике б, изменения этих групп переменных происходят в среднем в противофазах и согласованы с $k = -0,36$; характерно то, при изменении двух групп переменных, гелиокосмических переменных и составляющих водного баланса Мирового океана, наблюдаются циклические структуры ромбовидной формы, уменьшающиеся по площади, характеризующие закономерность изменения климата; 3) в фазовых областях группы климатических переменных $Srar1, Srad2, TPV, TPO, YMO, f_3$ и составляющих водного баланса Мирового океана dQ, dX, dY, dZ , представленных на графиках, изменяются в среднем в противофазах с согласованностью $k = 0,02$ в фазо-частотной области и с $k = 0,12$ в фазо-временной области; в изменениях этих групп переменных в фазо-временной области в наблюдаемом интервале времени также наблюдаются ромбовидные структуры; 4) изменения составляющих водного баланса Мирового океана в фазо-частотной области взаимосогласованы с $k = |0,66-0,95|$, в фазо-временной области с $k = |0,36-0,99|$, т.е. составляющие группы в некоторых интервалах времени изменяются в противофазах; в этой группе изменения составляющих dX и dZ (осадков и испарений) в фазовых областях согласованы с $k = 0,94-0,95$; 5) в изменениях составляющих водного баланса Мирового океана наблюдается преимущественная направленность влияния гелиокосмических переменных с $k = 0,41$ в фазо-частотной области и с $k = -0,36$ в фазо-временной области по сравнению с влиянием климатических переменных с $k = 0,02$ в фазо-частотной области и с $k = 0,12$ в фазо-временной области. 6) цикличность изменений водного баланса Мирового океана в среднем происходит с периодичностями: 41,4, 26,7 (2,3), 15,3 (1,9), 12,0 (2,6), 7,0 (1,8), 1,7 (0,4) лет, вычисленные на фазо-временном изображении усредненной переменной mean , приведенной на графике с рисунка 4; 7) на графиках б рисунка 4 изменений фазо-временных характеристик группы переменных наблюдаются временные интервалы перестроек изменений климата на Земле.

Изменения в режиме атмосферы

В группе взаимодействующих переменных использованы гелиокосмические, климатические факторы и составляющие водного баланса в режиме атмосферы: колебания площади Алеутской депрессии ($Atm1$), возникновение тропических штормов в Северной Атлантике ($Atm2$), развитие глубоких циклонов в Европе ($Atm3$), увеличение тропических штормов на севере Тихого океана ($Atm4$) [29–31].

На рисунке 5 приведены графики откликов составляющих режима атмосферы в виде изменений фазо-частотных и фазо-временных характеристик на воздействия гелиокосмических и климатических переменных в наблюдаемых интервалах времени 1908,5–1988,5 и 1963,3–1988,5 годы.

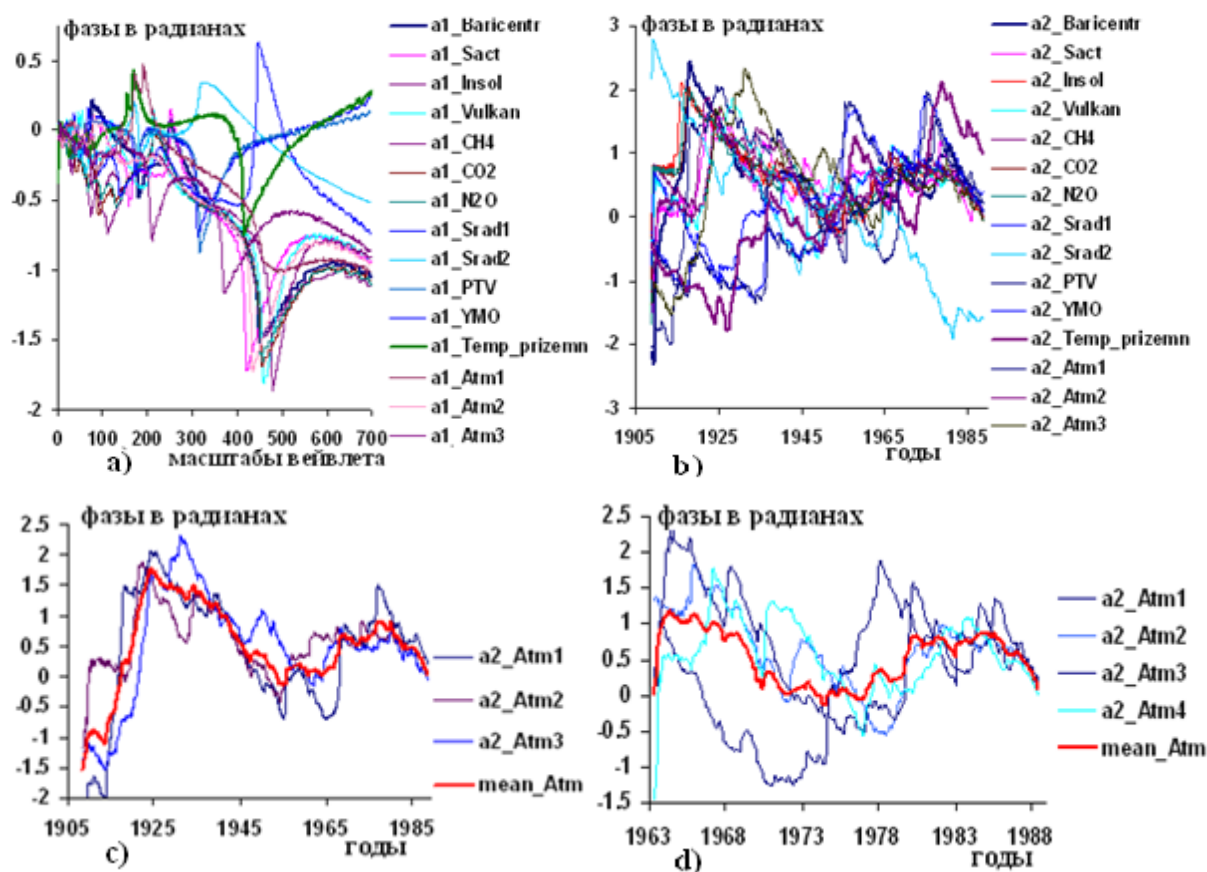


Рисунок 5 – Графики изменений в режиме атмосферы: а) и б) вейвлетных фазо-частотных и фазо-временных характеристик гелиокосмических, климатических переменных и составляющих режимов атмосферных процессов (Atm1,...,Atm4) в интервале времени 1908,5–1988,5 годы; с) и d) фазо-временные характеристики изменений режимов атмосферных процессов и их усредненные кривые в интервалах времени 1908,5–1988,5 и 1963,3–1988,5 годы

Примечание: приведенные в работе коэффициенты корреляции $r > |0,10|$ значимы по критерию Стьюдента [13] с уровнем доверия 0,95 при объеме выборки $n > 400$, при $n > 200$ значимы $r > |0,15|$.

Режимы изменений динамики атмосферы сопровождаются циклонами, штормами, ураганами в разных частях земного шара, рост числа этих явлений указаны в работах. Графики а и б вейвлетных фазо-частотных и фазо-временных характеристик действующих факторов, гелиокосмических и климатических переменных и откликов атмосферных процессов на эти воздействия, характеризуют относительные изменения, смещенности переменных в частотной и временной областях в наблюдаемом интервале времени. При этом проявляются следующие закономерности: 1) в фазо-частотной области составляющие атмосферных процессов откликаются на согласованные изменения гелиокосмических переменных с вероятностью $k = 0,80$, в фазо-временной области с $k = 0,43$; 2) эти же атмосферные процессы согласованы с изменениями климатических переменных $Srad1, Srad2, PTV, YMO, f_3$ с $k = 0,10$ в фазо-частотной области и с $k = 0,21$ в фазо-временной области; 3) изменения атмосферных процессов взаимосогласованы с вероятностью с $k = 0,65-0,82$ в фазо-частотной области и с $k = 0,54-0,70$ в фазо-временной области; 4) наблюдается управление изменениями атмосферных процессов гелиокосмическими переменными $f_1, f_2, Insol, Vulkan, CH_4, CO_2, N_2O$ в наблюдаемом интервале времени 1908,7–1988,5 гг; 5) установлена значительная однонаправленная изменчивость атмосферных процессов на континентах с изменениями испарений, испаряемости и осадков на суше с $k = 0,83 (0,10)$ в фазо-частотной области и с $k = 0,39 (0,23)$ в фазо-временной области; атмосферные процессы разнонаправленно изменяются с изменениями облачности с $k = |0,16-0,53|$ в

фазо-частотной области и с $k = |0,01-0,65|$ в фазо-частотной области; 5) циклические изменения атмосферных процессов, представленные на графиках с рисунка 5 происходят в среднем с периодичностями: 66,9, 53,3, 48,8, 45, 17,0 (0,8), 11,8 (3,2), 8,8 (1,2), 4,1 (1,0), 2,3 (0,6) лет.

Заключение и выводы

В изменении климата на Земле, составляющих мирового водного баланса, участвуют две группы факторов: гелиокосмические и климатические. В работе в составе гелиокосмических факторов использованы изменения: барицентрических движения Солнца f_1 , солнечной активности f_2 , многолетней солнечной инсоляции *Insol*, вулканических извержений *Vulkan*, парниковых газов CH_4 , CO_2 , N_2O , изменения магнитных полей Солнца и Земли, в составе климатических переменных использованы изменения переменных: солнечной радиации *Srad1*, *Srad2*, приповерхностной температуры воздуха *PTV*, температуры на поверхности океана ТРО, уровня Мирового океана УМО, глобальной температуры f_3 , зависящие от изменений гелиокосмических факторов.

Вейвлетные фазо-частотные и фазо-временные характеристики составляющих Мирового водного баланса, как отклики на воздействия гелиокосмических и глобальных климатических переменных, представленные на графиках рисунков с их отличительными признаками, характеризуются следующими закономерностями изменений в наблюдаемых интервалах времени:

- 1) В изменении грунтовых и подземных вод в 1929,3–1969,5 гг. наблюдается преимущественное влияние гелиокосмических переменных с $k=|0,73-0,96|$ в фазо-частотной области по сравнению с влиянием климатических факторов с $k=|0,10-0,92|$;
при этом в фазовых областях изменений переменных изменения грунтовых вод и составляющая обеспеченности подземных вод происходят в противофазе с изменениями гелиокосмических переменных за исключением интервала времени 1943,8–1954,2 гг., в которой переменные изменяются преимущественно однонаправленно;
значительны взаимные корреляции изменений грунтовых вод и обеспеченность подземных вод с $k=|0,91-0,99|$ в фазо-частотной области и с $k=|0,12-0,97|$ в фазо-временной.
- 2) По наблюдениям за переменными в 1900–1974,3 гг. на изменения стоков рек на континентах преимущественное влияние оказывают изменения гелиокосмических факторов с $k = 0,77 - 0,95$ в фазо-частотной области и с $k=|0,15-0,93|$ в фазо-временной; влияния глобальных климатических переменных, соответственно, имеют коэффициенты согласий $k=|0,10-0,87|$ и $k=|0,10-0,78|$ в фазовых областях. В фазовых областях взаимные корреляции стоков рек на континентах влиянием общих факторов составляют: $k = 0,84-0,98$ и $k = 0,61-0,94$.
- 3) В изменении стоков рек на суше наблюдается преимущественное влияние изменений климатических переменных с $k=|0,10-0,82|$ в фазо-частотной области и с $k=|0,10-0,87|$ в фазо-временной области по сравнению с влиянием гелиокосмических факторов с $k=|0,41-0,73|$ в фазо-частотной области и с $k=|0,10-0,66|$ в фазо-временной; значительны взаимосогласованности изменений стоков рек на суше влиянием общих факторов с $k=|0,66-0,95|$ в фазо-частотной области и с $k=|0,36-0,99|$ в фазо-временной; фазы изменений поверхностного и подземного стока противоположны фазам изменений других составляющих стока воды на суше, обусловленные сложной природой взаимодействий этих процессов.
- 4) В изменении составляющих водного баланса Мирового океана по наблюдениям в 1881,1–1975 гг. более интенсивны влияния гелиокосмических факторов с $k=0,41$ в фазо-частотной области и с $k=-0,36$ в фазо-временной области по сравнению с влиянием климатических переменных с $k=0,02$ в фазо-частотной области и с $k=0,12$ в фазо-временной области; изменения составляющих водного баланса Мирового океана в фа-

- зо-частотной области взаимосогласованы с $k = |0,66 - 0,95|$, в фазо-временной области, с $k = |0,36 - 0,99|$, т.е. составляющие группы в некоторых интервалах времени изменяются в противофазах; в этой группе изменения составляющих dX и dZ (осадков и испарений) в фазовых областях согласованы с $k = 0,94 - 0,98$.
- 5) В фазо-частотной области составляющие атмосферных процессов откликаются на согласованные изменения гелиокосмических переменных с вероятностью $k = 0,80$, в фазо-временной области, – с $k = 0,43$; эти же атмосферные процессы согласованы с изменениями климатических переменных с $k = 0,10$ в фазо-частотной области и с $k = 0,21$ в фазо-временной области; изменения атмосферных процессов взаимосогласованы с вероятностью с $k = 0,65-0,82$ в фазо-частотной области и с $k = 0,54-0,70$ в фазо-временной области.
- 6) Наблюдаются разнонаправленные изменения фазовых характеристик гелиокосмических и климатических переменных с образованием циклически изменяющихся ромбовидных структур на графиках фазо-временных характеристик переменных, определяющие циклическую изменчивость составляющих мирового водного баланса и перестройку климатических изменений на Земле.
- 7) На графиках фазо-частотных характеристик групп переменных наблюдается значительная согласованность изменений гелиокосмических факторов с изменениями барицентрических движений Солнца с $k = 0,61-0,97$ и составляющих мирового водного баланса с барицентрическими движениями Солнца с $k = |0,47-0,93|$ в наблюдаемых интервалах времени, характеризующие близость частотных составов переменных и их изменчивость по фазе.
- 8) Показано, что используемый вейвлетный фазовый метод с вычислением фазо-частотных и фазо-временных характеристик исследованных групп переменных позволяет утверждать, что основной движущей силой изменений составляющих гидрометрических характеристик мирового водного баланса являются изменения гелиокосмических и климатических переменных, лучистая энергия Солнца и гравитационные силы, обусловленные изменениями барицентрических движений Солнца.

Литература

1. Современные глобальные изменения природной среды : в 2 томах / под редакцией Н. С. Касимова, Р. К. Клиге. – Москва : Научный мир, 2006. – Т. 1. – 696 с. – Текст : непосредственный.
2. Клиге, Р. К. Особенности формирования вод Земли / Р. К. Клиге. – Текст : непосредственный // Современные глобальные изменения природной среды : в 2 томах. – Москва : Научный мир, 2006. – Т. 1. – С. 210–222.
3. Клиге, Р. К. Уровень океана в геологическом прошлом / Р. К. Клиге. – Москва : Наука, 1980. – 110 с. – Текст : непосредственный.
4. Клиге, Р. К. Аномалия режима вод на суше / В. К. Клиге, Л. С. Евсеева. – Текст : непосредственный // Современные глобальные изменения природной среды : в 2 томах. – Москва : Научный мир, 2006. Т. 1. – С. 246–269.
5. Lindsey, R. Climate Change: Global Sea / R. Lindsey // NOAA Climate.gov. – 2021. – URL: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level> (data of application: 10.03.2022).
6. Pippa, S. Climate change is fueling wildfires in the West, ravaging local economies / S. Pippa // CNBC. – 2020. – URL: <https://www.cnbc.com/2020/09/17/climate-change-fuels-wildfires-in-the-west-ravaging-local-economies.html> (data of application: 10.03.2022).
7. Фрейдин, Я. Современные датчики : справочник / Я. Фрейдин. – Москва : ТЕХНОСФЕРА, 2021. – 800 с. – Текст : непосредственный.

8. Алексеев, В. И. Исследование изменений глобального климата как сложной системы с использованием вейвлетных фазо-частотных функций, фазо-частотных и фазо-временных характеристик гелиокосмических и климатических переменных. Часть 1 / В. И. Алексеев. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331, № 7. – С. 238–250.
9. Алексеев, В. И. Исследование изменений глобального климата как сложной системы с использованием вейвлетных фазо-частотных функций, фазо-частотных и фазо-временных характеристик гелиокосмических и климатических переменных. Часть 2 / В. И. Алексеев. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331, № 8. – С. 99–111.
10. Алексеев, В. И. Применение вейвлетного фазового метода исследований сигналов к анализу асимметричных барицентрических движений Солнца и изменений процессов, происходящих на Солнце, околоземном пространстве и в недрах Земли / В. И. Алексеев. – Текст : непосредственный // Вестник Югорского университета. – 2020. – № 3 (58). – С. 7–35.
11. Дьяконов, В. П. Вейвлеты. От теории к практике / В. П. Дьяконов. – Москва : Солон-Пресс. 2010. – 400 с. – Текст : непосредственный.
12. Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика / Н. Ш. Кремер. – Москва : Юрайт, 2018. – 259 с. – Текст : непосредственный.
13. Luman, R. An Introduction to Statistical Methods & Data Analysis / R. Luman, M. Longnecker. – 7th Edition. – Amazon book clubs, 2021. – 1157 p.
14. Meyer, M. C. Probability and Mathematical Statistics: Theory, Applications, and Practice in R / R. Luman. – SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics), 2019. – 719 p.
15. Охлопков, В. П. Основные периодичности движения Солнца относительно центра масс Солнечной системы и солнечная активность / В. П. Охлопков. – Текст : непосредственный // Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. – 2011. – № 6. – С. 138–142.
16. Hady A. A. Solar Magnetic Cycles 1700-2024 // ResearchGate. – 2020. – URL: <https://www.researchGate.net/figure/Time-series-of-the-sunspot-number-illustrating-the-weak-solar-cycles-series> (data of application: 10.03.2022).
17.]17. Fedorov, V. M. Trends of the changes in sea ice extent in the northern hemisphere and their causes / V. M. Fedorov // Kriosphera Zemli. – 2015. – Vol. XIX, № 3. – P. 46–57.
18. Федоров, В. М. Анализ пространственных откликов приповерхностной температуры воздуха на многолетнюю изменчивость инсоляции Земли / В. М. Федоров. – Текст : непосредственный // Жизнь Земли. – 2017. – № 39 (3). – С. 245–262.
19. Федоров, В. М. Тенденции изменения температуры поверхности мирового океана и их причины / В. М. Федоров. – Текст : непосредственный // Сложные системы. – 2015. – № 2 (15). – С. 45–56.
20. Sea Level // Global climate change. – 2020. – URL: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/> (data of application: 10.03.2022).
21. Rohde, R. Global Temperature Report for 2018 / R. Rohde // Berkeley Earth. – 2019. – URL: <https://berkeleyearth.org/2018-temperatures-new> (data of application: 10.03.2022).
22. Coseismic changes in groundwater level during the 2018. Hokkaido Eastern Iburi earthquake Earth / T. Shibata, R. Takahashi, H. Takahashi, T. Kagoshima [et al.]. – DOI:10.1186/s40623-020-01152-y // Planets and Space. – 2020. – Vol. 72, № 23. – URL: <https://earth-planets-space.springeropen.com/articles/10.1186/s40623-020-01152-y> (data of application: 10.03.2022).
23. Characterizing groundwater/surface-water interaction using hydrograph-separation techniques and groundwater-level data throughout the Mississippi Delta, USA / C. D. Killian, W. H. Asquith, J. R. Barlow [et al.] // Hydrogeology Journal. – 2019. – Vol. 27, № 6. – P. 2167–2179.

24. Multi-model approach to quantify groundwater-level prediction uncertainty using an ensemble of global climate models and multiple abstraction scenarios / S. M. Mustafa, M. M. Hasan, A. K. Saha [et al.] // *Hydrology And Earth System Sciences*. – 2019. – Vol. 23, № 5. – P. 2279–2303.
25. Lessons learnt from checking the quality of openly accessible river flow data worldwide / L. Crochemore, K. Isberg, R. I. Pimentel [et al.] // *Journal des Sciences Hydrologiques*. – 2019. – Vol. 65, № 5. – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/1080/02626667.2019.1659509> (data of application: 10.03.2022).
26. Slater, L. J. River channel conveyance capacity adjusts to modes of climate variability / L. J. Slater, A. Khouakhi, R. L. Wilby // *Scientific Reports*. – 2019. – Vol. 9, № 12619. – URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-48782-1> (data of application: 10.03.2022).
27. Msofe, K. Land Use Change Trends and Their Driving Forces in the Kilombero Valley Floodplain, Southeastern Tanzania / K. Msofe, L. Sheng, J. Lyimo // *Open Access Journal*. – 2019. – Vol. 11, № 2. – P. 1–25.
28. The United Nations world water development report 2018: nature-based solutions for water / World Water Assessment Programme (UNESCO Wwap). – 2018. – 139 p.
29. Breitburg, D. The Ocean is losing its breath: declining oxygen in the world's ocean and coastal waters-summary for policy makers / D. Breitburg, M. Gregore, K. Isensee // UNESCO intergovernmental Oceanographic Commission. – 2018. – № 137. – URL: <https://www.oceanactionhub.org/ocean-losing-its-breath-declining-oxygen-world's-ocean-and-coastal-waters--summaru-policy-makes> (data of application: 10.03.2022).
30. Halpert, M. S. Climate Assessment for 1996 / M. S. Halpert, G. D. Bell // *Bulletin American Meteorological Society*. – 1997. – Vol. 78, № 5. – P. 1–50.
31. Whitney, L. D. The Relationship Between Sea Surface Temperatures and Maximum Intensities of Tropical Cyclones in the Eastern North Pacific Ocean / L. D. Whitney, J. S. Hobgood // *Journal Climate*. – 1997. – Vol. 10. – P. 2921–2930.

**ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР
ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ АРКТИКИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА
ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

Полищук Юрий Михайлович

*доктор физико-математических наук, профессор,
главный научный сотрудник Центра космических услуг,
АУ «Югорский НИИ информационных технологий»
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: yupolishchuk@gmail.com*

Куприянов Матвей Андреевич

*главный специалист Центра космических услуг,
АУ «Югорский НИИ информационных технологий»
Ханты-Мансийск, Россия*

Работа проводилась при поддержке гранта РНФ (проект 22-11-20023)

Предмет исследования: временные ряды изменений площадей термокарстовых озер в Арктике в условиях современных климатических изменений.

Цель работы: проведение анализа временных рядов спутниковых измерений площадей озер для изучения динамики озер Западно-Сибирской Арктики.

Методы и объекты исследования: представлены результаты формирования и анализа временных рядов площадей озер, предназначенных для изучения динамики термокарстовых озер в арктической зоне Западной Сибири за 36-летний период. Временные ряды получены по результатам дистанционных измерений площадей озер на территории площадью 627 тыс. км² с использованием 688 спутниковых снимков Landsat, отобранных в период 1985-2021 гг. Исследуемая территория разделена на три экорегиона для анализа территориальных особенностей обширной арктической зоны Западной Сибири. Анализ временных рядов показал, что изменение средней площади озер на территории арктической зоны Западной Сибири проявляет заметный отрицательный линейный тренд.

Основные результаты исследования: на основе сравнения трендов временных рядов площадей озер на территориях трех экорегионов Западно-Сибирской Арктики установлено, что наибольшую скорость изменений площадей проявляют термокарстовые озера Ямала по сравнению с другими арктическими экорегионами.

Ключевые слова: анализ временных рядов, дистанционные методы, космические снимки, термокарстовые озера, арктические территории, Западная Сибирь

**STUDYING THE DYNAMICS OF THERMOKARST LAKES
IN THE WEST SIBERIAN ARCTIC BASED ON THE ANALYSIS OF TIME SERIES
OF SATELLITE MEASUREMENTS**

Yury M. Polishchuk

*Doctor in Physical and Mathematical Sciences, Professor
Principal Researcher of the Space Service Center,
Ugra Research Institute of Information Technologies
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: yupolishchuk@gmail.com*

Supported by grants: Russian Science Foundation (project 22-11-20023).

Subject of research: article is the time series of changes in the area of thermokarst lakes in the Arctic under the conditions of modern climatic changes.

Purpose of research: to analyze the time series of satellite measurements of lake areas for studying the dynamics of lakes in the West Siberian Arctic.

Methods and objects of research: we present the results of formation and analysis of time series of lake areas intended for studying the dynamics of thermokarst lakes in the Arctic zone of Western Siberia over a 36-year period. The time series were obtained based on the results of remote measurements of the lake areas on the territory of 627 thousand km² using 688 Landsat satellite images, sampled in the period 1985-2021. The study area was divided into three ecoregions to analyze the territorial features of the vast Arctic zone of Western Siberia. The analysis of the time series showed that the change in the average lake area in the territory of the Arctic zone of Western Siberia exhibits a marked negative linear trend.

Main results of research: based on the comparison of the trends in the time series of lake areas in the territories of the three ecoregions of the West Siberian Arctic, it was found that the thermokarst lakes of Yamal exhibit the highest rate of change in the areas compared to the other Arctic ecoregions.

Keywords: time series analysis, remote sensing methods, satellite images, thermokarst lakes, Arctic territories, Western Siberia.

Введение

Повышение среднегодовой температуры земной поверхности в последние десятилетия приводит к деградации мерзлотных ландшафтов арктических территорий России, перспективных для хозяйственного освоения месторождений углеводородов в ближайшие годы. По оценке экспертов, потепление климата сопровождается ростом экономических и экологических ущербов предприятий российского нефтегазового комплекса, расположенных в зоне многолетней мерзлоты. Для разработки мероприятий по снижению ущербов необходимо изучение свойств мерзлотных ландшафтов в условиях глобального потепления. Наиболее чувствительными к температурным изменениям на территории многолетней мерзлоты оказываются термокарстовые озерные ландшафты.

Для дистанционного изучения геоэкологических изменений на территориях многолетней мерзлоты по космическим снимкам в качестве индикаторов геоэкологических изменений обычно используются термокарстовые озёра, хорошо дешифрируемые на космических изображениях. Традиционно в исследованиях динамики термокарстовых озёр используют данные о свойствах озёр, полученные в дистанционных исследованиях по снимкам Landsat (пространственное разрешение 30 м), по которым накоплены многолетние архивы, удобные для исследования многолетней динамики озёр.

К настоящему времени обширные дистанционные исследования свойств озёр в Арктической зоне проведены на территории Аляски, в Сибири, в Скандинавии и в других регионах [1–5], которые показали некоторые особенности динамики полей термокарстовых озёр в различных северных регионах. Проведенные ранее исследования динамики озёр Западной Сибири относятся к периоду 1973–2008 гг. [6]. Поэтому важной задачей современных исследований динамики озёр в условиях климатических изменений на этой территории становится

проведение дистанционных исследований, направленных на получение новых данных о динамике площадей озёр с использованием спутниковых снимков последнего десятилетия.

В связи с изложенным выше, целью настоящей работы явилось дистанционное изучение динамики термокарстовых озёр в Арктической зоне Западной Сибири с использованием спутниковых снимков Landsat, полученных в период 1985–2021 гг.

Результаты и обсуждение

Спутниковые измерения площадей термокарстовых озёр в арктической зоне Западной Сибири в настоящей работе проводились на территории исследований на площади 627 тыс. км², на которой были выбраны 29 тестовых участков (ТУ). Схема расположения ТУ на территории исследований представлена на рисунке 1. Как видно на рисунке, исследуемая территория разделена на три однородных по природным условиям свойствам области, называемые далее, в соответствии с [7], арктическими экорегионами, к которым будем относить территории на полуостровах Ямал и Гыдан и в южной части Западно-Сибирской Арктики. Площадь первой из них составляет 99 тыс. км², площади второй и третьей – 160 и 368 тыс. км² соответственно.

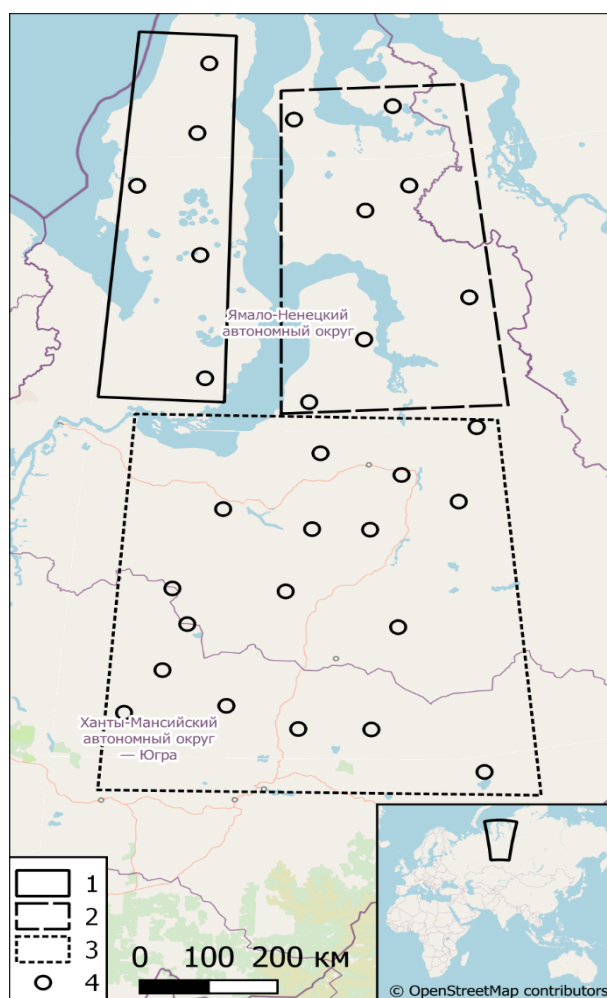


Рисунок 1 – Карта размещения тестовых участков на исследуемой территории в арктической зоне Западной Сибири. Обозначено: 1 – Ямальская тундра, 2 – Гыданская тундра, 3 – южная часть Западно-Сибирской Арктики, 4 – местоположение тестовых участков

Приведём далее краткое описание природных условий исследуемой территории Западно-Сибирской Арктики (ЗСА) на основе [8]. Территории исследований на Ямале и Гыдане, расположенные в Ямало-Ненецком автономном округе в основном за Северным полярным кругом, находятся в зоне сплошного распространения мерзлоты. Поэтому здесь повсеместно

распространена многолетняя мерзлота с множеством термокарстовых озёр и болот. На территории этих экорегионов преобладают арктические, мохово-лишайниковые и кустарничковые тундры, которые сменяются к югу лесотундровым редколесьем [8].

Протяженность исследованной территории на Ямале составляет около 700 км в направлении с севера на юг и 240 км с запада на восток, а в Гыданском экорегионе приблизительно 400 км в обоих направлениях. Поверхность в экорегионе Ямала равнинная (высота от 50 до 85 м) и подстилается в основном песчано-глинистыми, моренными и ледниковыми отложениями. А на Гыдане преобладают плоские заболоченные холмисто-моренные низменности и равнины, которые поднимаются к западу (Юрибейская возвышенность) и к югу (Танамская возвышенность) до 150 м в высоту.

Территория исследований в экорегионе южной части Западно-Сибирской Арктики (далее ЮгЗСА) имеет преимущественно равнинный характер и располагается в зонах прерывистой и островной мерзлоты с большой численностью термокарстовых озер. На севере этой территории преобладают ландшафты лиственничной лесотундры, переходящие к югу в северную тайгу.

Для проведения исследования использовались данные, полученные с космических аппаратов Landsat 4, 5, 7 и 8. При разрешающей способности спутниковых снимков этих аппаратов 30 м размер пикселя на снимках составляет 900 м², что позволяют достаточно уверенно дешифрировать озера с минимальными размерами приблизительно 0,5 га. Всего было использовано 688 космических снимков Landsat, в том числе 100 и 182 в экорегионах Ямала и Гыдана соответственно и 443 в экорегионе ЮгЗСА, полученных в период с 1985 по 2021 гг. Обработка космических снимков, проведенная с использованием стандартных средств геоинформационной системы QGIS 3.22 [9], была направлена на получение данных о площадях и количестве озер на исследуемой территории. Пространственный охват каждого снимка составляет приблизительно 10 тыс. км². Все снимки выбирались в достаточно короткий период летнего сезона (июль – август) для минимизации влияния сезонных колебаний уровня воды в озерах. В этот период на исследуемой территории исчезает ледовый покров на озерах, мешающий их выделению при автоматическом дешифрировании снимков.

В работе использовались снимки со спутника Landsat уровня обработки L1TP с разрешением 30 м. Определение озер на снимках производилось с использованием индекса NDWI [10], который рассчитывается путем комбинирования данных видимого и инфракрасного диапазонов по формуле:

$$NDWI = \left(\frac{green - NIR}{green + NIR} + \frac{green - SWIR1}{green + SWIR1} \right) \times \frac{1}{2}, \quad (1)$$

где *green* – 3-й канал Landsat 8 и 2-й канал Landsat 4, 5, 7;

NIR – 5-й канал Landsat 8 и 4-й канал Landsat 4, 5, 7;

SWIR1 – 6-й канал Landsat 8 и 5-й канал Landsat 4, 5, 7.

Процедура получения данных о пространственных характеристиках озер выполняется в виде последовательности этапов, представленных в виде схемы на рисунке 2. На схеме также показаны информационные ресурсы и программные средства, используемые при выполнении разных этапов. На территорию исследования сформирована коллекция безоблачных космических снимков Landsat 4, 5, 7, 8 за 36-летний период. Для каждого снимка производилась предварительная обработка, как указано в [11], рассчитывался индекс NDWI. В результате было получено новое растровое изображение (растр), каждая ячейка которого содержала значение индекса. Путём визуального анализа определялось пороговое значение индекса, позволяющее разделять водные объекты и объекты суши. С использованием порогового значения проводилась бинарная классификация растра, в ходе которой все значения, лежащие выше порогового (водные объекты), получали значение 1, а объекты ниже порогового уровня получали значение 0. В результате получался новый растр, ячейки которого содержали информацию только о водных объектах.

Попавшие в выборку реки и ручьи были удалены с использованием векторной маски, которая создавалась в процессе визуальной проверки данных. На каждом тестовом участке были рассчитаны число озёр и их площади и выполнен экспорт в табличные данные.

Рассчитанные значения площади озёр для каждого озера на всей территории исследования были применены в дальнейшем для формирования временных рядов усредненных (по всем тестовым участкам для каждого года исследования) значений площади озёр, используемых далее для установления трендов динамики площади озёр как в отдельных экорегионах, так и на всей территории исследования в Западно-Сибирской Арктике.

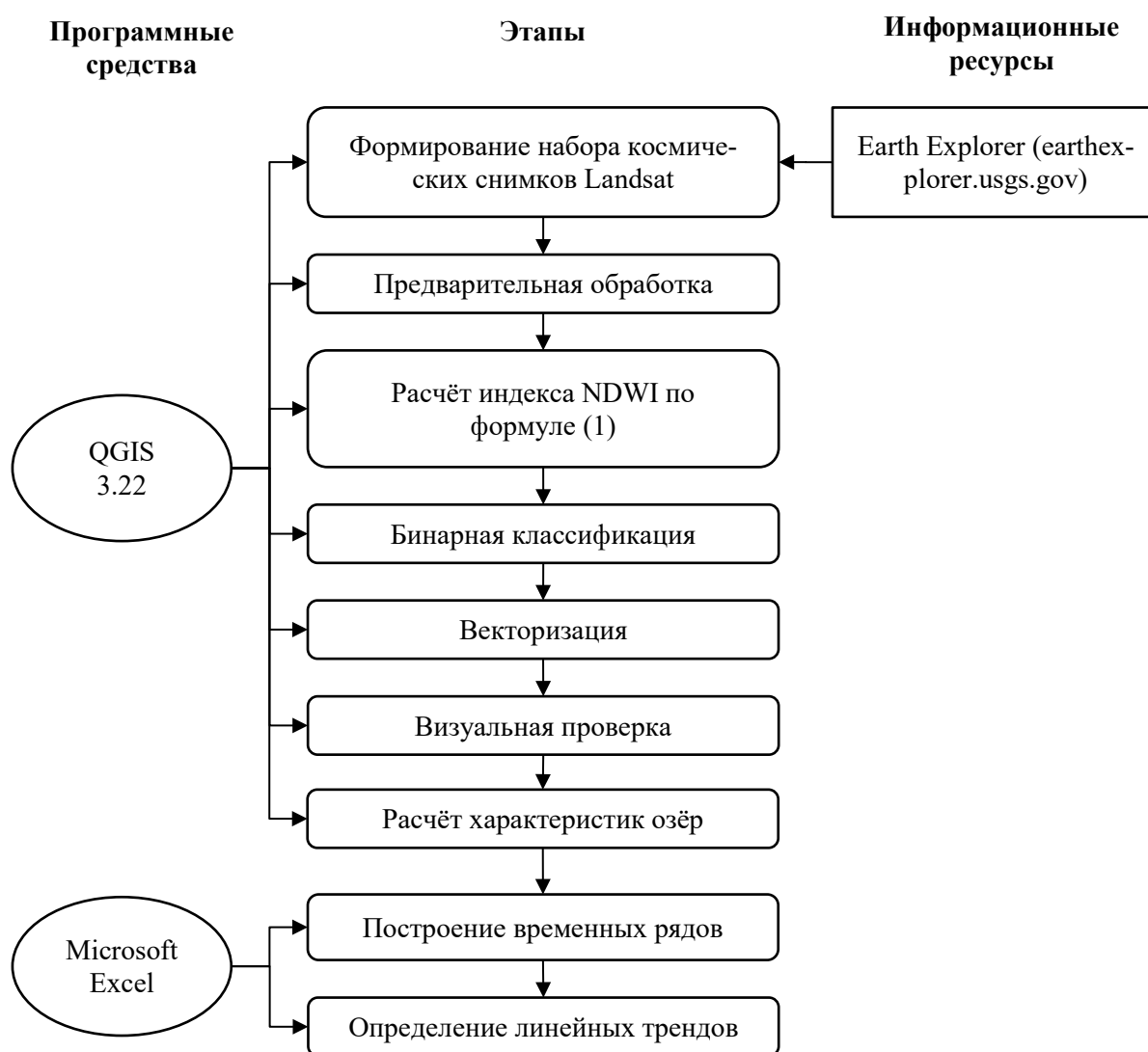


Рисунок 2 – Схема последовательности этапов обработки и анализа данных снимков Landsat

Временной ряд средних значений площадей озёр аппроксимировался линейным уравнением вида:

$$y = ax + b, \quad (2)$$

где y – средняя площадь озера (га); a – линейный коэффициент уравнения аппроксимации; x – время (годы); b – свободный член уравнения аппроксимации.

В таблице 1 дана общая характеристика проведенных исследований

Таблица 1 – Общая характеристика проведенных исследований

Территория	Ямал	Гыдан	ЮгЗСА	ЗСА
Площадь, тыс. км ²	99	160	368	627
Количество снимков, шт.	100	182	443	688
Суммарное число озёр, шт.	5 966	13 153	69 868	88 987
Количество ТУ, шт.	5	7	17	29

На рисунке 3 представлен в графическом виде временной ряд средних (по всем тестовым участкам за каждый год) значений площади озёр на территории исследований в Западно-Сибирской Арктике, рассчитанных как отношение суммы средних (по тестовым участкам) площадей озёр к общему числу ТУ, имевшихся в каждый конкретный год. Заметим, что число ТУ, для которых были получены безоблачные снимки, оказалось различным в разные годы из-за отсутствия (в периоды пасмурной погоды) таких снимков. В отдельные годы для некоторых ТУ вообще не удалось собрать безоблачные снимки, что проявилось в виде пропусков данных во временном ряде средних значений площадей озёр, в частности в 2003–2005, 2008 и 2012 гг. (рисунок 3).

Как видно из рисунка 3, временной ряд средних значений площади озёр показывает отрицательный линейный тренд, что иллюстрируется пунктирной линией на графике. Это демонстрирует тенденцию сокращения во времени площади озёр в Западно-Сибирской Арктике в период 1985–2021 гг. Заметим, что эта же тенденция сокращения в среднем площадей озёр на этой территории наблюдалась, по данным [6], и в более ранний период исследований 1973–2008 гг.

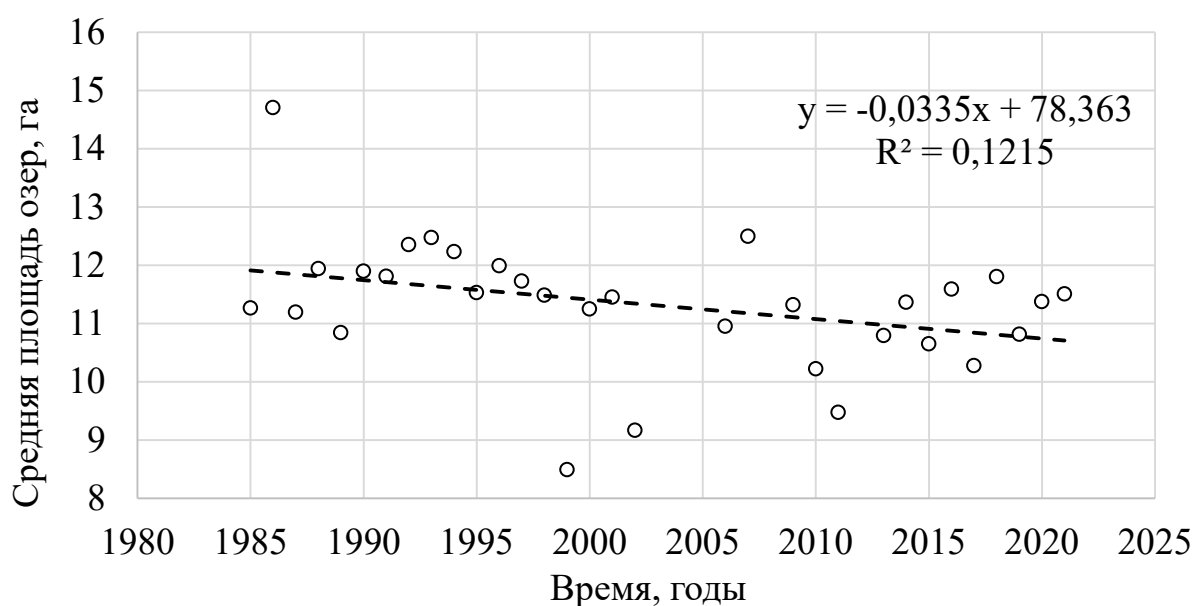


Рисунок 3 – График временного хода среднего значения площади озёр на всей территории исследований в Арктической зоне Западной Сибири

Для изучения особенностей динамики площадей озёр на территориях в разных экорегионах Западной Сибири на рисунке 4 представлены в графическом виде временные ряды данных о средней площади озёр для трех разных экорегионов Западно-Сибирской Арктики. Аппроксимация временных рядов, проведенная в соответствии с (2), позволила определить линейные тренды изменений площади озёр в разных экорегионах, отображаемые на рисунке 4 прямыми линиями (сплошной – для Ямала, крупной штриховкой – для южной части ЗСА, мелкой штриховкой – для Гыдана).

Как видно из рисунка 4, изменение средней площади озёр на территориях всех трех экорегионов проявляет заметный отрицательный линейный тренд, как и на рисунке 3 для всей территории ЗСА. Найденные, согласно (2), коэффициенты уравнения аппроксимации

для проанализированных в статье временных рядов представлены в таблице 2. Из сравнения данных рисунка 4 о площадях озёр следует важный вывод о том, что в среднем более крупные по размерам озера располагаются на территории Ямала, а более мелкие – на Гыдане. Здесь следует заметить, что несмотря на расположение этих соседних территорий в одном широтном поясе, термокарстовые процессы в условиях современного глобального потепления климата протекают на разных территориях различным образом.

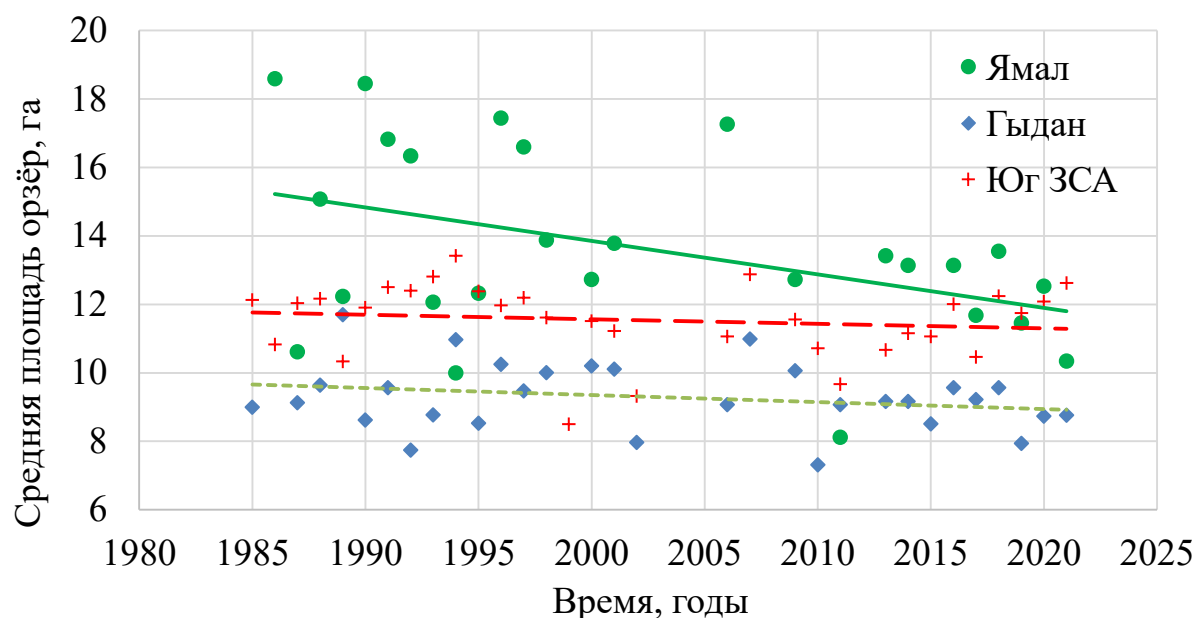


Рисунок 4 – График временного хода среднего значения площади озёр в трёх различных экорегионах Арктической зоны Западной Сибири

Таблица 2 – Величины коэффициентов уравнения аппроксимации (2) для временных рядов площади озёр в разных экорегионах Западно-Сибирской Арктики

Территория	Ямал	Гыдан	Юг ЗСА	ЗСА
Линейный коэффициент a	-0,098	-0,020	-0,013	-0,034
Свободный член уравнения b	209,56	50,12	38,41	78,36

Анализ данных Таблицы 2 показывает, что озера Ямала имеют наибольшую величину коэффициента линейного тренда. Следовательно, можно сделать вывод о том, что термокарстовые озера Ямала проявляют более высокую временную динамику по сравнению с другими экорегионами ЗСА. В наглядном виде это демонстрируют углы наклона линий тренда к оси абсцисс, представленных на графике на рисунке 4. Этот результат можно интерпретировать как значительно более сильное проявление влияния потепления климата последних десятилетий на динамику озёр на Ямале, чем на территории двух других экорегионов ЗСА.

Заключение и выводы

По результатам проведенных исследований динамики термокарстовых озёр на основе анализа временных рядов их площадей показано, что в среднем площади озёр на территории всех арктических экорегионов Западной Сибири сокращаются со временем, что является проявлением глобального потепления последних десятилетий.

Установлено, что в среднем более крупные по размерам озера располагаются на территории Ямала, а более мелкие – на Гыдане. Следовательно, несмотря на расположение этих соседних арктических территорий в одном широтном поясе, термокарстовые процессы в условиях воздействия климатических изменений протекают различным образом на разных

арктических территориях. Однако объяснение этого факта требует дополнительных геоэкологических исследований, что не входит в рамки данной публикации.

Проведенные исследования динамики термокарстовых озер в арктической зоне Западной Сибири показывают, что озера Ямала проявляют более высокий темп временных изменений (более высокую динамику) по сравнению с озерами Гыдана и южной части Западно-Сибирской Арктики. Этот результат можно интерпретировать как значительно более сильное проявление влияния потепления климата на динамику озер на Ямале, чем на территории других арктических экорегионов Западной Сибири.

Результаты исследований динамики площадей озер, полученные в статье, могут быть использованы в задачах оценки и прогноза динамики объемов эмиссии метана и углекислого газа из термокарстовых озер арктической зоны Западной Сибири в атмосферу, а также для оценки их вклада в глобальный парниковый эффект в условиях современных климатических изменений в Арктике.

Литература

1. Carbon Emission Related to Thermokarst Processes in Wetlands of NE European Tundra / S. Zabelina, L. Shirokova, S. Klimov [et al.]. – DOI:10.1002/Ino.11560 // *Limnology and Oceanography*. – 2020. – Vol. 9999. – P. 1–15.
2. Kirpotin, S. Abrupt changes of thermokarst lakes in Western Siberia: impacts of climatic warming on permafrost melting / S. Kirpotin, Y. Polishchuk, N. Bryksina // *International Journal of Environmental Studies*. – 2009. – Vol. 66, №. 4. – P. 423–431.
3. Riordan, B. Shrinking ponds in subarctic Alaska based on 1950-2002 remotely sensed images / B. Riordan, D. Verbyla, A. D. Guire // *Journal of Geophysical Research*. – 2006. – Vol. 111. – G04002.
4. Zuidhoff, F. S. Changes in palsa distribution in relation to climate change in Laivadalén, Northern Sweden, especially 1960-1997 / F. S. Zuidhoff, E. Kolstrup // *Permafrost and Periglacial Processes*. – 2000. – Vol. 11. – P. 55–69.
5. Polishchuk, Y. M. Remote research of spatiotemporal dynamics of thermokarst lakes fields in Siberian permafrost / Y. M. Polishchuk, I. N. Muratov, V. Y. Polishchuk // *The Arctic: Current Issues and Challenges* / eds. O. Pokrovsky, S. Kirpotin, A. Malov. – New York : Nova Science Publishers, 2020. – Chapter 8. – P. 208–237.
6. Полищук, В. Ю. Геоимитационное моделирование полей термокарстовых озер в зонах мерзлоты / В. Ю. Полищук, Ю. М. Полищук. – Ханты-Мансийск : УИП ЮГУ, 2013. – 129. – Текст : непосредственный.
7. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth: A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity / D. M. Olson, E. Dinerstein, E. D. Wikramanayake [et al.]. – DOI:10.1641/0006-3568(2001)051[0933:TEOTWA]2.0.CO;2 // *BioScience*. – 2001. – Vol. 51. – P. 933–938.
8. Ямал. – Текст : электронный // Большая российская энциклопедия. – 2020. – URL: <https://bigenc.ru/geography/text/4926334> (дата обращения: 19.06.2022).
9. Руководство пользователя QGIS. – Текст : электронный // Документация QGIS 3.22. – URL: https://docs.qgis.org/3.22/ru/docs/user_manual/index.html (дата обращения: 19.06.2022).
10. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery / G. L. Feyisa, H. Meilby, R. Fensholt, S. R. Proud // *Remote Sensing of Environment*. – 2014. – Vol. 140. – P. 23–35.
11. Using the USGS Landsat Level-1 Data Product. Conversion to TOA Reflectance // USGS: science for a changing World. – URL: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product> (date of application: 19.06.2022).

СТРУКТУРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БИВАКАНСИЙ В СПЛАВЕ CUAU I

Попова Людмила Анатольевна,

кандидат физико-математических наук, доцент,

Рубцовский индустриальный институт (филиал),

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова

Рубцовск, Россия

E-mail: pla34@mail.ru

Предмет исследования: модельный сплав CuAu I.

Цель исследования: изучение влияния бивакансий разного типа на структурно-энергетические характеристики сплава.

Методы и объекты исследования: методом молекулярной динамики проведены компьютерные эксперименты для расчетного блока упорядоченного сплава CuAu I со сверхструктурой L1₀

Основные результаты исследования: вычислена энергия образования каждого типа бивакансии и энергетический выигрыш бивакансии по сравнению с двумя не взаимодействующими вакансиями, определён наиболее энергетически выгодный тип бивакансии, показаны картины смещений атомов вблизи данного типа дефекта.

Ключевые слова: сплав, кристаллическая решетка, вакансия, бивакансия, смещение, метод молекулярной динамики.

STRUCTURAL AND ENERGY PROPERTIES OF BIVACANSIONS IN CUAU I ALLOY

Lyudmila A. Popova

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

Rubtsovsk Industrial Institute (branch),

Altai State Technical University named after I. I. Polzunov

Rubtsovsk, Russia

E-mail: pla34@mail.ru

Subject of research: model alloy CuAu I.

The purpose of research: to study the influence of divacancies of various types on the structural and energy characteristics of the alloy.

Methods and objects of research: computer experiments were carried out using the method of molecular dynamics for the calculation block of an ordered CuAu I alloy with the L1₀ superstructure.

The main results of research: the formation energy of each type of divacancy and the energy gain of the divacancy compared to two non-interacting vacancies were calculated, the most energetically favorable type of divacancy was determined, and the patterns of displacements of atoms near this type of defect were shown.

Keywords: alloy, crystal lattice, vacancy, bivacansion, displacement, molecular dynamics method.

Введение

Исследование процессов, происходящих в материалах (металлах и сплавах) на микроуровне, с помощью реальных экспериментов является очень сложной задачей, так как процессы фазового перехода порядок-беспорядок-порядок имеют длительную протяженность во времени и регулируются законами, описываемыми на атомном уровне.

Расположение атомов в сплавах зависит от концентрации входящих в их состав веществ. Упорядочивающиеся сплавы обладают рядом уникальных свойств, благодаря которым они находят свое практическое применение [2].

Изменения структуры материала, в том числе наличие в ней дефектов, оказывают влияние на характеристики материала [1].

Вакансия относится к основным структурным дефектам кристаллической решетки. Бивакансия образуется из двух одиночных вакансий, расположенных на расстоянии одной координационной сферы.

В данной статье рассматриваются структурные изменения в модельном сплаве CuAu I при наличии в нем одной бивакансии.

Ставилась задача определения энергии бивакансии и выполнение расчета энергетического выигрыша кристалла с бивакансией по сравнению с кристаллом, содержащим две не взаимодействующие вакансии.

Данные исследования проводились методом молекулярной динамики в рамках компьютерного эксперимента при температуре, близкой к 0 К.

Результаты и обсуждение

В упорядоченном сплаве CuAu I атомы компонентов находятся в узлах гранецентрированной тетрагональной решетки, соответствующей структуре $L1_0$ (рисунок 1).

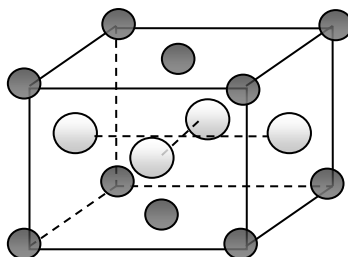


Рисунок 1 – Элементарная ячейка сверхструктуры $L1_0$

Расположение атомов в модельном сплаве CuAu I показано на рисунке 2.

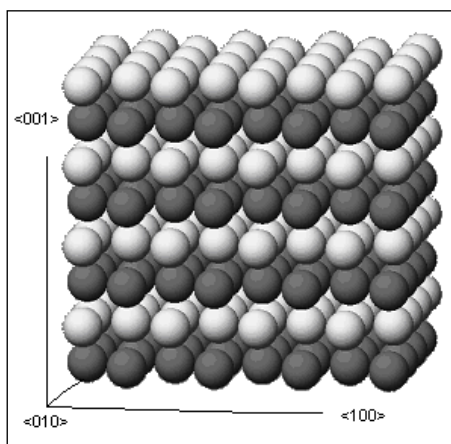


Рисунок 2 – Модель упорядоченного сплава состава CuAu I, соответствующего сверхструктуре $L1_0$. Темным цветом обозначены атомы Cu, светлым цветом – атомы Au

Параметры кристаллической решетки для каждого из трех направлений модельного сплава CuAu I были определены для температуры 0 К с использованием метода градиентного спуска. Межатомное взаимодействие задавалось с использованием парного потенциала Морзе:

$$\varphi(r_{ij}) = D_{KL} \beta_{KL} e^{-\alpha_{KL} r_{ij}} \left(\beta_{KL} e^{-\alpha_{KL} r_{ij}} - 2 \right), \quad (1)$$

где $\alpha_{KL}, \beta_{KL}, D_{KL}$ – параметры потенциалов, описывающих связи пар атомов сортов К-L; r_{ij} – расстояние между атомами.

Основным критерием вычисления параметров решетки сплава было условие минимума конфигурационной энергии модельного кристалла.

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \varphi(r_{ij}), \quad (2)$$

где φ – потенциальная функция взаимодействия пары отдельных атомов i и j ; r_{ij} – расстояние между i -м и j -м атомами, M – число соседних атомов, $i \neq j$.

Получены следующие параметры решетки $a_{x0}=a_{y0}=3,96 \text{ \AA}$ (параметр a) и $a_{z0}=3,65 \text{ \AA}$ (параметр c). Степень тетрагональности кристалла равна $c/a=0,92$, что согласуется с данными, полученными при проведении экспериментальных исследований [3].

Количество атомов в трехмерном расчетном блоке было определено таким образом, чтобы бивакансия не оказывала воздействие на граничные атомы. На расчетный блок накладывались жесткие граничные условия. Бивакансия вводилась в центр модельной кристаллической решетки. Затем проводилась процедура релаксации по методу молекулярной динамики. Температура кристалла задавалась относительно низкой (10 К) для того, чтобы ни один из соседних атомов не мог мигрировать на место вакансии.

Сила, действующая на атом в соответствии с потенциалами Морзе (1), вычислялась по формуле:

$$\vec{F}_i = - \sum_{j=1}^M 2D_{KL} \alpha_{KL} \left[\left(\beta_{KL} \exp(-\alpha_{KL} \vec{r}_{ij}) - \frac{1}{2} \right)^2 - \frac{1}{4} \right]. \quad (3)$$

В таком состоянии кристалл подвергался релаксации в течение 10 Пс. После этого сплав охлаждался при 0 К до стабилизации положения атомов. Рассчитывалось новое значение потенциальной энергии кристалла, и определялись положения атомов в конечном состоянии. После этого были получены картины смещений атомов после релаксации.

В сплаве CuAu I возможны три типа бивакансий (рисунок 3). Бивакансии, образованные из вакантных узлов одного сорта, располагаются на моноатомных плоскостях в направлении $\langle 001 \rangle$. Бивакансии, образованные из вакантных узлов разного сорта, – на биатомных плоскостях в направлении $\langle 100 \rangle$ или $\langle 010 \rangle$.

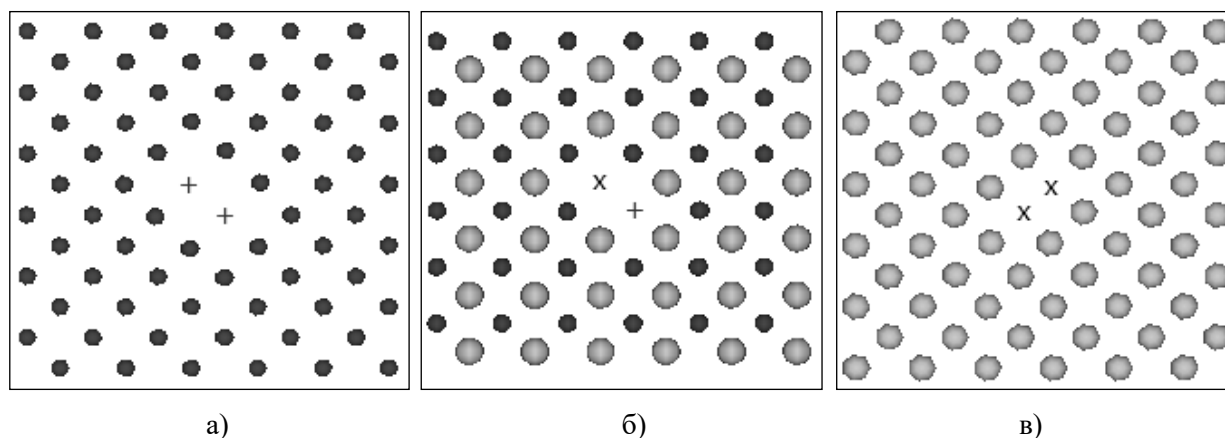


Рисунок 3 – Конфигурации бивакансий сплава CuAu I, образованные из вакантных узлов:
а) Cu-Cu; б) Cu-Au; в) Au-Au

Вычисление энергии образования бивакансии определялось при 0 К в статической модели по формулам:

$$\begin{aligned} E_{2v}^{fCu-Cu} &= E^{Cu-Cu} - E_i - E_v^{Cu}; \\ E_{2v}^{fCu-Au} &= E^{Cu-Au} - E_i - \frac{E_v^{Cu}}{2} - \frac{E_v^{Au}}{2}; \\ E_{2v}^{fAu-Au} &= E^{Au-Au} - E_i - E_v^{Au}. \end{aligned} \quad (4)$$

где E^{AB} – энергия кристалла, содержащего две вакансии сорта А и В.

Таким образом, энергия образования бивакансии равна разности энергий кристалла, содержащего данный дефект, и идеального кристалла, за исключением энергии, затраченной на восстановление двух атомов на поверхности кристалл. Энергия, затраченная на восстановление атома, равна половине значения энергии на атом данного типа..

Энергетический выигрыш кристалла вычисляется по формуле:

$$\Delta E = 2E_v - E_{2v}. \quad (5)$$

Полученные значения энергии образования двух не взаимодействующих вакансий, бивакансии и энергетического выигрыша для каждой конфигурации в статическом приближении содержатся в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение энергии связей при образовании пары вакансий в первом соседстве

Типы вакансий	Энергия не взаимодействующих вакансий (эВ)	Энергия бивакансий (эВ)	Энергетический выигрыш (эВ)
Cu-Cu	7,146	6,785	0,361
Cu-Au	7,525	7,141	0,384
Au-Au	7,905	7,529	0,376

Как показывают расчеты, наибольшей энергией образования обладает бивакансия из двух атомов Au так же, как и две одиночные не взаимодействующие вакансии из атомов этого типа. Это связано с тем, что атомы Au более тяжелые и менее подвижные по сравнению с атомами Cu. Однако наибольший энергетический выигрыш будет у бивакансии Cu-Au. Полученные результаты подтверждают факт того, что при термоактивации в случае наличия в сплаве одиночных вакансий, они будут стремиться к образованию вакансионных комплексов, например, бивакансий.

Статическая модель лишь частично описывает картину образования дефектов, так как в реальном мире происходит смещение атомов вблизи дефектов за счет разорванных связей. Поэтому методом молекулярной динамики для каждой конфигурации бивакансий и двух одиночных вакансий была проведена релаксация атомов.

Изменение энергетических характеристик сплава при наличии в нем двух вакансий представлено схемой (рисунок 4). Во всех случаях расчетные блоки содержат одинаковое число атомов в объеме кристалла.



Рисунок 4 – Схема изменения энергий бивакансии и пары отдельных вакансий в различных приближениях и полученные энергетические выигрыши

На схеме (рисунок 4) стрелками показаны варианты сравнения для случаев получения энергетических выигрышей.

- 1) Выигрыш энергий кристалла с бивакансией по сравнению с парой одиночных вакансий:
 - а) $\Delta E_{ст}$ – в статической модели,
 - б) $\Delta E_{дин}$ – в динамической модели;
- 2) выигрыш энергий при переходе от статической к динамической модели:
 - с) $\delta E_{бив}$ – для бивакансии,
 - д) δE_{2v} – для пары не взаимодействующих вакансий (δE_{2v}).

Вычисление энергия образования бивакансии в динамической модели выполнялось по формулам:

$$\begin{aligned}
 E_{2v}^{fCu-Cu}(rel) &= E^{Cu-Cu}(rel) - E_i - E_v^{Cu}; \\
 E_{2v}^{fCu-Au}(rel) &= E^{Cu-Au}(rel) - E_i - \frac{E_v^{Cu}}{2} - \frac{E_v^{Au}}{2}; \\
 E_{2v}^{fAu-Au}(rel) &= E^{Au-Au}(rel) - E_i - E_v^{Au}.
 \end{aligned} \tag{6}$$

В расчетах по формулам используются значения энергии, полученные при релаксации кристаллической решетки вблизи дефекта, но не учитываются процессы, происходящие на поверхности кристалла, в связи с ее неоднородностью. В таблице 2 приведены полученные значения описанных выше энергетических выигрышей бивакансионных комплексов.

Таблица 2 – Изменение энергии связей при образовании бивакансий

	Cu-Cu	Cu-Au	Au-Au
$\Delta E_{ст}, \text{эВ}$	0,361	0,384	0,376
$\Delta E_{дин}, \text{эВ}$	1,431	0,514	0,550
$\square E_{2v}, \text{эВ}$	1,137	1,123	1,109
$\square E_{бив}, \text{эВ}$	2,206	1,252	1,283

Как было описано выше, в статическом приближении максимальный выигрыш энергии будет у бивакансии Cu-Au, тогда как в динамической модели наибольшим выигрышем будет

обладать бивакансия Cu-Cu, которая имеет наименьшую энергию образования. Наименьшей релаксационной поправкой обладает пара не взаимосвязанных вакансий Au-Au.

На рисунке 5 приведены картины смещений атомов вблизи бивакансии на плоскости, содержащей данный дефект, и на проекциях двух предыдущих плоскостей для каждого типа бивакансий. Для удобства сравнения направлений релаксационных смещений атомов они приведены в увеличенном масштабе.

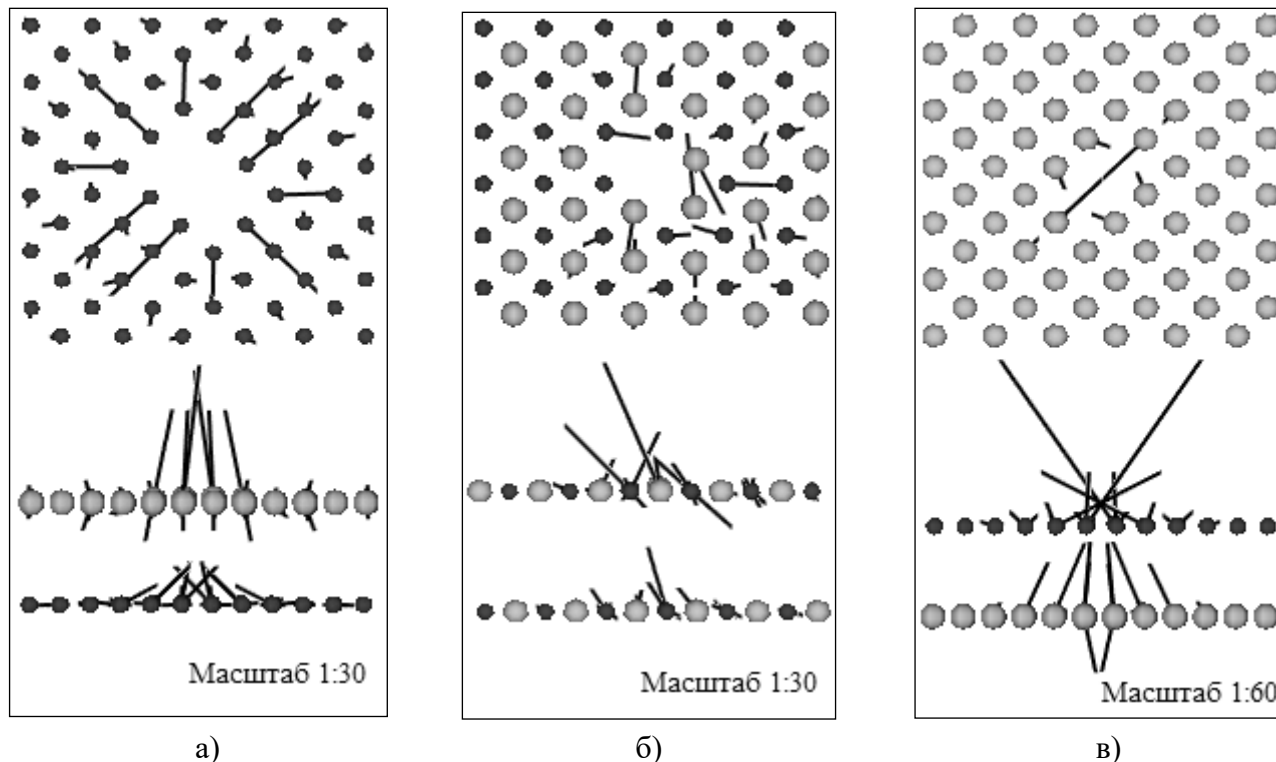


Рисунок 5 – Картины атомных смещений вблизи бивакансионного комплекса:
а) Cu-Cu; б) Cu-Au; в) Au-Au

В силу однородности атомов в бивакансиях Cu-Cu и Au-Au на моноатомных плоскостях с бивакансией, смещения атомов симметричны относительно заданных дефектов. При наличии в сплаве бивакансии Cu-Cu ближайшие к свободным узлам атомы Au из двух соседних моноатомных плоскостей смещаются в сторону бивакансии, при этом атомы Cu на плоскости с бивакансией вынуждены двигаться в направлении, противоположном дефекту. В следующих за ними моноатомных плоскостях атомы Cu притягиваются в сторону дефекта. При наличии бивакансии Au-Au на моноатомной плоскости с дефектом наблюдается неравномерное смещение атомов Au в направлении вакантных узлов. Большему смещению подвержены атомы Cu из соседних плоскостей, которые направлены в сторону дефекта, причем, чем ближе атомы к вакантным узлам, тем больше они смещены. Для бивакансии Cu-Au характерно отсутствие симметрии, большие смещения атомов наблюдаются вблизи вакантного узла Cu.

Вакансии, находящиеся на расстоянии далее одной координационной сферы, образуют комплексы вакансий и оказывают влияние друг на друга. Но это влияние уменьшается по мере удаления их друг от друга.

Проводимые исследования показали, что энергии комплексов стремятся к значениям, соответствующим энергии двух одиночных вакансий. Пара вакансий Au-Au характеризуется меньшим радиусом взаимодействия по сравнению с парами Cu-Cu и Cu-Au.

Заключение и выводы

В ходе проведения компьютерного эксперимента получены значения энергий образования точечных дефектов. Выявлены энергетически предпочтительные бивакансии, соответствующие паре вакансий в узлах Cu-Cu.

Степень анизотропии смещений зависит от типа точечного дефекта и его месторасположения.

Литература

1. Физика конденсированного состояния: дефекты строения в металлах : учебник / А. Н. Чуканов, Н. Н. Сергеев, А. Е. Гвоздев [и др.] ; под ред. А. Н. Чуканова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 298 с. – ISBN 978-5-9729-0703-8. – Текст : непосредственный.
2. Физика конденсированного состояния: прочность и разрушение материалов : учебник / А. Н. Чуканов, Н. Н. Сергеев, А. Е. Гвоздев [и др.] ; под ред. А. Н. Чуканова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 260 с. – ISBN 978-5-9729-0771-7. – Текст : непосредственный.
3. Атомная структура АФГ и ее влияние на состояние решетки вблизи дислокации в упорядоченных сплавах со сверхструктурой $L1_2$ / А. И. Царегородцев, Н. В. Горлов, Б. Ф. Демьянов, М. Д. Старостенков. – Текст : непосредственный // Физика металлов и металловедение. – 1984. – Т. 58, Вып. 2. – С. 336–343.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЛИНЕЙНОГО ФУНКЦИОНАЛА В ФОРМЕ СКАЛЯРНОГО ПРОИЗВЕДЕНИЯ

Ушаков Андрей Леонидович

кандидат физико-математических наук, доцент,
сотрудник кафедры математического и компьютерного моделирования,
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет»

Челябинск, Россия

E-mail: ushakoval@susu.ru

Предмет исследования: задача представления линейного функционала в форме скалярного произведения в пространстве Гильберта. Например, это может быть задача Дирихле для эллиптического уравнения второго порядка в вариационном виде.

Цель исследования: привести общую схему метода итерационных расширений для решения эллиптических краевых задач с условиями Дирихле.

Методы и объекты исследования: объектом исследования в такой задаче может быть деформация мембраны. Приводится продолжение рассматриваемой задачи в пространстве Гильберта. Продолженная задача рассматривается в подпространстве пространства Гильберта. Продолженная задача исследуется методом итерационных расширений в пространстве Евклида. Приводится алгоритм для реализации метода итерационных расширений.

Основные результаты исследования: в результате получается, что общая схема метода итерационных расширений в применении к решению краевой задачи с условиями Дирихле для эллиптического уравнения не зависит от порядка этого уравнения. Приводится пример, иллюстрирующий вывод об эффективности метода итерационных расширений.

Ключевые слова: скалярное произведение; метод итерационных расширений.

INVESTIGATION OF THE PROBLEM OF REPRESENTATION OF A LINEAR FUNCTIONAL IN THE FORM OF A SCALAR PRODUCT

Andrey L. Ushakov

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Docent,
Senior Research Officer at the Department
of Mathematical and Computer Modelling,

South Ural State University,

Chelyabinsk, Russia

E-mail: ushakoval@susu.ru

Subject of research: the problem of representing a linear functional in the form of a scalar product in the Hilbert space. For example, this may be the Dirichlet problem for a second-order elliptic equation in variational form.

Purpose of research: to present a general scheme of the method of iterative extensions for solving elliptic boundary value problems with Dirichlet conditions.

Methods and objects of research: the object of study in such a problem can be the deformation of the membrane. A continuation of the considered problem in the Hilbert space is given. The extended problem is considered in a subspace of the Hilbert space. The extended problem is studied by the method of iterative extensions in the Euclidean space. An algorithm for implementing the method of iterative extensions is given.

Main results of research: as a result, it turns out that the general scheme of the method of iterative extensions as applied to the solution of a boundary value problem with Dirichlet conditions for an elliptic equation does not depend on the order of this equation. An example is given to illustrate the conclusion about the efficiency of the method of iterative extensions.

Keywords: scalar product, method of iterative extensions.

Введение

Рассмотрим задачу представления линейного функционала в форме скалярного произведения в гильбертовом пространстве. Примером такой задачи является краевая задача с условиями Дирихле для эллиптического уравнения в плоской ограниченной области. Основные трудности при решении этой задачи возникают от сложности геометрии области, высоты порядка уравнения и наличия краевых условий Дирихле [1–5]. Метод решения такой задачи должен быть асимптотически оптимальным, являться вполне универсальным и иметь достаточно простую реализацию. Будем решать рассматриваемую задачу методом итерационных расширений, являющимся обобщением метода фиктивных компонент [4–7]. Решение исходной задачи рассматривается как обобщение решений методом итерационных расширений краевых задач с условиями Дирихле для эллиптических уравнений. Предполагается, что после сведения решения задачи для эллиптического уравнения к решению соответствующих задач в прямоугольной области можно будет применять оптимальные маршевые методы [8–10].

Результаты и обсуждение

1. Задача представления линейного функционала в форме скалярного произведения в гильбертовом пространстве

Пусть задана первая ограниченная область и выберем вторую ограниченную область

$$\omega \in \{I, II\}, \Omega_\omega \subset \mathbb{R}^2.$$

Области не пересекаются, а объединение их замыканий является замыканием прямоугольной области

$$\Omega_I \cap \Omega_{II} = \emptyset, \bar{\Omega}_I \cup \bar{\Omega}_{II} = \bar{\Pi}.$$

Предполагаем, что границы этих областей имеют пересечение

$$\partial\Omega_I \cap \partial\Omega_{II} \neq \emptyset.$$

На первой области рассмотрим задачу представления линейного функционала в форме скалярного произведения в гильбертовом пространстве, на второй области введем фиктивную задачу представления нулевого функционала в форме скалярного произведения в гильбертовом пространстве

$$\tilde{u}_\omega \in \tilde{H}_\omega : (\tilde{u}_\omega, \tilde{v}_\omega)_{\tilde{A}_\omega} = F_\omega(\tilde{v}_\omega) \quad \forall \tilde{v}_\omega \in \tilde{H}_\omega, \quad (1)$$

$$F_\omega \in \tilde{H}'_\omega, \tilde{H}_\omega = \tilde{H}_\omega(\Omega_\omega), F_{II}(\tilde{v}_{II}) = 0.$$

Предполагается, что рассматриваемые скалярные произведения задаются с помощью симметричных операторов и удовлетворяют соответствующим свойствам скалярного произведения, являются скалярными произведениями, рассматриваемых гильбертовых пространств и обладают свойствами скалярных произведений, задаваемых посредством скалярных произведений функций суммируемых в квадрате

- 0) $(\tilde{u}_\omega, \tilde{v}_\omega)_{\tilde{A}_\omega} = (\tilde{A}_\omega \tilde{u}_\omega, \tilde{v}_\omega) \quad \forall \tilde{u}_\omega, \tilde{v}_\omega \in \tilde{H}_\omega,$
- 1) $(\tilde{u}_\omega, \tilde{v}_\omega)_{\tilde{A}_\omega} = (\tilde{v}_\omega, \tilde{u}_\omega)_{\tilde{A}_\omega} \quad \forall \tilde{u}_\omega, \tilde{v}_\omega \in \tilde{H}_\omega,$
- 2) $(\tilde{u}_\omega + \tilde{w}_\omega, \tilde{v}_\omega)_{\tilde{A}_\omega} = (\tilde{u}_\omega, \tilde{v}_\omega)_{\tilde{A}_\omega} + (\tilde{w}_\omega, \tilde{v}_\omega)_{\tilde{A}_\omega} \quad \forall \tilde{u}_\omega, \tilde{w}_\omega, \tilde{v}_\omega \in \tilde{H}_\omega,$
- 3) $(c\tilde{u}_\omega, \tilde{v}_\omega)_{\tilde{A}_\omega} = c(\tilde{u}_\omega, \tilde{v}_\omega)_{\tilde{A}_\omega} \quad \forall c \in \mathbb{R}, \quad \forall \tilde{u}_\omega, \tilde{v}_\omega \in \tilde{H}_\omega,$
- 4) $(\tilde{v}_\omega, \tilde{v}_\omega)_{\tilde{A}_\omega} > 0, \quad \tilde{v}_\omega \neq 0, \quad (\tilde{v}_\omega, \tilde{v}_\omega)_{\tilde{A}_\omega} = 0 \Leftrightarrow \tilde{v}_\omega = 0.$

Примерами рассматриваемых пространств являются Соболевские пространства функций. Примерами операторов будут симметричные операторы, возникающие в полигармонических краевых задачах. Примером правой части у задач будет скалярное произведение функций, которые суммируемы в квадрате

$$F_\omega(\tilde{v}_\omega) = \int_{\Omega_\omega} \tilde{f}_\omega \tilde{v}_\omega d\Omega_\omega \quad \forall \tilde{v}_\omega \in \tilde{H}_\omega.$$

У каждой из задач существует и единственное решение при этом, у фиктивной задачи это решение нулевое [1].

2. Продолженная задача представления линейного функционала в форме скалярного произведения в гильбертовом пространстве

На прямоугольной области будем рассматривать пространство Гильберта из функций $\tilde{V} = \tilde{V}(\Pi)$. На этом пространстве зададим скалярное произведение как сумму скалярных произведений

$$(\tilde{u}, \tilde{v})_{\tilde{A}} = (\tilde{u}, \tilde{v})_{\tilde{A}_I} + (\tilde{u}, \tilde{v})_{\tilde{A}_{II}} \quad \forall \tilde{u}, \tilde{v} \in \tilde{V}.$$

Определим следующие подпространства

$$\begin{aligned} \tilde{V}_1 &= \tilde{V}_1(\Pi) = \left\{ \tilde{v}_1 \in \tilde{V} : \tilde{v}_1|_{\Pi \setminus \Omega_1} = 0 \right\}, \\ \tilde{V}_3 &= \tilde{V}_3(\Pi) = \left\{ \tilde{v}_3 \in \tilde{V} : \tilde{v}_3|_{\Pi \setminus \Omega_{II}} = 0 \right\}, \quad \tilde{V}_0 = \tilde{V}_1 \oplus \tilde{V}_3, \\ \tilde{V}_2 &= \tilde{V}_2(\Pi) = \left\{ \tilde{v}_2 \in \tilde{V} : (\tilde{v}_2, \tilde{v}_0)_{\tilde{A}} = 0 \quad \forall \tilde{v}_0 \in \tilde{V}_0 \right\}. \end{aligned}$$

Отметим, что во введенном скалярном произведении

$$\tilde{V} = \tilde{V}_1 \oplus \tilde{V}_2 \oplus \tilde{V}_3 = \tilde{V}_1 \oplus \tilde{V}_{II}, \quad \tilde{V}_I = \tilde{V}_1 \oplus \tilde{V}_2, \quad \tilde{V}_{II} = \tilde{V}_2 \oplus \tilde{V}_3.$$

Обычно полагать, что для функций выполняются предположения о продолжении функций в следующей форме

$$\exists \tilde{\beta}_1 \in (0; 1], \quad \tilde{\beta}_2 \in [\tilde{\beta}_1; 1] : \tilde{\beta}_1(\tilde{v}_2, \tilde{v}_2)_{\tilde{A}} \leq (\tilde{v}_2, \tilde{v}_2)_{\tilde{A}_{II}} \leq \tilde{\beta}_2(\tilde{v}_2, \tilde{v}_2)_{\tilde{A}} \quad \forall \tilde{v}_2 \in \tilde{V}_2.$$

Заведем оператор проектирования

$$I_1 : \tilde{V} \mapsto \tilde{V}_1, \quad \tilde{V}_1 = im I_1, \quad I_1 = I_1^2.$$

Будем совместно рассматривать решаемую задачу и фиктивную задачу как продолженную задачу представления линейного функционала в форме скалярного произведения

$$\tilde{u} \in \tilde{V} : (\tilde{u}, I_1 \tilde{v})_{\tilde{A}_I} + (\tilde{u}, \tilde{v})_{\tilde{A}_{II}} = F_1(I_1 \tilde{v}) \quad \forall \tilde{v} \in \tilde{V}, \quad (2)$$

Предложение 1. Имеют место равенства

$$(\tilde{u}_0, \tilde{v}_2)_{\tilde{A}_\omega} = (\tilde{v}_2, \tilde{u}_0)_{\tilde{A}_\omega} = 0 \quad \forall \tilde{u}_0 \in \tilde{V}_0, \quad \forall \tilde{v}_2 \in \tilde{V}_2, \quad \omega \in \{1, \Pi\}.$$

Утверждение 1. Задача (2) имеет единственное решение $\tilde{u} \in \tilde{V}_1$, которое на Ω_1 будет решением задачи (1) при $\omega = 1$, а на Ω_Π будет нулевым решением задачи (1) при $\omega = \Pi$.

Для решений исходной и продолженной задач можно использовать одно обозначение как для функции и продолжения функции

$$\tilde{H}_\omega(\Omega_\omega) = \tilde{V}_\omega(\Omega_\omega), \quad \omega \in \{1, \Pi\}.$$

3. Продолженная задача представления линейного функционала в форме скалярного произведения в конечномерном подпространстве

Рассматриваем введенную прямоугольную область и части ее границы в прямоугольных координатах

$$\Pi = (0; b_1) \times (0; b_2), \quad b_1, b_2 \in (0; +\infty).$$

Полагаем, что введена прямоугольная сетка с узлами, постоянными и положительными шагами в направлении соответствующих осей координат

$$(x_i; y_j), \quad h_1, h_2 > 0, \quad i, j \in \mathbb{Z}.$$

Введем сеточные функции, определенные в узлах сетки

$$v_{i,j} = v(x_i; y_j) \in \mathbb{R}, \quad i, j \in \mathbb{Z}.$$

При восполнениях сеточных функций используем в качестве базисных функций функции в узлах сетки, имеющие локальные носители

$$\Phi^{i,j}(x; y) = \Psi^{1,i}(x) \Psi^{2,j}(y), \quad i, j \in \mathbb{Z}.$$

Полагаем, что эти базисные функции вне прямоугольной области будут равны нулю

$$\Phi^{i,j}(x; y) = 0, \quad (x; y) \notin \Pi, \quad i, j \in \mathbb{Z}.$$

Рассматриваем линейные комбинации из базисных функций, которые являются конечномерным подпространством

$$\tilde{V} = \left\{ \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \sum_{j=-\infty}^{+\infty} v_{i,j} \Phi^{i,j}(x; y) \right\} \subset \tilde{V}.$$

Важным примером аппроксимации пространств Соболева является кусочно-полиномиальная аппроксимация в виде конечных элементов при решении эллиптических краевых задач [1].

Приведем продолженную задачу в конечномерном пространстве.

$$\tilde{u} \in \tilde{V} : (\tilde{u}, I_1 \tilde{v})_{\tilde{A}_1} + (\tilde{u}, \tilde{v})_{\tilde{A}_\Pi} = F_1(I_1 \tilde{v}) \quad \forall \tilde{v} \in \tilde{V}. \quad (3)$$

Введем следующие подпространства

$$\begin{aligned} \tilde{V}_1 &= \tilde{V}_1(\Pi) = \left\{ \tilde{v}_1 \in \tilde{V} : \tilde{v}_1|_{\Pi \setminus \Omega_1} = 0 \right\}, \\ \tilde{V}_3 &= \tilde{V}_3(\Pi) = \left\{ \tilde{v}_3 \in \tilde{V} : \tilde{v}_3|_{\Pi \setminus \Omega_\Pi} = 0 \right\}, \quad \tilde{V}_0 = \tilde{V}_1 \oplus \tilde{V}_3, \\ \tilde{V}_2 &= \tilde{V}_2(\Pi) = \left\{ \tilde{v}_2 \in \tilde{V} : (\tilde{v}_2, \tilde{v}_0)_{\tilde{A}} = 0 \quad \forall \tilde{v}_0 \in \tilde{V}_0 \right\}, \end{aligned}$$

Отметим, что

$$\tilde{V} = \tilde{V}_1 \oplus \tilde{V}_2 \oplus \tilde{V}_3 = \tilde{V}_1 \oplus \tilde{V}_{II}, \tilde{V}_I = \tilde{V}_1 \oplus \tilde{V}_2, \tilde{V}_{II} = \tilde{V}_2 \oplus \tilde{V}_3.$$

Полагаем, что для функций и на конечномерном подпространстве выполняются предположения о продолжении функций в следующей форме

$$\exists \beta_1 \in (0; 1], \beta_2 \in [\beta_1; 1]: \beta_1(\tilde{v}_2, \tilde{v}_2)_{\tilde{A}} \leq (\tilde{v}_2, \tilde{v}_2)_{\tilde{A}_{II}} \leq \beta_2(\tilde{v}_2, \tilde{v}_2)_{\tilde{A}} \quad \forall \tilde{v}_2 \in \tilde{V}_2.$$

Будем использовать такой оператор проектирования под действием, которого обнуляются коэффициенты при базисных функциях, если носители этих функций не лежат полностью на первой области

$$I_1: \tilde{V} \mapsto \tilde{V}_1, \tilde{V}_1 = im I_1, I_1 = I_1^2.$$

Приведем продолженную задачу в матричном виде, определив матрицу и правую часть системы следующим образом

$$\langle B\tilde{u}, \tilde{v} \rangle = (\tilde{u}, I_1 \tilde{v})_{\tilde{A}_I} + (\tilde{u}, \tilde{v})_{\tilde{A}_{II}} \quad \forall \tilde{u}, \tilde{v} \in \tilde{V}, \quad \langle \tilde{f}, \tilde{v} \rangle = F_1(I_1 \tilde{v}) \quad \forall \tilde{v} \in \tilde{V},$$

$$\langle \tilde{f}, \tilde{v} \rangle = (\tilde{f}, \tilde{v})_{h_1 h_2} = \tilde{f} v_{h_1 h_2}, \quad \tilde{v} = (v_1, v_2, \dots, v_N)' \in \mathbb{R}^N, \quad N \in \mathbb{N}.$$

Так аппроксимируя продолженную задачу с помощью конечномерного подпространства, получим систему уравнений

$$\bar{u} \in \mathbb{R}^N: B\bar{u} = \bar{f}, \quad \bar{f} \in \mathbb{R}^N. \quad (4)$$

Занумеруем первыми базисные функции с носителями в первой области. Вторыми занумеруем базисные функции с носителями, пересекающими границы первой области и второй области сразу. Третьими занумеруем базисные функции с носителями во второй области. При этой нумерации векторы имеют такой вид.

$$\bar{v} = (\bar{v}_1', \bar{v}_2', \bar{v}_3')', \quad \bar{u} = (\bar{u}_1', \bar{0}', \bar{0}')', \quad \bar{f} = (\bar{f}_1', \bar{0}', \bar{0}')'.$$

Отметим, что решается продолженная задача в следующем матричном виде

$$B\bar{u} = \bar{f}, \quad \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & 0 \\ 0 & A_{02} & A_{23} \\ 0 & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{u}_1 \\ \bar{0} \\ \bar{0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{f}_1 \\ \bar{0} \\ \bar{0} \end{bmatrix}.$$

Так решается исходная задача в матричном виде и фиктивная задача в матричном виде.

$$A_{11}\bar{u}_1 = \bar{f}_1, \quad \begin{bmatrix} A_{02} & A_{23} \\ A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{u}_2 \\ \bar{u}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{0} \\ \bar{0} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} \bar{u}_2 \\ \bar{u}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{0} \\ \bar{0} \end{bmatrix}.$$

Введем подпространства векторов

$$\bar{V}_1 = \left\{ \bar{v} = (\bar{v}_1', \bar{v}_2', \bar{v}_3')' \in \mathbb{R}^N : \bar{v}_2 = \bar{0}, \bar{v}_3 = \bar{0} \right\}.$$

$$\bar{V}_3 = \left\{ \bar{v} = (\bar{v}_1', \bar{v}_2', \bar{v}_3')' \in \mathbb{R}^N : \bar{v}_1 = \bar{0}, \bar{v}_2 = \bar{0} \right\},$$

$$\bar{V}_2 = \left\{ \bar{v} = (\bar{v}_1', \bar{v}_2', \bar{v}_3')' \in \mathbb{R}^N : A_{11}\bar{v}_1 + A_{12}\bar{v}_2 = \bar{0}, A_{32}\bar{v}_2 + A_{33}\bar{v}_3 = \bar{0} \right\},$$

$$\mathbb{R}^N = \bar{V}_1 \oplus \bar{V}_2 \oplus \bar{V}_3 = \bar{V}_1 \oplus \bar{V}_{II}, \quad \bar{V}_I = \bar{V}_1 \oplus \bar{V}_2, \quad \bar{V}_{II} = \bar{V}_2 \oplus \bar{V}_3.$$

Определим матрицы

$$\langle A_I \bar{u}, \bar{v} \rangle = (\tilde{u}, \tilde{v})_{\tilde{A}_I}, \langle A_{II} \bar{u}, \bar{v} \rangle = (\tilde{u}, \tilde{v})_{\tilde{A}_{II}} \quad \forall \tilde{u}, \tilde{v} \in \tilde{V}, \quad A = A_I + A_{II}.$$

Для конечномерных подпространств можно записать прежние предположения, касающиеся продолжения функций в матричной форме

$$\exists \beta_1 \in (0; +\infty), \beta_2 \in [\beta_1; +\infty): \beta_1 \langle A \bar{v}_2, \bar{v}_2 \rangle \leq \langle A_{II} \bar{v}_2, \bar{v}_2 \rangle \leq \beta_2 \langle A \bar{v}_2, \bar{v}_2 \rangle \quad \forall \bar{v}_2 \in \bar{V}_2.$$

4. Метод итерационных расширений

Введем матрицу

$$C = A_I + \gamma A_{II}, \quad \gamma \in (0; +\infty).$$

Считаем, что выполняются предположения, записываемые в матричном виде

$$\exists \gamma_1 \in (0; +\infty), \gamma_2 \in [\gamma_1; +\infty): \gamma_1^2 \langle C \bar{v}_2, C \bar{v}_2 \rangle \leq \langle A_{II} \bar{v}_2, A_{II} \bar{v}_2 \rangle \leq \gamma_2^2 \langle C \bar{v}_2, C \bar{v}_2 \rangle \quad \forall \bar{v}_2 \in \bar{V}_2,$$

$$\exists \alpha \in (0; +\infty): \langle A_I \bar{v}_2, A_I \bar{v}_2 \rangle \leq \alpha^2 \langle A_{II} \bar{v}_2, A_{II} \bar{v}_2 \rangle \quad \forall \bar{v}_2 \in \bar{V}_2.$$

Рассмотрим для решения задачи (4) метод итерационных расширений как обобщение известного метода фиктивных компонент, используя введение дополнительного параметра. Метод фиктивных компонент при единичном значении этого параметра получается из метода итерационных расширений, если не учитывать выбор итерационных параметров

$$\bar{u}^k \in \mathbb{R}^N: C(\bar{u}^k - \bar{u}^{k-1}) = -\tau_{k-1}(B\bar{u}^{k-1} - \bar{f}), \quad k \in \mathbb{N},$$

$$\forall \bar{u}^0 \in \bar{V}_1, \gamma > \alpha, \tau_0 = 1, \tau_{k-1} = \frac{\langle \bar{r}^{k-1}, \bar{\eta}^{k-1} \rangle}{\langle \bar{\eta}^{k-1}, \bar{\eta}^{k-1} \rangle}, \quad k \in \mathbb{N} \setminus \{1\}, \quad (5)$$

где при вычислениях итерационных параметров надо находить невязки, поправки, эквивалентные невязки

$$\bar{r}^{k-1} = B\bar{u}^{k-1} - \bar{f}, \quad \bar{w}^{k-1} = C^{-1}\bar{r}^{k-1}, \quad \bar{\eta}^{k-1} = B\bar{w}^{k-1}, \quad k \in \mathbb{N}.$$

Введем норму

$$\|\bar{v}\|_{C^2} = \sqrt{\langle C^2 \bar{v}, \bar{v} \rangle} \quad \forall \bar{v} \in \mathbb{R}^N.$$

Лемма 1. Для метода итерационных расширений (5) имеет место оценка

$$\|\bar{u}^1 - \bar{u}\|_{C^2} \leq 2 \|\bar{u}^0 - \bar{u}\|_{C^2}.$$

Доказательство. Обозначим ошибки для итерационного процесса (5)

$$\bar{\psi}^k = \bar{u}^k - \bar{u}, \quad k \in \mathbb{N} \cup \{0\}.$$

При начальном применении итерационного процесса выполняются следующие равенства

$$\begin{aligned} \langle C(\bar{\psi}^1 - \bar{\psi}^0), C(\bar{\psi}^1 - \bar{\psi}^0) \rangle &= \langle -A_{11}\bar{\psi}_1^0, -A_{11}\bar{\psi}_1^0 \rangle, \\ \langle C\bar{\psi}^1, C\bar{\psi}^1 \rangle - 2\langle C\bar{\psi}^1, A\bar{\psi}^0 \rangle + \langle C\bar{\psi}^0, C\bar{\psi}^0 \rangle &= \langle A_{11}\bar{\psi}_1^0, A_{11}\bar{\psi}_1^0 \rangle. \end{aligned}$$

Можно заметить, что выполняется неравенство

$$\langle C\bar{\psi}^0, C\bar{\psi}^0 \rangle \geq \langle A_{11}\bar{\psi}_1^0, A_{11}\bar{\psi}_1^0 \rangle.$$

Используя прежнее неравенство, получим следующие неравенства

$$\begin{aligned} \langle C\bar{\psi}^1, C\bar{\psi}^1 \rangle - 2\langle C\bar{\psi}^1, C\bar{\psi}^0 \rangle &\leq 0, \\ \langle C\bar{\psi}^1, C\bar{\psi}^1 \rangle^2 &\leq 4\langle C\bar{\psi}^1, C\bar{\psi}^0 \rangle^2 \leq 4\langle C\bar{\psi}^1, C\bar{\psi}^1 \rangle \langle C\bar{\psi}^0, C\bar{\psi}^0 \rangle. \end{aligned}$$

При сокращении получим такие неравенства

$$\langle C\bar{\psi}^1, C\bar{\psi}^1 \rangle \leq 4\langle C\bar{\psi}^0, C\bar{\psi}^0 \rangle, \quad \|\bar{\psi}^1\|_{C^2} \leq 2\|\bar{\psi}^0\|_{C^2}, \quad \|\bar{u}^1 - \bar{u}\|_{C^2} \leq 2\|\bar{u}^0 - \bar{u}\|_{C^2}.$$

Теорема 1. Для метода итерационных расширений из (5) имеют место такие оценки для сходимости приближенных решений к точному решению задачи из (4)

$$\|\bar{u}^k - \bar{u}\|_{C^2} \leq \varepsilon \|\bar{u}^0 - \bar{u}\|_{C^2}, \quad \varepsilon = 2(\gamma_2/\gamma_1)(\alpha/\gamma)^{k-1}, \quad k \in \mathbb{N},$$

где относительные ошибки оцениваются сверху в более сильной норме, чем энергетическая норма бесконечно убывающей геометрической прогрессией.

Доказательство. В итерационном процессе получаем соотношения для ошибок, невязок

$$\bar{\psi}^k = \bar{\psi}^{k-1} - \tau_k C^{-1} A_{\Pi} \bar{\psi}^{k-1}, \quad \bar{r}^k = \bar{r}^{k-1} - \tau_k A_{\Pi} C^{-1} \bar{r}^{k-1}, \quad k \in \mathbb{N} \setminus 1.$$

Будем минимизировать невязки

$$0 \leq \langle \bar{r}^k, \bar{r}^k \rangle = \tau_k^2 \langle A_{\Pi} C^{-1} \bar{r}^{k-1}, A_{\Pi} C^{-1} \bar{r}^{k-1} \rangle - 2\tau_k \langle A_{\Pi} C^{-1} \bar{r}^{k-1}, \bar{r}^{k-1} \rangle + \langle \bar{r}^{k-1}, \bar{r}^{k-1} \rangle.$$

Определяем итерационные параметры при условии минимизации невязок

$$\tau_{k-1} = \frac{\langle A_{\Pi} C^{-1} \bar{r}^{k-1}, \bar{r}^{k-1} \rangle}{\langle A_{\Pi} C^{-1} \bar{r}^{k-1}, A_{\Pi} C^{-1} \bar{r}^{k-1} \rangle} = \frac{\langle \bar{r}^{k-1}, \bar{\eta}^{k-1} \rangle}{\langle \bar{\eta}^{k-1}, \bar{\eta}^{k-1} \rangle}.$$

Получим равенства

$$\tau_{k-1} = \frac{\langle A_{\Pi} C^{-1} \bar{r}^{k-1}, \bar{r}^{k-1} \rangle}{\langle A_{\Pi} C^{-1} \bar{r}^{k-1}, A_{\Pi} C^{-1} \bar{r}^{k-1} \rangle} = \frac{\langle A_{\Pi} \bar{w}^{k-1}, C\bar{w}^{k-1} \rangle}{\langle A_{\Pi} \bar{w}^{k-1}, A_{\Pi} \bar{w}^{k-1} \rangle}.$$

Введем обозначения

$$A_I \bar{w}^{k-1} = \bar{a}, \quad A_{\Pi} \bar{w}^{k-1} = \bar{b}.$$

Замечаем положительность итерационных параметров

$$\tau_k = \frac{\langle \bar{b}, \bar{a} + \gamma \bar{b} \rangle}{\langle \bar{b}, \bar{b} \rangle} = \gamma - \frac{\langle \bar{a}, \bar{b} \rangle}{\langle \bar{b}, \bar{b} \rangle} \geq \gamma - \frac{\langle \bar{a}, \bar{a} \rangle^{1/2} \langle \bar{b}, \bar{b} \rangle^{1/2}}{\langle \bar{b}, \bar{b} \rangle} \geq \gamma - \frac{\langle \bar{a}, \bar{a} \rangle^{1/2}}{\langle \bar{b}, \bar{b} \rangle^{1/2}} \geq \gamma - \alpha > 0.$$

Для выбранных итерационных параметров получается, что

$$\langle \bar{r}^k, \bar{r}^k \rangle = \langle \bar{r}^{k-1}, \bar{r}^{k-1} \rangle - \frac{\langle A_{\Pi} C^{-1} \bar{r}^{k-1}, \bar{r}^{k-1} \rangle^2}{\langle A_{\Pi} C^{-1} \bar{r}^{k-1}, A_{\Pi} C^{-1} \bar{r}^{k-1} \rangle}.$$

Выписываем отношение скалярных произведений невязок для соседних итераций

$$\begin{aligned}
 q_k^2 &= \frac{\langle \bar{r}^k, \bar{r}^k \rangle}{\langle \bar{r}^{k-1}, \bar{r}^{k-1} \rangle} = 1 - \frac{\langle A_{\Pi} C^{-1} \bar{r}^{k-1}, \bar{r}^{k-1} \rangle^2}{\langle A_{\Pi} C^{-1} \bar{r}^{k-1}, A_{\Pi} C^{-1} \bar{r}^{k-1} \rangle \langle \bar{r}^{k-1}, \bar{r}^{k-1} \rangle} = \\
 &= \frac{\langle A_{\Pi} \bar{w}^{k-1}, A_{\Pi} \bar{w}^{k-1} \rangle \langle C \bar{w}^{k-1}, C \bar{w}^{k-1} \rangle - \langle A_{\Pi} \bar{w}^{k-1}, C \bar{w}^{k-1} \rangle^2}{\langle A_{\Pi} \bar{w}^{k-1}, A_{\Pi} \bar{w}^{k-1} \rangle \langle C \bar{w}^{k-1}, C \bar{w}^{k-1} \rangle} = \\
 &= \frac{\langle \bar{b}, \bar{b} \rangle \langle \bar{a} + \gamma \bar{b}, \bar{a} + \gamma \bar{b} \rangle - \langle \bar{b}, \bar{a} + \gamma \bar{b} \rangle^2}{\langle \bar{b}, \bar{b} \rangle \langle \bar{a} + \gamma \bar{b}, \bar{a} + \gamma \bar{b} \rangle}.
 \end{aligned}$$

Вводим обозначения

$$\langle \bar{a}, \bar{a} \rangle = a, \quad \langle \bar{b}, \bar{b} \rangle = b, \quad \langle \bar{a}, \bar{b} \rangle = z,$$

тогда

$$q_k^2 = \frac{ab - z^2}{b(a + \gamma^2 b + 2\gamma z)} \leq \max_{|z| \leq \sqrt{ab}} q_k^2(z) = q_k^2\left(\frac{-a}{\gamma}\right) = \frac{a}{\gamma^2 b} \leq \frac{\alpha^2}{\gamma^2} = q^2,$$

учитывая, что

$$\begin{aligned}
 q_k^2 &\geq 0, \left(q_k^2(z)\right)'_z = \frac{-2\gamma(z + a/\gamma)(z + \gamma b)}{b(a + \gamma^2 b + 2\gamma z)^2}, \\
 -\gamma b &< \frac{a + \gamma^2 b}{2\gamma} < -\sqrt{ab} < -\frac{a}{\gamma} < \sqrt{ab}.
 \end{aligned}$$

Так устанавливаем неравенства

$$\begin{aligned}
 \langle A_{\Pi} \bar{\psi}^k, A_{\Pi} \bar{\psi}^k \rangle &\leq q^2 \langle A_{\Pi} \bar{\psi}^{k-1}, A_{\Pi} \bar{\psi}^{k-1} \rangle, \\
 \langle A_{\Pi} \bar{\psi}^k, A_{\Pi} \bar{\psi}^k \rangle &\leq q^{2(k-1)} \langle A_{\Pi} \bar{\psi}^1, A_{\Pi} \bar{\psi}^1 \rangle, \quad k \in \mathbb{N} \setminus \{1\}.
 \end{aligned}$$

Учитывая, что

$$\begin{aligned}
 \langle C \bar{\psi}^k, C \bar{\psi}^k \rangle &\leq \gamma_1^{-2} \langle A_{\Pi} \bar{\psi}^k, A_{\Pi} \bar{\psi}^k \rangle, \\
 \langle A_{\Pi} \bar{\psi}^1, A_{\Pi} \bar{\psi}^1 \rangle &\leq \gamma_2^2 \langle C \bar{\psi}^1, C \bar{\psi}^1 \rangle \leq 4\gamma_2^2 \langle C \bar{\psi}^0, C \bar{\psi}^0 \rangle,
 \end{aligned}$$

получаем неравенство для оценки сходимости у метода итерационных расширений

$$\langle C \bar{\psi}^k, C \bar{\psi}^k \rangle \leq 4\gamma_1^{-2} \gamma_2^2 q^{2(k-1)} \langle C \bar{\psi}^0, C \bar{\psi}^0 \rangle.$$

5. Алгоритм метода итерационных расширений

Для выбора итерационных параметров используем метод минимальных невязок.

I. Берем начальное приближение, итерационный параметр

$$\forall \bar{u}^0 = \begin{bmatrix} \bar{u}_1^0 \\ \bar{0} \\ \bar{0} \end{bmatrix} \in \bar{V}_1, \quad \tau_0 = 1.$$

II. Вычисляем невязку

$$\bar{r}^{k-1} = B\bar{u}^{k-1} - \bar{f}, k \in \mathbb{N}.$$

$$\begin{bmatrix} \bar{r}_1^0 \\ \bar{r}_2^0 \\ \bar{r}_3^0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11}\bar{u}_1^0 - \bar{f}_1 \\ \bar{0} \\ \bar{0} \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} \bar{r}_1^{k-1} \\ \bar{r}_2^{k-1} \\ \bar{r}_3^{k-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{0} \\ A_{02}\bar{u}_2^{k-1} + A_{23}\bar{u}_3^{k-1} \\ \bar{0} \end{bmatrix}, k \in \mathbb{N} \setminus \{1\}.$$

III. Вычисляем квадрат нормы абсолютной ошибки

$$E_{k-1} = \langle \bar{r}^{k-1}, \bar{r}^{k-1} \rangle, k \in \mathbb{N}.$$

$$E_0 = \langle \bar{r}_1^0, \bar{r}_1^0 \rangle,$$

$$E_{k-1} = \langle \bar{r}_2^{k-1}, \bar{r}_2^{k-1} \rangle, k \in \mathbb{N} \setminus \{1\}.$$

IV. Находим поправку

$$\bar{w}^{k-1} : C\bar{w}^{k-1} = \bar{r}^{k-1}, k \in \mathbb{N}.$$

$$\begin{bmatrix} \bar{w}_1^0 \\ \bar{w}_2^0 \\ \bar{w}_3^0 \end{bmatrix} \in \bar{V}_1 : \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & 0 \\ A_{21} & A_{20} + \gamma A_{02} & \gamma A_{23} \\ 0 & \gamma A_{32} & \gamma A_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{w}_1^0 \\ \bar{w}_2^0 \\ \bar{w}_3^0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{r}_1^0 \\ \bar{0} \\ \bar{0} \end{bmatrix}, \gamma \in (0; +\infty),$$

$$\begin{bmatrix} \bar{w}_1^{k-1} \\ \bar{w}_2^{k-1} \\ \bar{w}_3^{k-1} \end{bmatrix} \in \bar{V}_2 : \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & 0 \\ A_{21} & A_{20} + \gamma A_{02} & \gamma A_{23} \\ 0 & \gamma A_{32} & \gamma A_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{w}_1^{k-1} \\ \bar{w}_2^{k-1} \\ \bar{w}_3^{k-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{0} \\ \bar{r}_2^{k-1} \\ \bar{0} \end{bmatrix}, \gamma \in (0; +\infty), k \in \mathbb{N} \setminus \{1\}.$$

V. Вычисляем эквивалентную невязку

$$\bar{\eta}^{k-1} = B\bar{w}^{k-1}, k \in \mathbb{N} \setminus \{1\}.$$

$$\begin{bmatrix} \bar{\eta}_1^{k-1} \\ \bar{\eta}_2^{k-1} \\ \bar{\eta}_3^{k-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{0} \\ A_{02}\bar{w}_2^{k-1} + A_{23}\bar{w}_3^{k-1} \\ \bar{0} \end{bmatrix}, k \in \mathbb{N} \setminus \{1\}.$$

VI. Вычисляем итерационный параметр

$$\tau_{k-1} = \langle \bar{r}^{k-1}, \bar{\eta}^{k-1} \rangle / \langle \bar{\eta}^{k-1}, \bar{\eta}^{k-1} \rangle, k \in \mathbb{N} \setminus \{1\}.$$

$$\tau_{k-1} = \langle \bar{r}_2^{k-1}, \bar{\eta}_2^{k-1} \rangle / \langle \bar{\eta}_2^{k-1}, \bar{\eta}_2^{k-1} \rangle, k \in \mathbb{N} \setminus \{1\}.$$

VII. Вычисляем очередное приближение

$$\bar{u}^k = \bar{u}^{k-1} - \tau_{k-1} \bar{w}^{k-1}, k \in \mathbb{N}.$$

$$\begin{bmatrix} \bar{u}_1^k \\ \bar{u}_2^k \\ \bar{u}_3^k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{u}_1^{k-1} \\ \bar{u}_2^{k-1} \\ \bar{u}_3^{k-1} \end{bmatrix} - \tau_{k-1} \begin{bmatrix} \bar{w}_1^{k-1} \\ \bar{w}_2^{k-1} \\ \bar{w}_3^{k-1} \end{bmatrix} \in \bar{V}_1, k \in \mathbb{N}.$$

VIII. Устанавливаем критерий завершения работы по заданной оценке ошибки

$$E_{k-1} \leq E_0 E^2, k \in \mathbb{N} \setminus \{1\}, E \in (0; 1).$$

6. Пример использования метода итерационных расширений

Рассмотрим следующие области

$$\Pi = (0; 6) \times (0; 6), \Omega_1 = (0; 6) \times (1; 4), \Omega_{II} = (0; 6) \times (0; 1) \cup (0; 6) \times (4; 6).$$

Пусть у областей следующие границы.

$$\begin{aligned} \Gamma_1 &= (0; 6) \times \{6\}, \Gamma_2 = \{0, 6\} \times (0; 6) \cup (0; 6) \times \{0\}, \\ \Gamma_{1,1} &= (0; 6) \times \{1, 4\}, \Gamma_{1,2} = \{0, 6\} \times (1; 4), \Gamma_{II,1} = (0; 6) \times \{6\}, \\ \Gamma_{II,2} &= (0; 6) \times \{0, 1, 4\} \cup \{0, 6\} \times (0; 1) \cup \{0, 6\} \times (4; 6). \end{aligned}$$

Рассмотрим задачу

$$\begin{aligned} -\Delta \tilde{u}_\omega + \kappa_\omega \tilde{u}_\omega &= \tilde{f}_\omega, \kappa_1 = 0, \kappa_{II} \geq 0, \tilde{f}_{II} = 0, \\ \tilde{u}_\omega \Big|_{\Gamma_{\omega,1}} &= 0, \frac{\partial \tilde{u}_\omega}{\partial n} \Big|_{\Gamma_{\omega,2}} = 0. \end{aligned}$$

Выберем правую часть, коэффициент в уравнении

$$\begin{aligned} \tilde{f}_1(x; y) &= 2, (x; y) \in (0; 6) \times (1; 4), \\ \kappa_{II}(x; y) &= 2, (x; y) \in (0; 6) \times (0; 1), \kappa_{II}(x; y) = 0, (x; y) \in (0; 6) \times (4; 6). \end{aligned}$$

Известно решение задачи

$$\tilde{u}_1(x; y) = (y - 1)(4 - y), (x; y) \in (0; 6) \times (1; 4).$$

При дискретизации задаем шаги сетки

$$h_1 = h_2 = h = 6/n, n = 78, 84, 90, 96, 102.$$

В прямоугольной области задаем сетку с узлами

$$(x_i; y_j) = ((i - 1)h; (j - 1)h), i = 1, 2, \dots, n + 1, j = 1, 2, \dots, n.$$

Применяем метод итерационных расширений с параметром $\gamma = 1$ при нулевом начальном приближении. Процесс завершает работу всегда на восьмой итерации при заданной оценке ошибки $E = 0,0001$. На восьмой итерации при $n = 102$ имеют место неравенства

$$\max_{(x_i; y_j) \in \Omega_1} \left(\left| u_{i,j}^8 - u_{i,j} \right| / \left| u_{i,j} \right| \right) \leq 0,000065,$$

$$\max_{(x_i; y_j) \in \Omega_1} \left| u_{i,j}^8 - u_{i,j} \right| / \max_{(x_i; y_j) \in \Omega_1} \left| u_{i,j} \right| \leq 0,0000005.$$

Заключение и выводы

Разработанный асимптотически оптимальный метод итерационных расширений можно использовать при численном решении краевых задач Дирихле для эллиптических уравнений.

Литература

1. Aubin, J.-P. Approximation of Elliptic Boundary-Value Problems / J.-P. Aubin. – New York : Wiley-Interscience, 1972. – 360 p.
2. Sorokin, S. B. An Economical Algorithm for Numerical Solution of the Problem of Identifying the Right-Hand Side of the Poisson Equation / S. B. Sorokin // Journal of Applied and Industrial Mathematics. – 2018. – Vol. 12, № 2. – P. 362–368.
3. Sorokin, S. B. An Efficient Direct Method for the Numerical Solution to the Cauchy Problem for the Laplace Equation / S. B. Sorokin // Numerical Analysis and Applications. – 2019. – Vol. 12, №12. – P. 87–103.
4. Ushakov, A. L. Investigation of a Mixed Boundary Value Problem for the Poisson Equation / A. L. Ushakov // 2020 International. Russian Automation Conference (RusAutoCon), Sochi, Russia. – 2020. – P. 273–278.
5. Ushakov, A. L. Research of the boundary value problem for the Sophie Germain Equation in a cyber-physical system / A. L. Ushakov // Studies in Systems, Decision and Control. Springer. – 2021. – Vol. 338. – P. 51–63.
6. Мацокин, А. М. Метод фиктивного пространства и явные операторы продолжения / А. М. Мацокин, С. В. Непомнящих. – Текст: непосредственный // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1993. – Т. 33, №1. – С. 52–68.
7. Marchuk, G. I. Fictitious Domain and Domain Decomposition Methods / G. I. Marchuk, Yu. A. Kuznetsov, A. M. Matsokin // Russian Journal of Numerical. Analysis and Mathematical Modelling. – 1986. – Vol. 1, Iss. 1. – P. 3–35.
8. Bank, R. E. Marching Algorithms for Elliptic Boundary Value Problems / R. E. Bank, D. J. Rose // SIAM Journal on Numerical Analysis. – 1977. – Vol. 14, № 5. – P. 792–829.
9. Manteuffel, T. An Incomplete Factorization Technique for Positive Definite Linear Systems / T. Manteuffel // Mathematics of Computation. – 1980. – Vol. 38, № 1. – P. 114–123.
10. Swarztrauber, P. N. The Method of Cyclic Reduction, Fourier Analysis and FACR Algorithms for the Discrete Solution of Poisson's Equations on a Rectangle / P. N. Swarztrauber // SIAM Review. – 1977. – Vol. 19, № 3. – P. 490–501.

РЕГИОНАЛЬНАЯ
И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

**ПОДХОДЫ К РАЗВИТИЮ ИННОВАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ
ЭКОСИСТЕМЫ КАК ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА
ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА**

Грошева Татьяна Александровна

кандидат экономических наук, доцент,
директор Института академического дизайна,
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»
E-mail: t_grosheva@ugrasu.ru

Аладко Олеся Ивановна

кандидат педагогических наук, доцент
Института академического дизайна,
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»
E-mail: aladko@yandex.ru

Непрокин Павел Васильевич

руководитель направления
по взаимоотношению с подрядчиками,
Управление по взаимоотношению с подрядчиками,
ООО «Газпромнефть-Нефтесервис»
Санкт-Петербург, Россия
E-mail: Neprokin.PV@gazprom-neft.ru

Предмет исследования: экосистемный подход, который получает все большее распространение в менеджменте бизнес-компаний, предприятий общественного сектора и органов государственного управления, доказывая свою эффективность и результативность. В статье предпринимается попытка обобщения теоретических представлений о роли инновационно-образовательных экосистем в развитии человеческого капитала и обоснования значимости экосистемного подхода в повышении качества высшего образования.

Цель исследования: обоснование эффективности экосистемного подхода в высшем образовании через анализ практики экосистемных взаимодействий предприятий реального сектора и университета в управлении развитием человеческого капитала.

Методы исследования: с помощью общенаучных методов обобщения, анализа и синтеза выделены ключевые подходы к исследованию инновационно-образовательных экосистем. Методом кейс-стади и структурного анализа определены принципы функционирования современных инновационно-образовательных экосистем, а также проведено обоснование преимуществ экосистемного подхода в развитии человеческого капитала, качество которого отвечает интересам национального развития.

Основные результаты исследования: на основе отечественных и зарубежных исследований определены основные направления анализа инновационно-образовательных экосистем с позиции создаваемой ценности и вклада в развитие человеческого капитала. Выделены характерные признаки (принципы) современных инновационно-образовательных экосистем, которые конкретизированы через анализ деятельности лин-лаборатории ООО «Газпромнефть-Хантос» на базе Югорского государственного университета. Авторами обосновывается необходимость комплексного подхода к оценке потенциала инновационно-образовательных экосистем, включающего анализ создаваемой ценности с позиции всех ключевых участников взаимодействий, а также учет реализации ее основополагающих

принципов во взаимосвязи с ключевыми принципами развития национальной системы высшего образования.

Ключевые слова: менеджмент образования, образовательная экосистема, инновации, лин-технологии, человеческий капитал.

APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE EDUCATIONAL ECOSYSTEM AS THE BASIS FOR IMPROVING THE QUALITY OF HUMAN CAPITAL

Tatiana A. Grosheva

*Candidate of Economical Sciences,
Director of the Institute of Academic Design,
Yugra State University
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: t_grosheva@ugrasu.ru*

Olesya I. Aladko

*Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Institute of Academic Design,
Yugra State University
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: aladko@yandex.ru*

Pavel V. Neprokin

*Head of Contractor Relations,
Department for Relations
Limited Liability Company "Gazpromneft-Nefteservis"
Saint-Petersburg, Russia
E-mail: Neprokin.PV@gazprom-neft.ru*

Subject of research: the ecosystem approach is becoming more widespread in the management of business companies, non-profit institutions and public administration which proves its effectiveness and efficiency. The article attempts to generalize theoretical ideas about the role of innovative educational ecosystems in the development of human capital. This provides grounds for the importance of the ecosystem approach in improving the quality of higher education.

Purpose of research: it's to substantiate the effectiveness of the ecosystem approach in higher education. The goal is achieved through an analysis of the practice of ecosystem interactions between enterprises of the real sector of the economy and the university in managing the development of human capital.

Methods of research: key approaches to the study of innovative educational ecosystems are identified using general scientific methods of generalization, analysis and synthesis. Using the methods of case studies and structural analysis, the principles of functioning of modern innovation and educational ecosystems are determined. Also substantiated the advantages of the ecosystem approach in the development of human capital, the quality of which is in the interests of national development.

Main results of research: on the basis of domestic and foreign studies, the main directions for the analysis of innovative educational ecosystems from the standpoint of value created and contribution to the development of human capital are determined. The characteristic principles of modern innovation and educational ecosystems are identified, which are concretized through the analysis of the activities of the lean laboratory of Gazpromneft-Khantos on the basis of Yugra State University. The authors of the article substantiate the need for an integrated approach to assessing the potential of innovative educational ecosystems. Which includes value analysis from the perspective of all

participants in the interactions. The authors also take into account the implementation of the fundamental principles of the ecosystem in conjunction with the key principles for the development of the national higher education system.

Keywords: education management, educational ecosystem, innovations, lean technologies, human capital.

Введение

Один из ключевых вызовов развития системы высшего образования России 2022 года – поиск национальной идентичности с опорой на передовые достижения и лучшую отечественную практику. На федеральном уровне управления среди ключевых принципов развития российской системы высшего образования отмечается необходимость обеспечения ее открытости (академической мобильности), фундаментальности (как основы инноваций), гибкости и практичности с опорой на ожидания и запросы рынка труда, а также комплексности в части интеграции обучения, воспитания и развития. Таким образом, трансформируемая профессионально-образовательная система России должна сложиться в «смешанный» формат (по аналогии с системой смешанной экономики) где вклад в развитие человеческого капитала на паритетных началах вносят традиции (применительно к с системе отечественного высшего образования – сильная базовая фундаментальная подготовка), государство (стандартизация с акцентом на развитие навыков цифровой экономики и культуры личности), а также рынок (выдвигающий требования конкурентоспособности, практико-ориентированности, индивидуализации и инновационности в условиях непрерывных изменений). Именно последний, рыночный, компонент формирует ключевое отличие проектируемой системы высшего образования России от ее «советского» аналога. Вызов трансформации заключается в поиске таких организационно-управленческих решений для университетов, в результате которых их вклад в развитие человеческого капитала будет системно отвечать запросам национальной инновационной экономики с опорой на традиции, государственные приоритеты развития и потребности рынка.

В данной статье проведен анализ подходов к становлению и развитию инновационно-образовательных экосистем, интегрированных с системой высшего образования, а также практика по формированию экосистемы культуры бережливого производства на базе регионального университета (Югорский государственный университет). Анализ проводится с позиции оценки вклада инновационно-образовательных экосистем в развитие человеческого капитала на основе ключевых принципов трансформации российской системы высшего образования.

Результаты и обсуждение

В современных исследованиях можно выделить ряд направлений, в рамках которых рассматриваются вопросы внедрения экосистемного подхода в практику социально-экономического развития и управления человеческим капиталом.

С одной стороны, речь идет об исследованиях, акцентирующих внимание на бизнес-экосистемах, в основе которых предпринимательские интересы конкретных коммерческих структур и эффективный экосистемный менеджмент. В данном контексте инновационно-образовательная экосистема рассматривается, преимущественно, как подсистема (элемент) поддержки устойчивого развития основной бизнес-экосистемы. Развитие человеческого капитала выступает как один из источников для совместного создания участниками экосистемы, среди которых могут присутствовать как корпоративные, так и государственные (общественные) научно-образовательные организации, ценностей «высокого уровня» – прибыльности, конкурентоспособности, эффективности, устойчивости роста и/или развития бизнеса.

Например, в работе Марковой В. Д. и Кузнецовой С. А. [1] экосистема рассматривается в качестве перспективной организационной формы и механизма роста бизнеса, переориентируя организации с вопросов внутреннего развития на организацию систем внешних взаимо-

действий, сетей и цифровую трансформацию. Драйверами развития бизнес-экосистем авторы, вслед за Банком России [2] указывают платформенные модели на базе крупных технологических компаний (Яндекс, Тинькофф, ВТБ, Сбер, Mail.ru Group, МТС – в России), подразделяя их на экосистемы транзакций и решений. И, если первые акцентируют внимание на развитие финансовых подсистемы, то экосистемы решений в рамках своей диверсификации одним из направлений определяют формирование инновационно-образовательных экосистем (подсистем), среди которых, например, Корпоративный университет Сбербанка, Академия Яндекс, МТС Университет, образовательный сервис Skillbox (Mail.ru Group). Опираясь на большие массивы данных пользователей представленные бизнес-экосистемы в своем образовательном сегменте ориентированы на развитие профессиональных и личностных качеств не только (и не столько) сотрудников, сколько широкого круга реальных и потенциальных «клиентов», т. е. человеческого капитала экосистемы в целом. Спецификой бизнес-экосистем со встроенным образовательным сегментом является высокий уровень их клиентоориентированности, ориентация на инновационную активность, опора на цифровизацию, наличие правил входа и выхода участников (стратегия удержания) [1].

Еще один подход, который следует выделить в анализе инновационно-образовательных экосистем, предполагает рассмотрение последних в контексте экосистем инновационных, преимущественно регионального уровня.

В публикации Летягиной Е. Н. и Перовой В. И. [3] отмечается, что фирма лишь в определенной части способна воздействовать на свою институциональную среду, что затрудняет ее самостоятельность как субъектов инновационной деятельности. Именно региональные инновационные экосистемы способны с помощью инструментов региональной политики «катализировать инновации через границы отраслей или кластеров», а ключевая создаваемая такими экосистемами ценность – трансверсальность потоков знаний.

Среди исследований региональных инновационных экосистем особое внимание уделяется трансформации роли региональных университетов. Так, в статье Куликовского А. П. [4] университет рассматривается как элемент региональной инновационной экосистемы в роли отдельной (самостоятельной) подсистемы – экосистемы малого инновационного предпринимательства. В публикации Руденко С. А. и Репиной О. М. [5] – роль системы высшего образования в отношении региональной инновационной экосистемы зависит от модели университета и может определять как нейтральная (университет 1.0), поддерживающая экосистему (университет 2.0.) и включенная в экосистему в статусе генератора инноваций (университет 3.0).

Среди международных публикаций по развитию образовательных экосистем также отмечается значимость именно экосистемных принципов реализации высшего образования для развития местного (регионального) сообщества. Так, в работе американских исследователей, обобщающих результаты развития города Саут-Банд штата Индиана, вовлеченного в образовательную экосистему [6], указано, что развитие образовательной экосистемы ВСe2 (Bowman Creek Educational Ecosystem) в составе нескольких университетов, муниципальных органов власти и местных общественных организаций позволило не только сократить разрыв в качестве подготовке инженерных кадров на местном уровне, но привлечь, обучить и удерживать рабочую силу для местного рынка труда. Модель образовательной экосистемы с участием местного сообщества базировалась, в т. ч. на принципах вовлеченного обучения, инновационности, обучения в сотрудничестве.

В качестве альтернативного направления исследований следует выделить подход, в рамках которого инновационно-образовательная экосистема рассматривается как отдельный (самостоятельный) вид социально-экономических экосистем, участниками которого в обязательном порядке являются образовательные организации и организации реального сектора экономики, совместно создающее в качестве особой ценности – человеческий капитал. В рамках данного подхода инициатором создания экосистемы преимущественно выступает бизнес, а «держателем» экосистемы – научно-образовательная организация.

В исследовании Флека М. Б. с соавторами [7] особо подчеркивается, что взаимодействие в подобного рода профессионально-образовательных экосистемах базируется на кооперации и конкуренции, образующих синергетический эффект, а результатом (создаваемой ценностью) выступает человеческий капитал именно предприятия. Однако, в отличие от целей прибыльности и эффективности бизнес-экосистем, специфика профессионально-образовательных экосистем состоит в управлении устойчивостью, достижении оптимального баланса влияния отдельных участников в условиях постоянно меняющейся внешней среды. В качестве успешных примеров отечественных образовательных экосистем подобного типа приводится опыт НИЦ «Курчатовский институт».

В материалах П. Лукши с соавторами [8] отмечается, что основой «западных» образовательных экосистем является ученико-центричность, формирующая запрос на открытое персональное (сетевое) образование. В данном контексте образовательная экосистема рассматривается как новая форма организации образования, в т.ч. на базе глобальных обучающих онлайн-платформ. Необходимо отметить, что анализируемый авторами опыт развития образовательных экосистем стран мира XXI века свидетельствует о приоритете их обучающей компоненты. При этом, ключевая формируемая ценность в отношении человеческого капитала – это ценность времени, формируемая в системе осознанного непрерывного обучения [8, с. 65].

Среди международных исследователей образовательных экосистем также акцентируется внимание на контекст их цифрового развития: например, в работе ученых из Тайланда [9] проведен контент-анализ научного дискурса за 2002–2021 годы по основным параметрам развития образовательных экосистем. Авторами отмечается, что в условиях пандемии Covid-19 устойчивость и потенциал развития именно цифровых образовательных экосистем существенно увеличились. Их преимущества в развитии человеческого капитала – формируемые цифровые знания и навыки, преимущества онлайн-общения, интерактивные технологии, экономия времени, гибкость и адаптивность для достижения образовательных целей и реализации ожиданий от обучения.

По мнению Л. Г. Гогиберидзе [10, с. 33] основная ценность образовательных экосистем (кластеров в составе государственных, общественных, коммерческих и образовательных организаций) в развитии человеческого капитала – это формирование гибких навыков, обеспечивающих адаптацию к динамично меняющимся социально-экономическим условиям.

Стратегии развития российских университетов последних нескольких лет также стали включать ориентир на реализацию экосистемного подхода. Практика проектирования и развития инновационно-образовательных экосистем как подсистем развития университета в целом рассмотрена далее на примере деятельности Югорского государственного университета города Ханты-Мансийска (далее – Югорский университет, ЮГУ).

Экосистемный подход трансформирует перспективное видение системы профессионального образования через принципы «платформенности» и «практико-ориентированности», определяя модель вуза через «университет как платформу для сотрудничества» исследователей, преподавателей, обучающихся, бизнес-организаций, органов власти, городских сообществ в решении задач развития и снижения социальных и экономических издержек.

Задел для развития Югорского университета как пространства инновационно-образовательных экосистем формирует деятельность созданной в 2020 году лин-лаборатории, интегрированной в экосистему ПАО «Газпром нефть» как коммуникационно-образовательный центр развития корпоративной культуры – культуры «бережливого производства». На базе лин-лаборатории реализуются деятельностные форматы обучения в линейке «школа – вуз – предприятие», учебные команды формируются из обучающихся разных направлений подготовки, разных курсов, а также по отдельным программам – в составе студентов, педагогов, специалистов предприятий, государственных (муниципальных) служащих. Специализированная инфраструктура лаборатории включает передовое учебное оборудование, эксклюзивные методики обучения, деловые игры, что формирует интерес со стороны большого числа академических и корпоративных партнеров. Проектные команды обуча-

ющих получают возможность участия в реализации реальных производственных задач, студенты привлекаются к производственным совещаниям, обсуждению планов и отчетов, включаются в реальную деятельность по оптимизации бизнес-процессов компаний.

К 2022 году лин-лаборатория ЮГУ – это сложившаяся инновационно-образовательная экосистема производства культуры бережливого производства, деятельность которой базируется на 4-х принципах:

1. Принцип «платформенности» – наличие интеграции во внешние бизнес-экосистемы (сети, сообщества взаимосвязанных разнотипных субъектов) с функцией обеспечения пространства для их коммуникации, групповой работы (в том числе с привлечением обучающихся и НПР), а также для коллективного пользования совместными ресурсами (лабораториями, полигонами, технологиями, данными и т. п.) в процессе поиска инновационных решений. Практическим примером реализации данного принципа являются долгосрочные проекты с предприятиями и компаниями, внедряющими бережливое производство в рамках национального проекта «Повышение производительности труда и поддержка занятости». За 2 года лин-лабораторией ЮГУ реализованы совместные проекты по оптимизации бизнес-процессов таких компаний как ОТПК «Югра», МП «Водоканал», АО «Северречфлот», ООО «Газпромнефть-Хантос». Студенты получают уникальный практический опыт аудита бизнес-процессов, внедрения улучшений, работы с сопротивлением персонала, взаимодействия с наставниками от предприятий и компаний, что значительно повышает качество образовательного процесса высшей школы. Предприятия получают реальный экономический эффект от внедренных улучшений и проведенных мероприятий. Для предприятий региона лин-лаборатория становится востребованной площадкой для поиска оптимальных бизнес-решений.

2. Принцип «образования в течение всей жизни» – реализация деятельностных форматов обучения в системе непрерывного образования (программы школьных элективных курсов для 5–11 классов, программы выборных дисциплин для всех направлений подготовки уровней бакалавриата и специалитета, программы учебных и деятельностных практик, организация проектной деятельности для студентов высшего и среднего профессионального образования, специализированная магистерская программа, а также программы повышения квалификации и профессиональной переподготовки). Во все программы лин-лаборатории встроены практические модули, реализуемые через деловые имитационные игры. На выходе из программ мы получаем более конкурентоспособного выпускника либо сотрудника компании имеющего практический опыт внедрения бережливого производства на предприятиях различных отраслей, владеющего методологиями: ЛИНиЯ компании ПАО «Газпром нефть», методологией компании «Росатом», методологией Федерального центра компетенций.

3. Принцип «практико-ориентированности» – ориентация в научно-образовательной деятельности на решение актуальных прикладных производственных задач с использованием креативного (инновационного) потенциала молодежных сообществ и со-творчества. Совместная работа с предприятиями и компаниями региона позволяет обеспечить практическую реализацию проектов, востребованных предприятиями. В среднем в год на базе лин-лаборатории реализуется около 10 проектов по оказанию научно-технических услуг для предприятий промышленного производства, сферы услуг, органов государственной власти.

4. Принцип «инновационности» – участие в формировании и верификации инновационной модели вариативного образовательного пространства, гибкость которой обеспечивается под запросы участников образовательных отношений как баланс в различных системах «координат»: результаты образования (знания, умения и компетенции); структурные единицы результатов образования (дисциплины, модули, практики); форматы, последовательность и сроки освоения структурных единиц и т.п. Экосистема лин-лаборатории обеспечивает вклад в развитие научно-образовательного инновационного кластера Югры за счет создания отдельных доказательных технологий и платформенных решений для повышения качества человеческого потенциала в условиях новых социально-экономических вызовов, обеспечивающих повышение уровня образования населения и качества человеческого потенциала ситуации

поликультурности, а также в условиях современных трендов развития экономики, рынка труда и перспективного спроса на цифровые, коммуникативные и креативные компетенции.

Заключение и выводы

В ходе настоящего исследования были выделены несколько ключевых подходов, в рамках которых инновационно-образовательная экосистема рассмотрена как:

- 1) подсистема (элемент) современных бизнес-экосистем, обеспечивающая повышение качества человеческого капитала как основного ресурса (в отношении сотрудников) и источника (в отношении клиентов) производственного развития, ориентированного на прибыльность и эффективность;
- 2) подсистема (элемент) региональных инновационных экосистем, обеспечивающая развитие малого инновационного предпринимательства, генерацию инноваций регионального развития, а также вклад в кадровое развитие территорий;
- 3) подсистема (элемент) университетских экосистем, ориентированная на формирование человеческого капитала через развитие гибких навыков, способствующих адаптации к динамично меняющимся социально-экономическим условиям;
- 4) самостоятельная «платформенная» инновационно-образовательная экосистема развития человеческого капитала на основе открытого персонализированного образования (цифровая образовательная экосистема).

По результатам исследования методом кейс-стади деятельности лин-лаборатории как сложившейся инновационно-образовательной экосистемы, можно заключить, что выбор подхода к развитию инновационно-образовательной экосистемы – это в большей степени вопрос субъектного целеполагания и позиционирования, а не сущностного содержания. Современная инновационно-образовательная экосистема – это суть проявления всех четырех обозначенных выше подходов (рис. 1), обеспечивающая эффективность креативность и вариативность в развитие человеческого капитала.

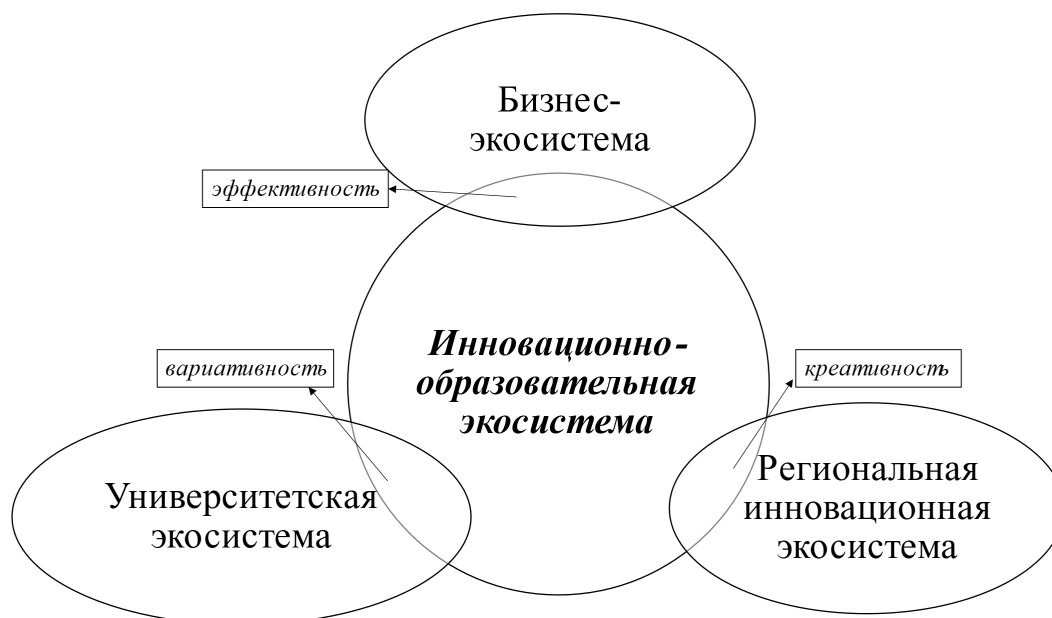


Рисунок 1 – Интеграция подходов к развитию инновационно-образовательной экосистемы как основы повышения качества человеческого капитала

Именно комплексный, многосубъектный подход к анализу инновационно-образовательных экосистем позволяет рассматривать их как потенциально перспективную

модель организации системы высшего образования России, в которой обозначенная исследователями [7] специфика экосистемного подхода в управлении устойчивостью и в достижении оптимального баланса влияния отдельных участников в условиях постоянно меняющейся внешней среды реализуется в развитие человеческого капитала на паритетных началах через традиции (с усиленной фундаментальной подготовкой), государственные стандарты и национальные цели развития, а также рыночные требования к конкурентоспособности, практико-ориентированности, индивидуализации и инновационности.

Литература

1. Маркова, В. Д. Стратегии развития экосистем: анализ российского опыта / В. Д. Маркова, С. А. Кузнецова. – Текст : непосредственный // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2021. – Т. 12, № 3. – С. 242–251.
2. Экосистемные подходы к регулированию. Доклад для общественных обсуждений. – Текст : электронный // Центральный банк Российской Федерации. – 2021. – URL: https://cbr.ru/Content/Document/File/119960/Consultation_Paper_02042021.pdf (дата обращения: 05.04.2022).
3. Летягина, Е. Н. Нейросетевое моделирование региональных инновационных экосистем / Е. Н. Летягина, В. И. Перова – Текст : непосредственный // Journal of New Economy. – 2021. – Т. 22, № 1. – С. 71–89.
4. Куликовский, А. П. Университет как региональная экосистема малого инновационного предпринимательства / А. П. Куликовский. – Текст : непосредственный // Евразийский юридический журнал. – 2020. – № 8 (147). – С. 413–414.
5. Руденко, С. А. Трансформация региональных университетов в условиях развития инновационных экосистем / С. А. Руденко, О. М. Репина. – Текст : непосредственный // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Экономика и управление. – 2021. – № 2 (50). – С. 5–21.
6. Wood, D. Critical Findings in the Development of the Community-engaged Educational Ecosystem / D. Wood, A. Z. Gura, J. B. Brockman // Paper presented at 2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access, Virtual On line. – 10.18260/1-2. – 34354. – URL: <https://peer.asee.org/critical-findings-in-the-development-of-the-community-engaged-educational-ecosystem.pdf> (data of application: 10.03.2022).
7. Флек, М. Б. Формирование человеческого капитала в реальном секторе экономики: экосистемный подход / М. Б. Флек, Е. А. Угнич. – Текст : непосредственный // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2022. – Т. 13, № 2. – С. 154–171.
8. Образование для сложного общества «Образовательные экосистемы для общественной трансформации»: доклад Global Education Futures / П. Лукша, Д. Кубиста, А. Ласло [и др.]. – Москва, 2018. – 123 с. – URL: https://futuref.org/educationfutures_ru (дата обращения: 10.03.2022). – Текст : электронный.
9. Lan Thi, N. Digital learning ecosystem at educational institutions: A content analysis of scholarly discourse / N. Lan Thi, T. Kulthida. – DOI: 10.1080/2331186X.2022.2111033 // Cogent Education. – 2022. – Vol. 9, № 1. – P. 2111033.
10. Непрерывное образование в контексте Будущего : сборник научных статей по материалам IV Международной научно-практической конференции (г. Москва, Россия, 21-22 апреля 2021 года). – Москва : ГАОУ ВО МГПУ : А-Приор, 2021. – 564 с. – Текст : непосредственный.

**АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОГО И ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛОВ
МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ
СТРАТЕГИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ЕГО РАЗВИТИЯ
(НА ПРИМЕРЕ НИЖНЕВАРТОВСКОГО РАЙОНА
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ)**

Устюжанцева Анастасия Николаевна

*кандидат экономических наук,
старший преподаватель кафедры бизнеса и экономики,
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: promise1479@mail.ru*

Паненко Анна Ивановна

*старший преподаватель кафедры бизнеса и экономики,
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: panenko.ann@list.ru*

Предмет исследования: транспортно-логистическая инфраструктура муниципального образования как компонент транспортно-логистического потенциала.

Цель исследования: на основе проведения анализа транспортно-логистической инфраструктуры выявить ключевые направления развития Нижневартовского района.

Методы и объекты исследования: объектом исследования выступает инвестиционный потенциал муниципального образования (Нижневартровский район). Для достижения поставленной цели использовались следующие методы: общенаучные методы познания применялись при теоретическом осмыслении теоретических подходов к содержанию понятий транспортного и логистического потенциалов территорий, табличный и графический методы были использованы при анализе транспортной и логистической инфраструктуры Нижневартовского района, методы стратегического анализа позволили сформулировать ключевые направления развития его транспортно-логистического комплекса. Методология исследования основана на анализе данных официальной муниципальной статистики (представленной на официальном сайте Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации) и планово-отчетных программных документов регионального и муниципального уровней.

Основные результаты исследования: определены составляющие транспортного и логистического потенциалов территорий, а также показатели их оценки; проанализированы основные показатели транспортно-логистической инфраструктуры как основы транспортно-логистического потенциала; выделены сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы развития транспортно-логистической инфраструктуры района.

Ключевые слова: транспортный потенциал; логистический потенциал; транспортно-логистическая инфраструктура; муниципальное образование; муниципальная инфраструктура; территориальное развитие; приоритеты развития.

**ANALYSIS OF THE TRANSPORT AND LOGISTICS POTENTIALS
OF THE MUNICIPALITY AND THE FORMATION
OF STRATEGICALLY SIGNIFICANT DIRECTIONS OF ITS DEVELOPMENT
(ON THE EXAMPLE OF THE NIZHNEVARTOVSK DISTRICT
OF THE KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA)**

Anastasia N. Ustyuzhantseva

*Candidate of Economical Sciences,
Lecturer of the Department of Business and Economics,
Yugra State University,
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: promise1479@mail.ru*

Anna I. Panenko

*Lecturer of the Department of Business and Economics,
Yugra State University,
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: panenko.ann@list.ru*

The subject of research: the transport and logistics infrastructure of the municipality as a component of transport and logistics potential.

The purpose of research: based on the analysis of the transport and logistics infrastructure to identify the key areas of development of the Nizhnevartovsk district.

Methods and objects of research: the object of research is the investment potential of the municipality (Nizhnevartovsk district). General scientific methods of cognition were used in the theoretical understanding of theoretical approaches to the content of the concepts of transport and logistics potentials of territories, tabular and graphical methods were used in the analysis of transport and logistics infrastructure of Nizhnevartovsk district, methods of strategic analysis allowed to formulate key directions for the development of its transport and logistics complex. The methodology of the study is based on the analysis of official municipal statistics (presented on the official website of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation) and planning and reporting program documents of the regional and municipal levels.

Main results of research: the components of the transport and logistics potentials of the territories were identified, as well as indicators of their assessment; the main indicators of transport and logistics infrastructure as the basis of transport and logistics potential were analyzed; strengths and weaknesses, as well as opportunities and threats to the development of transport and logistics infrastructure of the district were highlighted.

Keywords: transport potential; logistics potential; transport and logistics infrastructure; municipal formation; municipal infrastructure; territorial development; development priorities.

Введение

На современном этапе социально-экономического развития России все чаще находят свое отражение территориальные диспропорции в организации экономического пространства. Неоднородность отечественной экономики провоцирует дифференциацию регионов, связанную с концентрацией ресурсов в крупных центрах и ухудшением положения периферийных районов [26]. Поэтому одной из приоритетных задач, стоящих перед региональными органами государственной власти и местного самоуправления, является осуществление качественного территориального управления.

Развитие методологических подходов к изучению основ пространственной организации экономики часто направлено на раскрытие роли муниципальных образований в развитии регионов, а регионов – в экономическом развитии страны [3].

Транспорт и логистика являются главнейшими инфраструктурными отраслями, от которых напрямую зависит качество жизни населения и развитие производительных сил. Инфраструктура транспортно-логистической отрасли и оказываемые услуги по перевозке грузов и людей обеспечивают доступность территории, способствуют формированию безопасных и комфортных условий проживания для населения, создают необходимые условия для развития приоритетных отраслей экономики.

При этом методологический подход к построению взаимоувязанной транспортной и логистической инфраструктуры на территории региона научно не разработан [21].

Целью настоящей статьи является теоретическое осмысление роли транспортного и логистического потенциала территории на основе проведения анализа транспортно-логистической инфраструктуры крупнейшего муниципального образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (Нижневартовский район) для выявления ключевых направлений его развития.

Объектом исследования выступает инвестиционный потенциал муниципального образования (Нижневартовский район). Предметом настоящей работы является транспортно-логистическая инфраструктура муниципального образования как компонент транспортно-логистического потенциала.

Проведенный анализ научной литературы позволил выявить значительное количество работ в исследуемой теме. Изучением транспортного потенциала территорий занимались Рубан В. А., Носков И. В., Пугачев И. Н. и др. Вопросы оценки и поиска направлений развития логистического потенциала региона наиболее подробно исследовался в работах таких российских ученых как Фрейдман О. А., Рожко О. Н., Коль О. Д., Стребкова Л. Н., Уваров С. А. и др.

Теоретический анализ имеющихся работ в сфере оценки транспортно-логистического потенциала страны и регионов позволил выявить 2 подхода к его изучению:

- 1) транспортный потенциал как составляющая логистического потенциала;
- 2) транспортный и логистический потенциалы как равнозначные, но при этом взаимосвязанные и комплементарные системы.

В рамках данного исследования авторы придерживаются второго подхода – логистический и транспортный потенциалы зависят друг от друга, но при этом являются самостоятельными.

Результаты и обсуждение

Важность оценки транспортного потенциала обусловлена ролью транспортного комплекса в социально-экономическом развитии территорий: создание и поддержание нормального уровня жизнедеятельности населения, его занятость и мобильность, доступ экономических субъектов и домохозяйств к необходимым ресурсам и рынкам, связность экономического пространства и т. д.

Под транспортным потенциалом Рубан В. А. понимает совокупность возможностей транспортной инфраструктуры по удовлетворению спроса на транспортные услуги при определенном уровне качества [25]. К составляющим транспортной инфраструктуры относятся станции, вокзалы, аэро- и морские порты, автомобильные дороги, мосты, тоннели, эстакады, здания, сооружения и прочие объекты, образующие технологически взаимосвязанный комплекс [28]. По мнению авторов работы [22], качество транспортной услуги характеризуется пятью группами показателей:

- 1) транспортная инфраструктура (материально-техническая база). Чаще всего используются такие показатели как протяженность транспортных сетей, их состояние, грузо- и пассажиронапряженность, пропускная способность дорог и пр.;
- 2) транспортное обслуживание потребителей (своевременность, безопасность перевозок, сохранность грузов, величина тарифов на услуги и др.);
- 3) эффективность предоставляемых услуг (затраты, доходы, рентабельность и пр.);

- 4) эксплуатационная и перевозочная работа;
- 5) взаимосвязь и координация деятельности (техническая, технологическая и экономическая).

Несмотря на отражение наиболее значимых критериев транспортного потенциала, в представленном в статье [25] определении отсутствует ссылка на ключевую цель обращения ученых к транспортному потенциалу – развитие территории (муниципального образования, региона, страны). Следует отметить, что оценка и анализ транспортного потенциала должны включать как описание уже сформированных транспортных ресурсов, так и направления его совершенствования, что позволит определить стратегические приоритеты инвестиционного развития территории.

Транспортный потенциал отражает мощность транспортной системы региона, её развитость. Продолжив имеющиеся исследования [15], Фрейман О. А. была предложена структура анализа транспортного потенциала региона, а именно:

- современное состояние имеющихся видов транспорта,
- анализ пассажиро- и грузооборота;
- роль региона в транспортной системе страны;
- участие во внешнеторговом обороте [29].

К ключевым факторам, влияющим на транспортный потенциал, можно отнести:

- географическое положение региона (муниципального образования);
- климатические условия;
- уровень развития отраслей экономики;
- отраслевую специализацию территории.

Учитывая протяженность нашей страны, уровень транспортных издержек является достаточно высоким, и решение задачи по их оптимизации напрямую зависит от эффективно выстроенных логистических процессов.

Логистическая деятельность также затрагивает все отрасли экономики и оказывает весомое влияние на ее развитие. Оценка территории, на которой осуществляется данная деятельность, как правило, основана на процессе изучения перспективных направлений развития региона с учетом его потенциала и факторов успеха. При этом формирование логистической системы региона начинается с анализа перспектив самой системы с учетом возможностей, заложенных в ее потенциале [12].

В логистике целесообразно так же рассматривать функциональные подсистемы [31]:

- закупка;
- запасы;
- склады;
- транспорт;
- производство;
- сбыт;
- информационная связь;
- контроль;
- кадры.

В связи с ростом конкуренции среди хозяйствующих субъектов, увеличением ассортимента и номенклатуры выпускаемой им продукции (оказываемых услуг), перманентной оптимизацией сетей розничной и оптовой торговли всё большее внимание уделяется обеспечению эффективности логистических систем территорий [31]. Этим обстоятельством вызвана необходимость оценки устойчивости существующей логистической системы и её потенциала.

Под устойчивостью логистической системы понимается способность сохранять стабильность в условиях воздействия неблагоприятных внешних и внутренних факторов. При этом ключевым фактором будет выступать возможность компенсации возникших пробелов за счет имеющихся резервов, обеспеченность которыми напрямую зависит от своевременной оценки финансового, кадрового, материального, информационного и других потоков [32].

По мнению Фрейман О. А., логистический потенциал представляет собой совокупность объектов логистической инфраструктуры, а также факторов, оказывающих на них влияние, которые позволяют оптимизировать материальные потоки внутри территории для достижения стратегически важных целей и задач [30].

В работе [27] автор трактует логистический потенциал как количественную и качественную характеристику различных аспектов логистического комплекса, а также логистических процессов, присущих данной территории.

Так, Рожко О.Н. подчеркивает, что логистический потенциал региона (территории) чаще всего оценивается либо на уровне макросистем (когда определяется его роль в национальной и международной транспортно-логистической системе), либо на уровне микросистем (когда анализируется его влияние на отрасли) [24]. И лишь незначительное число научных публикаций [4; 18] посвящается методикам, использующим дифференциальный подход к организации логистической системы внутри отдельного региона. Однако верно отмечает Шишко Е. Л.: такое деление не дает четкого понимания границ измерения управления логистических систем. Если рассматривать регион как отдельную единицу со всеми его отраслями, инфраструктурой, то это микроуровень, а если сравнивать с другими регионами в масштабах страны, то это уже макроуровень [32].

Современные исследователи при оценке логистического потенциала акцентируют внимание на качественных и количественных параметрах, отражающих финансовые, трудовые, информационные и другие потоки на различных уровнях (микро-, мезо-, макро) [27]. Так, в исследовании Стребковой Л. Н. определены 5 элементов оценки логистического потенциала:

- географическое положение;
- кадровый потенциал;
- транспортная инфраструктура;
- складская инфраструктура;
- транзитный потенциал.

Авторы Казанцев А. К. и Серова А. Г. выделяют 4 направления оценки логистического потенциала [8]:

- социально-экономическая среда (показатели уровня социального, экономического, инновационного развития, влияние основных макроэкономических показателей и др.);
- масштабы деятельности (пассажиро- и грузооборот);
- ресурсная обеспеченность (финансовые, материальные и трудовые ресурсы);
- технологическая обеспеченность (состояние транспортной инфраструктуры, вид перевозок, характер грузов и др.).

А в статье Коль О. Д. обозначены лишь два направления: ресурсы (кадровые, финансовые, материальные) и возможности (административно-управленческие решения, нормативно-правовой потенциал, маркетинговый потенциал) [10].

Интересна также работа Зориной Т. Г. и Зубкова В. Э., в которой представлены результаты проведенной оценки логистического потенциала различных стран: в их методике факторы, определяющие состояние логистического потенциала региона, делятся на внешние и внутренние; последние, в свою очередь, обеспечивают функционирование «твердой» (плотность автомобильных дорог, средняя стоимость перевозки грузов, размер складских площадей, количество логистических центров и др.) и «мягкой» инфраструктуры (численность занятых в транспортной отрасли, количество заключенных договоров страхования грузов, количество обслуживающих банков) [6].

Таким образом, проведенный теоретический анализ показал, что транспортно-логистический потенциал опирается на созданную в регионе или муниципальном образовании инфраструктуру. Как было обозначено выше, транспорт является ключевой системообразующей инфраструктурной отраслью, непосредственно влияющей на качество жизни населения и развитие производительных сил. Инфраструктура отрасли и оказываемые услуги по

перевозке грузов и людей обеспечивают доступность территории, способствуют формированию безопасных и комфортных условий проживания для населения, создают необходимые условия для развития отраслей экономики.

По мнению авторов, в рамках оценки транспортного и логистического потенциалов территории необходимо: 1) проанализировать особенности существующей транспортной и логистической инфраструктуры, от которых зависит привлекательность территории для потенциальных инвесторов; 2) рассмотреть возможности, формируемые администрацией региона и местного самоуправления для строительства крупных инфраструктурных объектов, способных обеспечить повышение транспортного и логистического потенциалов; 3) сформулировать стратегически важные направления поддержания транспортного и логистического потенциалов для развития инвестиционного потенциала муниципального образования. Эти положения и обусловили ход дальнейшего исследования.

Особенностью пространственного развития Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, основывающейся на размещении населения, являются ярко выраженные пространственные диспропорции развития на районном уровне: основные центры размещения производительных сил муниципальных районов сосредоточены в главных городских поселениях этих районов. Таким образом, округ характеризуется относительно слабыми внутри- и межрайонными связями, что накладывает существенные дополнительные затраты на различные аспекты социально-экономической деятельности субъекта в виде удорожания производства, капитального строительства, транспорта и жизнедеятельности населения.

Протяженность самого большого по занимаемой площади муниципального района округа – Нижневартовского – с запада на восток – 620 километров, с севера на юг – 370 километров. С севера район граничит с Пуровским и Красноселькупским районами Ямало-Ненецкого автономного округа, с востока с Туруханским и Енисейским районами Красноярского края, с юга – с Александровским и Каргасокским районами Томской области и с запада с Сургутским районом Ханты-Мансийского автономного округа. Район расположен на проектируемом северном широтном транспортном коридоре международного и федерального значения. Транспортное обеспечение района представлено автомобильным транспортом, железнодорожными, водными и воздушными путями.

В целях формирования и проведения муниципальной политики в транспортно-логистическом комплексе района, направленной на удовлетворение потребностей предприятий, учреждений и граждан в грузопассажирских перевозках всеми видами транспорта, реализуется муниципальная программа «Развитие транспортной системы Нижневартовского района», основными направлениями которой являются:

- повышение эффективности и безопасности функционирования автомобильных дорог, содействующих развитию экономики, удовлетворению социальных потребностей, повышению жизненного и культурного уровней населения;
- обеспечение стабильной и устойчивой работы по перевозке пассажиров, грузов в труднодоступные поселения района воздушным и водным транспортом;
- обеспечение поселений, входящих в состав района, услугами связи;
- обновление парка техники, снижение расходов на содержание подвижного состава для эффективного и надежного функционирования коммунальной техники.

Несмотря на действие данной программы, Нижневартовский район нуждается в повышении инвестиционного климата путем активизации имеющихся потенциалов, что позволит привлекать дополнительные инвестиционные средства, а также реализовывать ГЧП-проекты.

В 2021 г. темп роста показателя расходов муниципального бюджета, направляемых на реализацию муниципальной программы «Развитие транспортной системы», составил 55 % (рисунок 1). Также значительно снизился показатель удельного веса «транспортных» расходов в совокупном бюджете района: если на протяжении 2018–2020 гг. он составлял порядка 2,5 %, то в 2021 г. уже 1,2 %.

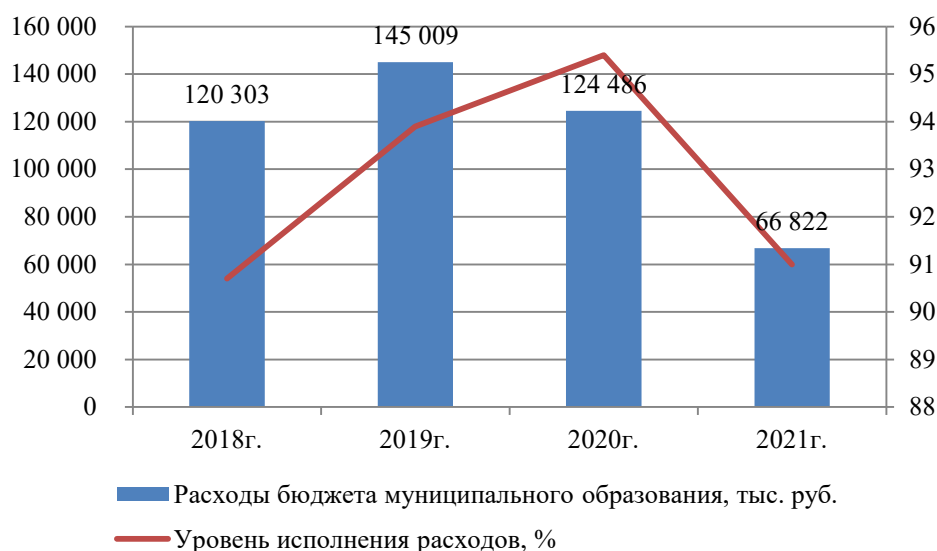


Рисунок 1 – Динамика расходов бюджета Нижневартовского района на реализацию муниципальной программы «Развитие транспортной системы» [14]

Однако стоит отметить достаточно высокий показатель исполнения расходов на реализацию мероприятий программы: за анализируемый период он не опускался ниже 90%.

В целом Нижневартовский район имеет хорошо развитую сеть транспортных коммуникаций, обеспечивающую потребности экономического развития и включающей в себя дороги регионального и местного значения.

Общая протяженность автомобильных дорог, проходящих по территории Нижневартовского района (окружного, местного и ведомственного значения), составляет более 5 тыс. км. Общая протяженность автодорог, находящихся в собственности муниципального образования Нижневартовский район, составляет 8,494 км. (таблица 1).

Таблица 1 – Перечень дорог, находящихся в собственности муниципального образования Нижневартовский район

№ п/п	Наименование автодороги	Протяженность автодороги, км
1.	Автодорога от перекрестка автодороги «Охтеурье – Вах» до перекрестка автодороги «Куст №95-ДНС-7» (Вахское нефтяное месторождение)	5,015
2.	Автодорога от перекрестка «Куст №56» до Охнатурья (Вахское нефтяное месторождение)	3,053
3.	Автодорога на базу отдыха «Лесная сказка»	0,426
	Общая протяженность:	8,494

Источник: [20]

К 2021 г. протяженность автомобильных дорог общего пользования местного значения (магистральных улиц и дорог, подъездных автодорог) достигла 209,2 км, из них с твердым покрытием – 93,3 %.

К 2021 г. финансирование программных мероприятий, направленных на увеличение протяженности автомобильных дорог общего пользования местного значения, соответствующих нормативным требованиям к транспортно-эксплуатационным показателям, с 204,5 км в 2018 году до 207,9 км к 2030 году, достигло 146 986,5 тыс. руб.

При этом показатель доли протяженности автомобильных дорог общего пользования местного значения, не отвечающих нормативным требованиям, в общей протяженности дорог снизился к 2021 г. до 0,78 со значения 0,92 в 2018 г. В декабре 2021 г. в ходе зимнего обследования выявлено 1,63 км автодорог общего пользования местного значения в сельском поселении Вата, которые не отвечают нормативным требованиям. При этом в 2022г. плани-

руется привести в нормативное состояние 0,73 км автодорог в районе сп. Вата и пгт. Излучинск. Также ожидается, что в летний период будет выявлено около 0,4 км «проблемных» дорог. Следовательно, прогнозируемый уровень данного показателя установлен на уровне 0,62 на ближайшие три года (2022–2024 гг.) [5].

Общая протяженность улиц, проездов, набережных в границах поселений составляет 151,4 км, из них протяженность освещенных участков – 126,9 км (или 83,8 %).

На территории Нижневартовского района организовано 14 маршрутов регулярных муниципальных и межмуниципальных перевозок по регулируемым тарифам (таблица 2). Лишь на одном направлении – «Нижневартовск – Савкино» – осуществляются также перевозки по нерегулируемому тарифу.

Таблица 2 – Регулярные пассажирские перевозки автомобильным транспортом общего пользования на территории Нижневартовского района

№ п/п	Наименование маршрута	Протяженность маршрута, км	Расстояние между остановочными пунктами маршрута, км
Муниципальные маршруты			
1.	с.Ларьяк – д.Чехломей – д.Большой Ларьяк (автозимник)	34	-
2.	пгт. Новоаганск – с. Варьеган	12,5	
Межмуниципальные маршруты			
3.	Большетархово – Излучинск – Нижневартовск	70	-
4.	Нижневартовск – Вампугол – Былино (автозимник)	41	15
5.	Аган – Вата – Нижневартовск	175	58,9
6.	Покур – Нижневартовск	87 (летний) 96 (зимний)	-
7.	Охтеурье – Ваховск – Нижневартовск	184	163
8.	Зайцева речка – Нижневартовск	65,5	-
9.	Нижневартовск – Излучинск – Савкино	28	23
10.	Новоаганск – Нижневартовск	223	-
11.	Нижневартовск – Излучинск – Ларьяк	270	23
12.	Нижневартовск – Пасол – Соснина	74,5	43
13.	Нижневартовск – Охтеурская переправа (летний)	163	
14.	Новоаганск – Варьеган – Радужный	56	1,59 45,5

Источник: [23]

В 2021 г. дорожный фонд в части поступления средств субсидии бюджетам поселений на приобретение и установку работающих в автоматическом режиме специальных технических средств, имеющих функции фото- и киносъемки, видеозаписи для фиксации нарушений правил дорожного движения, а также на обработку и рассылку постановлений органов государственного контроля, был сформирован лишь на 13 %. Поэтому и расходы дорожного фонда на данные мероприятия вместо 264,8 тыс. руб. составили 34,3 тыс. руб.

Территория муниципального района также разделена на 7 территорий месторождений нефти и 31 лицензионный участок, обеспеченных ведомственными дорогами.

Основное количество грузовых транспортных средств и специальной техники, передвигающейся по автодорогам местного и межмуниципального значения сосредоточены на

предприятиях технологического транспорта, в сервисных компаниях, обслуживающих нефтяные месторождения, коммунальных и дорожных службах муниципального района.

В Нижневартовском районе благодаря протекающей крупной водной артерии – Оби и сети мелких судоходных рек развит водный транспорт. Река Обь является главной водной магистралью муниципального района и имеет выход на города Ханты-Мансийск, Сургут, Нефтеюганск, Томск. Основным водным путём, соединяющим отдаленные населенные пункты с административными центрами поселений, является река Вах. Общая протяженность водных путей, относящихся к району, составляет более 1500 км, из них по Оби – 131 км, по Ваху – 741 км. [11].

Также в районе развита малая авиация, связывающая его населенные пункты с административным центром (г. Нижневартовск). Для обеспечения доступности населенных пунктов, не имеющих круглогодичного транспортного сообщения по автомобильным дорогам (с. Корлики, д. Сосновый Бор, д. Усть-Колекъеган, д. Колекъеган), а также в период межсезонья (с. Покур, с. Былино, д. Вампугол, с. Ларьяк, д. Чехломей, д. Большой Ларьяк) используется воздушный транспорт: вертолеты МИ-8. Перевозчиком, осуществляющим перевозку пассажиров, багажа, почты и грузов, а также скоропортящиеся продукты питания воздушным транспортом, является акционерное общество «Нижневартовскавиа».

В северной части города Нижневартовск с запада на восток проходит двухпутный неэлектрифицированный тупиковый участок Сургутского региона Свердловской железной дороги филиала ОАО Российские железные дороги протяженностью в границах города 19,0 км. Данный участок обеспечивает выход к сети железных дорог Российской Федерации. Вместе с тем, как ведомственная ветка железнодорожный путь продолжается ещё на 20 километров до городского поселения Излучинск.

В 2020 г. запланированы к размещению на территории муниципального района следующие объекты транспортно-логистической инфраструктуры: 8 автозаправочных станций, из них 2 – многотопливные, 7 станций технического обслуживания, 5 стоянок (парковок) автомобилей, 19 пунктов питания, 1 кемпинговая площадка, 3 мотеля.

При этом в 2020 г. количество хозяйствующих субъектов, занимающихся на территории муниципального района экономической деятельностью, связанной с транспортировкой и хранением, составляло 28 юридических лиц (увеличилось на 22 % по сравнению с предыдущим годом), 6 из которых являются убыточными (21 %). При этом динамика сальдированного финансового результата данных организаций нестабильна (Рисунок 2).

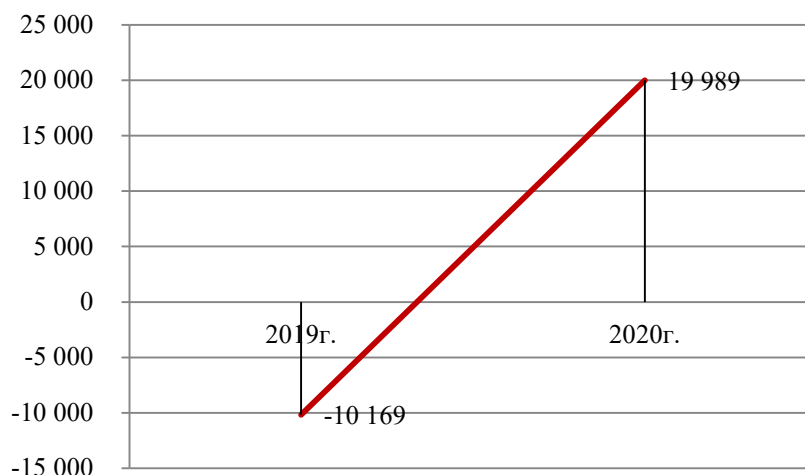


Рисунок 2 – Динамика финансовых результатов организаций транспортировки и хранения, тыс. руб. [19]

Темп роста субсидий, направляемых хозяйствующим субъектам, осуществляющим перевозки по регулируемым тарифам, составил в 2021 г. по отношению к базисному 2018 г.

36,6%: если за предыдущий трехлетний период было профинансировано в разные годы от 88 до 96 млн. руб. бюджетных расходов, то в 2021 г. лишь 32 млн. руб. (рисунок 3).

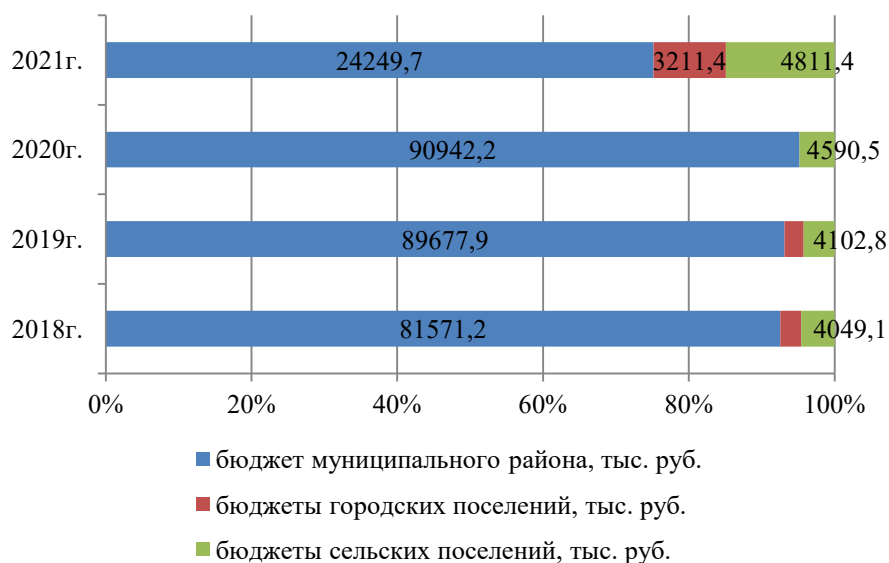


Рисунок 3 – Показатели уровня и структуры (по источникам выплат) субсидий юридическим лицам на возмещение недополученных доходов и(или) возмещение фактически понесенных затрат в связи с осуществлением перевозок автомобильным, водным и воздушным транспортом [17]

В перспективе планируется рост пассажирооборота на воздушном и водном транспорте (таблица 3).

Таблица 3 – Прогнозные показатели пассажирских и грузовых перевозок водным и воздушным транспортом

№ п/п	Наименование показателя	Значения прогнозного показателя		
		2023 г.	2024 г.	2025 г.
1.	Перевезено воздушным транспортом пассажиров, чел.	2600	4500	4500
2.	Перевезено воздушным транспортом грузов, тн	24	37,2	37,2
3.	Перевезено пассажиров водным транспортом, чел.	8300	8300	8300

Источник: [14]

По состоянию на 01.01.2022 г. в муниципальном районе ведутся работы ремонту следующих автомобильных дорог местного значения:

- внутрипоселковая дорога по ул. Центральной в пгт. Новоаганске (капитальный ремонт);
- подъездные автодороги района.

Планируемые инвестиционные проекты в сфере строительства дорог представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Проектные инвестиционные решения по автомобильным дорогам местного значения

№ п/п	Направление строительства дороги	Планируемая протяженность, км
1.	Автомобильная дорога к полигону	2,15
2.	Автомобильная дорога с. Ларьяк- с. Корлики	139,60
3.	Автомобильная дорога п. Белорусский – с. Ларьяк	48,40
4.	Подъезд к д. Сосновый Бор	6090
5.	Автомобильная дорога Зайцева Речка – Покур	82

Источник: [16]

Анализ состояния транспортной и логистической инфраструктуры позволяет выделить ключевые внутренние и внешние факторы формирования и оценки транспортного и логистического потенциалов Нижневартковского района (таблица 5).

Таблица 5 – SWOT-анализ транспортно-логистического потенциала района

Сильные стороны	Слабые стороны
Наличие выхода на многопрофильный транспортный узел (железнодорожный, автомобильный транспорт, авиатранспорт, речной транспорт) Отрегулированные взаимоотношения между перевозчиками Обеспеченность вертолетными площадками Ежегодное проведение ремонтных работ автомобильных дорог	Зависимость транспортного сообщения отдельных поселений от погодных условий (сезонность) Высокие цены на товары, включающие расходы на доставку авиатранспортом Недостаточная развитость сети автомобильных дорог Отсутствие автоматизированной системы регулирования дорожного движения Удаленность территории от основных рынков и высокие транспортные издержки Низкая окупаемость затрат на оказание транспортных услуг населению автомобильным, водным и воздушным транспортом, необходимость их субсидирования
Возможности	Угрозы
Развитие автомобильных дорог в границах территорий традиционного природопользования Расширение коммерческого использования дорожного пространства «тупиковых» дорог, в том числе тех, что ведут в вахтовые поселки Развитие транспортно-логистических услуг в области грузовых перевозок в соответствии с потребностями развития экономики (хабы); Интеграция в российское транспортное пространство и реализация транзитного потенциала региона Снижение транспортно-логистических затрат Снижение сезонности транспортной доступности отдельных территорий Совершенствование механизмов участия гражданской общественности в процедурах и оценки работ по строительству и ремонту автомобильных дорог района	Снижение авиабезопасности перевозок Увеличение расходной части технического содержания и обслуживания воздушных судов Снижение объемов пассажирских перевозок общественным транспортом Незаинтересованность нефтегазодобывающих предприятий в финансировании ведомственных дорог

Источник: составлено авторами по результатам исследования

Таким образом, исходя из результатов комплексного анализа транспортно-логистического потенциала Нижневартковского района, наиболее перспективными направлениями развития и привлечения инвестиционных ресурсов будут являться:

- расширение транспортной сети в границах территорий традиционного природопользования;
- развитие транспортно-логистических услуг в области грузовых перевозок;
- разработка и реализация проектов по развитию транспортно-логистической инфраструктуры с учетом меняющейся экономической и геополитической ситуации.

Заключение и выводы

В экономике муниципальных образований региона должен быть заявлен тренд на адаптацию транспортно-логистической инфраструктуры территорий к цифровым преобразованиям. Это значит, что транспортно-логистическая система может решать сложные задачи различных отраслей экономики посредством создания и функционирования цифровых сервисов

и приложений: в сфере электронной коммерции, перевозках, туризме, финансовом и консалтинговых сегментах рынка. А информационное обеспечение на основе цифровизации предоставления данных и наличия единой информационной среды взаимодействия хозяйствующих субъектов различного вида транспорта, сервисных организаций может стать важным условием обеспечения эффективности функционирования транспортно-логистической системы.

Транспортно-логистический потенциал муниципальных образований региона практически не поддается оценке ввиду отсутствия единой информационной базы данных и организационной структуры, которая бы занималась его оценкой. Соответственно, на данном этапе основой принятия решений служат результаты анализа транспортно-логистической инфраструктуры.

Литература

1. Баскакова, А. А. Координация участников цепей поставок в условиях региональной дифференциации : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / А. А. Баскакова. – Санкт-Петербург, 2017. – 17 с. – Текст : непосредственный.
2. Бережная, Л. Ю. Анализ логистического потенциала приграничного региона (на примере Оренбургской области) / Л. Ю. Бережная. – Текст : непосредственный // Региональная экономика: теория и практика. – 2016. – № 7 (430). – С. 62–75.
3. Болгова, Е. В. Экономические кластеры: институциональная природа и условие эффективности инновационного каркаса региона / Е. В. Болгова. – Текст : непосредственный // Экономические науки. – 2009. – № 12 (61). – С. 249–252.
4. Гулягина, О. С. Логистический потенциал Витебского региона: оценка и перспективы роста / О. С. Гулягина. – Текст : непосредственный // Экономика и управление. – 2015. – № 2. – С. 53–57.
5. Доклад Главы Нижневартовского района о достигнутых значениях показателей для оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления муниципального образования Нижневартовский район за 2021 год и их планируемых значениях на трехлетний период. – Текст : электронный // Официальный сайт администрации Нижневартовского района. – URL: <http://nvraion.ru/organy-vlasti/the-head-of-the-administration/doklad.php> (дата обращения: 08.05.2022).
6. Зорина, Т. Г. Интегральная оценка логистического потенциала стран и регионов / Т. Г. Зорина, В. Э. Зубков. – Текст : непосредственный // Вестник Белорусского государственного экономического университета. – 2022. – № 1 (150). – С. 76–84.
7. Иванова, О. Ю. Реализация крупных транспортно-логистических проектов как условие обеспечения конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности региона (на примере Свердловской области) / О. Ю. Иванова. – Текст : непосредственный // E-FORUM. – 2020. – № 3 (12). – С. 1–3.
8. Казанцев, А. К. Региональные транспортно-логистические комплексы России: оценка и сравнительный анализ в контексте социально-экономического развития регионов / А. К. Казанцев, Е. Г. Серова. – Текст : непосредственный // Регионы России: стратегии и механизмы модернизации, инновационного и технологического развития : сборник научных трудов X Международной научно-практической конференции (Москва, 6-7 июня 2019 г.). / ответственный редактор В. И. Герасимов. – Москва : Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2019. – С. 826–834.
9. Кириллов, А. В. Модель построения сети дистрибуции на основе многофакторного анализа промышленно-логистического потенциала регионов / А. В. Кириллов, В. Е. Целин. – Текст : непосредственный // Экономика региона. – 2015. – № 4 (44). – С. 336–345.
10. Коль, О. Д. Проблемы развития логистического потенциала региона в условиях цифровой экономики / О. Д. Коль. – Текст : непосредственный // Вестник факультета управления СПбГЭУ. – 2018. – № 3. – С. 317–321.

11. Концепция инвестиционной политики Нижневартковского района до 2020 года. – Текст : электронный // Нижневартковский район : официальный сайт администрации. – URL: <http://nvraion.ru/ekonomika-i-finansy/social-economic-district/> (дата обращения: 10.05.2022).
12. Куган, С. В. Исследование логистического потенциала в рамках стратегии социально-экономического развития региона / С. В. Куган. – Текст : непосредственный // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D, Экономические и юридические науки. – 2019. – № 6. – С. 53–56.
13. Развитие транспортно-коммуникационных логистических систем и повышение транзитного потенциала регионов России / Л. Б. Миротин, Е. А. Лебедев, М. А. Науменко [и др.]. – Текст : непосредственный // Информационные технологии и инновации на транспорте : материалы IV Международной научно-практической конференции / под редакцией А. Н. Новикова. – Орел : Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2019. – С. 208–213.
14. Муниципальная программа «Развитие транспортной системы Нижневартковского района». – Текст : электронный // Нижневартковский район : официальный сайт администрации. – URL: <http://nvraion.ru/ekonomika-i-finansy/social-economic-district/munitsipalnye-programmy/programm-rayona-na-2014-2020/> (дата обращения: 10.05.2022).
15. Носков, И. В. Оценка состояния транспортной инфраструктуры Самарской области / И. В. Носков. – Текст : непосредственный // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2006. – Т. 8, № 3. – С. 925–935.
16. О внесении изменения в решение Думы района от 09.12.2009 № 112 «Об утверждении схемы территориального планирования Нижневартковского района» : решение № 512 Думы Нижневартковского района ХМАО-Югры от 04.07.2020 г. – Текст : электронный // Нижневартковский район : официальный сайт администрации. – URL: <http://nvraion.ru/architecture/territorialnoe-planirovanie/> (дата обращения: 22.05.2022).
17. Отчеты об исполнении бюджета. – Текст : электронный // Нижневартковский район : официальный сайт администрации. – URL: <http://nvraion.ru/ekonomika-i-finansy/budget/konsol/> (дата обращения: 14.05.2022).
18. Павлова, Я. Эффективность региональной логистики / Я. Павлова. – Текст : непосредственный // Логистика. – 2013. – № 3. – С. 38–41.
19. Паспорт муниципального образования. – Текст : электронный // Федеральная служба государственной статистики. – URL: https://www.gks.ru/scripts/db_inet2/passport/munr.aspx?base=munst71 (дата обращения: 14.05.2022).
20. Перечень имущества, находящегося в собственности муниципального образования Нижневартковский район. – Текст : электронный // Портал открытых данных Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. – URL: <https://data.admhmao.ru/opendata/8620008290-list-of-real-estate-which-is-in-property-of-municipality-nizhnevartovskyr> (дата обращения: 11.05.2022).
21. Попов, П. В. Методология построения логистической инфраструктуры на территории региона / П. В. Попов, И. Ю. Мирецкий. – Текст : непосредственный // Экономика региона. – 2019. – Т. 15, № 2. – С. 483–492.
22. Пугачев, И. Н. Показатели качественного функционирования транспортного комплекса Российской Федерации / И. Н. Пугачев, Ю. И. Куликов, В. Н. Седюкевич. – Текст : непосредственный // Наука и техника. – 2015. – № 3. – С. 51–60.
23. Реестр пригородных и межмуниципальных маршрутов регулярных пассажирских перевозок автомобильным транспортом общего пользования в ХМАО-Югре. – Текст : электронный // Нижневартковский район : официальный сайт администрации. – URL: <http://nvraion.ru/transport-scheme/> (дата обращения: 15.05.2022).
24. Рожко, О. Н. Оценка логистического потенциала региона / О. Н. Рожко. – Текст : непосредственный // Вестник экономики, права и социологии. – 2015. – № 3. – С. 72–75.

25. Рубан, В. А. Транспортный потенциал Байкальского региона / В. А. Рубан. – Текст : непосредственный // Российское предпринимательство. – 2015. – № 4. – С. 593–600.
26. Соболев, А. В. Пространственные особенности влияния поляризованного развития на муниципальные образования Северо-Западного экономического района / А. В. Соболев. – Текст : непосредственный // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология, география. – 2013. – № 3. – С. 168–177.
27. Стребкова, Л. Н. Формирование информационного обеспечения оценки логистического потенциала региона / Л. Н. Стребкова. – Текст : непосредственный // Сибирская финансовая школа. – 2021. – № 3 (143). – С. 35–38.
28. О транспортной безопасности : Федеральный закон № 16-ФЗ : [принят Государственной думой 09 февраля 2007 года]. – Текст: электронный // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_66069/ (дата обращения: 01.07.2022).
29. Фрейдман, О. А. Анализ логистического потенциала региона : монография / О. А. Фрейдман. – Иркутск : ИрГУПС, 2013. – 164 с. – Текст : непосредственный.
30. Фрейдман, О. А. Методы критериальной оценки логистического потенциала региона / О. А. Фрейдман. – Текст : непосредственный // Российское предпринимательство. – 2013. – № 3(225). – С. 127–130.
31. Шишко, Е. Л. Региональный аспект устойчивости логистической системы / Е. Л. Шишко. – Текст : непосредственный // Вестник Белорусского государственного экономического университета. – 2020. – № 4 – С. 23–30.



АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПСИХОЛОГИИ ОБРАЗОВАНИЯ

**СУБЪЕКТИВНОЕ БЛАГОПОЛУЧИЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ШКОЛЕ
В УСЛОВИЯХ ИНКЛЮЗИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Кукуев Евгений Анатольевич

кандидат психологических наук, доцент,

доцент кафедры психологии и педагогики детства,

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»

Тюмень, Россия

E-mail: e.a.kukuev@utmn.ru

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
в рамках научного проекта 20-413-720012 р_а_ Тюменская область
«Человеческое измерение инклюзивной трансформации школы:
субъективное благополучие в условиях гетерогенности»*

В статье анализируются результаты теоретического и эмпирического исследования особенностей инклюзивной образовательной среды и субъективного благополучия школьников, в том числе с ОВЗ.

Предмет исследования: факторы субъективного благополучия учащихся и инклюзивной среды школы.

Цель исследования: анализ выраженности факторов субъективного благополучия учащихся и инклюзивной среды школы в сопряженности с социально-психологическими характеристиками обучающихся, в том числе с ОВЗ.

Методы и объекты исследования: эмпирический анализ включал исследование оценки удовлетворенности школой, семьей, собой и своими жизненными перспективами, друзьями, а также инклюзивной политики, инклюзивной практики, инклюзивной культуры в школе. Проведено сплошное исследование учащихся 807 обучающихся 7,8,9,10,11-ых классов школы города Тюмень. Исследование проводилось при помощи авторского опросника. За основу взят опросник международного исследовательского проекта по изучению субъективного благополучия детей «Детский мир» – Children's World и опросник Т. Бута, М.Эйнскоу

Основные результаты исследования: снижение уровня оценки субъективного благополучия при повышении класса обучения; различие в оценках в зависимости от пола; тенденция связи благополучия и инклюзивной среды в школе; различие в оценке факторов субъективного благополучия и инклюзивной среды нормотипичных и обучающихся с ОВЗ. Показано, что одним из инструментов становления инклюзивного образовательного пространства может выступать социально-эмоциональное обучение.

Ключевые слова: субъективное благополучие, инклюзия, инклюзивное образование, удовлетворенность, обучающиеся с ОВЗ, социально-эмоциональное обучение.

**SUBJECTIVE WELL-BEING OF STUDENTS IN SCHOOL
IN AN INCLUSIVE EDUCATION**

Yevgeny A. Kukuev

Candidate of Psychological Sciences

Associate Professor of the Chair of Child Psychology and Pedagogy,

Tyumen State University

Tyumen, Russia

E-mail: e.a.kukuev@utmn.ru

The research was supported by the Russian Foundation for Basic Research within the framework of the scientific project 20-413-720012 r_a Tyumen region "The Human Dimension of Inclusive School Transformation: subjective well-being in conditions of heterogeneity"

The article analyzes the arguments of the relevance of the study of the connection between inclusion in a modern school and the subjective well-being of schoolchildren.

Subject of research: factors of subjective well-being of students and an inclusive school environment.

Purpose of research: to analyze the severity of the factors of subjective well-being of students and the inclusive environment of the school in conjunction with the socio-psychological characteristics of students, including those with disabilities.

Methods and objects of research: the empirical analysis included a study of satisfaction with school, family, oneself and one's life prospects, friends, as well as inclusive policies, inclusive practices, and inclusive culture at school. A continuous study of 807 students of the 7,8,9,10,11 th grades of the Tyumen city school was conducted. The study was conducted using the author's questionnaire. It is based on the questionnaire of the international research project on the study of subjective well-being of children "Detsky Mir" – Children's World and the questionnaire of T.Booth, M.Einscow.

Main results of research: a decrease in the level of assessment of subjective well-being with an increase in the class of study; a difference in grades depending on gender; a tendency to link well-being and an inclusive environment at school; a difference in the assessment of factors of subjective well-being and an inclusive environment of normotypical and students with disabilities. It is shown that one of the tools for the formation of an inclusive educational space can be socio-emotional learning. Inclusion, subjective well-being and socio-emotional learning make up the trinity of the education model. The construction of this model will ensure the necessary level of openness and accessibility of modern school education.

Keywords: subjective well-being, inclusion, inclusive education, satisfaction, students with disabilities, socio-emotional learning.

Введение

Десятилетие Детства, объявленное в России с 2018 по 2027 гг., реализуется в том числе, и в рамках исследовательской повестки. Научный анализ жизнедеятельности детей и переживаний, связанных с этим, составляет не только научный интерес, но и основу для практических рекомендаций и изменений. Исследования направлены на сбор надежных и репрезентативных данных о жизни и повседневной деятельности детей, их использовании времени и, в частности, об их собственном восприятии и оценке своего благополучия [1, 5, 7, 8, 14–16, 18].

Многообразие определений субъективного благополучия свидетельствует о многомерности данного феномена. Характеристики «счастья», «качества жизни», «удовлетворенности», «гармонии», «полноценности» и т.д. наполняют его соответствующим содержанием [16, 18–21]. Суммируя эти контексты, Я. И. Павлоцкая даёт следующее описание: «Субъективное благополучие включает в себя множество субъективных (духовное благополучие, эмоциональные оценки удовлетворенности жизнью) и объективных (физическое здоровье, материальное благополучие) факторов» [9]. В целом, именно «эмоциональные оценки» и «удовлетворенность» составляют основу большинства определений данного понятия.

Проведенный Павлоцкой Я. И. анализ исследований свидетельствует об их значительном охвате и связи субъективного благополучия с различными сторонами жизнедеятельности человека. При этом часть исследований фокусируются на школьном периоде жизни человека. Как отмечают Е. Б. Лактионова, А. В. Орлова, И. В. Кондакова, А. С. Тузова, «образовательная среда рассматривается как психолого-педагогическая реальность, содержащая специаль-

но организованные условия для формирования личности и возможности для её развития» [6]. Действительно, субъективное благополучие как характеристика личности формируется вместе с ней, поэтому важно осознавать в каких условиях это происходит. Школа является значимым пространство-временным континуумом становления человека и исследование отношений и переживаний, связанных с этим, является актуальным.

По запросу «субъективное благополучие учащихся» в научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU выдается свыше 100 публикаций. Анализируются связи субъективного благополучия с личностными характеристиками (мотивация, саморегуляция, ценностными ориентациями и т. д.); возрастными характеристиками (младших школьный возраст, подростки, ранняя юность и т. д.); условиями образования (по отдельным регионам, специализированные школы, инклюзия и т. д.); особенностями учащегося (инвалидизация, этнокультурная принадлежность и т. д.). Большинство исследований представляют сравнительный анализ, но есть и лонгитюдные (Канонир Т. Н., Куликова А. А., Орел Е. А., 2020). При этом отсутствуют исследования на сплошной выборке. Хотя важно проанализировать целостный срез школы, таким образом не упуская мнение каждого ученика.

При анализе школьной среды важным компонентом выступает принцип ее организации, в частности, инклюзивная направленность. Характеристики инклюзивной среды, описанные Т. Бутом, М. Эйнскоу, – политика, практика, культура [3, 17], выступают значимыми индикаторами открытости, доступности образования в школе, а вследствие этого и принятие, включенность учеников [12]. Что может непосредственно отражаться и на оценке благополучия учеников.

Инклюзия непосредственно связана, в том числе, с организацией образовательного процесса детей с ОВЗ. Е. А. Бугаева, Ю. В. Аникеева выделяют «следующие особенности субъективного благополучия лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- дети с ограниченными возможностями здоровья недовольны своим социальным статусом в кругу своих сверстников;
- у детей с ограниченными возможностями здоровья наблюдается снижение уровня здоровья и физической активности;
- у детей с ограниченными возможностями здоровья также наблюдается низкий уровень удовлетворенности процессом обучения и получения знаний;
- наличие повышенной эмоциональности и нестабильности» [2].

Выделенные особенности еще раз подтверждают актуальность анализа субъективного благополучия учащихся с ОВЗ.

Результаты и обсуждение

В рамках изучения субъективного благополучия и оценки инклюзивной среды было проведено сплошное исследование учащихся одной школы города Тюмени. Выборку составили 807 обучающихся: 7 класс – 141 ученик (17,5 % от общего количества опрошенных); 8 класс – 223 ученика (27,6 %); 9 класс – 230 учащихся (28,5 %); 10 класс – 127 учеников (15,7 %); 11 класс – 86 учащихся (10,7 %). Из них 36 (4,5 %) учащихся с инвалидностью или ОВЗ. Исследование проводилось при помощи авторского опросника. За основу взят опросник международного исследовательского проекта по изучению субъективного благополучия детей «Детский мир» – Children's World (<https://iscweb.org/>) и опросник Т. Бута, М. Эйнскоу [1, 3, 17]. Анализ результатов проводился с помощью пакета статистических программ SPSS-23.0.

Опросник для оценки особенностей субъективного благополучия включал 55 вопросов, а для оценки инклюзивной среды школы – 42 вопроса.

Дисперсионный анализ на основе сравнения средних значений выявил статистически значимые различия между выборками нормотипичных обучающихся и детей с ОВЗ по 57 компонентам (из 97). В частности, дети с ОВЗ отмечают более низкую обеспеченность в материальном плане (карманные деньги ($p=0,043$), оборудование / вещи, которые нужны для школьных занятий ($p=0,005$)).

Факторный анализ по всей выборке позволил выявить факторы субъективного благополучия: Удовлетворенность школой; Удовлетворенность семьей; Удовлетворенность собой и своими жизненными перспективами; Удовлетворенность друзьями. Также факторы инклюзивной среды (которые полностью совпали с моделью Т. Бута, М. Эйнскоу): Оценка инклюзивной политики; Оценка инклюзивной практики; Оценка инклюзивной культуры.

Общий анализ результатов исследования в целом по выборке выявил две основные тенденции (см. рис. 1–4):

1. Снижение уровня оценки субъективного благополучия при повышении класса обучения.
2. Различие в оценках в зависимости от пола.

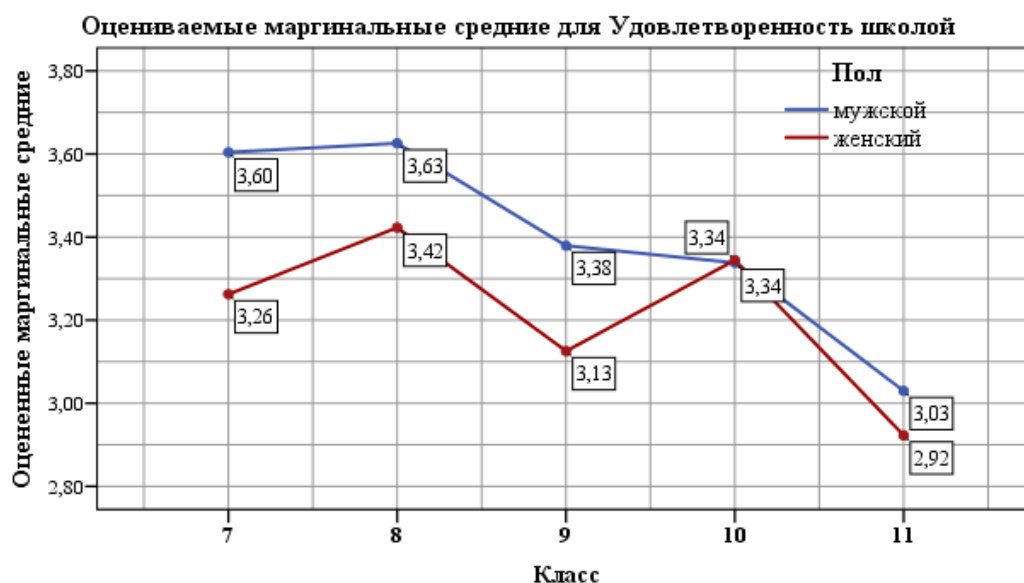


Рисунок 1 – Средние значения по фактору «Удовлетворенность школой» (мужской – 390, женский – 417)

Среди всех факторов благополучия «Удовлетворенность школой» получило наиболее низкие оценки. Снижение более чем на полбалла (с 3,53 в 8 классе до 2,96 в 11 классе) достаточно существенно с учетом 5-балльной шкалы. Особенно тревожит факт, что именно выпускники отмечают низкую удовлетворенность.

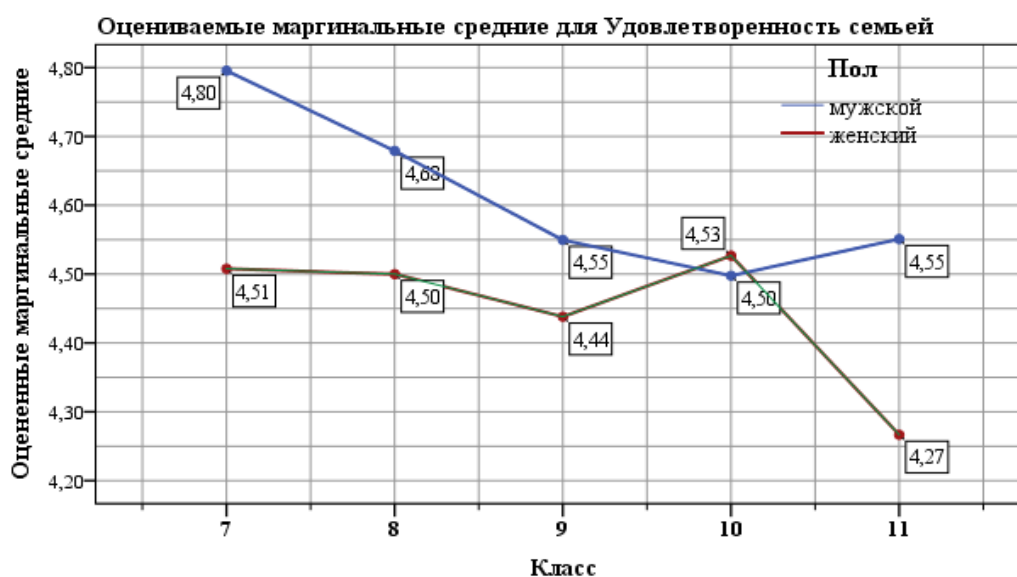


Рисунок 2 – Средние значения по фактору «Удовлетворенность семьей» (мужской – 390, женский – 417)

Оценку семьи можно признать позитивной. Варьируясь в среднем около 4,5 баллов (5-балльная шкала) это свидетельствует о высокой поддержке со стороны семьи учащихся и положительной оценке своего благополучия в семье. Отметим, что снижение оценки по классам также незначительно и составляет менее 0,3 балла.

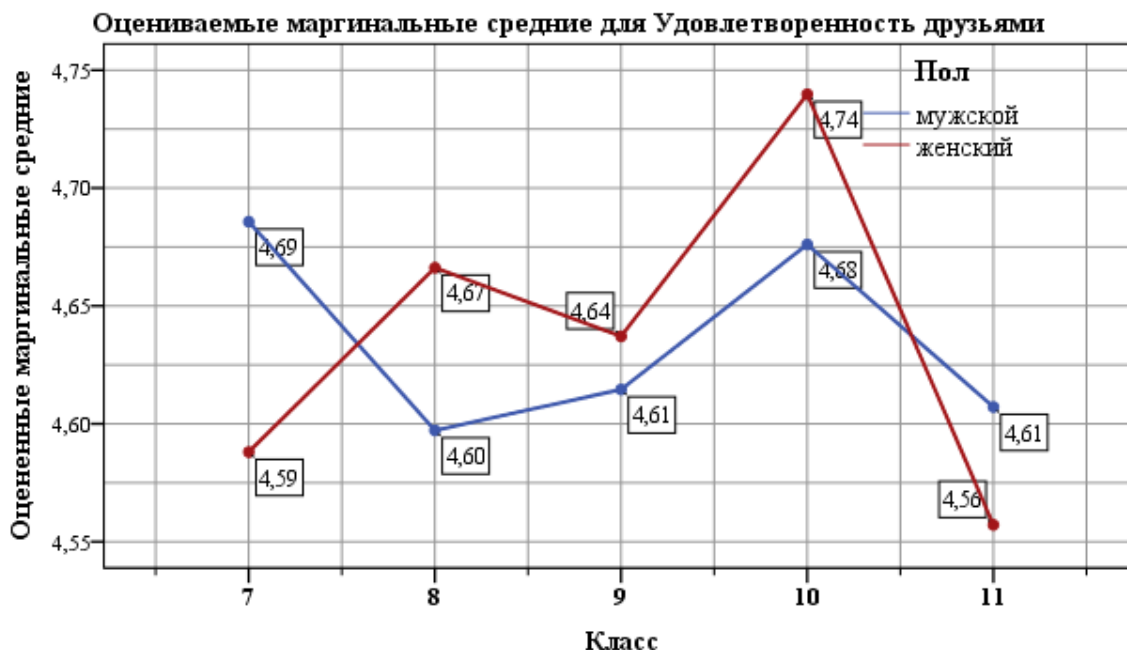


Рисунок 3 – Средние значения по фактору «Удовлетворенность друзьями» (мужской – 390, женский – 417)

Данный фактор наиболее стабильный из всех. Изменение в оценке составляет менее 0,2 балла, притом, что минимальное среднее 4,56. Это свидетельствует о высоком уровне отношений с друзьями во всех возрастных группах, что может являться ресурсным компонентом благополучия.

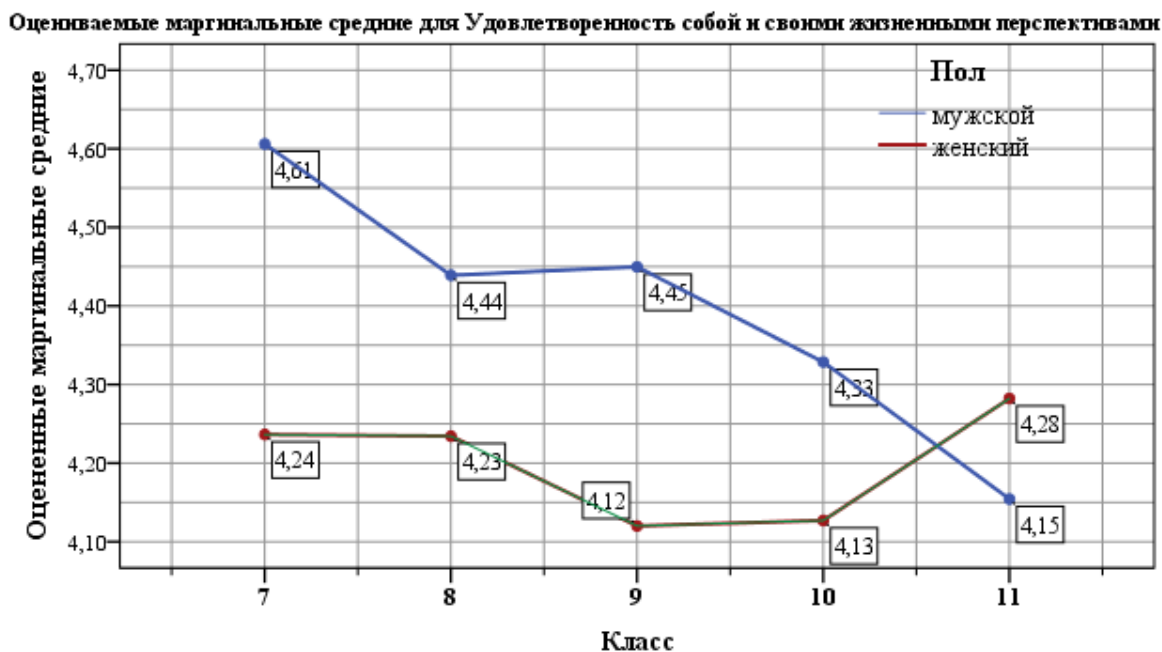


Рисунок 4 – Средние значения по фактору «Удовлетворенность собой и своими жизненными перспективами» (мужской – 390, женский – 417)

Особое значение в оцениваемых факторах субъективного благополучия занимает «Удовлетворенность собой и своими жизненными перспективами». Потому что это уже компонент самооценивания, рефлексии. Поэтому его можно рассматривать как интегративный фактор, объединяющий отношение с другими. Именно в этом компоненте получены самые низкие оценки по отдельным вопросам.

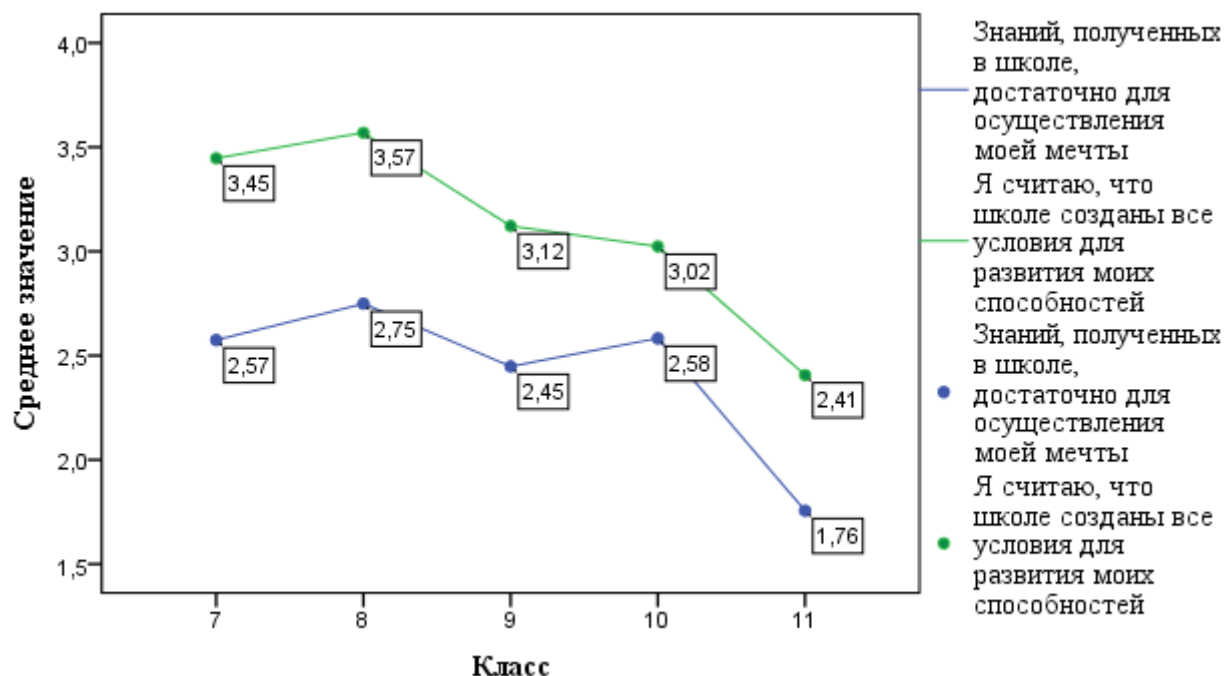


Рисунок 5 – Средние значения по отдельным вопросам фактора «Удовлетворенность собой и своими жизненными перспективами»

Результаты по данным вопросам показывают отчетливое рассогласование между образовательными потребностями обучающихся и школьными образовательными результатами. Максимум этого рассогласования достигается именно на этапе окончания школы, когда выпускники оценивают ниже 2 баллов факт того, что «знаний, полученных в школе, достаточно для осуществления своей мечты». Это оценка ситуации сопряженности будущего и настоящего, и того, насколько настоящее обеспечивает благополучие будущего. Несоответствие между ними может быть частью стресса, который переживают выпускники на данном этапе.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости анализа школьной среды, как значимого компонента благополучия школьника. Основным индикатором, в данном случае, может выступать инклюзия. То есть понимается, что школьная среда в той степени обеспечивает благополучие учащегося, в какой степени она является инклюзивной.

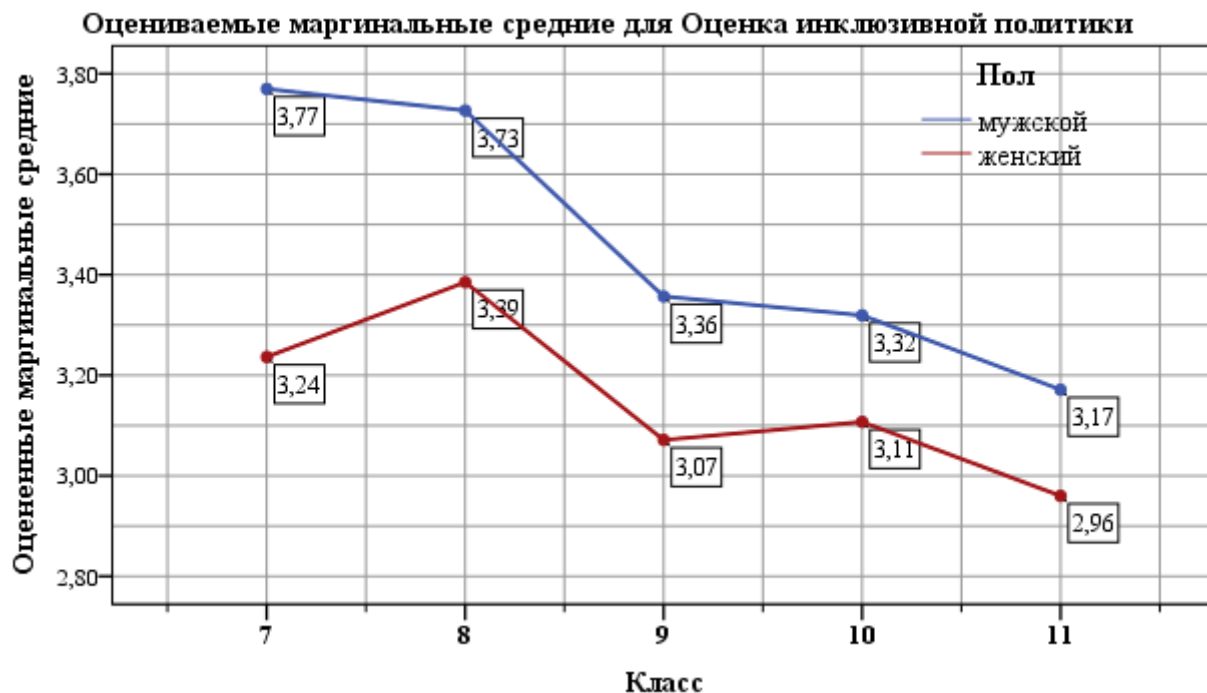


Рисунок 6 – Средние значения по фактору «Оценка инклюзивной политики»
(мужской – 390, женский – 417)

Инклюзивная политика в школе анализируется как показатель регламентации соответствующих положений: доступности, принятия, включенности. Поэтому не высокие показатели по данному фактору, например, «Учителя объясняют детям, что такое инклюзия и ее ценности» (среднее 2,83), свидетельствуют о недостаточном внимании руководства школы к данной работе.

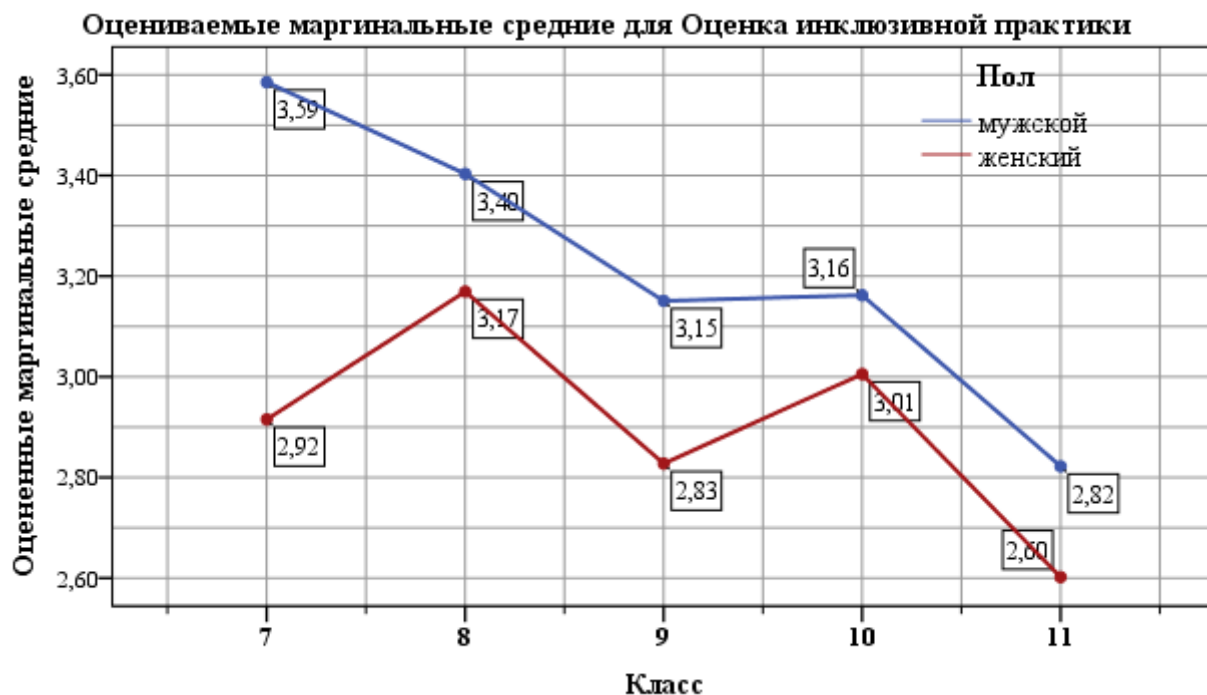


Рисунок 7 – Средние значения по фактору «Оценка инклюзивной практики»
(мужской – 390, женский – 417)

Если практику рассматривать как проявление политики, то средние показатели по инклюзивной политике проявляются и в такой же оценке инклюзивной практики. Например, «В нашей школе учителя и ученики относятся друг к другу с уважением» – 3,4 балла. Безусловно негативно рассматривается факт, что учащиеся 11-ых классов в среднем на 1 балл ниже оценивают инклюзивную практику в школе. С одной стороны, можно предположить, что выпускники более зрело, а, значит, объективно оценивают ситуацию в школе. Но, с другой, учащиеся 11-ых классов все факторы оценивают более низко, чем учащиеся других параллелей.

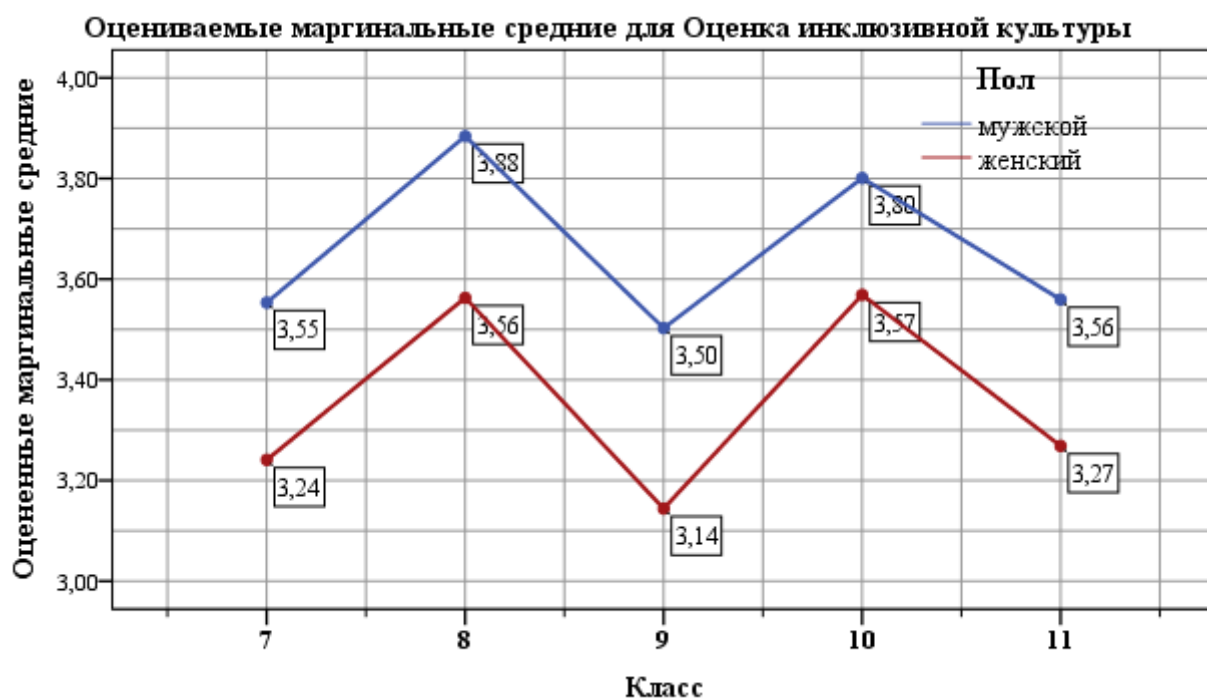


Рисунок 8 – Средние значения по фактору «Оценка инклюзивной культуры»
(мужской – 390, женский – 417)

Оценки инклюзивной культуры также отражают средние показатели инклюзии в школе. С одной стороны, это воспринимается позитивно, что все оценки – выше 3 баллов по пятибалльной шкале. С другой, средние баллы не превышают 4. В частности, оценка 3,16 по вопросу «В нашей школе каждый чувствует, что к нему относятся доброжелательно» характеризует необходимость дополнительного анализа и целенаправленной работы в этом направлении.

В целом отметим, что инклюзивная составляющая школьной среды оценивается стабильно ниже 4-х баллов. Это может и находить отражение в оценке удовлетворенности школой, которая также оценивается стабильно ниже 4-х баллов. Значит именно здесь может быть точка роста для субъективного благополучия учащихся.

В рамках рассматриваемых вопросов проанализируем ситуацию с учащимися с ОВЗ. Это имеет особое значение, так как дети данной группы могут испытывать проблемы во взаимодействии с субъектами образовательного процесса, что будет находить отражение в ощущении субъективного благополучия.

Таблица 1 – Сравнение оценки факторов субъективного благополучия и инклюзивной среды
(нормотипичные – 771, с ОВЗ – 36)

ANOVA		
	F	Значимость
Удовлетворенность школой	7,782	,005
Удовлетворенность семьей	26,170	,000
Удовлетворенность собой и своими жизненными перспективами	2,659	,103

Удовлетворенность друзьями	10,934	,001
Оценка инклюзивной политики	8,336	,004
Оценка инклюзивной практики	4,763	,029
Оценка инклюзивной культуры	10,726	,001

Данные свидетельствуют о значимых различиях по большинству факторов (кроме «Удовлетворенность собой и своими жизненными перспективами» ($p=0,103$)) между выборками нормотипичных и обучающихся с ОВЗ.

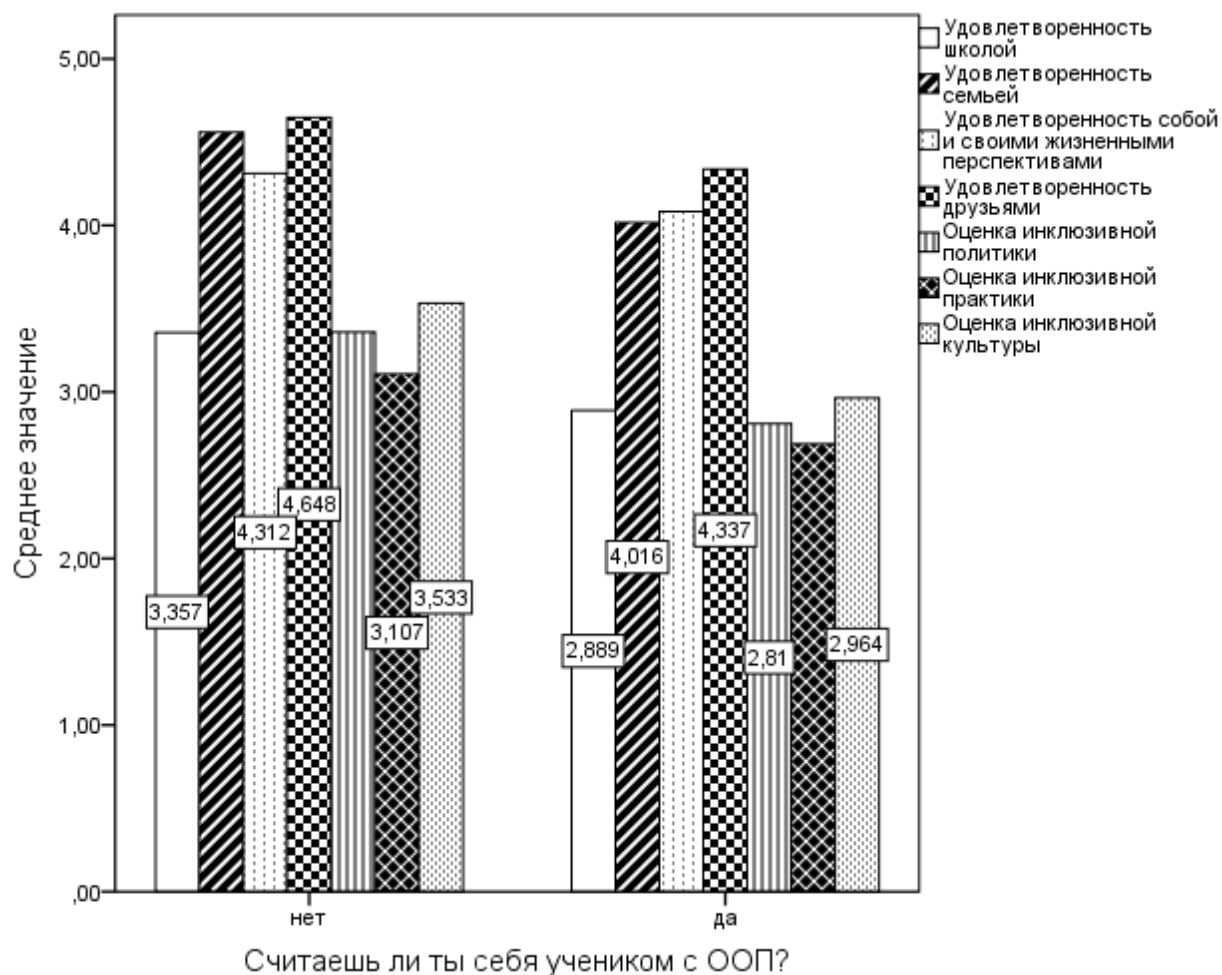


Рисунок 9 – Средние значения факторов субъективного благополучия и оценки инклюзивной среды (нормотипичные – 771, с ОВЗ – 36)

Несмотря на то, что наблюдается общая тенденция в оценке факторов, ученики с ОВЗ наиболее низко оценивают «Удовлетворенность школой» и все компоненты инклюзивной среды школы. Так, в «Удовлетворенность школой» это касается, в частности: «свободно высказать свое мнение» ($p=0,000$); безопасность ($p=0,007$). При оценке инклюзивной среды особо выделяется разница в «В нашей школе всех учеников одинаково ценят» ($p=0,000$); «Администрация школы прислушивается к мнениям учеников» ($p=0,000$).

Сопряженность в низкой оценке именно этих факторов (удовлетворенность школой и инклюзивная среда) воспринимается тревожно. На теоретическом уровне было показано, что благополучие возможно в среде, в которой человек принимаем без относительно индивидуальных особенностей, то есть в инклюзивной среде. Таким образом, неудовлетворенность учащихся с ОВЗ в инклюзивной среде своей школы, может приводить и к неудовлетворенности этой школой.

Заключение и выводы

Полученные данные в целом совпадают с результатами других исследований:

1. Снижение уровня благополучия с повышением возраста отмечается в ряде исследований, обзор которых проведен Канонир Т. Н., Куликова А. А., Орел Е. А. [4]. В частности, приводятся данные, что «наблюдается постепенное снижение как общей удовлетворенности, так и удовлетворенности различными областями своей жизни у подростков 11–16 лет. Исключение составили отношения с друзьями, удовлетворенность которыми осталась неизменной [Goldbeck et al., 2007]» [Цит. по 4]. Этот факт нашел подтверждение и в настоящем исследовании.

2. Также находит подтверждение и гендерные различия «мальчики показывают более высокий уровень субъективного благополучия, чем девочки [Moksnes, Espnes, 2013]. Л. Голдбек и коллеги выявили у девочек более низкий уровень общей удовлетворенности жизнью» [цит. по 4].

Таким образом, полученные данные дают возможность сформулировать рекомендации руководству школой по формированию инклюзивной среды для повышения уровня субъективного благополучия обучающихся, особенно с ОВЗ:

1. Формирование инклюзивной политики, регламентирующей соответствующие отношения в образовательной организации.

2. Доведение до сведения субъектов образовательных отношений инклюзивной политики школы для организации соответствующей инклюзивной практики.

3. Актуализацию инклюзивных ценностей в образовательном процессе, в частности, его открытости.

4. Учет образовательных потребностей обучающихся при организации образовательного процесса.

5. Расширение образовательного пространства для организации индивидуальных образовательных траекторий.

6. Повышение роли само и со-управления в образовательном процессе.

7. Одним из интегративных способов, позволяющих гармонизировать образовательную среду и создать условия для благополучия и успешности всех субъектов школьной среды может выступать социо-эмоциональное обучение (Social-Emotional Learning – SEL).

Социально-эмоциональное обучение – процесс, с помощью которого дети развивают социальную и эмоциональную компетентность для личного, социального и академического роста через учебные программы и контекстные подходы. SEL включает в себя обучение эмпатии, сотрудничеству, ценности разнообразия [10].

SEL – один из инструментов, который можно использовать для профилактики психического и физического здоровья учащихся, поддержания оптимального субъективного благополучия как учащихся и их родителей, так и учителей. SEL способствует: росту социально-эмоциональных компетенций обучающихся и педагогов; позитивной динамике просоциальных отношений учащихся; улучшению академической успеваемости учеников; уменьшению проявлений негативного поведения (антисоциальное поведение, преступность, тревожность и депрессии); SEL эффективно в течение всего периода обучения в школе, SEL эффективно независимо от географического положения учебного заведения (городская/сельская местность), является одним из механизмов развития резильентности. Эффект применения SEL сохраняется от 6 месяцев до 3 лет.

Являясь неакадемическим предметом, SEL также имеет потенциал для поощрения равной оценки всех учащихся, независимо от уровня их познавательного и культурного потенциала. SEL помогает всем учащимся, в том числе с ООП, развивать чувство принадлежности к классу, устанавливать хорошие отношения с учителями и сверстниками, способствует повышению самооценки учащихся с ООП. SEL помогает ученикам с ООП распознавать и регулировать эмоции, признать и использовать свои сильные стороны, слушать и общаться, понимать и сочувствовать другим, ставить реалистичные цели, эффективно решать проблемы и брать на себя ответственность за свои решения, строить позитивные отношения, сопротив-

ляться негативному давлению сверстников и противостоять буллингу, сотрудничать с одноклассниками, разрешать конфликты конструктивно.

Учителя, реализующие социально-эмоциональное обучение, демонстрируют более высокий уровень мотивации профессиональной деятельности и самоэффективности, удовлетворенности работой, менее подвержены эмоциональному выгоранию, истощению и стрессам [11].

Таким образом, инклюзия, субъективное благополучие и социально-эмоциональное обучение составляют триединство модели образования. Где субъективное благополучие выступает образовательным результатом, социально-эмоциональное обучение – дидактический инструмент, а инклюзия – основополагающий принцип и условие организации и реализации образовательных процессов. Содержательное наполнение и реализация данной модели обеспечивает необходимый уровень открытости и доступности современного школьного образования.

Обозначенные связи обеспечивают актуальность построения модели инклюзивного образования результативной частью реализации которой будет субъективное благополучие всех участников образовательного процесса. Понимание инклюзии в широком смысле дает возможность выйти за пределы анализа отдельных групп обучающихся тем самым делая открытым и доступным образование для всех.

Литература

1. Брук, Ж. Ю. Склонность к отклоняющемуся поведению и субъективное благополучие у подростков / Ж. Ю. Брук, Г. В. Кухтерина, О. А. Мальцева. – Текст : непосредственный // Проблемы современного педагогического образования. – 2018. – № 60-3. – С. 415–419.
2. Бугаева, Е. А. Особенности субъективного благополучия школьников с ограниченными возможностями здоровья / Е. А. Бугаева, Ю. В. Аникеева. – Текст : непосредственный // Инклюзивные процессы в международном образовательном пространстве : материалы VI Международного интернет-симпозиума, Ставрополь, 20-25 ноября 2020 года. – Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2020. – С. 97–100.
3. Бут, Т. Показатели инклюзии : практическое пособие / Т. Бут, М. Эйнскоу. – Москва : Перспектива, 2007. – 124 с. – Текст : непосредственный.
4. Канонир, Т. Н. Лонгитюдное исследование субъективного благополучия в школе у учащихся младших классов / Т. Н. Канонир, А. А. Куликова, Е. А. Орел. – DOI: 10.14515/monitoring.2020.4.921. – Текст : непосредственный // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. – 2020. – № 4. – С. 461–479.
5. Социоэмоциональное обучение для благополучия субъектов школьной среды / Е. А. Кукуев, О. В. Огороднова, Ж. Ю. Брук, И. В. Патрушева. – Текст : непосредственный // Инклюзивное образование и общество: стратегии, практики, ресурсы : материалы VI Международной научно-практической конференции (Москва, 20-21 октября 2021 г.) / главный редактор С. В. Алёхина. – Москва : МГППУ, 2021. – С. 129–134. – URL: https://www.inclusive-edu.ru/wp-content/uploads/2021/10/Materialy_konf_10.2021.pdf (дата обращения: 10.07.2022).
6. Отношение к образовательной среде и психологическое благополучие учащихся специализированных и общеобразовательных школ / Е. Б. Лактионова, А. В. Орлова, И. В. Кондакова, А. С. Тузова. – DOI: 10.32343/2409-5052-2020-14-3-500-515. – Текст : непосредственный // Педагогический ИМИДЖ. – 2020. – Т. 14, № 3 (48). – С. 500–515.
7. Марченкова, А. В. Феномен гетерогенности коллектива как ресурс для формирования поликультурной компетентности младших школьников / А. В. Марченкова, Ж. Ю. Брук. – Текст : непосредственный // Проблемы современного педагогического образования. – 2017. – № 56-4. – С. 190–200.
8. Огороднова, О. В. Укрепление социального здоровья учащихся в гетерогенной группе сверстников / О. В. Огороднова, Ж. Ю. Брук, Ю. В. Булыгина. – Текст : непосредственный // Казанский педагогический журнал. – 2016. – № 4 (117). – С. 142–147.

9. Павлоцкая, Я. И. Психологическое благополучие и социально-психологические характеристики личности : монография / Я. И. Павлоцкая ; Волгоградский институт управления – филиал ФГБОУ ВО РАНХиГС. – Волгоград : Издательство Волгоградского института управления – филиала РАНХиГС, 2016. – 168 с. – Текст : непосредственный.
10. Сефай, К. Социально-эмоциональное обучение (SEL) как стратегия инклюзивного образования / К. Сефай ; перевод Ж. Ю. Брук // Инклюзия в университетах: глобальные тренды и локальные стратегии : сборник статей международного научного онлайн форума. – Москва : Знание-М, 2020. – С. 11–19.
11. Субъективное благополучие у детей: инструменты измерения и возрастная динамика / Т. О. Арчакова, А. Н. Веракса, О. Ю. Зотова, Е. Б. Перельгина. – Текст : непосредственный // Психологическая наука и образование, – 2017. – Т. 22, № 6. – С. 68–76.
12. Ярская, В. Н. Инклюзивная культура социальных сервисов / В. Н. Ярская, Е. Р. Ярская-Смирнова. – Текст : непосредственный // Социологические исследования. – 2015. – № 12. – С. 133–140.
13. Aristotle works. Eudemische Ethik / translated and commented by F. Dirlmeier. – Berlin, 1969. – P.122–127.
14. Ben-Arieh, A. Where are the children? Children's role in measuring and monitoring their well-being / A. Ben-Arieh // Social Indicators Research. – 2005. – Vol. 74. – P. 573–596.
15. Ben-Arieh, A. Children's Well-being around the world: Findings from the Children's Worlds (ISCWb) / A. Ben-Arieh, G. Rees, T. Dinisman // Science Direct. – URL: <https://www.sciencedirect.com/journal/children-and-youth-servicesreview/vol/80?sdc=1> (data of application: 12.08.2019).
16. Bradburn, N. The structure of psychological well-being / N. Bradburn. – Chicago : Aldine Pub. Co, 1969. – 318 p.
17. Corbett, J. Teaching approaches which support inclusive education: a connective pedagogy / J. Corbett. – DOI:10.1111/1467-8527.00219 // British Journal of Special Education. – 2001. – Vol. 28, № 2. – P. 55–59.
18. Diener, E. Most people are happy / E. Diener, C. Diener // Psychological Scienc. – 1996. Vol. 7. – P. 181–185.
19. Diener, E. Very happy people / E. Diener, M. E. Seligman // Psychological Science. – 2002. – Vol. 13 (1). – P. 81–84.
20. Riff, C. D. Know thyself and become what you are: A eudemonic approach to psychological well-being / C. D. Riff, B. H. Singer // Journal of Happiness Studies. – 2008. – Vol. 9 (1). – P. 13–39.
21. Ryff, C. D. Happiness is everything, or is it? Explorations on the meaning of psychological well-being / C. D. Ryff // Journal of Personality and Social Psychology. – 1989. – Vol. 57 (6). – P. 1069–1081.

**СОЦИАЛЬНЫЕ ДОПОЛНЯЮЩИЕ ДИАДЫ:
ИСТОРИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ ЭВОЛЮЦИИ**

Толочек Владимир Алексеевич

доктор психологических наук, профессор,

ведущий научный сотрудник,

ФГБНУ «Институт психологии РАН»

Москва, Россия

E-mail: tolochekva@mail.ru

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда
(проект № 22-28-00250: «Профессиональная карьера: ресурсный подход»),
Институт психологии РАН*

Предмет исследования: малые социальные группы (микрогруппы) в процессах их исторической эволюции. Объектом выступают социальные группы как социально-психологические феномены.

Цель исследования: описание проявлений «социальных дополняющих диад» как социально-психологического феномена.

Методы исследования: историко-теоретический, анализ результатов эмпирических исследований взаимодействий субъектов в социальных группах. Обсуждаются феномен диады как одной из форм социальных групп.

Основные результаты исследования: предложена типология диад: 1) дополняющие социальные диады (СДД); 2) поддерживающие социальные структуры; 3) профессиональные диады (комплексные группы); 4) профессиональные творческие (креативные диады); 5) родственные; 6) спонтанные; 7) деструктивные (паразитические, эксплуататорские); 8) асоциальные. Ввиду исторических тенденций возрастания типов диад и их разновидностей, полагается, что в сфере образования наиболее актуальной проблемой является первый тип диад – дополняющие социальные диады (СДД), представленные такими комбинациями, как «воспитатель – воспитуемый», «учитель – ученик», «преподаватель – студент» и др. Выделяются открытые вопросы (изучение в парадигме индивидуальной, а не совместной деятельности; бинарность классификаций групп; нерешенность вопросов «нижнего» и «верхнего» предела порождения и функционирования групп; эволюция субъектов диады и др.); обсуждаются перспективные аспекты дальнейших исследований (проблема ресурсов, индивидуальности и дополнительности качеств взаимодействующих субъектов, возможности направленного формирования и управления эволюцией диад и др.).

Ключевые слова: феномен, субъекты, социальные группы, организация, диады, эволюция

SOCIAL COMPLEMENTARY DYADS: HISTORICAL TRENDS OF EVOLUTION

Vladimir A. Tolochek

Doctor of Psychological Sciences, Professor

Leading Researcher,

Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences

Moscow, Russia

E-mail: tolochekva@mail.ru

*The research was supported by a grant
from the Russian Science Foundation
(Project No. 22-28-00250: "Professional Career: Resource Approach"),
Institute of Psychology RAS*

Subject of research: "social complementary dyads" as a socio-psychological phenomenon. The object is social groups as socio-psychological phenomena, the subject is small social groups (microgroups) in the processes of their historical evolution.

Methods of research: historical-theoretical, analysis of the empirical studies on social groups subjects interactions. The phenomenon of the dyad as one of the forms of social groups is discussed.

Main results of research: a typology of dyads has been proposed: 1) complementary social dyads (SDS); 2) supporting social structures; 3) professional dyads (complex groups); 4) professional creative (creative dyads); 5) related; 6) spontaneous; 7) destructive (parasitic, exploitative); 8) antisocial. In view of the historical trends in the increase in the types of dyads and their varieties, it is believed that in the field of education the most urgent problem is the first type of dyads – complementary social dyads (SDS), represented by such combinations as "educator – educated", "teacher – student", "teacher – student", etc. Open questions are singled out (study in the paradigm of individual rather than joint activity; binarity of group classifications; unresolved issues of the "lower" and "upper" limits of the generation and functioning of groups; evolution of the subjects of the dyad, etc.); promising aspects of further research are discussed (the problem of resources, the individuality and complementarity of the qualities of interacting subjects, the possibility of directed formation and control of the evolution of dyads, etc.).

Keywords: phenomenon, subjects, social groups, organization, dyads, evolution

Введение

Диады как малые социальные группы, давно выступают предметом изучения психологов и социологов; изучаются подростковые, учебные, супружеские, профессиональные, преступные группы и др.; ключевыми темами выступают динамика их развития, роли и функции членов группы, факторы сплоченности и пр. Вместе с тем сравнительно редко изучаются социальные дополняющие диады (СДД) как формы взаимодействий двух людей, представляющих собой естественные предельно малые социальные объединения, минимальные социальные «единицы», микрогруппы, формируемые в процессах деятельности людей, в процессах развития человеческих сообществ.

Типовыми примерами социальных дополняющих диад (СДД) выступают социальные группы, в которых само существование одного человека как социального субъекта невозможно вне другого социального субъекта, достраивающего, дополняющего данное социальное образование – «мать (родитель) – дитя», «воспитатель – воспитуемый», «учитель – ученик», «преподаватель – студент», «руководитель – подчиненный», «лидер – ведомый», «хозяин – работник». Можно говорить и об исторических тенденция эволюции СДД – возрастания их разнообразия, широты представленности в человеческих сообществах, изменения отношений субъектов в процессах жизни диады. Так, к давно сложившимся типовым диадам «врач – пациент», «учитель – ученик», «сюзерен – вассал» и т. п., в XIX добавляются новые: «писатель – читатель» (вследствие распространения литературного творчества как самостоятельного вида деятельности), «репетитор – подготовляемый» (вследствие расширения корпуса разночинцев, получивших высшее образование, но не интегрированных в государственные и частные организации; расширения доли представителей «среднего класса», заявляющих о желаних получить должную подготовку – игры на музыкальных инструментах, для поступления на «театральные подмостки» и пр.). В XX ст. типология диад еще более расширялась: «тренер – спортсмен» (вследствие становление физической культуры и спорта как важной части жизни

общества, как составной части подготовки специалистов в средних и высших учебных заведениях); «психотерапевт – клиент» (как следствие и условие развития психотерапии); «консультант – клиент», «коуч – обучаемый» (как социальный ответ на расширение новых сфер деятельности, которые человек готов осваивать в зрелом возрасте), «капитан-наставник – капитан» (как следствие увеличения тоннажа судов, развития логистики и др.) и т. п. В XXI ст. типологии дополняющих диад еще более расширяются, ввиду широкого распространения разных форм репетиторства (уже не как освоения и подготовки к особой деятельности, а как проработки отдельных ее фрагментов, как тренировка перед субъективно значимым испытанием); ввиду широкого распространения онлайн обучения; становления разных временных форм обучения (в центрах творчества и др.). В сфере среднего и высшего образования можно ожидать дальнейшего расширения доли и разнообразия форм СДД, определяемых его диверсификацией, удлинением периода «ученичества», становлением разных форм послевузовской подготовки и др.

Можно утверждать, что именно СДД представляют наибольший интерес для психологического изучения. В процессах становления и функционирования таких социальных «единиц» проявляются основные феномены совместной деятельности (психологической совместности, сработанности, продуктивности); могут порождаться и актуализироваться интересубъектные ресурсы; воплощаются разные формы передачи и сохранения социального опыта человечества. Цель исследования – описание проявлений «социальных дополняющих диад» (СДД) как социально-психологического феномена. Объект – социальные группы как социально-психологические феномены. Предмет – малые социальные группы (микрогруппы) в процессах их исторической эволюции. Гипотезы: 1) Социальные дополняющие диады (СДД) представляет собой исторически эволюционирующий социально-психологический феномен. 2) Успешность социального функционирования субъектов в СДД динамично и зависит как от согласованности взаимодействия субъектов, так и от сочетаемости их социальных ролей и индивидуальности. 3) Наряду со спонтанно формирующимися диадами возможны их целенаправленные формирования и управление с учетом запросов общества и организаций. *Методы:* историко-теоретический, анализ результатов эмпирических исследований взаимодействий субъектов в социальных группах.

Результаты и обсуждение

Взаимодействия субъектов в социальных системах «субъект – субъект», «субъект – группа», «субъект – организация», «субъект – социум» (человек – мир) с середины XX ст. выступают перманентными предметами исследования в ряде гуманитарных дисциплин (социологии, психологии, педагогики, этнографии и др.). В педагогике и в педагогической психологии такие социальные объекты лишь сравнительно недавно рассматриваются как базовые социально-психологические образования, целостные, взаимно обусловленные. Можно констатировать, что происходят радикальные изменения прежних парадигм, выделяются методологические основания новых, контуры которых маркируются понятиями полисубъектные общности, поливалентность взаимодействий людей, экпсихологические типы взаимодействия, коллективный субъект, групповой субъект, психологические ниши и т. п. [3; 7; 8; 9; 12; 17; 18; 19; 20; др.]. Важными тенденциями продвижения научной мысли можно считать не только лишь расширение границ «предмета исследования», но и признания гибкости «границ» изучаемых фрагментов социальной действительности, признание возможности разных подходов к их описанию и изучению, равного статуса разных концепций, рассматриваемых как взаимно дополняющих друг друга, как расширяющих спектр описания проявлений изучаемых фрагментов.

В социальной психологии *социальная группа* рассматриваются как «фокус анализа» дисциплины, «реальная ячейка общества, как «микросреда» формирования личности», «система деятельности, заданная ее местом в общественном разделении труда» [1, с. 137]. Выделяя как особый, уникальный феномен *малые группы*, специалисты по разному их характеризуют, но, как правило, устойчиво воспроизводят две их характеристики – актуальные *социальные вза-*

имодействия людей и непосредственные их *психологические влияния* друг на друга: «Под малой группой понимается немногочисленная по составу группа, члены которой объединены общей социальной деятельностью и находятся в непосредственном личном общении, что является основой для возникновения эмоциональных отношений, групповых норм и групповых процессов» [1, с. 183]; «Малую группу можно определить как совокупность двух или более людей, непосредственно взаимодействующих друг с другом и разделяющих общие цели и нормы, которые направляют их активность» [3, с. 188].

Примечательно, что при сходстве определений малой группы специалисты сходно выделяют и «проблемные аспекты» феномена – неопределенность вопроса о минимальном и максимальном составе группы, о механизмах их эволюции, о мере их автономности в их эволюции; в частности, дискуссионными до настоящего времени остаются вопросы о микрогруппах – диадах и триадах, – можно ли их считать «нижним порогом» феномена малой группы [1; 2; 3; 11; др.].

Признаем сложность изучения социальных малых групп и микрогрупп в их естественном бытии. Они изучаются с начала XX ст., но аналитично и по-элементно даже в тех сферах, где успешность субъектов и эффективность их деятельности определялись именно качеством их межличностных и межсубъектных взаимодействий. Напомним, что в 1970-1990-х годах регулярно появлялись квалификационные научные работы с характерным названием: «*Индивидуальный стиль деятельности учителя...*», «*Индивидуальный стиль педагогической деятельности воспитателя*», «*Индивидуальный стиль деятельности руководителя...*» (см. обзоры: [16; 19]). Среди эконпсихологических типов взаимодействия по В. И. Панову [8] преобладают «Я-субъект-центрированные»; в модели «становления субъектности» учащегося/ педагога «семь стадий... становления и развития, реализующих переход субъектности из «бытия возможности»... в «бытие действительности», т. е., в реальность существования субъектности в виде способности индивида быть субъектом произвольного действия» [9, с. 12]. Но эти важные эволюционные метаморфозы, скорее, рассматриваются как процессы и эффекты самодетерминации учащегося и самодетерминации педагога, но не как следствия определенных типов взаимодействия двух активно взаимодействующих субъектов, не как следствия активности взаимной прямой и обратной детерминации двух взаимодействующих «начал».

Б. Д. Парыгин [11; 12] выделял общение как отдельную и особую форму активности человека, что также решительно поддерживал и Б. Ф. Ломов [6]. Однако описания особой формы активности людей ими проводится так же, как и описания других форм и видов деятельности человека в парадигме индивидуальной деятельности. В описании феномена общения ученые выделяют его функции (интерактивные, когнитивные, эмоциональные – с небольшими авторскими вариациями), выделяют базовые компоненты («действия общения»), но ключевые условия общения – согласованное поведение, соучастие, соактивность, сопричастность партнеров, – чаще остаются за предметным полем научного изучения. Даже когда речь идет о стилях общения, они описываются как процессы и техники реализации «своего» стиля в решении определенного класса задач, безотносительно к индивидуальности и стилю партнера [5; 14; 15; др.].

Индивидуальные особенности общения нередко представляют как типовые – мужской стиль/ женский; жесткий/ гибкий, авторитарный/ демократичный и т.п. [5; 20; 21; 22; 23; др.]. Общение разных людей разделяют на отдельные классы и типы: деловое/ неформальное, регламентированное/ раскрепощенное; профессиональное/ обыденное, учебное общение, научное, политическое, духовное, религиозное или любовное [4]. Представленные учеными определения понятий, однако, нуждаются в большей степени определенности (о-*пред*еленности). Приведем как яркий пример одного их описаний: «...*типы* – это различия в *общении по его характеру*, то есть по *специфике психического состояния и настроения участников коммуникативного акта*. Типологические разновидности общения носят *парный и одновременно альтернативный* характер. Таковы пары общения: делового и игрового; безлично-ролевого и межличностного; духовного и утилитарного; традиционного и инновационного» [12, с. 418–419; *курсивом выделено нами* – ТВ]). Подобная бинарность в выделении и описании социальных групп имеет место у многих авторов учебных пособий и научных монографий.

Деловое общение, сопровождающее, поддерживающее, инициирующее конструктивные взаимодействия людей часто описывается как не имеющее ничего «человеческого», как не сопряженное с индивидуальностью взаимодействующих партнеров, активно заинтересованных в его успешности. Приведем одно из описаний делового общения, которое от других видов «отличается тем, что оно: а) *строго целенаправленно*; б) *регламентировано нормативными документами*; в) носит функционально-ролевой характер, обусловленный необходимостью соблюдения этикета церемоний, процедур, что выражается в определенных правилах «игры», *официальной одежде, профессиональной лексике, кастовости, замкнутости*, проводится в рамках *определенного круга элементов*; г) *позиционно оформлено, иерархично, субординационно*; е) атрибутивно (*проходит в специальных помещениях пространственно оформлено, предполагает соответствующую среду, мебель, оргтехнику, освещение*)» [15, с. 209; курсивом выделено нами – ТВ; в отношении всего выделенного можно представить весомые контраргументы].

Наряду с прежней устоявшейся типологией изучаемых диад (подростковые, учебные, супружеские, профессиональные, преступные и др.) в предметное поле психологии начинают включаться как их дифференцировки, так и новые типы; прежние биполярные оценки (успешные/неуспешные; эффективные/неэффективные; условные/реальные, просоциальные/асоциальные и т. п.) должны замещаться многомерными системами описания; типовые стадии развития – изучение процессов и эффектов в конкретном социальном окружении. Очевидно, что быстро изменяющаяся действительность (онлайн обучение, онлайн хирургические операции, онлайн профессиональные взаимодействия и пр.) будет порождать и новые типы диад – в образовательной сфере, в медицинской, в военной, в космонавтике, в деятельности спасателей и др.

Предложим одну из возможных типологию социальных диад как особых областей изучения: 1) дополняющие диады (СДД): их отличает выражено разный социальный статус членов группы (учитель – ученик; научный руководитель – соискатель, наставник – новичок, тренер – спортсмен, продавец – покупатель и т. п.); 2) поддерживающие социальные структуры: равный социальный статус, но разный психологический; разные принятые роли (лидер-ведомый, старший – младший, «старослужащий – молодой» и т. п.); 3) профессиональные диады (комплексные группы): равный социальный и психологический статус; разные предложенные и принятые профессиональные и социальные роли (это – рабочие группы, проектные и другие команды; спортивные пары; в музыкально-исполнительской деятельности – дуэты); 4) профессиональные творческие (креативные диады): равный социальный статус и разный психологический; разные принятые роли (творческий работник – администратор; генератор идей – критик; сценарист – режиссер и т. п.); 5) родственные: равный социальный статус, разный психологический; разные принятые роли (родитель – дитя, муж – жена, бабушка – внук и др.); 6) спонтанные: равный социальный и психологический статус; динамичные принимаемые роли (друзья, подростковые, молодежные группы); 7) деструктивные (паразитические, эксплуататорские): разный социальный и психологический статус, разные роли и цели; манипулирование со стороны одного из членов диады; 8) асоциальные.

В выделенных нами восьми типах диад ключевыми основаниями их появления и функционирования могут выступать разные факторы, как интрасубъектные, так и внесубъектные. Понятно, что разные диады не есть прямые следствия действия монофакторов; чаще они следствия прямого и косвенного воздействия нескольких условий. Как типология диад, так и траектории их эволюции также определяются комплексом воздействия интра- и внесубъектных условий.

В сфере образования, пожалуй, наиболее актуальной проблемой выступает первый тип диад – *социальные дополняющие диады (СДД)* – «воспитатель – воспитуемый», «учитель – ученик», «преподаватель – студент», «научный руководитель – соискатель». Их можно рассматривать как разные виды социальных «единиц», проявляющихся в разных образовательных структурах, проявляющиеся в разном возрасте человека, но целесообразнее их рассматривать в их единстве, в их взаимных переходах, преобразованиях, изменениях. Среди малоизученных аспектов проблемы СДД выделим следующие: темпоральные аспекты эволюции

групп (закономерности и последовательности стадий эволюции, фазовые переходы); позитивные и негативные эффекты, проявляющиеся во взаимодействиях и личностных изменениях партнеров. Напомним об «обратной стороне медали» – часто начальная иерархическая структура диад может долго сохраняться на протяжении жизни человека как своеобразная передача «эстафеты» наставничества, как следствия доминирования постфигуративного типа передачи культуры по М. Мид («родитель – дитя», «воспитатель – воспитуемый», «учитель – ученик», «преподаватель – студент», «наставник – новичок», «руководитель – подчиненный» и т. п.). И если первые диады, в которые включен вступающий в жизнь человек, требуют его безусловное подчинение старшему партнеру, то в последующих предполагается и допускается расширение степеней его свободы. Но всегда ли такое расширение происходит своевременно и проходит в русле просоциальных форм; открытым остается вопрос, когда и при каких условиях появляются (вызревают, провоцируются) состояния «фазовых переходов» и «точки бифуркации»; всегда ли младший партнер выходит вызревшим из «скорлупы» себя изживающих диадных отношений партнеров, способным полноценно развиваться в границах новых свобод и ограничений, способным формировать новые правила отношений в микрогруппе? Например, в конфликтах «отцов и детей», когда и как молодые люди наиболее полноценно могут переходить в стадию взрослости. Все ли молодые лейтенанты со временем становятся комбатами, уважаемыми солдатами («батынями»)?

Особая тема в выделенной проблеме СДД – тема *ресурсов* субъектов совместной деятельности: условия порождения ресурсов, полноты их использования, причины разрушения. В проблематике ресурсов, в свою очередь, выделяется и особая тема *дополнительности качеств субъектов* совместной деятельности (ролей, функций, индивидуальных особенностей субъектов – личностных, психофизиологических и пр.). Именно дополнительность качеств партнеров можно рассматривать как базовое и связующее условие появления и развития диады, числа и продолжительности фаз ее эволюции.

Заметим, что эффекты совместной деятельности людей широко изучаются с середины XX ст. в ряде прикладных областей психологии и психотерапии. В частности, неоднозначность целей партнеров, видения ими процессов и эффектов, имеющих место при разных взаимодействиях людей даже выделяют как особую дисциплинарную область – компликологию [13]. Также изменения эффективности совместной деятельности рассматривается в рамках организационной психологии (как построение и управление рабочими группами и «командами», как адаптация людей к особенностям корпоративной культуры и пр.); в социологии и методологии науки – как следствия организации и принятых ролей учеными. Но при этом собственно эффекты ресурсов, порождаемых и/или актуализируемых в совместной деятельности людей, вследствие дополнительности качеств субъектов совместной деятельности (ролей, функций, отдельных личностных, интеллектуальных, деловых) остаются малоизученными. Более того, сама дополнительность качеств партнеров как базовое и связующее условие становления, развития и успешного функционирования социальных групп (диад, триад и др.) широко и последовательно не изучается.

Обращаясь к реальной совместной деятельности людей как преобладающей, признавая сложности организации и управления взаимодействиями людей как индивидуальностями даже в отношении получения фиксированных «продуктов» деятельности, признаем и сложности согласования процессов их взаимодействий, сложности в достижении важных «косвенных» результатов совместной деятельности – становления их взаимопонимания, «взаимомышления», взаимопереживания и пр., – тем более важных и желаемых, чем сложнее стоящие перед людьми задачи.

Вместе с формированием новых возможностей целостного изучения сложных фрагментов действительности – обращения к самодостаточным, завершенным фрагментам социальной действительности, – фокусирование внимания ученых на отдельных «субъектах» разного уровня и масштаба затеняют и «закрывают» другое – важные аспекты всех социальных образований – их взаимосвязи и зависимости, динамичность социальных взаимодействий людей; множествен-

ность «субъективных начал» (при потенциально равной активности всех партнеров); поливалентность взаимодействий людей и групп. Также можно различать несколько уровней самоорганизации людей в контактных социальных группах: диады, триады (иерархические социальные структуры), неформальные и внеформальные структуры, психологические ниши [17; 18; 19].

Значительные изменения социальной действительности на рубеже XX–XXI ст. не могли не захватывать и сферы среднего, среднего-специального и высшего образования. Поэтому еще раз выделим открытые вопросы спонтанного и направленного формирования социальных структур, их «течений» и «потоков» в руслах образовательных пространств. В организационной психологии давно изучается то, что в образовательной сфере еще не получило своего должного освещения и развития. Так, например, в организационной психологии давно изучаются рабочие группы и команды, условия и процессы командообразования, разные формы самоорганизации людей в контактных социальных группах – в масштабе отдельных рабочих групп, подразделений, объектов, организации и сети организаций, профессиональных специализаций. Эти темы еще не воспринимаются как остро актуальные в сфере образования, неизбежное расширение форм которого потребует обращения к опыту и фактографическим данным, накопленному в разных гуманитарных дисциплинах.

Заявленная в начале статьи *цель* исследования – описание феномена «социальные дополняющие диады», – рассматривается нами как ориентир для последующих НИР. В настоящее время есть достаточно литературных и эмпирических основания для формулирования приведенных выше рабочих *гипотез*: 1) Феномен «социальные дополняющие диады» (СДД) представляет собой исторически эволюционирующее социально-психологическое явление. 2) В процессах социального функционирования социальная успешность субъектов может изменяться. 3) Наряду со спонтанно формирующимися СДД возможно целенаправленное формирование уникальных и специфических диад. Но признаем, что заявленная проблема требует серьезного и последовательного изучения, а наши гипотезы – новых обстоятельных и весомых аргументов, предполагающих проведение как эмпирических исследований, так и теоретико-методологического анализа.

Заключение и выводы

1. Актуальной научной и научно-практической проблемой выступают социальные дополняющие диады (СДД) как естественные формы объединения и взаимодействий двух людей. СДД представляют собой естественные предельно малые социальные объединения, социальные «единицы», формируемые в процессах деятельности людей, в процессах развития человеческих сообществ. СДД являются базовым структурным элементом «малой группы», элементом, который вернее определять как микрогруппу.

2. Исторически расширяются разные виды СДД. В сфере образования также можно ожидать расширение доли и разнообразия форм СДД, определяемых его диверсификацией – становлением разных видов онлайн обучения, семинаров, центров для одаренных детей и молодежи.

3. В проблематике СДД особая тема – ресурсы совместной деятельности (их порождение, использование, разрушение); в проблематике ресурсов – дополнительность качеств субъектов совместной деятельности (ролей, функций, качеств субъектов).

Литература

1. Андреева, Г. М. Социальная психология / Г. М. Андреева. – Москва : Аспект Пресс, 2003. – 364 с. – Текст : непосредственный.
2. Бодалев, А. А. Психология общения / А. А. Бодалев. – Москва : Воронеж : МОДЭК, 1996. – 256 с. – Текст : непосредственный.
3. Журавлев, А. Л. Социальная психология / А. Л. Журавлев, В. А. Соснин, М. А. Красников. – Москва : Форум, 2011. – 496 с. – Текст : непосредственный.

4. Карпова, Н. Л. Общение: структура и модель процесса / Н. Л. Карпова. – Текст : непосредственный // Психология общения : энциклопедический словарь / под общей редакцией А. А. Бодалева. – Москва : Когито-Центр, 2011. – С. 81–82.
5. Куницына, В. Н. Межличностное общение : учебник для вузов / В. Н. Куницына, Н. В. Казаринова, В. М. Погольша. – Санкт-Петербург : Питер, 2001. – 544 с. – Текст : непосредственный.
6. Ломов, Б. Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии / Б. Ф. Ломов. – Москва : Наука, 1984. – 444 с. – Текст : непосредственный.
7. Митина, Л. М. Личностно-профессиональное развитие учителя: стратегии, ресурсы, риски / Л. М. Митина. – Москва ; Санкт-Петербург : Нестор-История, 2019. – 456 с. – Текст : непосредственный.
8. Панов, В. И. Предисловие от редактора / В. И. Панов. – Текст : непосредственный // Становление субъектности учащегося и педагога: экопсихологическая модель / под редакцией В. И. Панова. – Москва : ПИ РАО, 2018. – С. 11–15.
9. Панов, В. И. Теоретическое обоснование экопсихологической (онтологической) модели становления субъектности / В. И. Панов. – Текст : непосредственный // Становление субъектности учащегося и педагога: экопсихологическая модель / под редакцией В. И. Панова. – Москва : ПИ РАО, 2018. – С. 61–88.
10. Парфенов, В. Н. Классификация функций человека как субъекта общения / В. Н. Парфенов. – Текст : непосредственный // Психологический журнал. – 1987. – № 4. – С. 79–80.
11. Парыгин, Б. Д. Основы социально-психологической теории / Б. Д. Парыгин. – Москва : Мысль, 1971. – 348 с. – Текст : непосредственный.
12. Парыгин, Б. Д. Социальная психология / Б. Д. Парыгин. – Санкт-Петербург : СПбГУП, 2003. – 616 с. – Текст : непосредственный.
13. Поддьяков, А. Н. Комплитология: создание развивающих, диагностирующих и деструктивных трудностей / А. Н. Поддьяков. – Москва : ИД Высшей школы экономики, 2014. – 278 с. – Текст : непосредственный.
14. Солдатова, Г. У. Разработка и апробация методики оценки переговорного стиля (МОПС) / Г. У. Солдатова, А. Ф. Гасимов. – Текст : непосредственный // Экспериментальная психология. – 2019. – Т. 12, №. 3. – С. 92–104.
15. Сухов А.Н. Реальная социальная психология.- М.: МПСУ, 2004. – 350 с.
16. Толочек В.А. Проблема стилей в психологии: историко-теоретический анализ. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. – 318 с.
17. Толочек, В. А. «Психологические ниши»: топос и хронос в детерминации профессиональной специализации субъекта / В. А. Толочек. – Текст : непосредственный // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. – 2019. – № 1. – С. 195–213.
18. Толочек, В. А. Психология труда / В. А. Толочек. – 3-е издание, дополнительное. – Санкт-Петербург : Питер, 2020. – 480 с. – Текст : непосредственный.
19. Толочек, В. А. Технологии профессионального отбора / В. А. Толочек. – Москва : Юрайт, 2021. – 253 с. – Текст : непосредственный.
20. Eagly, A. H. Gender and effectiveness of leaders: A meta-analytic / A. H. Eagly, S. J. Karau, M. G. Makhyani // Psychological bulletin. – 1995. – Vol. 117. – P. 125–145.
21. Feingold, A. Gender and differences in personality / A. Feingold // Psychological bulletin. – 1994. – Vol. 116. – P. 429–456.
22. Regins, B. Gender and Power in organizations: A longitudinal Perspective / B. Regins, E. Sundstrom // Psychological bulletin. – 1989. – Vol. 105. – P. 51–88.
23. Roberts, T. Gender and influence of evaluations on self-assessments in achievement setting / T. Roberts // Psychological bulletin. – 1991. – Vol. 109. – P. 297–308.

Научное издание

ВЕСТНИК ЮГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Выпуск 3 (66)/2022

Цена свободная

16+

Учредитель и издатель: ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-73606 от 31 августа 2018 г.

Дата выхода в свет 30.09.2022

Формат 60x84 1/8. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 24,4. Тираж 1000 экз. Заказ № 272.

Адрес учредителя, издателя и редакции:
628012, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра,
г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16

Отпечатано в секторе редакционно-издательской работы
Научной библиотеки ФГБОУ ВО ЮГУ:
628012, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра,
г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16

Главный редактор – Лапшин Валерий Федорович,
тел. +7 (3467) 377-000 (доб. 559)